ISSN 2522-9052

Національний технічний університет
“Харківський політехнічний інститут”

National Technical University
“Kharkiv Polytechnic Institute”

Сучасні інформаційні системи

Advanced Information Systems

Том 3, № 1 **Volume 3, No. 1**

Щоквартальний науково-технічний журнал

Заснований у березні 2017 року

У журналі публікуються результати досліджень з експлуатації та розробки сучасних інформаційних систем у різних проблемних галузях. Журнал призначений для наукових працівників, викладачів, докторантів, аспірантів, а також студентів старших курсів відповідних спеціальностей.

Засновник і видавець:
Національний технічний університет
“Харківський політехнічний інститут”

Кафедра “Обчислювальна техніка та програмування”, вул. Кирпичова, 2, 61002, м. Харків, Україна

Телефон:
+38 (057) 707-61-65

E-mail редколегії:
kuchuk56@ukr.net

Інформаційний сайт:
http://ais.khpi.edu.ua

Quarterly scientific and technical journal

Founded in March 2017

The journal publishes the research study from the usage and development of advanced information systems in various problem areas. The journal is intended for researchers, lecturers, doctoral students, postgraduate students, and for senior students of the corresponding specialties.

Founder and publisher:
National Technical University
"Kharkiv Polytechnic Institute"

Department of Computer Science and Programming, 61002, Ukraine, Kharkiv, Kyrpychova str., 2

Phone:
+38 (057) 707-61-65

E-mail of the editorial board:
kuchuk56@ukr.net

Information site:
http://ais.khpi.edu.ua

Затверджений до друку Вченою Радою Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут” (протокол від 29 березня 2019 року № 4).

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 22522-12422Р від 13.01.2017 р.

Харків • 2019

© Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”

Редакційна колегія

Головний редактор:
СОКОЛ Євген Іванович
(*д-р техн. наук, проф., Харків, Україна*).

Заступник головного редактора:
СЕМЕНОВ Сергій Геннадійович
(*д-р техн. наук, ст. наук. співр., Харків, Україна*).

Члени редакційної колегії:
АЛІШОВ Надір Ісмаіл огли
(*д-р техн. наук, проф., Київ, Україна*);
БАЙРАМОВ Азад Агахар огли
(*д-р фіз.-мат. наук, проф., Баку, Азербайджан*);
ГНАТЮК Сергій Олександрович
(*д-р техн. наук, доц., Київ, Україна*);
КАРПІНСЬКИЙ Микола Петрович
(*д-р техн. наук, проф.*, *Бельсько-Бяла, Польща*);
КАЧАНОВ Петро Олексійович
(*д-р техн. наук, проф., Харків, Україна*);
КОСТЕНКО Павло Юрійович
(*д-р техн. наук, проф., Харків, Україна*);
КУЧУК Георгій Анатолійович
(*д-р техн. наук, проф., Харків, Україна*);
ЛИТВИН Василь Володимирович
(*д-р техн. наук, проф.*, Львів, Україна);
ЛУКІН Володимир Васильович
(*д-р техн. наук, проф., Харків, Україна*);
МАМУЗІЧ Ілля
(*д-р техн. наук, проф.*, Загреб, Хорватія);
МИГУЩЕНКО Руслан Павлович
(*д-р техн. наук, доц., Харків, Україна*);
РАСКІН Лев Григорович
(*д-р техн. наук, проф., Харків, Україна*);
РАДЄВ Христо Кирилов
(*д-р техн. наук, проф., Софія, Болгарія*);
РУДНИЦЬКИЙ Володимир Миколайович
(*д-р техн. наук, проф.*, Черкаси, Україна);
СЕРЕНКОВ Павло Степанович
(*д-р техн. наук, проф.*, Мінськ, Білорусь);
СЕРКОВ Олександр Анатолійович
(*д-р техн. наук, проф., Харків, Україна)*;
СМІРНОВ Олексій Анатолійович
(*д-р техн. наук, проф., Кропивницький, Україна*);
СТАНКУНАС Йонас
(*д-р техн. наук, проф., Вільнюс, Литва*);
СУЧКОВ Григорій Михайлович
(*д-р техн. наук, проф., Харків, Україна)*;
ФІЛАТОВА Ганна Євгенівна
(*д-р техн. наук, доц., Харків, Україна*);
ХАКІМОВ Ортаголи Шарипович
(*д-р техн. наук, проф., Ташкент, Узбекистан);*
ШВАЧИЧ Геннадій Григорович
(*д-р техн. наук, проф., Дніпро, Україна*).

Відповідальний секретар:
ПОДОРОЖНЯК Андрій Олексійович
(*канд. техн. наук, доц., Харків, Україна*).

Технічний секретар:
ГРЕБЕНЮК Дарина Сергіївна.

Editorial board

Editor-in-Chief:
Yevgen SOKOL
(Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kharkiv, Ukraine).

Associate editor:
Serhii SEMENOV
(Dr. Sc. (Tech.), Senior Res., Kharkiv, Ukraine).

Editorial board members:
Nadir Ismayil oğlu ALISHOV
(Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kyiv, Ukraine);
Azad Agalar oğlu BAYRAMOV
(Dr. Sc. (Ph-Math.), Prof., Baku, Azerbaijan);
Sergiy GNATYUK
(Dr. Sc. (Tech.), Ass. Prof., Kyiv, Ukraine);
Mikolay KARPINSKI
(Dr. Sc. (Tech.), Prof., Bielsko-Biała, Poland);
Petro KACHANOV
(Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kharkiv, Ukraine);
Pavlo KOSTENKO
(Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kharkiv, Ukraine);
Heorhii KUCHUK
(Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kharkiv, Ukraine);
Vasyl LYTVYN
(Dr. Sc. (Tech.), Prof., Lviv, Ukraine);
Volodymyr LUKIN
(Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kharkiv, Ukraine);
Ilya MAMUZIĆ
(Dr. Sc. (Tech.), Prof., Zagreb, Croatia);
Ruslan MYGUSHCHENKO
(Dr. Sc. (Tech.), Ass. Prof., Kharkiv, Ukraine);
Lev RASKIN
(Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kharkiv, Ukraine);
Hristo RADEV
(Dr. Sc. (Tech.), Prof., Sofia, Bulgaria);
Volodymyr RUDNITSKY
(Dr. Sc. (Tech.), Prof., Cherkasy, Ukraine);
Pavel SERENKOV
(Dr. Sc. (Tech.), Prof., Minsk, Belarus);
Aleksandr SERKOV
(Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kharkiv, Ukraine);
Alexey SMIRNOV
(Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kropyvnytskyi, Ukraine);
Jonas STONKUNAS
(Dr. Sc. (Tech.), Prof., Vilnius, Lithuania);
Hryhorii SUCHKOV
(Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kharkiv, Ukraine);
Hanna FILATOVA
(Dr. Sc. (Tech.), Ass. Prof., Kharkiv, Ukraine);
Ortagoli KHAKIMOV
(Dr. Sc. (Tech.), Prof., Tashkent, Uzbekistan);
Gennady SHVACHYCH
(Dr. Sc. (Tech.), Prof., Dnipro, Ukraine).

Responsible secretary:
Andrii PODOROZHNIAK
(Ph.D., Ass. Prof., Kharkiv, Ukraine).

Technical secretary
Daryna HREBENIUK.

Географія статей номера

Азербайджан
Azerbaijan

Ірак
Irak

Литва
Lithuania

Україна
Ukraine

ЗМІСТ

МОДЕЛЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Денисенко О. В.
Моделювання скануючого детектора транспорту в пакеті VisSim 5

Коржов І. М., Щапов П. Ф., Мигущенко Р. П., Кропачек О. Ю.
Моделі оптимізації простору інформативних ознак при контролі та діагностування технічного стану динамічних промислових об'єктів (eng.) 9

Косенко В. В.
Моделі процесів прийняття рішень з вибору способів парирування ризиків інноваційного проекту (eng.) 13

Метешкін К. О., Морозова О. І.
Моделювання професійних знань як метод освітніх технологій (eng.) 19

МЕТОДИ АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ

Альошин Г. В., Коломійцев О. В., Ткачов А. М., Посохов В. В.
Метод сепарабельного програмування для вирішення багатомірних задач оптимізації параметрів лазерних інформаційно-вимірювальних систем (eng.) 23

МЕТОДИ СИНТЕЗУ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Дергачов К. Ю., Краснов Л. О., Челядін О. О., Плахотний О. В.
Метод колірної корекції web-камер стереопари та його практична реалізація (eng.) 29

Мелешко Є. В.
Метод генерації списків рекомендацій з врахуванням показників активності користувачів рекомендаційної системи (eng.) 43

Нескородєва Т. В.
Постановка елементарних задач аудиту передумови положень бухгалтерського обліку в IT системи підтримки прийняття рішень 48

Яськов Г. М. , Шеховцов С. Б.
Методологічні основи розв'язання задачі упаковки куль: перетворення задачі про рюкзак у задачу зі змінним розміром (eng.) 54

ДОСЛІДЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Галаган Р. М., Момот А. С.
Статистичний аналіз даних теплового неруйнівного контролю (eng.) 58

Главчева Ю. М., Главчев М. І., Каніщева О. В., Кучук Г. А.
Розробка підходу для ранжування академічних установ за показниками наукової діяльності 63

Карлов В. Д., Кузнєцов О. Л., Артеменко А. М., Карлов А. Д.
Оцінювання точності вимірювання радіальної швидкості цілі при експоненційному і знакозмінному убуванні кореляції фази пачкового радіосигналу (eng.) . 71

Ковтун А. В., Табуненко В. О.
Визначення показників надійності складових елементів ракетних комплексів при транспортуванні ракет (eng.) . 76

Макогон О. А., Мусаєв Р. Г., Дичко О. О., Криленко І. М., Думич Є. А.
Дослідження процесу обміну інформацією в локальних мережах установ за допомогою використання математичного апарату теорії масового обслуговування (eng.) 81

TABLE OF CONTENTS

INFORMATION SYSTEMS MODELING

Denysenko O.
Modeling of the scanning transport detector in the VisSim package (ukr.) 5

Korzhov I., Shchapov P., Mygushchenko R., Kropachek O.
Space optimization models of informative features for control and diagnostics of the technical state of dynamic industrial objects 9

Kosenko V.
Models of making decisions to select the techniques for countering innovative project risks 13

Meteshkin K., Morozova O.
Modelling of professional knowledge as an educational technologies method 19

ADAPTIVE CONTROL METHODS

Aloshin G., Kolomiitsev O., Tkachov A., Posokhov V.
Separable programming method for solving multi-dimensional problems of optimizing the parameters of laser information measurement systems 23

METHODS OF INFORMATION SYSTEMS SYNTHESIS

Dergachov K., Krasnov L., Cheliadin O., Plakhotnyi O.
Web-cameras stereo pairs color correction method and its practical implementation 29

Meleshko Ye.
Method of generating recommendations lists with considering activity indexes of users in a recommendation system 43

Neskorodieva T.
Formulation of elementary tasks of audit subsystems of accounting provisions precondition IT decision support system (ukr.) 48

Yaskov G., Shekhovtsov S.
Methodological basis of solving sphere packing problem: transformation of knapsack problem to open dimension problem 54

INFORMATION SYSTEMS RESEARCH

Galagan R., Momot A.
Statistical analysis of thermal nondestructive testing data 58

Hlavcheva Yu., Glavchev M., Kanishcheva O., Kuchuk H.
Developing an approach for ranking academic institutions on indicators of scientific activity (ukr.) 63

Karlov V., Kuznietsov O., Artemenko A., Karlov A.
Evaluation of the accuracy of measuring the radial velocity of a target with an exponential and alternating decrease in phase correlation of the burst radio signal 71

Kovtun A., Tabunenko V.
Determination of reliability indicators of complex elements of rocket complexes in transportation of rockets 76

Makogon H., Musaiev R., Dychko A., Krylenko I., Dumych Ye.
Studying of the information exchange process in office local networks by using mathematical apparatus of the queuing theory 81

Сотніков О. М., Ясечко М. М., Танцюра О. Б., Очкуренко О. В., Максюта Д. В.
Аналіз існуючих методів і пристроїв захисту радіоелектронних засобів від впливу потужного імпульсного електромагнітного випромінювання ультракороткої тривалості (eng.) 91

Яхно І. Ю., Малик О. С., Гаценко С. С., Шишацький А. В., Пікуль О. І.
Методика оцінки інформаційної доступності джерел радіовипромінювання засобами радіоелектронної розвідки (eng.) 98

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ

Гришманов Є. О., Калімулін Т. М., Захарченко І. В.
Метод прогнозування несприятливих авіаційних подій в польоті на основі згорткових і рекурентних нейронних мереж (eng.) 104

Шматко О. В., Ліанг Донг, Гаврилова А. А., Алексієв В. О.
Новий фреймворк для управління знаннями у ході розробки розподіленого програмного забезпечення (eng.) 109

Яловега В. А., Главчева Д. М., Подорожняк А. О.
Використання згорткової нейронної мережі для обробки мультиспектральних зображень, застосованої до проблеми виявлення пожежонебезпечних лісових територій (eng.) 116

МЕТОДИ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Даник Ю. Г., Воробієнко П. П.
Методологічні та змістовні особливості підготовки фахівців кібербезпеки для дій в умовах комплексних кібервпливів 121

Касім Аббуд Махді
Методика підвищення завадозахищеності систем зв'язку (eng.) 126

Мілов О.В.
Адаптивні системи підтримки прийняття рішень в кібербезпеці (eng.) 131

Серков О. А., Кравець В. О., Касілов О. В., Лазуренко Б. О., Міцкус А.
Концепція безпеки інформації в системі IoT (eng.) 136

ПРИКЛАДНІ ПРОБЛЕМИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Андрєєв С. М., Жилін В. А.
Методика розробки земельно-кадастрової документації ділянки під забудову об'єкту медичного призначення 140

Байрамов А. А., Гашимов Е. Г.
Розробка програми бойового розвідувального завдання польоту безпілотних літальних апаратів SoS (eng.) 152

Павлій В. О.
Інформаційна технологія обробки зображень бортових систем оптико-електронного спостереження в умовах розфокусування та змазування 157

Наші автори 164

Алфавітний покажчик 168

Sotnikov A., Yasechko M., Tantsiura A., Ochkurenko A., Maksiuta D.
The existing methods and protection products analysis of radio electronic equipment from the powered pulmonary electromagnetic radiation effect of ultrasonic short-term permeability 91

Yakhno I., Malyk O., Hatsenko S., Shyshatskyi A., Pikul O.
Method of assessment of information availability of radio inflammation sources by devices of radioelectronic recognition 98

INTELLIGENT INFORMATION SYSTEMS

Gryshmanov E., Kalimulin T., Zakharchenko I.
Prognosis method of unfavorable airborne events during flight based on convolutional and recurrent neural networks 104

Shmatko O., Liang Dong, Havrylova A., Aleksiyev V.
A new framework designed for knowledge management in distributed software development 109

Yaloveha V., Hlavcheva D., Podorozhniak A.
Usage of convolutional neural network for multispectral image processing applied to the problem of detecting fire hazardous forest areas 116

METHODS OF INFORMATION SYSTEMS PROTECTION

Danyk Yu., Vorobiyenko P.
Methodological and substantive features of training specialists for actions in conditions complex cyber influences (ukr.) 121

Qasim Abbood Mahdi
The method of increasing the immunity of communication systems 126

Milov O.
Adaptive decision support systems for cyber security 131

Serkov A., Kravets V., Kasilov O., Lazurenko B., Mickus A.
The concept of information security in the IoT system 136

APPLIED PROBLEMS OF INFORMATION SYSTEMS OPERATION

Andrieiev S., Zhilin V.
Method of land and cadastral documentation preparation of a land plot for building an object of medical appointment (ukr.) 140

Bayramov A. A., Hashimov E. G.
Development of UAV SoS flight combat reconnaissance mission program 152

Pavlii V.
Information technology of image processing of air board optical-electronic observation systems in conditions of defocusing and blurring (ukr.) 157

Authors 164

Alphabetical index 168

За достовірність викладених фактів, цитат та інших відомостей відповідальність несе автор.

Включений до "Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук" наказом Міністерства освіти і науки України від 04.04.2018 № 326 (додаток 9, п. 56)

Information systems modeling

УДК 625.72:656.11 **doi: 10.20998/2522-9052.2019.1.01**

О. В. Денисенко

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, Україна

МОДЕЛЮВАННЯ СКАНУЮЧОГО ДЕТЕКТОРА ТРАНСПОРТУ В ПАКЕТІ VISSIM

Предметом вивчення в статті є скануючий детектор транспорту (ДТ), який може бути використаний для забезпечення сучасного рівня управління і організації руху на вулично-дорожній мережі міста (ВДМ). Він дозволяє отримувати інформацію, яка в реальному масштабі часу характеризує параметри руху окремих транспортних засобів (ТЗ) і транспортних потоків (ТП) в цілому. **Метою статті** є дослідження методами комп'ютерного моделювання скануючого лазерного ДТ. Автором раніше були розроблені і запатентовані ДТ і технології світлофорного регулювання параметрів руху на рівні функціональних схем. Але обробка процесів формування імпульсних сигналів від фотоприймачів з метою отримання шуканих параметрів руху не проводилася. **Результати.** Розроблена структура моделі фрагмента детектора транспорту для типового випадку проїзду ТЗ двох контрольних зон сканування. Вибрано пакет моделювання, розроблено і апробовано модель роботи скануючого ДТ, виконану у вигляді інтерактивного віртуального стенду. Це дозволяє швидко перейти від моделювання до приладової реалізації досліджуваної системи. Розроблені підсистеми моделювання усіх складових процесу сканування і вимірювально-обчислювальних операцій. Показано, що визначення окремих параметрів руху ТЗ за запропонованою технологією здійснюється з достатньою точністю. **Висновки.** Методом моделювання підтверджені очікувані функціональні можливості і показані переваги запропонованої автором технології сканування і пристроїв для її реалізації. Це може служити основою для подальших досліджень з метою створення експериментального зразка інтелектуальної світлофорної системи регулювання.

Ключові слова: транспортний потік; транспортний засіб; детектор транспорту; пристрій розгортки; лазерний промінь; підсистема моделі; пакет VisSim.

Вступ

На даний час вирішення практичних завдань в області регулювання світлофорних об'єктів в Україні і світі має об'єктивні труднощі, пов'язані з відсутністю нових технологій, здатних в динаміці ефективно реагувати на всілякі зміни умов руху ТП на регульованих перехрестях.

Для забезпечення високого рівня керування та організації руху на регульованих перехрестях потрібна інформація, яка у необхідному обсязі у реальному масштабі часу характеризує не тільки параметри ТП, але й дає можливість отримати критеріальні оцінки якості роботи перехрестя.

Однією з головних задач для отримання такої інформації є наявність необхідних технічних засобів визначення цілого ряду параметрів ТП, що може бути забезпечено наявністю у комплексі діагностування надійних багатофункціональних детекторів транспорту, які дозволяють одночасно визначити габаритні параметри ТЗ, моменти їх проїзду контрольованих зон (КЗ) та перехрестя в цілому, швидкість, тип і напрямки руху ТЗ, їх інтенсивності по кожній смузі, інтервали руху, склад ТП, затримки та інші параметри, необхідні для ефективного керування світлофорною сигналізацією.

В цьому напрямку активно розвиваються інтелектуальні системи моніторингу перехресть, які використовують при розробці агрегатних систем та засобів управління ДР в системах інформаційного забезпечення завантаження перехресть ВДМ, а також для підвищення ефективності управління рухом транспорту на регульованих перехрестях. Ось чому задача розробки, дослідження та удосконалення сучасних детекторів ТЗ і систем моніторингу перехресть на їх основі є важливою і актуальною.

Аналіз публікацій. В роботах автора [1–6] в якості детекторів ТЗ запропонована сучасна технологія лазерного сканування, яка забезпечує одночасне визначення широкого кола параметрів руху ТЗ, різноманітні характеристики окремих елементів ВДМ, критеріальні оцінки якості їх роботи і відповідає усім необхідним вимогам інтелектуальних АСУ, що функціонують у реальному режимі часу.

Метою статті є дослідження за допомогою комп'ютерного імітаційного моделювання процесу функціонування основних вузлів скануючого лазерного детектору транспорту та технології визначення комплексу необхідних параметрів руху ТЗ.

Суть пропозиції

В основу роботи запропонованих детекторів покладений принцип сканування гостроспрямованими лазерними променями, наприклад, зони перехрестя конусним видом розгортки, причому оптична вісь розгортки вибирається так, щоб кожний промінь описував коло на проїжджій частині перехрестя в необхідній області всіх його підходів та виходів (рис.1). Оптичні фотоприймачі в процесі розгортки лазерних променів по одному з кіл на входах і виходах КЗ послідовно сприймають сигнали, відбиті від ТЗ, що рухаються по різним смугам руху як на підходах, так і на виходах перехрестя (на рисунку не показані). Для подальшого розвитку цього напряму та дослідження точнісних характеристик цілком логічним буде комп'ютерне моделювання основних функціональних елементів запропонованих пристроїв та технології в цілому.

© Денисенко О. В., 2019

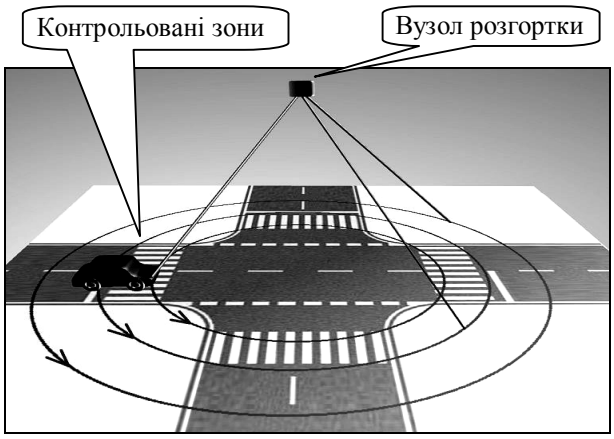


Рис. 1. До постановки задачі моделювання роботи пристрою сканування

Після огляду пакетів САПР був обраний пакет VisSim, призначений для дослідження і аналізу процесів у будь-яких динамічних системах [7]. Його особливістю є наявність безкоштовної академічної версії, простота використання і можливість застосування візуальних засобів структурного моделювання і відладки. З цим пакетом сумісні, наприклад, плати розробки TMS320C62x фірми Texas instrument [8], що дозволяє від моделювання швидко перейти до приладової реалізації досліджуваної системи. Тобто вже на етапі моделювання представляється можливим автоматично згенерувати виконуваний код для процесора плати, що управляє, минувши трудомісткий етап програмування, і відразу отримати працюючу фізичну модель системи управління.

Автором була розроблена і апробована модель роботи скануючого детектора транспорту, виконана у вигляді так званого віртуального стенду. У нім можна в реальному масштабі часу задавати параметри руху ТЗ, основні характеристики сканера і виконувати дослідницькі операції.

Зокрема, оцінити похибку розрахунку параметрів руху, переконатися в працездатності різних варіантів конфігурації вимірювально-обчислювального блоку і т. д. У спрощеній розрахунковій схемі для моделювання вибрана ділянка дороги (сірий прямокутник на рис. 2), яка сканується по ширині трьома лазерними променями (кружечками показано місце відбиття променів) по лінійній траєкторії, що утворюють контрольні зони.

Транспортний засіб із швидкістю Va послідовно перетинає ці зони. При цьому з'являється відбитий світловий потік, що приймається відповідними фотоприймачами. Засобами візуального проектування пакету VisSim контур автомобіля був сформований чотирма відрізками прямих, заданих координатами: Xap - передній бампер: Xaz - задній бампер: Yav - верхня за схемою сторона контура - Yan - нижня (рис. 3).

Координати уздовж осі X переднього і заднього бампера ТЗ находять в результаті подвійного інтегрування заздалегідь заданого прискорення руху (змінна Aa) з урахуванням початкових умов і розмірів ТЗ. Інтегрування виконують типові динамічні ланки з передатною функцією W (s) =1/s.

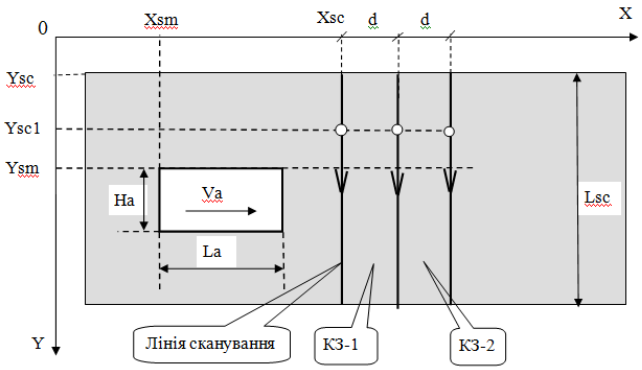


Рис. 2. Розрахункова схема для моделювання роботи скануючого пристрою: xOy – система координат монітора при виводі анімації; Ysc – координата початку сканування; Va - швидкість ТЗ; Ysc1 – поточна координата сліду променю на дорозі; Xsc – координата сканування першого лазерного променю; Xsm – початкове положення ТЗ; La – довжина ТЗ; Ha – ширина ТЗ; d – довжина першої та другої КЗ; Lsc – довжина ліній сканування; КЗ-1, КЗ-2 – контрольовані зони, що формуються лініями сканування

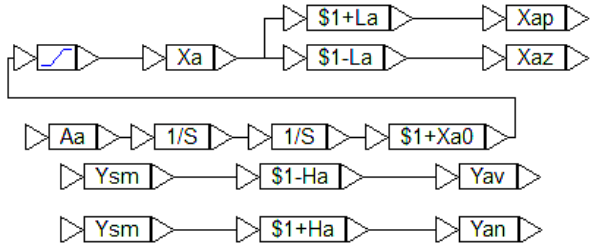


Рис. 3. Підсистема моделювання контуру ТЗ

У розрахунковій схемі були прийняті наступні припущення. Контур ТЗ у вигляді прямокутника починає рух з точки з координатами (Xsm, Ysm) із швидкістю Va і перетинає три лінії сканування. У кожній зоні лазерний промінь з лінійною швидкістю Vsc і періодом Tsc сканує ділянку дороги. У реальних умовах за наявності на смузі ТЗ промінь відбивається, приймається фотоприймачем і далі поступає на блоки обробки сигналу. У моделі це ситуація реалізується так.

Відповідно до розрахункової схеми відбитий від ТЗ сигнал з'явиться тільки у разі, коли промінь лазера, що падає, знаходитиметься усередині контуру ТЗ. Усі необхідні логічні операції виконує підсистема моделювання, на вхід якої подаються поточні координати контуру ТЗ і координата Ysc скануючого променю (рис. 4). Її основними елементами є блоки логічної операції "i" ("and"), що формують вихідний сигнал Usc1, - Usc3. Таких підсистем буде три – по кількості ліній сканування. При проходженні автомобілем кожної лінії сканування на виході відповідного фотоприймача утворюються послідовності («пачки») імпульсів. Очевидно, що тривалість кожного імпульсу залежить від ширини ТЗ, а загальна кількість імпульсів в пачці – від його довжини. Було встановлено, що для подальших розрахунків параметрів руху треба виділити час початку і кінця кожної пачки, тобто отримати додаткові інформативні сигнали.

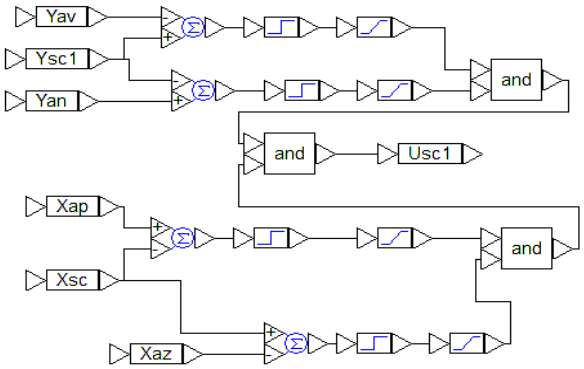


Рис. 4. Підсистема моделювання сигналу на виході фотоприймача

Тоді, знаючи відстань між лініями сканування d, можна обчислити швидкість, довжину і прискорення ТЗ по відомим. Ці дії виконує підсистема, приведена на рис. 5.

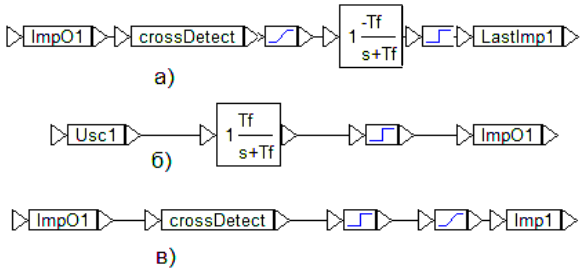


Рис. 5. Підсистема моделювання сигналів для розрахунків параметрів руху ТЗ: а – виділення зрізу огинаючої пачки імпульсів; б – формування огинаючої; в – формування фронту огинаючої

У цій статті не ставилося завдання детального опису усієї моделі – вона досить складна за кількістю блоків і зв'язків. Головний екран віртуального стенду показано на рис. 6. Допоміжний екран містить інтерактивні елементи завдання початкових умов і параметрів сканера (розміри ТЗ, розташування ліній сканування, початкові значення параметрів руху, частота сканування і т. д.).

На нижньому графіку приведена задана швидкість ТЗ (у цьому експерименті автомобіль рухається з прискоренням a = 2 м/с^2 і початковою швидкістю Va0 = 50 км/год). Для цих умов в моделі обчислені точні середні значення швидкості на ділянках між лініями сканування 1-2 і 2-3 по передньому бамперу ТЗ – це значення V12 і V23. З хорошою точністю за результатами сканування обчислена і довжина ТЗ La.

Обчислені значення прискорення по передньому і задньому бамперу a123 і at123 помітно відрізняється від закладеного в модель значення a = 2. Для підвищення точності потрібно буде підвищити частоту сканування або збільшити відстань між контрольними зонами для зниження методичних похибок.

Висновки

В цілому моделювання підтвердило функціональну спроможність і позитивні якості запропонованої автором технології сканування і пристроїв для її реалізації, що може служити підґрунтям для подальших досліджень з метою створення експериментального зразка. Розроблений віртуальний стенд може бути використано в учбовому процесі при вивченні технічних засобів автоматизації дорожнього руху і НДРС.

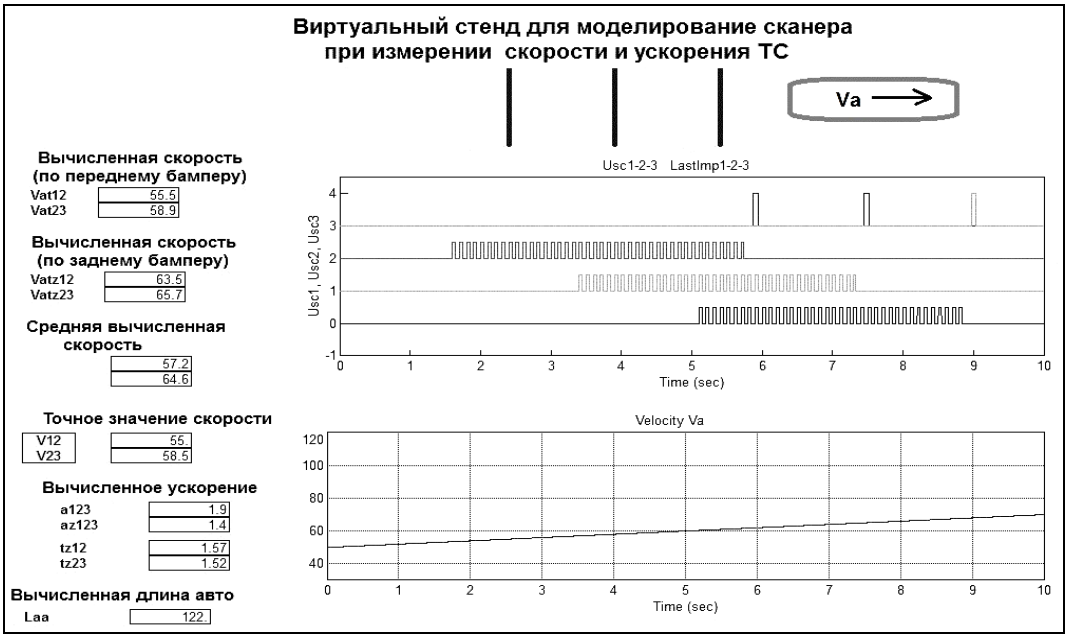


Рис. 6. Головний екран віртуального стенду моделювання скануючого детектора

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Пат. 114539 Україна, G 08 G 1/09. Спосіб визначення рівня обслуговування на регульованому перехресті / Денисенко О. В.; заявник і патентовласник ХНАДУ. – опубл. 26.06.17, Бюл. № 12/2017.
2. Пат. 114925 Україна, G 08 G 1/09. Спосіб визначення ступеня насичення напрямків руху регульованого перехрестя / Денисенко О. В.; заявник і патентовласник ХНАДУ. - опубл. 28.08.17, Бюл. № 16/2017.
3. Пат. 109680 Україна, G 08 G 1/09. Спосіб визначення транспортних затримок на регульованому перехресті / Денисенко О. В.; заявник і патентовласник ХНАДУ. - опубл. 25.09.15, Бюл. № 18/2015.

4. Пат. 115923 Україна, G 08 G 1/09. Спосіб визначення пропускної здатності ділянки дороги / Денисенко О.В; заявник і патентовласник ХНАДУ.- опубл. 10.01.2018, Бюл. №1/2018.
5. Пат. 112094 Україна, G 08 G 1/09. Спосіб визначення тривалості елементів та циклу світлофорної сигналізації/ Денисенко О. В.; заявник і патентовласник ХНАДУ. - опубл. 25.07.16, Бюл. № 14/2016.
6. Пат. 115923 Україна, G 08 G 1/09. Спосіб визначення пропускної здатності нерегульованого перехрестя з головною і другорядною дорогами / Денисенко О.В; заявник і патентовласник ХНАДУ. - опубл. 10.01.2018, Бюл. №1/2018.
7. VisSim is Now Altair Embed, available at: https://web.solidthinking.com/vissim-is-now-solidthinking-embed
8. Texas instruments, available at: http://www.ti.com/product/ TMS320C28344

REFERENCES

1. Patent 114539 Ukraine, G 08 G 1/09. A method for determining the level of service at a regulated intersection / Denisenko O. V.; Applicant and patent holder of KHNADU. - Published on 06/26/17, Bulletin No. 12/2017.
2. Patent 114925 Ukraine, G 08 G 1/09. A method for determining the degree of saturation of the directions of motion of a regulated intersection / Denisenko O. V.; Applicant and patent holder of KHNADU. - Published on 08/28/17, Bulletin No. 16/2017.
3. Patent 109680 Ukraine, G 08 G 1/09. A method for determining transport delays at a regulated intersection / Denisenko O. V.; Applicant and patent holder of KHNADU. - Published on September 25, 15, Bulletin No. 18/2015.
4. Patent 115923 Ukraine, G 08 G 1/09. Method of determining the throughput of the road section / Denisenko O.V.; Applicant and patent owner of KHNADU. Published on January 10, 2018, Bulletin No. 1/2018.
5. Patent 112094 Ukraine, G 08 G 1/09. A method for determining the length of elements and the traffic light signaling cycle / Denisenko O. V.; Applicant and patent holder of KHNADU. - Published on July 25, 16, Bulletin No. 14/2016.
6. Patent 115923 Ukraine, G 08 G 1/09. Method of determining the throughput of an unregulated intersection with main and secondary roads / Denisenko O.V.; Applicant and patent holder of KHNADU. - Published on January 10, 2018, Bulletin No. 1/2018.
7. VisSim is Now Altair Embed, available at: https://web.solidthinking.com/vissim-is-now-solidthinking-embed
8. Texas instruments, available at: http://www.ti.com/product/ TMS320C28344

Надійшла (received) 11.01.2019
Прийнята до друку (accepted for publication) 13.03.2019

Моделирование сканирующего детектора транспорта в пакете VisSim

О. В. Денисенко

Предметом изучения в статье является сканирующий детектор транспорта (ДТ), который может быть использован для обеспечения современного уровня управления и организации движения на улично-дорожной сети (УДС) города. Он позволяет получать информацию, которая в реальном масштабе времени характеризует параметры движения отдельных транспортных средств (ТС) и транспортных потоков (ТП) в целом. **Целью статьи** является исследование методами компьютерного моделирования сканирующего лазерного ДТ. Автором ранее были разработаны и запатентованы ДТ и технологии светофорного регулирования параметров движения на уровне функциональных схем. Однако, обработка процессов формирования импульсных сигналов от фотоприемников с целью получения искомых параметров движения не проводилась. **Результаты.** Разработана структура модели фрагмента детектора транспорта для типового случая проезда ТС двух контрольных зон сканирования. Выбран пакет моделирования, разработана и апробирована модель работы сканирующего ДТ, выполненная в виде интерактивного виртуального стенда. Это позволяет быстро перейти от моделирования к приборной реализации исследуемой системы. Разработаны подсистемы моделирования всех составляющих процесса сканирования и измерительно-вычислительных операций. Показано, что определение отдельных параметров движения ТС по предложенной технологии осуществляется с достаточной точностью. **Выводы.** Методом моделирования подтверждены ожидаемые функциональные возможности и показаны преимущества предложенной автором технологии сканирования и устройств для ее реализации. Это может служить основой для дальнейших исследований с целью создания экспериментального образца интеллектуальной светофорной системы регулирования.

Ключевые слова: транспортный поток; транспортное средство; детектор транспорта; устройство развертки; лазерный луч; подсистема модели; пакет VisSim.

Modeling of the scanning transport detector in the VisSim package

O. Denysenko

The subject matter of the study is the scanning transport detector, which can be used for providing a modern level of the management and organization of motion on the urban road network. It allows to get information that characterizes the parameters of a separate vehicle motion and flow of transport as a whole in real time. **The aim** of the article is to study the laser scanning transport detector by the computer simulation methods. By the author are previously developed and patented the transort detector and the technologies of motion parameters light traffic regulation on block diagrams level. But the further processing of photodetector pulsed signals formation processes in order to obtain the desired motion parameters was not carried out. **Results.** The structure of transport detector fragment model for scanning a type case of the vehicle transit on two control zones was developed. The simulation package was chosen, the model of scanning detector work, embodied in the interactive virtual stand form, was developed and tested. It allows the quickly move from modeling to device realization of the investigated system. The subsystems of all scanning process components and measuring-computational operations modeling were developed. It was shown that separate parameters of vehicle motion determination according to the proposed technology is carried out with sufficient presicion. **Conclusions.** The simulation method confirms the expected functionality and shows the advantages of scanning technology proposed by the author, and devices for its realization. It can be a basis for futher research to create an experimental prototype of the intelligent traffic light system.

Keywords: traffic flow; vehicle; transport detector; scanning device; laser beam; model subsystem; package VisSim.

UDC 621.3 **doi: 10.20998/2522-9052.2019.1.02**

I. Korzhov, P. Shchapov, R. Mygushchenko, O. Kropachek

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine

SPACE OPTIMIZATION MODELS OF INFORMATIVE FEATURES FOR CONTROL AND DIAGNOSTICS OF THE TECHNICAL STATE OF DYNAMIC INDUSTRIAL OBJECTS

The problem of improving the effectiveness of information systems for monitoring and diagnosing the technical state of industrial objects with dynamic properties is inextricably linked with the formation of optimal space for informative parameters under which control and diagnostics are carried out. The formation of optimal space of informative parameters for monitoring and diagnosing the technical state of industrial object is the task of evaluation regarding limited volume of measurements and parameters characterizing the dynamics of equipment during the test changes in the technical state of industrial object. In the article the space optimization models of informative features are considered on the maximum probability of control and diagnostics of the technical state of dynamic industrial objects criterion. The article considers space optimization models of informative features based on the maximum probability of control and diagnostics of the technical state of dynamic industrial objects. The complex influence of three parameters (geometric distance between diagnosed states, number of informative parameters, training sample volume) on the probability of control and diagnostics of the technical state of industrial objects is studied. The ability to form optimal, maximum probability of control and diagnostics of the technical state of dynamic industrial objects and the system of informative features is proved.

Keywords: technical state; informative features; control; diagnosing.

Introduction

The problem of improving the effectiveness of information systems for monitoring and diagnosing the technical state of industrial objects with dynamic properties is inextricably linked with the formation of optimal space for informative parameters under which control and diagnostics are carried out [1].

The formation of optimal space of informative parameters for monitoring and diagnosing the technical state of industrial object is the task of evaluation regarding limited volume of measurements and parameters characterizing the dynamics of equipment during the test changes in the technical state of industrial object [2].

The article studies space optimization models of informative features based on the maximum probability of control and diagnostics of the technical state of industrial objects with dynamic properties.

Studying space optimization models of informative features

Studying space optimization models of informative features based on the maximum probability of control and diagnostics of the technical state of industrial objects was carried out for the function

$$P_Д = \int_{-\infty}^{\left(\delta^2/2\right)\cdot\left(\delta^2+2p/N\right)^{-1/2}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt, \qquad (1)$$

where δ – geometric distance between diagnosed states, p – number of informative parameters, N – training sample volume.

Probability $P_Д$ is considered as the objective function optimizing the features space, for which the optimal choice of space dimension corresponds to the maximum function $P_Д$ [3, 4].

To simulate the influence of space dimension of informative features on the probability of control and diagnostics of the technical state of industrial objects, a cumulative model for the parameter δ_n characterizing the gradual growth of the geometric distance between diagnosed states with increasing size of the space feature p was used:

$$\delta_n = \sum_{k=1}^{p} \frac{a}{k^2}. \qquad (2)$$

The variable a used in the model (2) serves as an additional parameter that determines the geometric distance between the diagnosed states for the first, most informative feature.

To reveal the influence of the informative features quality on the optimal dimension of these features, a three-dimensional representation of the equation (1) is used for two variants of the most informative feature:

$a = 0.5$ (the feature is not informative, the probability of control and diagnostics is equal to 0.6915);

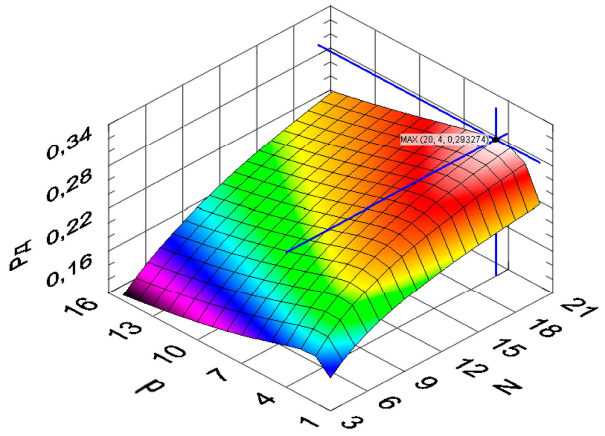
$a = 2$ (the feature is informative, the probability of control and diagnostics is equal to 0.9773).

The obtained three-dimensional graphs for the studied probability $P_Д$ of the function p and N for various values a are presented in Fig. 1

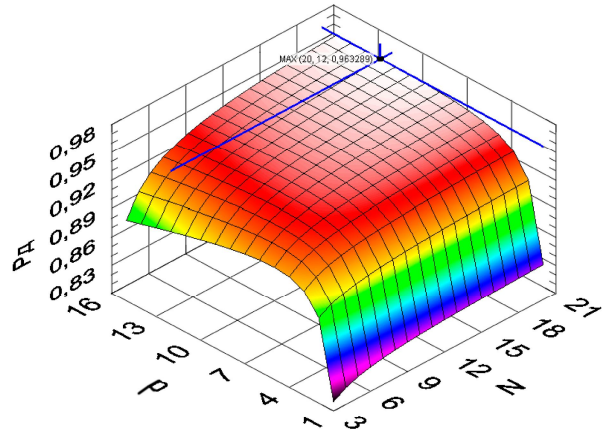
Fig. 1 shows that with the growth of the informative features quality (growth a) with maximum $P_Д$, the space dimension of features increases.

Such influence can additionally be shown by two-dimensional dependency graphs $P_Д$ for the space dimension of the features for three options of N fixation and parameter a variability (Fig. 2).

© Korzhov I., Shchapov P., Mygushchenko R., Kropachek O., 2019

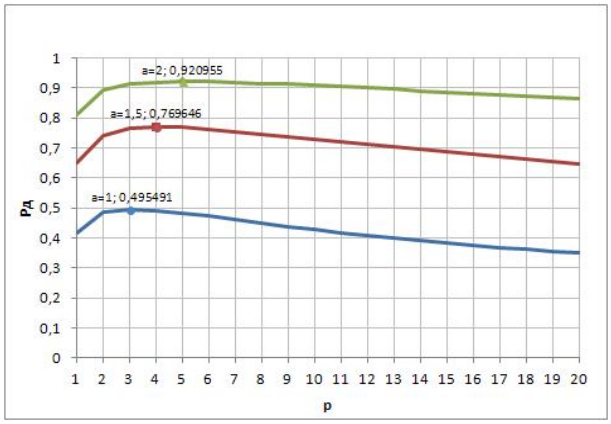


$a = 0.5$

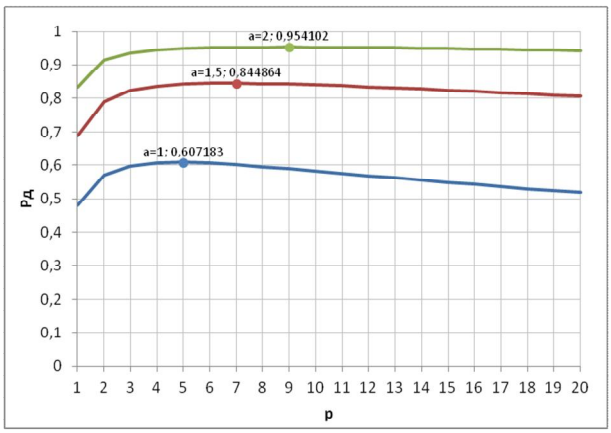


$a = 2$

Fig. 1. Three-dimensional graphs for the studied probability $P_Д$ of function p and N for different values a



$N = const = 3$



$N = const = 10$

Fig. 2. Two-dimensional dependency graphs $P_Д$ for the space dimension of the features for three options of N fixation and parameter a variability

Table 1 was calculated regarding the quantitative analysis of the maximization effect $P_Д$ with the optimal space dimension features.

Table 1 clearly shows how the value of the parameter a affects the maximum $P_Д$, namely with increasing a the maximum $P_Д$ always has a tendency to increase.

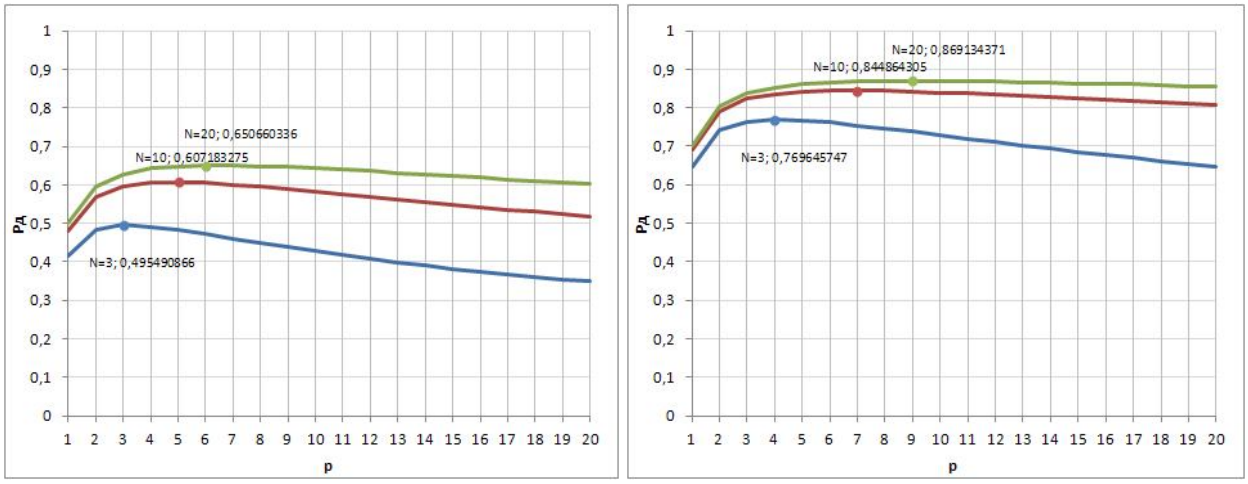
Table 1 – **Value $P_Д$ and corresponding optimal dimensions for N and parameter a variability**

a	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2
$N = const = 3$										
$max\, P_Д$	0.029839	0.111725	0.227322	0.361454	0.495491	0.617448	0.72434	0.809462	0.874264	0.920955
$p_{ОП}$	2	2	2	3	3	4	4	4	5	5
$N = const = 6$										
$max\, P_Д$	0.041276	0.146486	0.285090	0.429353	0.565670	0.683076	0.779756	0.853370	0.906933	0.943648
$p_{ОП}$	2	2	3	3	4	4	5	6	6	7
$N = const = 9$										
$max\, P_Д$	0.049493	0.169125	0.317002	0.464963	0.598980	0.713058	0.803638	0.871543	0.919751	0.952268
$p_{ОП}$	2	3	3	4	5	5	6	7	8	8
$N = const = 12$										
$max\, P_Д$	0.056000	0.185688	0.337600	0.487207	0.620125	0.730721	0.817484	0.881819	0.926961	0.956969
$p_{ОП}$	2	3	4	4	5	6	7	8	9	9
$N = const = 15$										
$max\, P_Д$	0.061400	0.198312	0.353817	0.502943	0.634215	0.742476	0.826670	0.888567	0.931637	0.960006
$p_{ОП}$	2	3	4	5	6	7	8	9	9	10

End of table 1

$N = const = 18$										
$max\, P_Д$	0.066008	0.208315	0.366020	0.515097	0.645043	0.751378	0.833508	0.893504	0.934991	0.962159
$p_{ОП}$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

To study the influence of N growth on the probability extremity $P_Д$, three variants were chosen for N ($N = 3$, $N = 10$, $N = 20$) (Fig. 3). Fig. 3 clearly shows that when the training sample volume N increases, the probability $P_Д$ only increases, at the same time the optimal space dimension of the informative features increases, which is shown by calculations data in Table 2.



$a = const = 1$ $a = const = 1.5$

Fig. 3. Two-dimensional dependency graphs $P_Д$
for the space dimension of the features for three options of *a* fixation and parameter *N* variability

Table 2 – ***Value $P_Д$*** **and corresponding optimal dimensions for *a* and parameter *N* variability**

N	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
$a = const = 0.2$										
$max\, P_Д$	0.029839	0.041276	0.049493	0.056000	0.061400	0.066008	0.070018	0.073555	0.076711	0.079724
$p_{ОП}$	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
$a = const = 0.4$										
$max\, P_Д$	0.111725	0.146486	0.169125	0.185688	0.198312	0.208315	0.216464	0.223244	0.229001	0.234508
$p_{ОП}$	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4
$a = const = 0.6$										
$max\, P_Д$	0.227322	0.285090	0.317002	0.337600	0.353817	0.366020	0.375550	0.383206	0.390213	0.396145
$p_{ОП}$	2	3	3	4	4	4	4	4	5	5
$a = const = 0.8$										
$max\, P_Д$	0.361454	0.429353	0.464963	0.487207	0.502943	0.515097	0.524330	0.532020	0.538564	0.543973
$p_{ОП}$	3	3	4	4	5	5	5	6	6	6
$a = const = 1$										
$max\, P_Д$	0.495491	0.565670	0.598980	0.620125	0.634215	0.645043	0.653111	0.659993	0.665513	0.670143
$p_{ОП}$	3	4	5	5	6	6	6	7	7	8
$a = const = 1.2$										
$max\, P_Д$	0.617448	0.683076	0.713058	0.730721	0.742476	0.751378	0.758058	0.763550	0.767935	0.771773
$p_{ОП}$	4	4	5	6	7	7	8	8	9	9

Conclusions

The use of equation (1) allowed conducting the study of the complex influence of three parameters (geometric distance between diagnosed states, number of informative parameters, training sample volume) on the probability level of control and diagnostics of the technical state of industrial objects. Such research proved the ability to form optimal, maximum probability of control and diagnostics of the technical state of industrial objects with dynamic properties and the system of informative features [5].

REFERENCES

1. Capenko, M.P. (1985), *Izmeritel'nye informacionnye sistemy: Struktury i algoritmy, sistemotehnicheskoe proektirovanie* [*Measuring information systems: structures and algorithms, systems engineering design*], Jenergoatomizdat, Moscow, 440 p.
2. Myhushchenko, R.P. (2014), "Issledovanie vlijanija ogranichennosti apriornoj informacii na vid i razmer dostovernosti diagnostiki [The study of the influence of limited a priori information on the type and size of diagnostic accuracy]", *Vestnik BGTU im. V. G. Shuhova*, BGTU im. V. G. Shuhova, Belgorod, No. 6, pp. 201–204.
3. Myhushchenko R.P. (2015), *Metody i prystroi system bahatoparametrovoi funktsionalnoi diahnostyky vibratsiinykh obiektiv* (*teoretychni osnovy ta vprovadzhennia*) [*Methods and devices of systems of banatoparametric functional diagnostics of vibration objects* (*theoretical foundations and implementation*)], avtoref. dys. … dokt. tekhn. nauk : 05.11.13, KhPI, Kharkiv, 32 p.
4. Korzhov, I.M., Mygushchenko, R.P., Shchapov, P.V. and Kropachek O.Yu. (2019), "Studying the influence of training sample volume on the average risk of technical diagnostics", *International Journal of Engineering Research and Applications* (IJERA), Vol. 9 - No. 2 (Feb. 2019).
5. Shhapov, P.F. and Avrunin, O.G. (2011), *Povyshenie dostovernosti kontrolja i diagnostiki objektov v uslovijah neopredeljonnosti* [*Improving the reliability of monitoring and diagnostics of objects under uncertainty*], KhNADU, Kharkiv, 191 p.

Надійшла (received) 11.01.2019
Прийнята до друку (accepted for publication) 13.03.2019

Моделі оптимізації простору інформативних ознак при контролі та діагностування технічного стану динамічних промислових об'єктів

І. М. Коржов, П. Ф. Щапов, Р. П. Мигущенко, О. Ю. Кропачек

Проблема підвищення ефективності інформаційних систем для моніторингу та діагностування технічного стану промислових об'єктів з динамічними властивостями нерозривно пов'язана з формуванням оптимального простору для інформаційних параметрів, за якими здійснюються контроль і діагностика. Формування оптимального простору інформаційних параметрів для моніторингу та діагностування технічного стану промислового об'єкту є завданням оцінки обмеженого обсягу вимірювань та параметрів, що характеризують динаміку обладнання під час тестових змін технічного стану промислового об'єкта. В статті розглянуті моделі оптимізації простору інформативних ознак за критерієм максимуму вірогідності контролю та діагностики технічного стану промислових об'єктів з динамічними властивостями. Виконано дослідження моделі оптимізації простору інформаційних ознак на основі отримання максимальної вірогідності контролю та діагностики технічного стану промислових об'єктів. Досліджено комплексний вплив трьох параметрів (геометричної відстані між станами, що діагностуються, кількості інформативних параметрів, обсягу навчальної вибірки) на величину вірогідності контролю та діагностування технічного стану промислових об'єктів. Доведено спроможність формувати оптимальну, за максимумом вірогідності контролю та діагностування технічного стану промислових об'єктів з динамічними властивостями, систему інформативних ознак.

Ключові слова: технічний стан; інформативні ознаки; контроль; діагностування.

Модели оптимизации пространства информативных признаков при контроле и диагностирования технического состояния динамических промышленных объектов

И. М. Коржов, П. Ф. Щапов, Р. П. Мигущенко, О. Ю. Кропачек

Проблема повышения эффективности информационных систем для мониторинга и диагностирования технического состояния промышленных объектов с динамическими свойствами неразрывно связана с формированием оптимального пространства для информационных параметров, по которым осуществляются контроль и диагностика. Формирование оптимального пространства информационных параметров для мониторинга и диагностирования технического состояния промышленного объекта является задачей оценки ограниченного объема измерений и параметров, характеризующих динамику оборудования во время тестовых изменений технического состояния промышленного объекта. В статье рассмотрены модели оптимизации пространства информативных признаков по критерию максимума достоверности контроля и диагностики технического состояния промышленных объектов с динамическими свойствами. Выполнено исследование модели оптимизации пространства информационных признаков на основе получения максимальной достоверности контроля и диагностики технического состояния промышленных объектов. Исследовано комплексное воздействие трех параметров (геометрической расстояния между состояниями диагностируемых количества информативных параметров, объема обучающей выборки) на величину достоверности контроля и диагностирования технического состояния промышленных объектов. Доказана способность формировать оптимальную, по максимуму достоверности контроля и диагностирования технического состояния промышленных объектов с динамическими свойствами, систему информативных признаков.

Ключевые слова: техническое состояние; информативные признаки; контроль; диагностирование.

UDC 330.101.542 **doi: 10.20998/2522-9052.2019.1.03**

V. Kosenko

SE "Kharkiv Scientific-Research Institute of Mechanical Engineering Technology", Kharkiv, Ukraine

MODELS OF MAKING DECISIONS TO SELECT THE TECHNIQUES FOR COUNTERING INNOVATIVE PROJECT RISKS

The **subject matter** of the study is the risks of an innovative project. The **goal** of the article is to develop models of making decisions to select the techniques for countering innovative project risks. The following **tasks** are solved in the article: the features of managing innovative project risk are analyzed, a generalized model of the project risk management is developed, the mechanisms to counter the innovative risks are analyzed, a decision tree is developed to select the technique to counter innovative project risks, a formalized method and a process model are developed to select a preferred technique for risk insurance. The following **methods** are applied – system analysis, project approach, risk-based approach, heuristic decision-making methods, process models. The following **results** are obtained: the analysis of the features of managing innovative project risks showed the possibility of reducing the cost of risk by modern techniques of countering financial risks, including insurance in its various forms. A generalized model of managing innovative project risks is proposed; this model includes the stages of developing possible measures to counter risks and making decisions on selecting the preferred option. The probable types of innovation project risks, methods of their assessment under uncertainty are considered. The techniques to counter innovation risks, including the types of project risk insurance, are analyzed. A decision tree is developed to select a technique for countering risk based on a number of its characteristics that are defined according to the qualitative and classification scale. The suggested technique is formalized for selecting a mechanism to insure project risks, taking into account the probabilities of specific risks, their costs and the general insurance fund of a project. A process model is developed to select the preferred technique of insurance, taking into account the integral assessment of an innovation risk. **Conclusions.** The use of the developed models while planning the risk management of an innovative project increases the validity and reliability of decisions concerning the selection of a technique for countering risks, taking into account the characteristics of specific risks, the magnitude of the integral risk and the features of a particular project.

Keywords: innovative project, risk probability, risk mitigation, risk countering techniques, risk insurance.

Introduction

The implementation of innovative projects is usually linked with the investment of money to long-term assets, which result in probable project risks. Analyzing and developing the techniques for countering innovation risks is a difficult task of project management. Decisions made in this area are designed for long periods of time and, as a rule:

- are a part of the strategy of the firm prospective development;
- cause significant outflows of funds;
- can become irreversible from a certain point in time;
- are based on projected assessments of further costs and revenues.

Therefore, a preliminary analysis is of particular importance; this analysis is carried out at the stage of development of an innovative project and contributes to making sound management decisions. In order to make a correct analysis of the efficiency of planned capital investments in innovations, many factors should be taken into account, the expected efficiency of the project should be assessed as well as the risks of cash flows and decisions that will reduce the loss of the project in case of emergency.

The analysis of recent studies and publications. The available works on the issues of managing risks of innovative projects deal with theoretical and practical grounds for qualitative and quantitative assessment of risks [1 - 3]. The innovative risk is often determined as the probability of losses that occur when an investor invests money in manufacturing new goods and services [4]. There are various classifications of risks a business can face while implementing innovative projects [5, 6].

While analyzing risks, their causes are considered [7]. The techniques for analyzing risks are developed; these techniques are the assessment of risks depending on the peculiarities of enterprise activities, the degree of the innovation novelty [8], the analysis of the innovation risk at separate stages of the project life cycle; and the scale of financial investments is suggested [9].

There are works dealing with theoretical and practical issues of the risk management where one of the important stages is the task of selecting a means of reducing risks [10, 11]. The sequence of risk management for venture financing has been determined and the ways for minimizing risks have been described. In particular, the principles of project construction and diversification have been emphasized [12–14]. The issues of minimizing risks are considered basing on the detalization of risk-forming factors taking into account the degree of uncertainty of the external environment [15, 16].

Foreign authors pay great attention to the development of standards to control credit, financial and operational risks [17–19].

However, little attention is paid to the issues of selecting techniques and mechanisms for countering risks. While making decisions on selecting a technique for reducing risk, the degree of risk itself is not taken into account. The peculiarities of innovation risk are not taken into account as well.

One of the most efficient ways to counter risks is insurance. This technique is used mainly for credit institutions or to manage the financial risks of a project

© Kosenko V., 2019

[20]. Insurance is considered as a system of economic relations between insurance organizations and project managers. The need for financial independence of the project and the interest of the manager in the delegation of responsibility for the consequences of risk to specialized organizations are emphasized [21].

The goal of the article is to develop models of making decisions on selecting the technique for countering innovative project risks. The tasks to be solved are:

- peculiarities of managing innovative project risks should be analyzed;
- a generalized model for managing project risks should be developed;
- mechanisms for countering innovation risks should be analyzed;
- a tree of decisions for selecting the technique for countering innovative project risks should be developed;
- a formalized method and a process model for the selection of the preferred technique of risk insurance should be developed.

Materials and methods of the study

The main task of managing innovation risks is to minimize the losses linked with the nonconformity that have arisen in the course of project implementation. The risk management process includes the following tasks:

- risk identification;
- risk analysis and assessment;
- the development of measures to reduce the impact of specified risk factors on innovative processes.

The main consequence of the risk is the overspend of time and money to achieve the goal by increasing a number of works and the duration of their fulfilment; besides there is the possibility that the specified requirements for the project results will not be achieved.

The generalized model of managing the risks of an innovative project (Fig. 1) is proposed; this model includes a number of stages:

1. Identification of probable risks, grouping risks into categories [21].

2. Risk assessment and analysis:

- assessment of the probability of risk realization,
- assessment of the value of losses - probable damage,
- qualitative risk assessment by comparing the obtained quantitative assessments with acceptable values.

The selection of the assessment technique dramatically depends on the volume and characters of the initial data about risk factors.

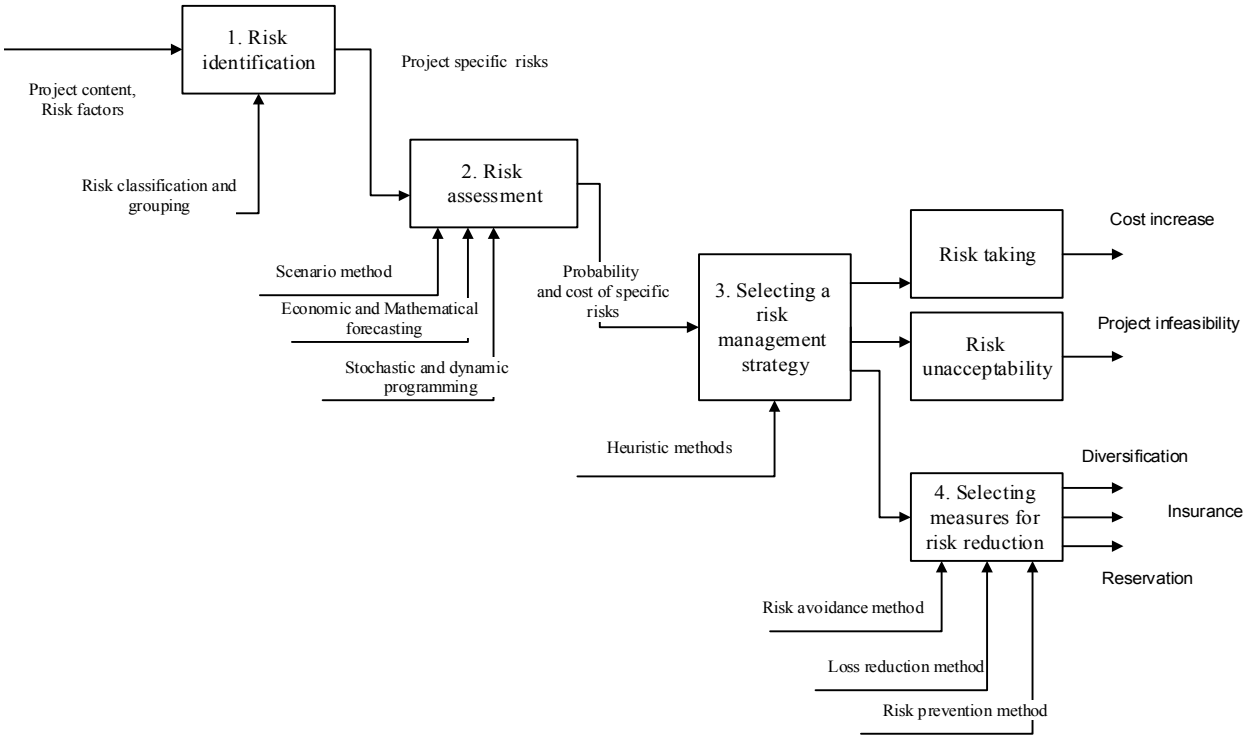


Fig. 1. The generalized model of managing innovative project risks

3. Basing on the analysis of the information received, taking into account the characteristics of risk factors, the important issue of analyzing an innovative project under uncertainty – the selection of risk management techniques and tools – is solved. The following basic risk management techniques are used in the theory and practice of project management: absorption – taking a risk by taking into consideration probable losses in general project costs; reducing risk by controlling, preventing, or insuring it; eliminating risk by recognizing its inadmissibility.

Risk avoidance actually means the refusal to implement an investment project or the project substantial transformation after which the project risk is practically eliminated. To decrease the risk degree, there are various techniques: risk avoidance technique; risk prevention technique; damage reduction technique. Risk avoidance is directed at the mitigation of risk that

involves developing intrinsic procedures which completely eliminate a specific type of risk. Risk prevention means that project activities are controlled in such a way that project participants can maximally affect risk factors and can decrease the probability of an emergency. Let us consider the features of these actions in relation to innovative projects. Thus, at the stage of identifying the risk of innovation, risks of innovation are most likely to happen if:

- the market rejects the innovation;
- there is no profit planned from the innovation introduction;
- the actual parameters of the innovation do not match the planned indicators;
- there are no results of innovation activities by the deadline specified in the project;
- patent rights are violated;
- the company 'know-how' is lost.

At the second stage of the selection of analysis and assessment techniques, the factors of uncertainty in making decisions on risk management should be taken into account. To assess the innovation risk, the following methods are efficient: scenario method to check project sustainability or sensitivity; methods of economic and mathematical forecasting (analysis of time series and regression-correlation analysis), methods of stochastic and dynamic programming with a formalized description of uncertainty.

Scenario method involves developing scenarios for project implementation under the most probable and the most unfavourable conditions for some participants. In the context of each scenario, it is investigated how the mechanism for making a decision will operate under appropriate conditions and what the amount of income and losses will be as well as the project performance indicators. The decision is considered sustainable if in all the situations considered, possible adverse effects are eliminated by the created reserves and reserves or they are recovered by insurance payments.

The risk of a project under the deviation of planned economic characteristics can be analyzed by calculating the sensitivity of key financial criteria of the project assessment to deviations of these characteristics. If there is a particular sensitivity to a certain parameter, more thorough analysis of trends in the change of such a parameter during the project is required.

The method of the formalized description of uncertainty is the most preferred but also the most difficult one in the context of its implementation. This method includes the following stages:

- describing the entire set of probable conditions for making the decision (as the system of restrictions on the values of the main resources of a project) and the costs, results, and performance indicators corresponding to these conditions;
- transforming the initial information about the factors of uncertainty into information about the individual probabilities of implementation and the corresponding performance indicators or about the intervals of their change;
- determining performance indicators of the decision as a whole taking into account the uncertainty of conditions for its implementation - the indicators of expected efficiency [10].

At the third stage of risk management, the measures for risk countering (mitigating) should be selected. The system of internal and external mechanisms of minimizing financial risks involves using the following basic methods:

1. Diversification - is the distribution of capital among various investment objects that are not related to each other directly; this is the most reasonable and relatively less costly way to mitigate the degree of financial risk.

2. Reservation of funds (self-insurance) - its mechanism is based on keeping a part of the financial resources of the project in reserve, which enables overcoming the negative financial consequences.

3. Risk insurance is a method that enables reducing the damage arising while implementing the project due to financial compensation for losses from special insurance funds.

Results

Selecting a technique for countering a risk including the type of insurance generally depends on the risk probability (P), its cost (the amount of damage) (X) (Fig. 2) and the way of its behaviour (S).

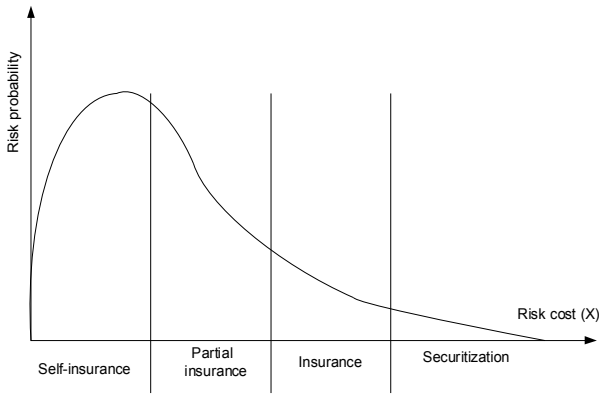


Fig. 2. Recommended techniques of project insurance depending on the probability of risk and risk cost

Thus, a risk can be characterized by a set of parameters: $R = <P, X, S>$. The following values of the above parameters are considered: $P \rightarrow$ max/min is the significant or little probability of the risk; $X \rightarrow$ max/min is the significant or little losses from the risk; $S \in \{E, M\}$, where E means a single risk, M – a mass one.

Depending on the variant of the combination of risk parameter values (taking into consideration the areas singled out in Fig. 2), the decision tree for selecting the way of its countering (Fig. 3).

While managing project risks, a way of insurance should be selected. Risk insurance can be rejected or accepted partially (co-insurance) or entirely for reinsuring. Self-insurance is applied for big projects to prevent the loss of large financial resources, in addition, the amount of amount of contributions to the reserve fund is lower than the level of commercial contributions. The mechanism of self-insurance lies in the fact that the reserve fund (designated as SF) is

formed for the project; this fund that is greater or equal to the value of probable damage

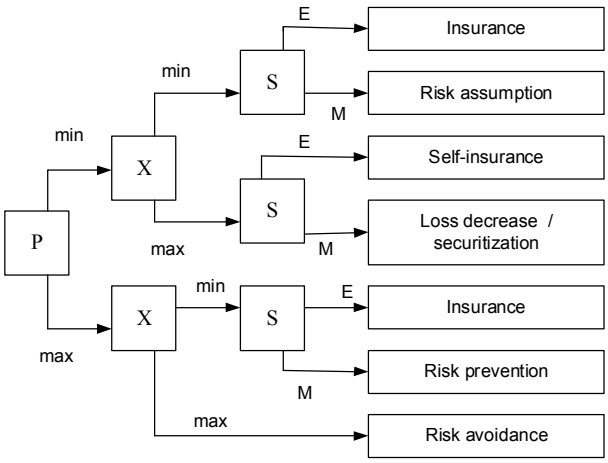


Fig. 3. The tree of decisions on the selection of the technique to counter a risk

Let J risks be identified in the project, p_j is designated as the probability of the j^{th} risk. In the case of risk realization, the damage of the project can be equal to ΔX_j. If the project manager wants to ensure the obligatory implementation of the project, the reserve should be formed that is equal to $SF = \max\left\{\Delta X_j\right\}$. The amount of the insurance fee for each risk will be determined $l_j(\Delta X) = p_j \Delta X_j$. In a general case $\forall j : \sum_{j=1}^{J} l_j(\Delta X) = SF$. However $\exists j : \Delta X_j > \sum_{j}^{J} l_j(\Delta X)$ that is, the sum of all risks insurances can be insufficient to compensate for the probable losses.

To select the mechanism of insurance, the following technique is proposed:

1) if $\sum_{j=1}^{J} \Delta X_j \le SF$ and $p_j \to \min$, the mechanism of insurance can be applied. Probable losses can be compensated form the reserve fund;

2) if $\sum_{j=1}^{J} \Delta X_j \le SF$ and $p_{\min} < p_j < p_{\max}$ (the risk probability is mean) or $\exists \Delta X_j < SF$ и $p_j \to \min$, the mechanism of mutual insurance can be applied. The amount of losses and risks will be redistributed among the project performers;

3) if $\sum_{j=1}^{J} \Delta X_j > SF$ and $p_{\min} < p_j < p_{\max}$, the mechanism of commercial insurance should be applied;

4) if $\sum_{j=1}^{J} \Delta X_j > SF$ and $p_j \to \max$, such risks should be rejected. In this case, the project will be considered as a high-risk one and it will be very difficult to insure it.

In case, when the integral risk of an innovative project is assessed on the basis of specific risks and many factors are taken into account, a procedure for selecting the type of insurance is suggested, which involves the following stages:

1) determining the project stages, where risk factors can happen;

2) scoring risk factors in groups (technological, informational, operational, personnel and so on);

3) calculating the integral score of innovation risk;

4) in case if the risk is within the acceptable value for the given project, assessing the class of the project innovativeness;

5) calculating the risk "premium";

6) taking into consideration the cost of risk and "premium" in terms of the profitability of the project,

7) selecting the type of insurance considering the value of the innovation risk.

At the final stage, the preferable insurance is determined by the following rules:

– if the integral assessment of the innovation risk is $R < 0{,}05$, self-insurance is recommended,

– if $0{,}05 \le R < 0{,}4$ – mutual insurance,

– if $0{,}4 \le R < 0{,}8$ – commercial insurance,

– if $R \ge 0{,}8$ – the project is considered as a high-risk one, insurance is not recommended.

The process model that reflects the stages, the transmitted information and the methods used to select the method of insurance is given in Fig. 4. This model is a variant of stage 4 decomposition (selection of measures for risk reduction) of generalized risk management in case if the project insurance is selected as the risk management method.

Conclusions

The above analysis of the peculiarities of managing the innovative project risks shows that risk costs can be reduced by applying modern techniques of countering financial risks including various types of insurance. The generalized model of managing the risk of an innovative project is proposed; the model includes the stages of developing probable measures to counter risks and making decisions on the choice of the preferred option. The probable types of innovation project risks, techniques for their assessment under uncertainty are considered. The mechanisms of countering innovation risks are analyzed, including types of project risk insurance. The decision tree was formed on the choice of a technique for countering the risk on the basis of a number of its characteristics defined in the qualitative and classification scale. The technique for selecting a mechanism for insuring project risks, taking into account the probabilities of specific risks, their costs and the general insurance fund of the project is presented in a formalized view. The process model was developed to select the preferred technique of insurance taking into account the integral assessment of the innovation risk. The use of the developed models in planning the processes of managing the risk of an innovative project increases the validity and reliability of decisions on the choice of a method for countering risks by taking into account the characteristics of specific risks, the magnitude of the integral risk and features of a particular project.

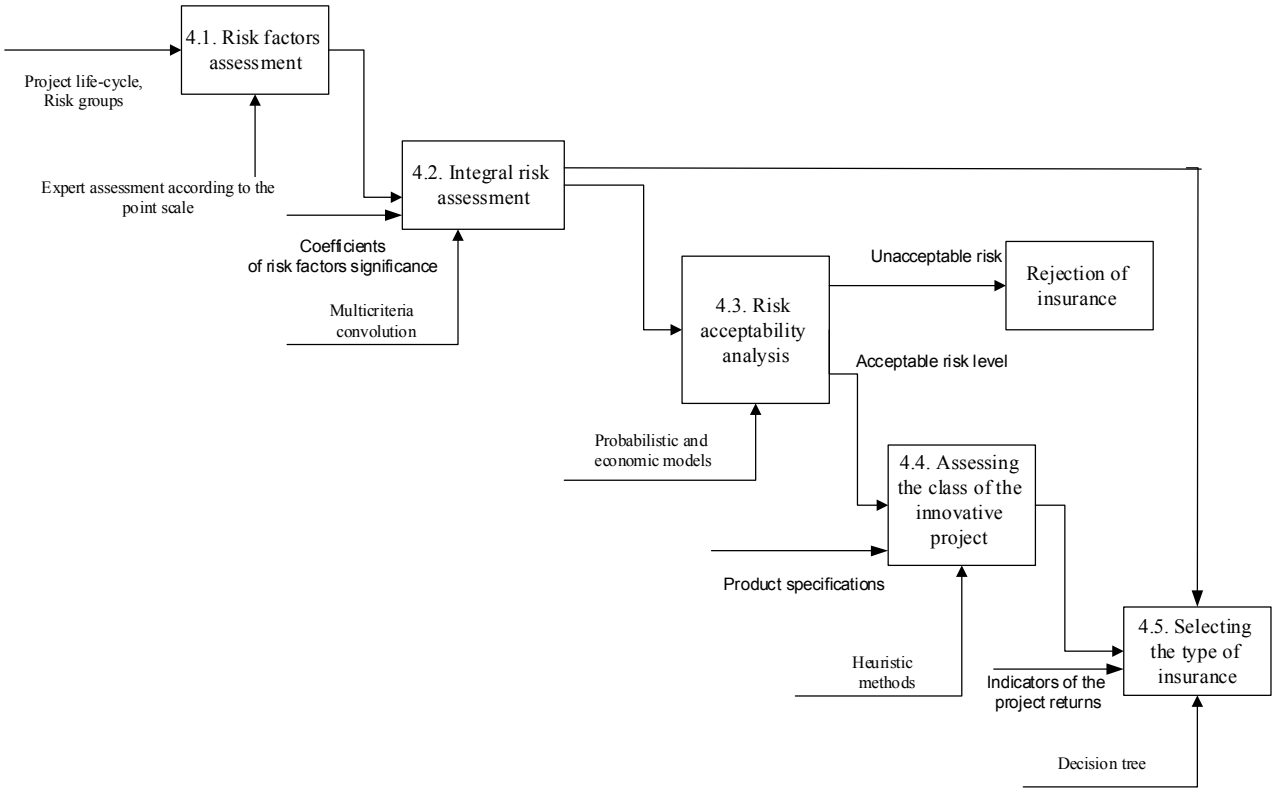


Fig. 4. The process model for selecting a type of a project insurance basing on the integrated assessment of an innovation risk

REFERENCES

1. Guan, J.C. (2006), "A study of the relationship between competitiveness and technological innovation capability based on DEA models", *European Journal of Operational,* Vol. 170, Issue 3, pp. 971–986.
2. Kutsch, E. and Hall, M. (2010), "Deliberate ignorance in project risk management", *International journal of project management,* Vol. 28, Issue 3, pp. 245-255.
3. Huchzermeier, A. and Christoph, H.L. (2001), "Project management under risk: Using the real options approach to evaluate flexibility in R…D", *Management Science,* Vol 47, Issue 1, pp. 85-101.
4. Raz, T. and Michael, E. (2001), "Use and benefits of tools for project risk management", *International journal of project management,* Vol 19, Issue 1, pp. 9–17.
5. Momot, D. (2018), "Risk assessment of investment in the ART-industry market: systematization of theoretical and methodological approaches", *Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 4(6), pp. 127–136. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2018.6.127
6. Bucurean, M., Tarca, N. and Horea, I. (2015), "The innovation and the risks' management", *Fascicle of Management and Technological Engineering*, Vol. XXIV (XIV), Issue 3, pp. 312-319.
7. Kosenko, V. (2017), "Principles and structure of the methodology of risk-adaptive management of parameters of information and telecommunication networks of critical application systems", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 1 (1), pp. 45–51, DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2017.1.046
8. Bushuyev, S.D., Bushuyev, D.A. and Yaroshenko, R.F. (2017), "Deformation of the field of competencies in innovative projects", Bulletin of the Kharkov Polytechnic Institute, Kharkiv: NTU "KhPI", No. 2 (1224), pp. 3–7.
9. Ponomarenko, P.I. and Haver, V.N. (2012), "Rationale for the study of risks in the stages of implementation of the innovation project", *Economy of industry*, No. 3-4, pp. 59–60.
10. Golovach, T.V., Grushevitska, A.B., Shvid, V.V. (2010), "Risk Management: Reputation and Organizing at Entrepreneurship", *Bulletin of the Khmelnitsky National University*, KhNU, Khmelnitsky, No. 3, pp. 157-163.
11. Kosenko, V. (2018), Decision support system in planning investment project, *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries,* No. 4(6), P. 113–119. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2018.6.113
12. Gerasimchuk, V.G., Shkolna, O.V. (2008), Risk management in foreign venture financing of innovation projects. – [Upravlinnya rizikami v inozemnomu venchurnomu finansuvanni innovacijnih proektiv], *Publishing House of the National University "Lviv Polytechnic" Problems of Economics and Management* [Vidavnictvo Nacional'nogo universitetu "L'vivs'ka politekhnika" Problemi ekonomiki ta upravlinnya], No. 628, P. 424–429.
13. Groznij, I.S. (2004), Analysis and Determination of Project Risks as a Condition for the Transparency of Innovative Venture Projects [Analiz ta viznachenist' proektnih rizikiv yak umova transparentnosti innovacijno-venchurnih proektiv], *Coll. of sci. papers of DonNTU: "Methods of updating and mechanisms of financial development of enterprises": Ser. "Economy"* [Zb. nauk. pr. DonNTU: „Metodi onovlennya i mekhanizmi finansovogo rozvitku pidpriємstv": Ser. "Ekonomika"], Donetsk: DonDUU, Vol.V, Issue 41, P. 109–121.
14. Bogutska, O. (2018), Financial and economic mechanism for ensuring investment activity of enterprises according to institutional models of financing the real sector of the economy. *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries,* No. 3(5), P. 79-86. DOI:https://doi.org/10.30837/2522-9818.2018.5.079

15. Sviridova, S. S. (2011), Risk Management of the Life Cycle of the Innovation Project [Upravlinnya rizikami zhittevogo ciklu innovacijnogo proektu], *Economy: Realities of Time* [Ekonomika: realii chasu], Odessa: Odessa National Polytechnic University, No. 1, P. 103-108.
16. Babenko, V., Alisejko, E., Kochuyeva, Z. (2017), The task of minimal adaptive management of innovative processes at an enterprise with risks, *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries,* No. 1(1), P. 6-13. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2017.1.006
17. *Basel Committee on Banking Supervision*, available at: http://www.bis.org/bcbs/index.htm
18. *Enterprise Risk Management – Integrated Framework*, available at: http://www.coso.org/publications.htm
19. *Australian/New Zealand Standard AS/NZS 4360:2004,* Section 4.3: Risk management planning, P. 26, available at: www.standards.com.au
20. Pavlyuk, S. M. (2003), Credit Risks and their Management [Kreditni riziki ta upravlinnya nimi], *Finance of Ukraine,* No. 11, P. 105 – 111.
21. Minkina, G. O. (2010), Insurance as an Instrument for Risk Management of Agroindustrial Enterprises, *Scientific Bulletin of the National University of Bioresources and Natural Resources of Ukraine*, Vol. 154, P. 117-121.

Надійшла (received) 25.01.2019
Прийнята до друку (accepted for publication) 06.03.2019

Модели процесса принятия решений по выбору способов парирования рисков инновационного проекта

В. В. Косенко

Предметом исследования в статье являются риски инновационного проекта. **Цель статьи** – разработка моделей процесса принятия решений по выбору способов парирования рисков инновационного проекта. Решаемые **задачи**: анализ особенностей управления рисками инновационного проекта, разработка обобщенной модели процесса управления рисками проекта, анализ механизмов парирования инновационного риска, разработка дерева решений для выбора способа парирования рисков инновационного проекта, разработка формализованного метода и процессной модели выбора предпочтительного способа страхования риска. Применяемые **методы**: системный анализ, проектный подход, риск-ориентированный подход, эвристические методы принятия решений, процессные модели. **Полученные результаты**. Проведенный анализ особенностей управления рисками инновационного проекта показал возможность снижения стоимости рисков путем применения современных методов парирования финансовых рисков, в том числе страхования в различных его формах. Предлагается обобщенная модель процесса управления рисками инновационного проекта, которая включает этапы выработки возможных мер по парированию рисков и принятие решения по выбору предпочтительного варианта. Рассмотрены возможные виды рисков инновационного проекта, методы их оценки в условиях неопределенности. Проанализированы механизмы парирования инновационных рисков, в том числе и виды страхования рисков проекта. Сформировано дерево решений по выбору способа парирования риска на основе ряда его характеристик, определенных в качественной и классификационной шкале. Формализован представленный метод выбора механизма страхования рисков проекта с учетом вероятностей частных рисков, их стоимости и общего страхового фонда проекта. Разработана процессная модель выбора предпочтительного способа страхования с учетом интегральной оценки инновационного риска. **Выводы**. Применение разработанных моделей в планировании процессов управления рисками инновационного проекта повышает обоснованность и достоверность решений по выбору способа парирования рисков путем учета характеристик частных рисков, величины интегрального риска и особенностей конкретного проекта.

Ключевые слова: инновационный проект; вероятность риска; снижение риска; методы парирования; страхование.

Моделі процесів прийняття рішень з вибору способів парирування ризиків інноваційного проекту

В. В. Косенко

Предметом дослідження в статті є ризики інноваційного проекту. **Мета статті** – розробка моделей процесів прийняття рішень для вибору способів парирування ризиків інноваційного проекту. **Завдання,** які вирішуються: аналіз особливостей управління ризиками інноваційного проекту, розробка узагальненої моделі процесу управління ризиками проекту, аналіз механізмів парирування інноваційного ризику, розробка дерева рішень для вибору способу парирування ризиків інноваційного проекту, розробка формалізованого методу і процесної моделі вибору кращого способу страхування ризику. Застосовувані **методи:** системний аналіз, проектний підхід, ризик-орієнтований підхід, евристичні методи прийняття рішень, процесні моделі. **Отримані результати.** Проведений аналіз особливостей управління ризиками інноваційного проекту показав можливість зниження вартості ризиків шляхом застосування сучасних методів парирування фінансових ризиків, в тому числі страхування в різних його формах. Пропонується узагальнена модель процесу управління ризиками інноваційного проекту, яка включає етапи вироблення можливих заходів щодо парирування ризиків і прийняття рішення щодо вибору кращого варіанту. Розглянуто можливі види ризиків інноваційного проекту, методи їх оцінки в умовах невизначеності. Проаналізовано механізми парирування інноваційних ризиків, в тому числі і види страхування ризиків проекту. Сформовано дерево рішень по вибору способу парирування ризику на основі ряду його характеристик, визначених у якісній і класифікаційній шкалах. Формалізовано представлений метод вибору механізму страхування ризиків проекту з урахуванням ймовірностей часткових ризиків, їх вартості та загального страхового фонду проекту. Розроблено процесну модель вибору кращого способу страхування з урахуванням інтегральної оцінки інноваційного ризику. **Висновки**. Застосування розроблених моделей в плануванні процесів управління ризиками інноваційного проекту підвищує обґрунтованість і достовірність рішень по вибору способу парирування ризиків шляхом урахування характеристик часткових ризиків, величини інтегрального ризику та особливостей конкретного проекту.

Ключові слова: інноваційний проект; ймовірність ризику; зниження ризику; методи парирування; страхування.

UDC 004.89:378.4 **doi: 10.20998/2522-9052.2019.1.04**

K. Meteshkin[1], O. Morozova[2]

[1] O. M. Beketov National University of Urban Economy, Kharkiv, Ukraine
[2] National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Kharkiv, Ukraine

MODELLING OF PROFESSIONAL KNOWLEDGE AS AN EDUCATIONAL TECHNOLOGIES METHOD

The paper suggests modelling of professional knowledge as an educational technologies method. The influence of these and other factors, in presence of educational standards, results in difficulties in planning and organizing of educational processes, and, on the whole, in decrease in the effectiveness of educational processes and training of students according to particular specialities. The goal of this article consists in development of an innovation technology based on the simulation cognitive modelling method. Taking into account the modern trend of auditorium study reduction and independent students' activity increase, there emerges a didactic problem of students' knowledge and competences formation effectiveness provision under time shortage, instruction process poor structurization, teaching goal setting high vagueness conditions. Students, on the basis of teaching material given to them for the study, as well as using additional information found in Internet and in other sources of information, will form individual discipline models, the assemblies of which for the whole period of the study, for example baccalaureate, should construct an atlas of professional knowledge models. For filling the discipline models platform up, it is proposed to create a test-and-experimental students' knowledge modelling virtual students' studio on the chair web pages. The potential of modern information technologies and their applied use in educational systems requires careful, deep and thorough experimental research. That is why the creation of the professional knowledge modelling test-and-experimental virtual students' studio is a topical question.

Keywords: speciality knowledge model; higher educational institution; teaching and methodical provision; knowledge modelling students' studio; knowledge model platform.

Introduction

At present, the educational system of Ukraine is under the influence of a great number of factors, both objective and subjective ones, which, in their interconnection, result in a decrease in the effectiveness of education and training, including the higher school as well.

The main factors that have an influence on the higher education system, are [1–4]:

– high dynamics of the world knowledge renewal in many spheres of human activity;

– high development tempo of informational and communicative methods and means of information transfer and processing;

– high degree of conservatism in the processes that take place in the higher school of Ukraine;

– the higher school pedagogics methodology development tempo remains behind that one of the computer and informational science methodology;

– wide range of professional skills of the research and educational specialists.

The influence of these and other factors, in presence of educational standards, results in difficulties in planning and organizing of educational processes, and, on the whole, in decrease in the effectiveness of educational processes and training of students according to particular specialities [5–7].

The goal of this article consists in development of an innovation technology based on the simulation cognitive modelling method.

1. Speciality Knowledge Model

By the simulation cognitive modelling we shall understand the construction of models of objects, processes and phenomena of the object domain in question, which can be represented discretely as modules, meaningful modules, lectures, school-book sections and subsections, disciplines as a whole, as well as assembly of disciplines that correspond to the study curricula.

In the process of the professional knowledge acquisition, the students are proposed to study a number of disciplines that should be interconnected logically and semantically, which, unfortunately, cannot be always achieved in practice.

One of the basic principles of the higher school didactics consists in the thesis that any school discipline studied at a higher education institution, has scientific basis, i. e. the assembly of:

– methods,
– manners,
– postulates,
– theorems,
– procedures,
– approaches etc.

That is why it is very important, in our opinion, to develop teaching aids designed not for a separate discipline but for the speciality on the whole, in order the knowledge of students be systematized by particular specialities.

Let us designate such teaching aids as universal ones.

Obviously, their names should begin with "Scientific basics of ... speciality" words.

The content of such teaching aids should correspond with the teaching material of the most of the curriculum disciplines; have the teaching and reference properties useful at different stages of the education, both for students and for the teachers. In addition, the teaching aid structure should correspond with linguistically didactic principles and possibilities of text

© Meteshkin K., Morozova O., 2019

information representation as certain models – text bodies [1].

The aforesaid can be illustrated with a diagram in the Fig. 1, where it is shown that the function of such universal teaching aid for the speciality consists in supporting of the traditional teaching process, in order to systematize the students' knowledge according to the particular speciality.

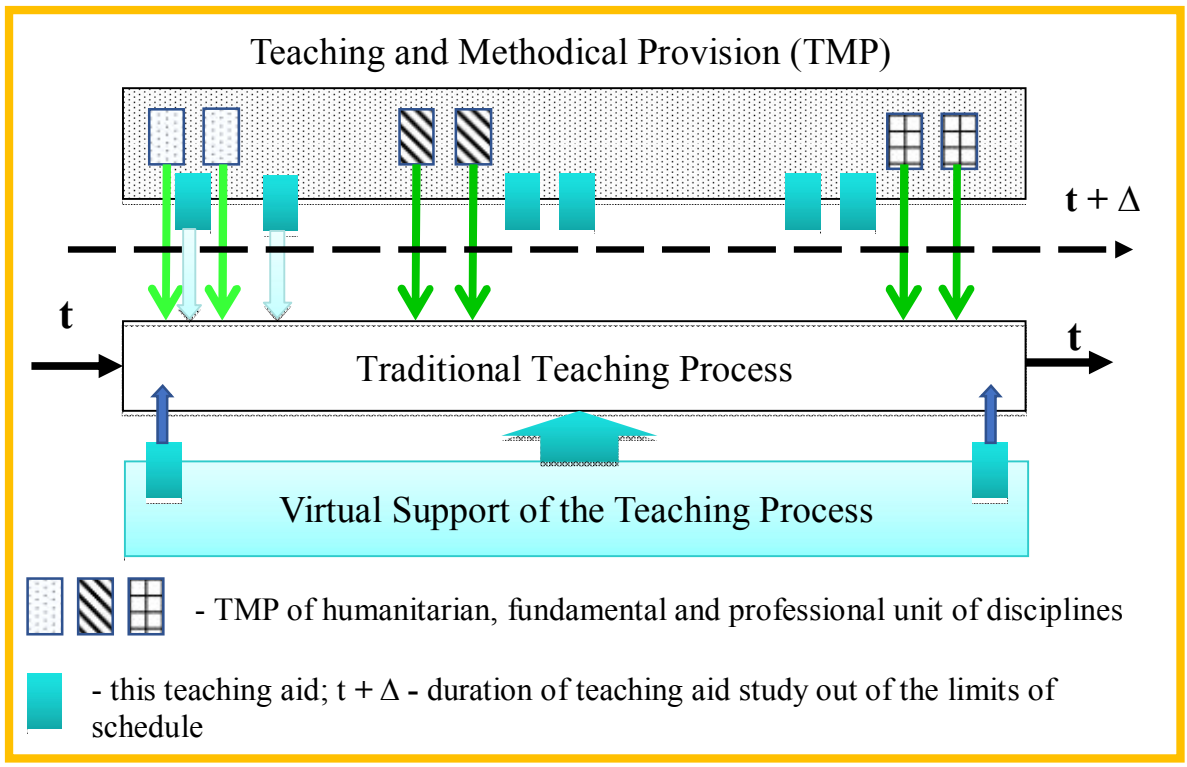


Fig. 1. Diagram of students' knowledge by speciality owing to the construction and application of the universal teaching aid by the speciality

Besides, in the diagram of the Fig. 1 it is shown that the traditional teaching process is connected with the virtual support of the teaching process.

Let us expose its essence.

Let us mention that the basis of teaching material [2] visual presentation principle is formed by the models developed by the teachers as

– lecture summaries,

– tutorials,

– school-books,

– electronic instruction means as separate presentations etc.

In the theory of artificial intelligence construction, such presentation is called the presentation of knowledge by declarative methods. Although various methodical instructions on execution of laboratory work and exercises, solvers with the specific problem solution examples etc. are of declarative nature, they form the procedural knowledge and skills [3, 4] in the students.

Taking into account the modern trend of auditorium study reduction and independent students' activity increase, there emerges a didactic problem of students' knowledge and competences formation effectiveness provision under time shortage, instruction process poor structurization, teaching goal setting high vagueness conditions. In other words, under condition of the above-listed factors effect. To explain the essence of the virtual support of the instruction process (see Fig. 1), let us represent the instruction of students as an outline diagram of the simulation cognitive modelling (see Fig. 2).

In the Fig. 2 it is shown that the research and educational specialists construct discipline models and bring their essence (teaching material) to the students' attention using both traditional methods and those based on the virtual representation.

Students, on the basis of teaching material given to them for the study, as well as using additional information found in Internet and in other sources of information, will form individual discipline models, the assemblies of which for the whole period of the study, for example baccalaureate, should construct an atlas of professional knowledge models (see Fig. 2).

Research and educational specialists will control and advise students in the process of discipline individual models construction and can introduce corrections into the substantial part of the school discipline model according to the 'Partnership' teaching technology procedures described in [5].

The discipline models processed in that way, will be placed in the knowledge models platform according to the speciality.

An example of the knowledge models platform with a teaching aid (discipline model) [5] placed in, is cited in the land administration and geoinformation systems chair web site [6]. The discipline models platform is named 'Speciality navigator' there.

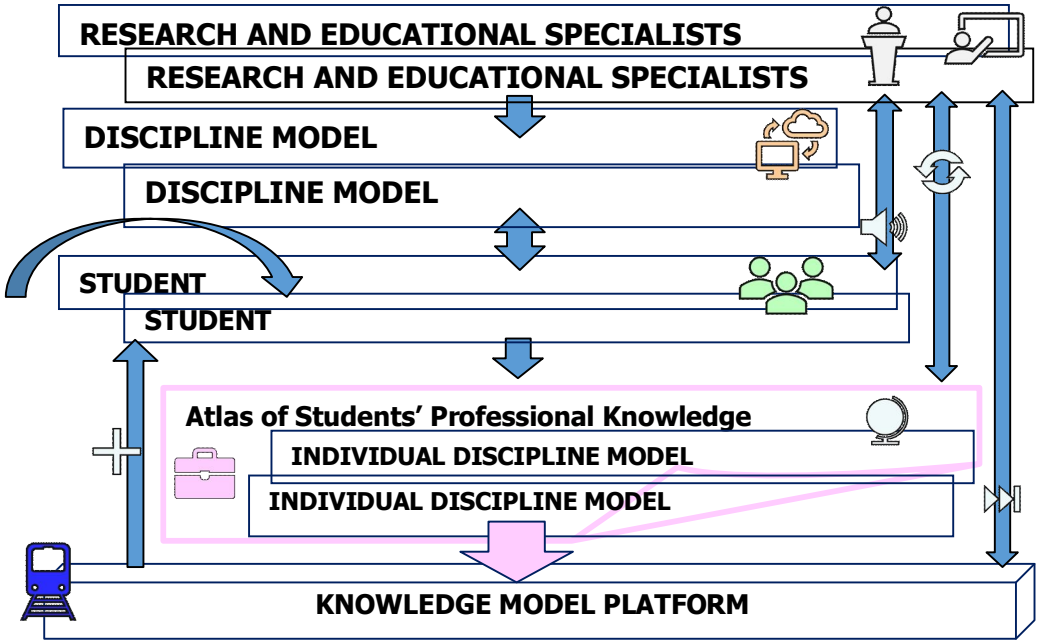


Fig. 2. Outline diagram of teaching technology based on the simulation cognitive modelling method

2. Knowledge modelling students' studio

For filling the discipline models platform up, it is proposed to create a test-and-experimental students' knowledge modelling virtual students' studio on the chair web pages.

The necessity of the knowledge modelling students' studio can be justified by the fact that in its territory (pages in the chair web site) the teachers have opportunity to control, correct and validate the individual models of students' knowledge by the disciplines studied. In addition, within the framework of the modelling studio, the students 'assemble' the atlas of their professional knowledge by the speciality.

The experimental research carried out with 2-year and 4-year students on creation of the professional knowledge atlases, have shown a vast diversity of the software tools used in the modelling process. At the construction of their knowledge atlases, some students have used software tools forced to be studied independently out of the limits of the instruction schedule. Examples of title-pages of some professional knowledge atlases of the students, as well as knowledge (school discipline) model three-level platform screen shots, are published in the chair web site [6].

Thus, a creation of an innovation training technology which does not comply with out-of-date anthropocentrism principles of the time of A. S. Makarenko and V. A. Sukhomlinsky, is proposed. Unfortunately, these and other prominent pedagogues of the 20th century did not know in their pedagogic activity the influence of informational and communicative revolution factors. The potential of modern information technologies and their applied use in educational systems [7–12] requires careful, deep and thorough experimental research.

That is why the creation of the professional knowledge modelling test-and-experimental virtual students' studio is a topical question.

Conclusion

So, the organization and attraction of the students to the activity in the studio, as well as the teachers, will allow to solve a number of important problems.

First, to create working digital models of disciplines that ensure constant access to the knowledge by one or another speciality.

Second, to ensure operative correction of school disciplines material.

Third, to propose an alternative variant of students' knowledge evaluation on the basis of the models constructed by them.

Fourth, to develop students' competences in generalizing the instruction material and its systematization in the process of professional knowledge atlases creation.

Fifth, to develop technology based on consulting procedures. Instead of traditional teaching methods – presentation of the theoretic material as lectures, and practical activity working-through – to use knowledge models or their combinations.

Sixth, in the process of the rating expert evaluation of the students' professional knowledge models, to solve the problem of the expert (teacher) opinions coordination improvement by means of the experts classification and calculation of Kendall's concordance coefficient [9] which will show the coordination of expert evaluations.

REFERENCES

1. Meteshkin, K.A. (2006), *Cybernetic pedagogy: linguistic technologies in systems with integrated intelligence*, ISU Publ., Kharkiv, 238 p.

2. Komenskiy, Yan (1975), *Great didactics*, A.M. Kotomina Publ., Kharkiv, 282 p.
3. Meteshkin, K.A. (2004), *Cybernetic pedagogy: theoretical bases of education management on the basis of integrated intelligence*, ISU Publ., Kharkiv, 400 p.
4. Meteshkin, K.A. Morozova, O.I., Fedorchenko L.A. & Hayrova N.F. (2012), *Cybernetic pedagogy: ontological engineering in training and education*. KHNAME, Kharkiv, 207 p.
5. Meteshkin, K.A., Kon, D.A., Akhmedova R.H. (2016), *Fundamentals of the theory of systems: innovative author's technology of learning "Partnership"*, KHNAME, Kharkiv, 236 p.
6. *Department site* (2019), available at: http://kaf-gis.kh.ua/osnovy-teorii-sistem-i-sistemnyy-analiz-0 (accessed February 15, 2019).
7. Shynkaruk, V.D., Rakovskiy, H.V., Meteshkin, K.O. (2008), "A systematic approach to the study of integration processes in higher education in Ukraine", *Higher school*, Vol. 9, pp. 12–28.
8. Konysheva, A.V. & Ibragimova, E.N. (2017), "Training of Engineers in Mathematics at University on the Basis of the Information Cybernetic Approach", *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, Vol. 13(8), pp. 4379–4391.
9. Shmatkov, S.I., Kuchuk, N.G. and Donets V.V. (2018), "Model of information structure of the hyperconvergent system of support of electronic computing resources of university e-learning", *Control systems, navigation and communication*, Poltava, No. 2 (48), pp. 97-100.
10. Kuchuk, G.A. (2013), "Method of synthesis of the information structure of the coherent fragment of the corporate multiservice network", *Collection of scientific works of the Kharkiv University of Air Forces*, No. 2 (35), pp. 97-102.
11. Dhivakar, B., Saravanan, S.V., Sivaram, M. and Krishnan R.A. (2012), "Statistical Score Calculation of Information Retrieval Systems using Data Fusion Technique", *Computer Science and Engineering*, Vol. 2, Issue 5, pp.43-45, DOI: https://doi.org/10.5923/j.computer.20120205.01
12. Krymsky, S.B. & Zhilin, B.B. (1990), *Expert evaluations in sociological research*, Science Dumka, Kyiv, 318 p.

Received (Надійшла) 22.01.2019
Accepted for publication (Прийнята до друку) 27.02.2019

Моделювання професійних знань як метод освітніх технологій

К. О. Метешкін, О. І. Морозова

В роботі запропоновано моделювання професійних знань як метод освітніх технологій. Вплив різного роду факторів за наявності освітніх стандартів призводить до виникнення труднощів у плануванні та організації навчальних процесів і в цілому до зниження ефективності процесів навчання і освіти студентів за конкретними спеціальностями. **Метою** цієї статті є розробка інноваційної технології, в основу якої покладено метод імітаційного когнітивного моделювання. З огляду на сучасну тенденцію скорочення аудиторних занять і збільшення годин, що виділяються на самостійну роботу студентів, виникає дидактична задача забезпечення ефективності формування знань та компетенцій у студентів в умовах дефіциту часу, слабкої структуризації навчального процесу, високої невизначеності при постановці завдань навчання. Студенти на основі навчального матеріалу, поданого ним для вивчення, а також на основі додаткової інформації, знайденої в Інтернеті та інших джерелах інформації, формують індивідуальні моделі дисциплін. Їх сукупності за весь період навчання, наприклад, бакалаврату, повинні скласти атлас професійних моделей знань. Для заповнення платформи моделей дисциплін пропонується на сторінках сайту кафедри створити дослідно-експериментальну віртуальну студентську студію моделювання знань студентів. Можливості сучасних ІТ-технологій і їх прикладне використання в освітніх системах вимагає ретельних, глибоких і всебічних експериментальних досліджень. Тому створення віртуальної студентської дослідно-експериментальної студії моделювання професійних знань є актуальним завданням.

Ключові слова: модель знань за фахом; заклад вищої освіти; навчально-методичне забезпечення; студентська студія моделювання знань; платформа моделей знань.

Моделирование профессиональных знаний как метод образовательных технологий

К. А. Метешкин, О. И. Морозова

В работе предложено моделирование профессиональных знаний как метод образовательных технологий. Влияние разного рода факторов при наличии образовательных стандартов приводит к возникновению трудностей в планировании и организации учебных процессов и в целом к снижению эффективности процессов обучения и образования студентов по конкретным специальностям. Целью настоящей статьи является разработка инновационной технологии, в основу которой положен метод имитационного когнитивного моделирования. Учитывая современную тенденцию сокращения аудиторных занятий и увеличение часов, выделяемых на самостоятельную работу студентов, возникает дидактическая задача обеспечения эффективности формирования знаний и компетенций у студентов в условиях дефицита времени, слабой структуризации учебного процесса, высокой неопределенности при постановке задач обучения. Студенты на основе учебного материала, представленного им для изучения, а также на основе дополнительной информации, найденной в Интернете и других источниках информации, формируют индивидуальные модели дисциплин. Их совокупности за весь период обучения, например, бакалавраты, должны составить атлас профессиональных моделей знаний. Для заполнения платформы моделей дисциплин предлагается на страницах сайта кафедры создать опытно-экспериментальную виртуальную студенческую студию моделирования знаний студентов. Возможности современных IT-технологий и их прикладное использование в образовательных системах требует тщательных, глубоких и всесторонних экспериментальных исследований. Поэтому создание виртуальной студенческой опытно-экспериментальной студии моделирования профессиональных знаний является актуальной задачей.

Ключевые слова: модель знаний по специальности; учреждение высшего образования; учебно-методическое обеспечение; студенческая студия моделирования знаний; платформа моделей знаний.

Adaptive control methods

UDC 621.375 (043.3) **doi: 10.20998/2522-9052.2019.1.05**

G. Aloshin [1], O. Kolomiitsev [2], A. Tkachov [2], V. Posokhov [3]

[1] Ukrainian State Academy of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine
[2] Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine
[3] National Academy of National Guard of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

SEPARABLE PROGRAMMING METHOD FOR SOLVING MULTI-DIMENSIONAL PROBLEMS OF OPTIMIZING THE PARAMETERS OF LASER INFORMATION MEASUREMENT SYSTEMS

The solution of optimization problems of laser information-measuring systems and their information and measurement channels, including functional elements for multiplicative signals, structures and technical parameters on a vector of quality indicators presented in tactical-technical requirements using expenditure indicators, is one from the main components of the theory of construction of such systems. **Purpose of the article.** Development of a universal method for solving multidimensional problems of optimization of parameters of laser information-measuring systems, no matter how it depends on the form of communication functions. The article discloses a separable programming method for optimizing laser information-measuring systems. The developed method uses the existing methods of modern mathematical programming with a separable representation of value and represents the optimum in analytical form, which allows it to "link" individual blocks of optimization problems into a common (single) solution. The method solves such problems as: multidimensionality, convergence of results, simplicity (universality), construction of exchange curves, and so on. It can be applied to any optimization problem as one-functional and multifunctional LIMS as a whole, and their information and measuring channels separately (including their functional elements). Analytical expressions for calculations are presented.

Keywords: optimization of parameters; cost; laser information measuring system; functional element; separable programming; multidimensional task.

Introduction

Formulation of the problem. The solution of optimization problems of laser information-measuring systems (LIMS) and their information and measurement channels, including functional elements for multiplicative signals, structures and technical parameters on a vector of quality indicators presented in tactical-technical requirements using expenditure indicators, is one from the main components of the theory of construction (creation) of such systems. The results of solving the general problem of optimizing LIMS can be obtained by solving the following problems: system analysis, finding links of the vector of LIMS quality indicators with a vector of technical parameters, determining fuzziness, changing consumption indicators, taking into account the multidimensionality of tasks and so on.

Thus, the development of a method that will allow us to find the optimal solution for the listed problems (tasks) is an actual scientific task.

Analysis of literature. Known methods for optimizing parameters are classified according to the forms of expressions of the objective function and communication functions into: direct search methods – dichotomy, Fibonacci numbers, etc.; linear programming methods – simplex method, the method of rotation of the matrix of coefficients, etc.; nonlinear methods – convex programming – gradient methods of the first and second orders, etc. [1 – 20]. Methods allow you to find solutions to problems of mathematical programming.

However, as a result of processing the statistics, upon receipt of the mean square regression of fuzzy cost per parameter, the forms of the communication functions change, and, therefore, the methods of mathematical programming in solving problems.

Purpose of the article. Development of a universal method for solving multidimensional problems of optimization of parameters of LIMS, no matter how it depends on the form of communication functions.

Basic material

The main requirements that apply to methods that allow solving multidimensional problems of optimization of system parameters include the following:

1) versatility;

2) simplifying the solution of large-scale optimization problems;

3) the simplicity of the algorithm for solving optimization problems;

4) the convergence of optimization results (short time to solve optimization problems);

5) controllability of optimization results;

6) visibility (ease of checking convexity, or single-mode and other qualities);

7) criticality assessment (dependence of the optimum on constants and other factors);

8) ease of obtaining exchange curves [5].

In mathematics, the Wolf's method is well known, which is universal, but at the same time, it also has disadvantages in the linearization of all functions, which leads to a significant decrease in the iteration step for each parameter and an increase in the number of iterations [2, 20]. If the functions are not linearized, then nonlinear programming is possible, which will have the

© Aloshin G., Kolomiitsev O., Tkachov A., Posokhov V., 2019

qualities of gradient methods and will be able to adapt the step.

Most of the statements of optimization problems for LIMS parameters contain the objective function in terms of the main system indicator and the communication function, which is usually the cost (expenditure indicator). In this case, when there is a fuzzy value indicator, it is advisable to linearize only the communication function.

For a simplified solution of the problem of optimizing LIMS parameters (obtaining in an analytical form), it suffices to have a separable target function, which can be turned into a separable function of the same type. For example, when the accuracy criterion of the measuring channel LIMS depends on the maximum signal-to-noise ratio:

$$\max q(\bar{X}(\bar{Y})) = \prod_{i=1}^{n} X_i(Y_i), \qquad (1)$$

where $q(\bar{X}(\bar{Y}))$ – signal to noise ratio; n – number of parameters, $X_i(Y_i)$ – "phase" parameter (PP), complex monotonous function of the technical parameter Y_i.

In (1) PP displays the influence of technical parameters and functions of the settings, disturbances and imperfections of the system on the signal-to-noise ratio.

Communication function $\phi(\bar{Y})$ can be of any kind, because when linearizing the cost function $C(\bar{Y})$ in circumference Y_{i0} it always becomes separable:

$$\phi(\bar{Y}) = C_d - C(\bar{Y}) =$$

$$= C_d - \sum_{i=1}^{n} [C_i(Y_{i0}) - C_i'(Y_{i0})(Y_i - Y_{i0})] \geq 0,$$

i.e.

$$\sum_{i=1}^{n} \left[C_i'(Y_{i0}) Y_i \right] \leq C_e, \qquad (2)$$

where C_d – acceptable value;

$$C_e = C_d - \sum_{i=1}^{n} [C_i(Y_{i0}) + C_i'(Y_{i0}) Y_{i0}].$$

The nonlinear programming problem (1), (2) can also be complex. When replacing the technical parameters on the "phase", the task becomes idle and is solved in an analytical form.

The Lagrange function of problem (1), (2) can be written as:

$$L(\bar{X}) = \prod_{i=1}^{n} X_i + [C_d - \lambda \sum_{i=1}^{n} C_i'(X_{i0}) X_i].$$

We get the system of equations:

$$\forall k \in [1, n] \rightarrow \frac{\partial L}{\partial X_k} = \frac{a}{X_k} - \lambda C_k'(X_{k0}) = 0. \qquad (3)$$

Since the components of the objective function are of the same type, the solution of the problem can be reduced to the form:

$$X_k = \frac{a}{\lambda C_k'(X_{k0})}. \qquad (4)$$

Since the equations are identical in the system of equations (3), there is no need to solve it.

An indefinite factor can be obtained if (4) is substituted into (2), to determine λ и substitute in the formula (4). Thus, we get:

$$C_k'(X_{k0}) \frac{a}{\lambda C_k'(X_{k0})} = C_e,$$

$$\lambda = \frac{na}{C_e}, \qquad (5)$$

$$X_k = \frac{C_e}{n C_k'(X_{k0})}.$$

Thus, the result of determining the maximum signal-to-noise ratio can be written in the form:

$$\max q(\bar{X}) = (C_e / n)^n \Big/ \prod_{k=1}^{n} C_k' \left(X_{k0} \right). \qquad (6)$$

At the same time, technical parameters can be obtained from inverse functions:

$$Y_k = Y_k(X_k).$$

According to the result (6), the dependence of the optimum on the ratio of the arithmetic average part to the mid-geometric part is obtained. At the same time, there is a slight increase in the complexity of the solution algorithm depending on the size of the task itself, etc.

In the same way, the problem of optimizing any application can be solved [1 – 4].

Cost is undetermined with its variability. It is reasonable to consider the cost in the period of its stability.

Cost accounting in the optimization of the parameters of the LIMS is a step to assess the quality of the system. Therefore, the cost is best taken into account based on marketing statistics.

Let us consider examples of optimization of the LIMS method, which will show the ability of the algorithm to stitch partial results of optimization of parameters.

The variance of the measurement error of the parameters of the LIMS (measuring channel) due to the random noise component of the error for the discriminators is [3, 4]:

$$\sigma_\lambda^2 = \frac{\Delta\lambda^2}{q} = \frac{1}{(\Delta\lambda)^{-2} q} = const \Big/ \prod_{j=1}^{n1} X_j \left(Y_{ji} \right),$$

where $\Delta\lambda$ – aperture, range of uniqueness of the estimation frame (discriminating discriminator); q – ratio of signal power to noise [2]; $X_j(Y_{ji})$ – functions of monotonic dependencies on technical parameters that affect the j-th LIMS index.

The LIMS immunity operating in continuous mode depends on the signal-to-noise ratio q, and in the case of

an information digital system with m_1 orthogonal signals, the probability of error can be written as:

$$p_{err\ (average)} = \sqrt{m_1 - 1}\exp(-\frac{q_p}{2} - 1{,}4),$$

where $q_п$ – signal-to-noise ratio at the transceiver output, or inversely proportional to the signal-to-noise power ratio (6):

$$\frac{1}{q_p} \le \frac{1}{2\ln\frac{\sqrt{m_1 - 1}}{p_{permissible\ noise\ level}} - 2{,}8} = \frac{1}{q_n} = \frac{const}{\sum_{j=1}^{n1} X_j(Y_j)}.$$

The single-function (single-channel) systems with the indicators (1) (2) should have the greatest noise immunity or the greatest accuracy. Such indicators can serve as a target function of many parameters optimization problems. For them, the objective function may be inverse to q:

$$\min q^{-1}(\bar{X}) = k_1 \Big/ \prod_{j=1}^{n1} X_j .$$

At the same time, the cost constraint of the problem has a solution (7) and inversely proportional result (8):

$$X_{i(p)} = \frac{C_{E1}(\bar{X}_{(p-1)})}{n1 C_i'(X_{i(p-1)})}, \qquad (7)$$

where p – iteration number optimum is:

$$F(X_{opm}) = q^{-1}(\bar{X}_{opm}) = \frac{k_1 \prod_{j=1}^{n1} C_j^1(X_{j(p)})}{[C_{E1}(\bar{X}_{(p)})/n1]^{n1}}. \qquad (8)$$

If the constraints are non-linear, then the first values of the vector of parameters and values of functional elements (PE), which are the initial plan, are substituted into the formula to obtain the vector of the solution of the first iteration.

The process of iterations continues until optimal solutions are obtained for the indicator, parameters and cost of PE. In this case, unlike the Wolf's method, the following happens:

1) using the separability of functions – solving a simple problem of any size in an analytical form immediately gives an idea of the nature of the optimum;

2) using a simple solution obtained in an analytical form (as a formula) as an iterative solution – solves the problem of multidimensionality;

3) if the communication function is linear, then this is the final solution;

4) if the communication function is not linear, then it can be estimated by the proximity criterion of approximation (up to 10% of the initial function) for all parameters:

$$\Delta X_i \le \frac{0{,}2 C_i'(X_i)}{C_i''(X_i)},$$

where $C_i''(X_i)$ – second cost derivative;

5) for parameters that are in the region of satisfying approximation, it is necessary to limit the iteration step to the limit of this region.

The rule for stopping an iteration step can be the decision accuracy criterion:

$$X_{j(p)} \le X_{ij(p\text{-}1)} \le \sigma X_{j(p\text{-}1)},$$

where j – parameter number; p – is the number of the iteration step; $\sigma = 0{,}1$, т.е. 0,1=10% – relative accuracy of the solution.

This solution has the following advantages over the known methods of mathematical programming:

1) solving the problem of multidimensionality and possible consideration of all parameters;

2) the simplicity of solving the problem according to the conditional extremum, especially with a single communication function – there is no need to solve a system of nonlinear equations;

3) universality in relation to the form of the objective function and any communication functions, and with a complete set of unattached simpler tasks – universality for different classes of objective functions;

4) the nature of the convexity (convexity) and the effect only on the presence of extremum, which is required;

5) using the value in numbers only in the iteration procedure;

6) the solution (result) is obtained in the form of an algorithm and optimum in an analytical form, the ability to analyze in the region of satisfactory approximation, which is important for stochastic programming for determining confidence intervals;

7) technical parameters are sought in the form of inverse functions of "phase" parameters;

8) the result of optimization obtained in analytical form is worthy for efficiency analysis, including as an "exchange curve" according to Gutkin L.S. [5];

9) a valid solution of the problem in parts, and then stitching them together;

10) "exchange curves" make it possible to objectively estimate the optimum structure of LIMS (information and measurement channels), as well as signals, if LIMS are optimized for the same indicators [1].

Thus, in this example of optimization, the main idea of the new method of mathematical programming is laid, which eliminates the aforementioned previous shortcomings of the existing methods, which are indicated in the requirements for the method. This idea uses a linear approximation of a complex separable link function and the uniformity of the objective function.

In this case, the separability of the coupling function is not necessary, because the linearization of any constraint function leads to a linear, and hence, to a separable approximation. And the separability of the objective function is ensured by the monotonic transformation of variables.

The next significant advantage of separable programming is that it is possible in parts, as in block programming, to distribute the tasks of programming and then stitch their results together.

We consider the optimization task of the LIMS part, designed to combat noise (to increase the signal-to-noise power ratio), to expand to take into account the effect of measurement errors on the resulting error measurement:

$$F = \min\left[k_1 \Big/ \prod_{j=1}^{n1} X_j + \sum_{i=1}^{n2} X_i^2 \right], \quad (9)$$

at $$C\left(\bar{X}\right) \le C_d, \quad (10)$$

where $k_1 = const$; X_j – monotonic functions of technical and parasitic parameters of the influence of detunings, disturbances and non-ideals (the more they are, the better); X_i – errors due to the instability of the standards (the smaller they are, the better for the system).

The provision (cost) for the parameters of the first component in (9) is separate from the allocations for the parameters of the second component.

Therefore, there are two standard tasks: type (4) (5); by type (9), (10) – the minimum of the second component with restrictions on its allocations C_{d2}:

$$\min \sum_{i=1}^{n2} X_i^2, \quad (11)$$

at $$C_{(i))}\left(\bar{X}_{(i)}\right) \le C_{d2},$$

or

$$\sum_{i=1}^{n2} C_i^1(X_{0i}) X_i \le C_{E2}, \qquad C_{E2} = C_{\partial 2} - \sum_{i=1}^{n2}\left[C_i(X_{0i}) - C_i^1(X_{0i}) X_{0i} \right]. \quad (12)$$

The Lagrange function for problem (11), (12) has the following form:

$$L_2 = \sum_{i=1}^{n2} X_i^2 + \lambda_2 [C_{E2} - \sum_{i=1}^{n2} C_i^1 X_i].$$

From the condition:

$$\frac{\partial L_2}{\partial X_k} = 2X_k - \lambda_2 C_k^1 = 0,$$

we get the value:

$$X_k = \lambda_2 C_k^1 / 2,$$

which we substitute in condition (12) to get the value λ_2.

Then the second problem has an analytical solution and an optimum, respectively:

$$X_{i(r)} = C_{E2}(\bar{X}_{(r-1)}) C_i'(\bar{X}_{i(r-1)}) \Big/ \sum_{i=1}^{n2}\left[C_i'(X_i) \right]^2, \quad (13)$$

$$F_2(C_{E2}) = C_{E2} \Big/ \sum_{i=1}^{n2}\left[C_i'(X_i) \right]^2. \quad (14)$$

Bridging the obtained solutions of two problems (7), (8) and (13), (14) is possible by solving a sequential simpler two-dimensional problem:

$$\sigma_\lambda^2 = F_1(C_{E1}) + F_2(C_{E2}), \quad C_{E1} + C_{E2} \le C_E. \quad (15)$$

The solution can be obtained by the Newton-Raphson method as an iterative formula.

For example, it is possible to find the optimum of the problem (9 – 11), at the already known optima of two particular problems:

$$F = \frac{A}{C_{E1}^{n1}} + \frac{C_{E2}^2}{B}, \quad (16)$$

at $$C_{E1} + C_{E2} = C_E, \quad (17)$$

where $$A = n1^{n1} \sum_{j=1}^{n1} C_j'; \quad B = \sum_{i=1}^{n2} (C_i')^2.$$

The task is decoupled by one variable, for example, by the substitution method. The solution is based on the following conditions:

$$\frac{dF}{dC_{E1}} = 0,$$

in analytical form by Newton-Raphson method from the equation:

$$C_{E1} = C_E - \frac{D}{C_{E1}^{n1+1}},$$

where $$D = \frac{n_1 AB}{2}.$$

Functions of the same type are achieved by replacing task variables with "phase" parameters.

The proposed new separable programming method also works well for the objective function, both as a product of functions of the same type, and as an addition with the corresponding monotonic variables.:

$$\min q = \min \prod_{i=1}^{n} X_i(Y_i) = \min[\exp \sum_{i=1}^{n} \lg X_i(Y_i)].$$

For example, assign:

$$Z_i(X_i) = \lg X_i(Y_i),$$

or

$$C_i(X_s) = C_i(\exp Z_i).$$

Also, on the contrary, additions of functions to entire functions can be represented as a product of variable functions.

Thus, if there are different parts of the problem, then it is possible to easily stitch the optimization results. Moreover, the simplification of the objective function leads to a monotonous complication of cost constraints, which are taken into account when calculating the derivatives of complex functions.

The mentioned features of the separable programming method and obtaining these advantages, it

is easy to adapt to almost any optimization problem for single-function and multifunctional LIMS or their information and measurement channels [1 – 4].

Conclusions

The proposed new separable programming method solves such problems as: multidimensionality, convergence of results, simplicity of constructing exchange curves, etc. It has the following advantages:

1. The problem of multidimensionality affects only in the first order (there is no need to solve a system of equations of the same type, because an analytical iterative solution is obtained by substitution into a constraint).

2. The universality of the optimization algorithm for arbitrary separable functions.

3. Fast finding of the iterative process, as in the second order gradient method with the regulation of the iteration step.

4. The solution is obtained in a general (analytical) form, which makes it possible to immediately obtain "exchange curves" and simplify the procedure for system analysis of optimization results [5].

5. The analytical view of the solution and the optimum allows you to immediately see and predict which production and qualities of LIMS and their FE should be developed further.

6. Convenience of the method for solving multiparameter problems with separable functions of the goal, where communication functions are allocations for the system, since these allocations are always global constraints.

7. Getting solutions to complex comparable block programming problems is simpler [1 – 4], because they are stitched together from solutions and optima of simpler standard problems.

8. When obtaining the optimum, which is difficult for analytical system analysis, its numerous efficiency analysis is simpler and all the other advantages of the method are retained.

9. The resulting solution algorithms are easy to program on personal electronic computers.

10. The use of the method is also possible for nonseparable objective functions if they are decomposed into polynomial series of low orders.

But at the same time, the effectiveness of the method decreases to the effectiveness of the Wolf's method [6].

11. Unlike conventional design methods of LIMS or other systems, where FE parameters are intuitively assigned, it is proposed to use all possible marketing statistics, which significantly optimizes the system.

12. Restrictions can be non-separable because they are still linearized.

REFERENCES

1. Gutkin, L.S. (1974), "*Optymyzacyja radioelektronnyh ustroystv po sovokupnosty pokazateley kachestva*" [*Optimization of radio electronic devices on the aggregate of indexes of quality*], Moscow, 278 p.
2. Woodvord, F.M. (1968), "*Teoriyja verojatnosti i teoriyja informatsii s primeniem v radiolokatsii*" [*Probability theory and information theory with application in the radio-location*], Moscow, 380 p.
3. Aloshin, G.V. and Bogdanov, Y.A. (2008), "*Effektivnost slognyh radiotehnicheskih system*" [*Efficiency of the difficult radiotechnical systems*], Kyiv, 288 p.
4. Aloshin, G.V. (2009), "*Ocinka jakosti informacionno-vimiruvalnih sistem*" [*Estimation of quality of the informatively-measuring systems*], Kharkiv, 300 p.
5. Aloshin, G.V. (2005), "*Efektivnist informacionno-vimiruvalnih radiotehnichnih sistem*" [*Efficiency of the informatively-measuring radiotechnical systems*], Kharkiv, 294 p.
6. Ustinov, N.D. (1984), "*Lasernaja lokacija*" [*Laser location*], Engineer, Moscow, 272 p.
7. Kolomiytsev, A.V. (2013), "*Informatsionnyie tehnologii i sistemyi v upravlenii, obrazovanii, nauke*" [*Information technologies and systems in management, education, science]*, Digital printing house № 1, Kharkiv, 278 p.
8. Aloshin, G.V. and Kolomiytsev, A.V. (2014), "*Informazionnie sistemi v upravlenii, obrazovanii, promishlennosti*" [*The information systems in a management, education, industry*], The Generous farmstead plus, Kharkiv, 498 p.
9. Aloshin, G.V. and Kolomiytsev, A.V. (2015), "*Informazionnie tehnologii i zashita informazii v informazionno-kommunikazionnih sistemah*" [I*nformation technologies and protection in the of informatively-communication systems*], The Generous farmstead plus, Kharkiv, 486 p.
10. Aloshin, G.V. and Kolomiytsev, A.V. (2017), "*Informatsionnyie tehnologii: problemyi i perspektivyi*" [*Information technology: challenges and perspectives*], Kharkiv, 447 p.
11. Kazakov, E.L., Kazakov, A.E., Vasiliev, D.G., Kolomiytsev, A.V. and Ryzhov, D.N. (2010), "*Raspoznavanie radiolokatsionnyih tseley po signalnoy informatsii*" [*Recognition of radar targets for signaling information*], City Printing House, Kharkiv, 232 p.
12. Kudriashov, V. (2016), "Experimental Evaluation of Opportunity to Improve the Resolution of the Acoustic Maps", Kountchev R. and Nakamatsu K. (eds.), *New Approaches in Intelligent Image Analysis, Intelligent Systems Reference Library,* Springer International Publishing Switzerland, 108, pp. 353-373, DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-32192-9_11
13. Malashin, M.S. (1983), "*Osnovi proektirovanija lasernih lokazionnih sistem*" [*Bases of planning of the laser location systems*], Higher school, Moscow, 297 p.
14. Amin Salih M. (2017), "Optimal Forecast Model for Erbil Traffic Road Data", *ZANCO Journal of Pure and Applied Sciences*, Volume 29, No 5, pp. 137-145, DOI: https://doi.org/10.21271/ZJPAS.29.5.15
15. Gomathi B, Karthikeyan N K, Saravana Balaji B, "Epsilon-Fuzzy Dominance Sort Based Composite Discrete Artificial Bee Colony optimization for Multi-Objective Cloud Task Scheduling Problem", *International Journal of Business Intelligence and Data Mining*, Volume 13, Issue 1-3, 2018, pp. 247-266, DOI: https://doi.org/10.1504/IJBIDM.2018.088435
16. Kosenko V. (2017), "Mathematical model of optimal distribution of applied problems of safety-critical systems over the nodes of the information and telecommunication network", *Suchasni informatsiyni systemy* [*Advanced Information Systems*],

Vol. 1, No. 2, pp. 4–9, DOI: https://doi.org/10.20998/2522-9052.2017.2.01
17. Kuchuk, G., Nechausov, S., and Kharchenko, V. (2015), "Two-stage optimization of resource allocation for hybrid cloud data store", *International Conference on Information and Digital Technologies*, IDT 2015, pp. 266-271, DOI: https://doi.org/10.1109/DT.2015.7222982
18. Molebnii, V.V. (1981), "*Optiko-lokazionnie sistemi*" [*Optical location systems*], Engineer, Moscow, 184 p.
19. Kaumen, M. (1993), "*Lazernaja kosmicheskaja svjaz*" [*Laser space connection*], Radio and connection, Moscow, 240 p.
20. Wolfe, Ph. (1959), "The simplex method for quadrate programming", *Econometrica*, 28, No. 3, pp. 600–606.

Надійшла (received) 15.01.2019
Прийнята до друку (accepted for publication) 13.03.2019

Метод сепарабельного програмування для вирішення багатомірних задач оптимізації параметрів лазерних інформаційно-вимірювальних систем

Г. В. Альошин, О. В. Коломійцев, А. М. Ткачов, В. В. Посохов

Основним із складових теорії побудови (створення) лазерних інформаційно-вимірювальних систем (ЛІВС) є результат вирішення проблеми оптимізації системи і її функціональних елементів на множині структур, сигналів і технічних параметрів за вектором показників якості, які представлені в тактико-технічних вимогах з використанням витратних показників. Отримання результату вирішення проблеми оптимізації ЛІВС можливо за рахунок рішення комплексу проблем: системного аналізу та знаходження зв'язків вектору показників якості системи з вектором технічних параметрів; визначення проблем: нечіткості, зміни витратних показників; врахування проблеми багатомірності задач як вимоги до адекватності математичної і фізичної моделі ЛІВС тощо. Проте, в чисельному ряду алгоритмів, є важлива ланка, яка значною мірою визначає їх реалізацію і якість. Це – вибір найкращого методу, що вирішить перераховані задачі (проблеми), які зазвичай формулюються у вигляді математичного програмування. Більшість постановочних задач оптимізації ЛІВС містять цільову функцію головним показником системи і функцію зв'язку, яка зазвичай буває вартістю або витратним показником. За умови наявності нечіткого показника вартості, доцільно лінеарізувати лише функцію зв'язку. Тоді, для спрощеного вирішення (у аналітичному виді) задачі, досить мати сепарабельну цільову функцію, яку можна перетворити на сепарабельну однотипну функцію. У статті обґрунтовано використання сепарабельного програмування в основі методу оптимізації ЛІВС. Такий метод дає значні переваги перед існуючими математичними методами та дозволяє зшивати результати задач оптимізації системи (структури, сигналів і технічних параметрів), що отримані від різних частин завдань. При цьому, спрощення цільової функції призводить до монотонного ускладнення обмежень за вартістю, які враховуються при розрахунку похідних від складних функцій. Метод, що пропонується, вирішує такі проблеми: багатомірності, збіжності результатів, простоти, побудови кривих обміну тощо. Метод можна застосовувати для вирішення задач оптимізації як одно функціональних, так і багато функціональних ЛІВС (інформаційних і вимірювальних каналів, а також функціональних елементів).

Ключові слова: оптимізація параметрів, вартість, лазерна інформаційно-вимірювальна система, функціональний елемент, сепарабельне програмування, багатовимірна задача.

Метод сепарабельного программирования для решения многомерных задач оптимизации параметров лазерных информационно-измерительных систем

Г. В. Алешин, А. В. Коломийцев, А. М. Ткачев, В. В. Посохов

Основным из составляющих теории построения (создания) лазерных информационно-измерительных систем (ЛИИС) является результат решения проблемы оптимизации системы и ее функциональных элементов на множестве структур, сигналов и технических параметров по вектору показателей качества, которые представлены в тактико-технических требованиях с использованием затратных показателей. Получение результата решения проблемы оптимизации ЛИИС возможно за счет решения комплекса проблем: системного анализа и нахождения связей вектора показателей качества системы с вектором технических параметров; определения проблем: нечеткости, изменения затратных показателей; учета проблемы многомерности задач, как требования к адекватности математической и физической модели ЛИИС и т.д. Однако, в многочисленном ряде алгоритмов, есть важное звено, которое в значительной степени определяет их реализацию и качество. Это выбор наилучшего метода, решающего перечисленные задачи (проблемы), которые обычно формулируются в виде математического программирования. Большинство постановочных задач оптимизации ЛИИС содержат целевую функцию по главному показателю системы и функцию связи, которая обычно бывает стоимостью или расходным показателем. При условии наличия нечеткого показателя стоимости, целесообразно линеаризовать лишь функцию связи. Тогда, для упрощенного решения (в аналитическом виде) задачи, достаточно иметь сепарабельную целевую функцию, которую можно превратить в сепарабельную однотипную функцию. В статье обосновано использование сепарабельного программирования в основе метода оптимизации ЛИИС. Такой метод дает значительные преимущества перед существующими математическими методами и позволяет сшивать результаты задач оптимизации системы (структуры, сигналов и технических параметров), полученные от разных частей задач. При этом упрощение целевой функции приводит к монотонному осложнению ограничений по стоимости, которые учитываются при расчете производных от сложных функций. Предлагаемый метод решает проблемы многомерности, сходимости результатов, простоты, построения кривых обмена и т.д. Метод можно применять для решения задач оптимизации как однофункциональных, так и многофункциональных ЛИИС (информационных и измерительных каналов, а также функциональных элементов).

Ключевые слова: оптимизация параметров, стоимость, лазерная информационно-измерительная система, функциональный элемент, сепарабельное программирование, многомерная задача.

Methods of information systems synthesis

UDC 004.932 **doi: 10.20998/2522-9052.2019.1.06**

K. Dergachov, L. Krasnov, O. Cheliadin, O. Plakhotnyi

National Aerospace University – Kharkiv Aviation Institute, Kharkiv, Ukraine

WEB-CAMERAS STEREO PAIRS COLOR CORRECTION METHOD AND ITS PRACTICAL IMPLEMENTATION

Subject of study. The article proposes new method and tool for color correction of web-cameras in stereo vision systems in order to improve the quality of their work. **The goal** is a comparative analysis of the quality indicators of well-known color correction methods and the development of a new method and working algorithms for the joint procedure for color correction and rectification of video frames of the left and right cameras. **Objectives**: the task was to carry out a theoretical analysis of the quality indicators of well-known color correction algorithms and methods, to develop new working algorithms, write the program codes of these algorithms in Python using the necessary OpenCV functions. Conduct experimental studies of these algorithms. Evaluate the performance of the stereo system in the laboratory, and test the reliability of the results obtained using statistical analysis methods. **Methods used**: comparative analysis of known methods and algorithms by statistical modeling, synthesis of new algorithms and evaluation of the effectiveness of their work by conducting laboratory field tests. **The results obtained**: a comparative analysis of the performance of the known methods of color correction of stereo cameras was carried out, new efficient algorithm was proposed for solving this problem. **Findings**. Scientific novelty of the results: new algorithm for correcting the color balance of webcams used in stereoscopic vision systems have been created, featuring high color correction accuracy and working in real time using the functions of the OpenCV library in the Python software environment.

Keywords: stereoscopic vision systems; color correction of video streaming images of web-cameras of a stereo system; joint rectification and color balance of the left and right chambers.

Introduction

Currently, the demand for low-cost but high-quality vision systems has increased significantly. The presence of cheap uncalibrated web-cameras with the ability to connect them to a computer via USB ports allows you to create fairly accurate stereo systems with easily adjustable parameters.

However even minor ctereoscopic measurer paramaters deviation leads to its work quality deterioration up to complete stereo effect loosing. Factors analysis [1, 2] shows that spacial-time specifications and color rendering parameters discrepancy leads to measuring space deformation and measurement quality reduction of stereoscopic computer vision systems. Thus and so before expluatation start it is required to pass next steps for high quality stereo pair images formation:

- produce programmatic synchronisation of cameras;
- produce cameras internal calibration to determine its specifications;
- produce cameras pair external calibration using shared coordinate system;
- produce cameras resulting images rectification to set up mutual confirmity of camers apipolar lines;
- produce stereo channels color correction.

There is a wide-spread perception that brightness difference and white color balance of stereo-channels are not so significant for stereo-matching. However, by authors opinion, different intensity of color components distorts visual perception and significantly influence on determination quality of space positioning parameters.

Steps of work listed above are relatively easy to implement using traditional methods. Thus in example web-cameras internal calibration can be performed using Matlab`s Camera Calibration Toolbox [3] or with help of OpenCV library [4]. But where are some unsolved issues. So the complexity of the precision adjustment of the stereo system is connected with the lack of a unified approach to the choice of methods for color correction of cameras and their rectification. It adds both perspective and relevance to the challenge and requires new constructive solutions.

Objectives

To increase stereo system work quality next objectives were defined: produce a comparative analysis of known color correction methods quality indicators, propose a new method and working algorithms for joint procedure of color correction and rectification of left and right cameras video frames. Codebase for these algorithms had should been written with Python language and OpenCV library help. It was necessary to present detailed results of stereo pair video color correction algorithms experimental studies. Performance evaluation of the stereo system should been carried out under laboratory conditions, and the reliability of the data obtained should been verified by statistical analysis of the data obtained.

Analysis of stereo pair cameras color correction methods

Cameras stereo pairs color correction as well as their spatial calibration, according to the authors, it is advisable to carry out in two stages. First, it is necessary to accurately set the white balance and fix the differences in the intensity of video sequences images color components of each camera separately, and then carry

© Dergachov K., Krasnov L., Cheliadin O., Plakhotnyi O., 2019

out a joint adjustment of these parameters taking into account the results of mutual rectification of the cameras. Further, we consider this approach in more detail.

The main difficulties in performing color correction are due to local and global color discrepancies between cameras in the stereo pair [5]. A significant factor is also the presence of glare on objects when observing them from different angles. Such discrepancies are due to the differences in the photosensitive arrays and light filters of the stereo pair cameras, and their different position relative to the sources of the scene illumination.

Global color correction methods can be divided into three main classes: histogram matching, global color transfer и clustering method.

When classifying local images color correction methods, it is appropriate to distinguish two main methods − block-based method and local color correction for underwater stereo images.

Any of the above color correction methods requires the addition of such processing with detection and compensation algorithms for glare.

When using histogram matching techniques work color correction algorithms generally reduces delamination images in ***RGB***-space into individual components ***R***, ***G*** and ***B***, followed by constructing histograms of the distribution of luminance pixels for the left and right views of stereoscopic. Then a conversion function is formed for one of the angles to obtain the minimum difference between these histograms for each color component.

Global color transfer methods are based on the synthesis of a linear transformation function of the ***RGB*** color space so that the target image has the same color tones as the original image. In this case, the average values of the pixels are calculated for each of the ***R***, ***G***, ***B*** channels for the source and target images, and then using the shift, rotation, and scaling matrices, the necessary joint transformation is performed on the three color channels.

Correction clustering method application is based on the selection of key frames and carrying out probabilistic clustering of pixels with the subsequent calculation of the color correction parameters and their interpolation in non-key frames. Similar principles are applied when building local color correction methods and glare removal algorithms [5–17].

Unfortunately, described images color correction methods, which have a number of undoubted advantages, are distinguished by a large amount of computation and are unsuitable for working in real time. Therefore, it is advisable to explore the possibilities of optimizing the structure of such algorithms for creating software that allows you to quickly and efficiently carry out color correction of stereo camera pairs

The essence of the proposed method

To solve the problem of joint color correction of stereo pair cameras, the authors proposed to use a method based on determining the vertical and horizontal parallax of the target mark image when combining images of the left and right cameras Δx and Δy. The resulting image offsets Δy are also used for the stereopair images rectification − bringing reference points to a single epipolar line.

Then on the left and right images of the scene two fragments of the same dimension are selected. Let`s call them «regions of interest» ***ROI***. Based on the previously obtained offsets Δx and Δy, digital convergence (combination of pixel accuracy) of these fragments (***ROI_left*** and ***ROI_right***) is performed. Next, the color characteristics of the right channel are corrected relative to the left one, which is selected as the reference.

Below is a more detailed description of this method, as well as an algorithm synthesized on its basis, a generalized block diagram of which is shown in Fig. 1.

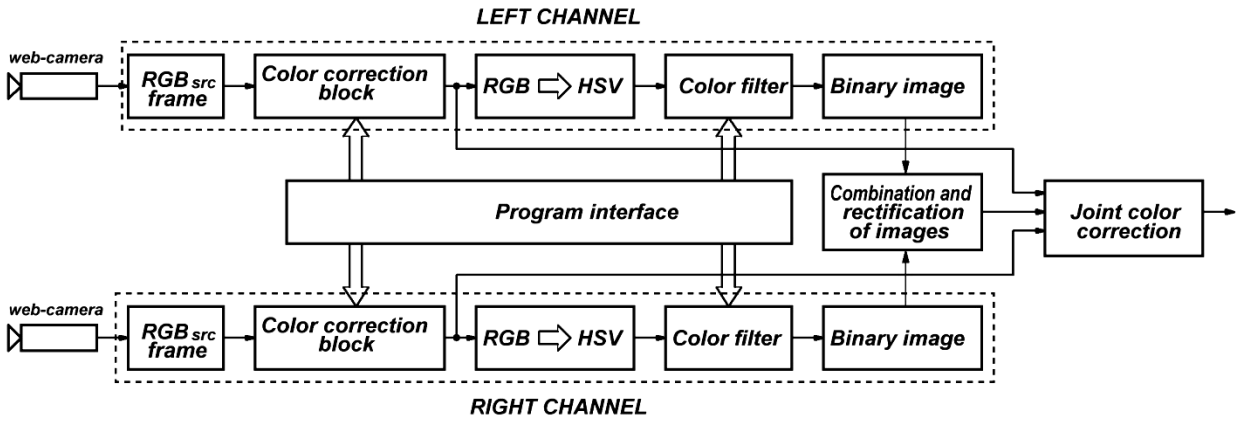


Fig. 1. The block diagram of algorithm for cameras color correction

When solving various problems of stereo comparison (for example, measuring the distance and building maps of the depth of the scene), it is common to use reference points that have certain distinctive features (brightness, color, etc.). The authors believe that the most stable and little sensitive to changes in the illumination of the scene is the target label of a saturated color (in our case red). It is fixed on a special screen. Therefore, for reliable detection of the scene target in the frame used the method of its selection on color basis.

We will assume that the shooting of a scene with a target mark placed on it, is made by a stereo pair, previously calibrated by the standard method.

Received signals from webcams are a sequence of images presented in the ***RGB*** color space. Due to the high variability of the scene illumination, preliminary

color correction and white color balancing are usually required independently for each camera. Color correction algorithm can be selected online in the program interface menu.

RGB color space use is unproductive, since the desired color areas search implies the analysis of all three components ***R***, ***G*** and ***B***. Therefore, it is necessary to switch to another color space.

To search objects in images by color and brightness, as a rule, the ***HSV*** color space is used, where ***Hue***, ***Saturation*** and ***Value*** are the parameters that determine hue, saturation and brightness. They are normalized as follows:

- ***Hue*** – 0 – 360°;
- ***Saturation*** – (0 – 100)%;
- ***Value*** – (0 – 100)%.

Therefore, the most important procedure after the input and color correction of stereo channels video data was to convert the ***RGB*** color space to the ***HSV*** space using the corresponding OpenCV function:

Therefore, the most important procedure after the input and color correction of stereo channels video data was to convert the ***RGB*** color space to the ***HSV*** space using the corresponding OpenCV function:

```
hsv=cv2.cvtColor(frame,cv2.COLOR_BGR2HSV)
```

The quality of the detection is significantly affected by the accuracy of components choice corresponding to the color of the observed object under different lighting conditions of the scene. Any point on the scale ***H*** defines a two-dimensional region with different values of ***S*** and ***V***. But for the selected value of ***H***, the target region in this two-dimensional space is more reliably determined by the condition: ***V > Vmin*** and ***S > Smin***, having ***Vmin, Smin*** – some constants. Therefore, it is customary to choose the target range on the ***H*** scale, indicating two values - ***Hmin*** and ***Hmax***.

Note that the range of values for ***HSV*** parameters for highlighting red color usually lies within

```
lower_range = np.array([0,50,100])
up_range = np.array([10,255,255]).
```

The procedure for selecting the operating range of the ***HSV*** space parameters for the observed object is best carried out interactively, depending on the current lighting conditions and the color of the object itself. This approach is implemented in the following algorithm with the help of setting elements of the interface (sliders).

For selection of the desired color (for example, blue) components range was performed filtering (setting the color mask) using the threshold function

```
mask_color = cv2.inRange(hsv,
low_range,up_range).
```

After color filtering, the image of the frame is displayed in shades of gray (the range of brightness values of pixels from 0 to 255). This procedure allows you to reliably detect an object by its color, but it does not completely suppress background noise containing similar color components. This difficulty can be easily overcome by binarization with clipping on the brightness threshold of the image filtered by color. To perform it next function was used

```
mask_color = cv2.threshold(mask_color,p,
255,cv2.THRESH_BINARY)[1]
```

Note the selection of the cutoff threshold for brightness p in this function, it depends on the interference level. It is desirable to install it interactively.

The next important step in building the algorithm is to determine the coordinates of the target in the current frames of the left and right cameras. When working with binary images, the most productive way of this solution is to calculate the moment invariants of such an image, which allow to determine the coordinates with a high degree of accuracy. Image moments are calculated using the next function:

```
moments = cv2.moments(thresh,1).
```

The moments function returns an array of moments up to the third order. However, to calculate the coordinates of the object center, only moments of the first order m01 and m10 as well as a moment of zero order m00 are required. They are defined as follows:

```
dM01 = moments['m01'],
dM10 = moments['m10'],
dArea = moments['m00'].
```

Moment m00 is the number of all single pixels belonging to the selected object, and moments m01 and m10 are the sum of the X and Y coordinates of these pixels. To determine the coordinates of the center of the observed object, it is necessary to perform the normalization of these moments to the moment of zero order.

When carrying out this procedure, it is advisable to perform an additional threshold operation that allows you to filter out false objects, what possibility during the operation of the color filtering is not excluded. In this case, if there is a priori information about the size of the observed object, it is possible to eliminate false objects by the condition: `if dArea > N, having N –` the number of single pixels of the moment m00.

In the following example, the program will only respond to moments containing more than 50 pixels.

```
if dArea > 50:
    x = int(dM10 / dArea),
    y = int(dM01 / dArea).
```

This example eliminates random red lights that have a relatively small area in the frame.

After binarizing the images and determining the coordinates of the target mark in the left and right channels, these images are combined using the direct overlay method. The results of combining these images are calculated values of horizontal and vertical offsets Δx and Δy, which are used both for the rectification of stereo pair images and for the digital convergence of allocated ***ROI*** regions.

Color correction algorithms development for individual cameras

As noted earlier, it is advisable to first adjust the white color balance for each camera of the stereo pair separately, and then adjust the results obtained for a pair of cameras.

There are three main methods of white color balancing for digital cameras:

- automatic balance leveling;
- installations for a standard lighting conditions set;
- arbitrary installations on the reference object.

Let us consider in more detail the implementation of the basic algorithms for each of the listed methods.

«Gray world» algorithm. The most popular method of automatic color correction of images is the method called **«Gray World»**, since it is assumed that the sum of all the colors in the image of a natural scene gives gray color. When using this method in space, the original image of I_{src} is used with a dimension of $M \times N$ in to three components $(R_{src}, G_{src}, B_{src})$. Here I_{src} – source image and I_{dst} – destination image. Then the average brightness values of the pixels for each of these components are calculated.:

$$R' = \frac{1}{MN}\sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{N} R_{src}(x_i, y_j);\ G' = \frac{1}{MN}\times$$

$$\times\sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{N} G_{src}(x_i, y_j);\ B' = \frac{1}{MN}\sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{N} B_{src}(x_i, y_j).$$

Having x_i and y_j are the current row and column numbers of the source image I_{src}. Then, the generalized coefficient of average brightness MB (Medium Brightness) of pixels is determined as follows:

$$MB = (R' + G' + B')/3$$

and scaling the pixels of the I_{src} scene with the corresponding coefficients to obtain $R_{dst}, G_{dst}, B_{dst}$ – components of the output image I_{dst}:

$$R_{dst} = R_{src} \cdot MB/R,\ G_{dst} = G_{src} \cdot MB/G,$$
$$B_{dst} = B_{src} \cdot MB/B.$$

After adjustment, these components are combined into a color image I_{dst} that can be easily compared with the source image I_{src} visually. For additional clarity, images of the difference between the output and initial brightness of all pixels are used for the corresponding color components obtained as a result of conversion:

$$\Delta R = R_{dst} - R_{src},\ \Delta G = G_{dst} - G_{src},\ \Delta B = B_{dst} - B_{src}.$$

«Perfect reflector» algorithm. It is based on the assumption that the brightest areas of the image relate to glare on surfaces, the model of reflection of which is such that the color of the glare is equal to the color of the illumination (dichromatic model). For such a model, according to the three color components $R_{src}, G_{src}, B_{src}$ of the source image I_{src}, it is necessary to determine the maximum values of the pixels brightness R_{srcmax}, , G_{srcmax}, B_{srcmax}. After that, the brightness of the image I_{src} pixels is scaled according to the rule**:**

$$R_{dst} = R_{src} \cdot 255/R_{srcmax},\ G_{dst} = G_{src} \cdot 255/G_{srcmax},$$
$$B_{dst} = B_{src} \cdot 255/B_{srcmax}$$

The contrast algorithm «autolevels» is based on the idea of stretching the intensity of the color components $R_{src}, G_{src}, B_{src}$ of the original image over the entire range. For this, the maxima and minima of the color components R_{stcmax}, G_{stcmax}, B_{stcmax}, R_{stcmin}, G_{stcmax}, B_{stcmax} are determined, and then the following transformations are applied

$$R_{dst} = (R_{src} - R_{srcmin}) \cdot (255 - 0)/(R_{srcmax} - R_{srcmin}),$$
$$G_{dst} = (G_{src} - G_{srcmin}) \cdot (255 - 0)/(G_{srcmax} - G_{srcmin}),$$
$$B_{dst} = (B_{src} - B_{srcmin}) \cdot (255 - 0)/(B_{srcmax} - B_{srcmin}).$$

Algorithm for improving the color images contrast «Equalization» with the transition from ***RGB*** to ***YUV*** color space**.** This is a color model in which the color is represented as 3 components - brightness (***Y***) and two color difference (***U*** and ***V***). In the ***YUV*** image, only the brightness component (Y) is subjected to equalization using OpenCV library function:

```
img_yuv[:,:,0] =
cv2.equalizeHist(img_yuv[:,:,0]).
```

Then the image is inversely converted from ***YUV*** to ***RGB***. The color balance remains unchanged, since the color difference components ***U*** and ***V*** have not been transformed.

For clarity, we show an example of the the contrast enhancement algorithm program code for a color image synthesized in Python using the OpenCV functions:

```
import cv2
import numpy as np
img = cv2.imread('input.jpg')
img_yuv =
cv2.cvtColor(img,cv2.COLOR_BGR2YUV)
# equalize the histogram of the Y channel
img_yuv[:,:,0] =
cv2.equalizeHist(img_yuv[:,:,0])
# convert the YUV image back to RGB
img_output =
cv2.cvtColor(img_yuv,cv2.COLOR_YUV2BGR)
cv2.imshow('Color input image',img)
cv2.imshow('Histogram equalized',img_output)
cv2.waitKey(0)
```

There are other options for building such algorithms. However, it should be emphasized that the choice of a specific camera color correction algorithm (or their combination) is due to the peculiarities of the scene lighting. Therefore, it is advisable to provide the possibility of an interactive algorithm change when creating the software for this task.

Algorithm of joint color correction of stereo pair cameras

Next, we consider the operation of the algorithm for joint color correction of scene images in the left and right stereo channels (Fig. 2, 3).

After the images are rectified by shifting the image of the right channel relative to the left channel by the amount of vertical offset Δy , areas of interest are selected (***ROI_left*** and ***ROI_right***). Note that the convergence (exact alignment) of these images is based on the horizontal offset Δx between the left and right channel of the stereo pair.

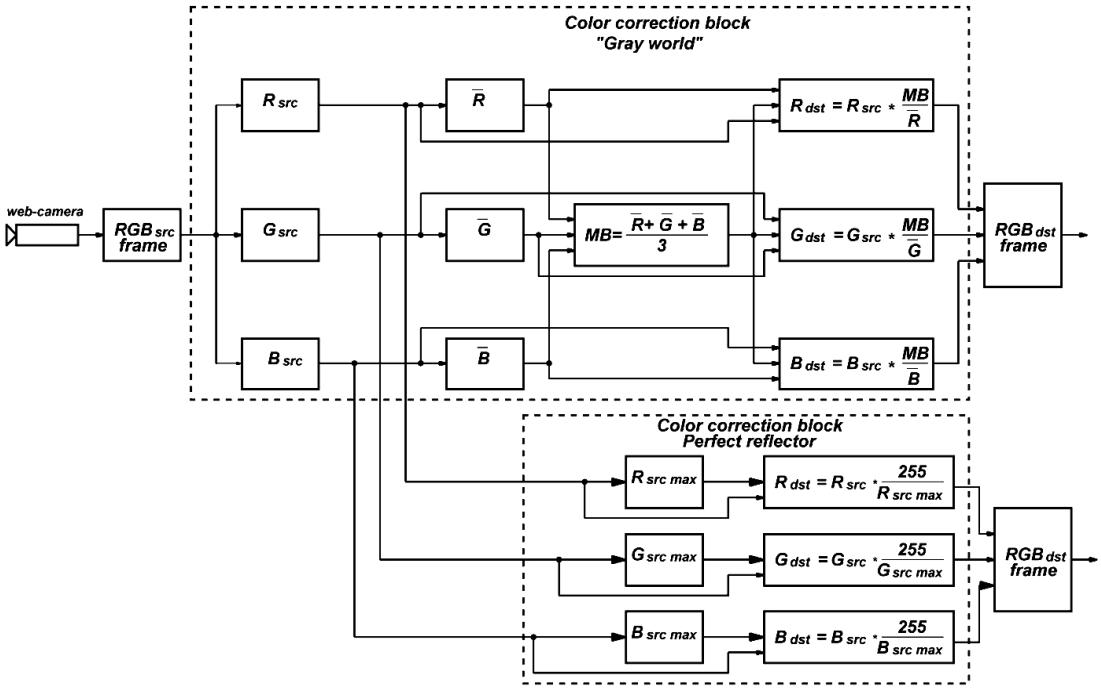


Fig. 2. Block diagram of possible color correction algorithms for a separate stereo pair channel

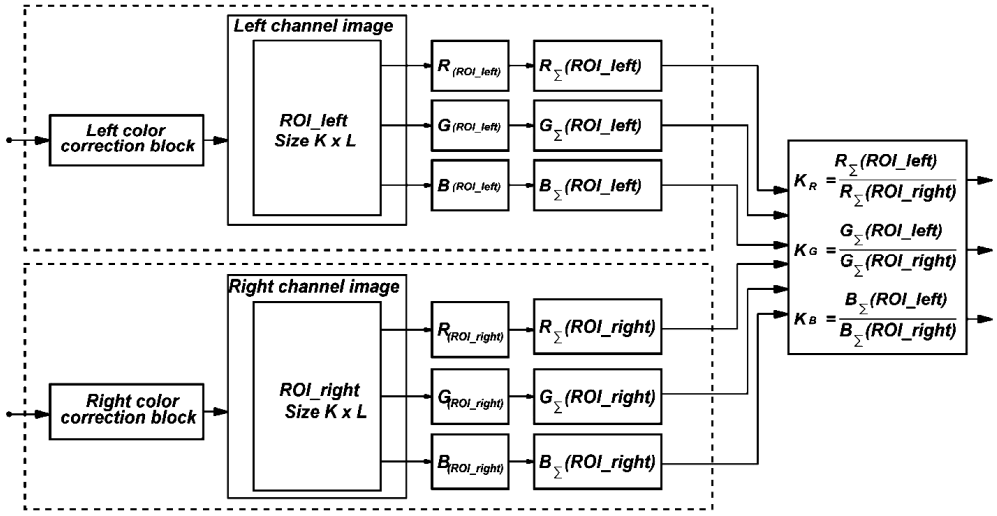


Fig. 3. White balance adjustment chart for web cameras of a stereo pair

It should be remembered that the size of the ***ROI*** channels should adequately reflect the nature of the scene light. But they cannot be chosen too large, since this will lead to an unjustified increase in the computational complexity of the algorithm. In our opinion, the optimal size of ***ROI*** is the central fragment of an image of 100x100 pixels with a frame format is 480x640. There is no doubt that the ***ROI*** fragments should be selected interactively. The joint color correction of the stereo pair cameras is performed under the assumption that one of the images is taken as basis (referenced image). In our case, ***ROI_left*** is taken as a standard for white color balance and image brightness. The second image (***ROI_right***) will be considered as dependent, and the color components of the image will be corrected relatively to the base one.

When mapping ***ROI***, you can build histograms of the distribution of the color components ***R, G*** and ***B*** for visual comparison. However, it is clear that such an approach is ineffective. It is much more productive to evaluate and compare the numerical integral characteristics of the individual color components ***ROI_left*** and ***ROI_right.*** Therefore, in this algorithm, the total brightness indices of the individual color components for the left and right channels are calculated:

$$R_{\Sigma}\left(ROI_{left}\right)=\sum_{k=1}^{K}\sum_{\ell=1}^{L}R_{srcleft}\left(x_k,y_\ell\right);$$

$$G_{\Sigma}\left(ROI_{left}\right)=\sum_{k=1}^{K}\sum_{\ell=1}^{L}G_{srcleft}\left(x_k,y_\ell\right);$$

$$B_{\Sigma}\left(ROI_{left}\right)=\sum_{k=1}^{K}\sum_{\ell=1}^{L}B_{srcleft}\left(x_k,y_\ell\right),$$

having x_k and y_ℓ – are rows and columns current numbers of the source image ROI_{left}.

Indicators $R_\Sigma\left(ROI_{left}\right)$, $G_\Sigma\left(ROI_{left}\right)$ and $B_\Sigma\left(ROI_{left}\right)$ are similarly calculated for the right channel. Based on the information on the total brightness of the color components of images ROI_{left} and ROI_{right}, correction factors are calculated:

$$k_R = R_\Sigma\left(ROI_{left}\right)/R_\Sigma\left(ROI_{right}\right),$$

$$k_G = G_\Sigma\left(ROI_{left}\right)/G_\Sigma\left(ROI_{right}\right),$$

$$k_B = B_\Sigma\left(ROI_{left}\right)/B_\Sigma\left(ROI_{right}\right).$$

The obtained coefficients k_R, k_G and k_B are used to adjust the white balance of the dependent image (in our case, the right stereo channel) relative to the base (left stereo channel). The color components ***R, G*** and ***B*** are multiplied by these coefficients. Note that with sufficiently accurate white color balancing, it is usually not necessary to adjust the brightness in stereo channels.

Nevertheless, we consider the method of compensating for differences in the integral brightness of the left and right channels. For comfortable images perception when playing stereoscopic recording, it is necessary to adjust the total brightness of the base image in the region of interest $I_\Sigma\left(ROI_{left}\right)$. It can be calculated using weights p according to formula:

$$I_\Sigma\left(ROI_{left}\right) = p_1 \cdot R_\Sigma\left(ROI_{left}\right) +$$
$$+ p_2 \cdot G_\Sigma\left(ROI_{left}\right) + p_3 \cdot B_\Sigma\left(ROI_{left}\right).$$

The coefficients p are determined by the physiological properties of the human eye [18] and are taken equal to:

$$p_1 = 0.2126;\ p_2 = 0.7152;\ p_3 = 0.0722.$$

Here is a detailed record of the formula for calculating the integral brightness of the base (left) channel:

$$I_\Sigma(C) = p_1 \cdot \sum_{k=1}^{K}\sum_{\ell=1}^{L} R_{src\,left}\left(x_k, y_\ell\right) + p_2 \times$$
$$\times \sum_{k=1}^{K}\sum_{\ell=1}^{L} G_{src\,left}\left(x_k, y_\ell\right) + p_3 \cdot \sum_{k=1}^{K}\sum_{\ell=1}^{L} B_{src\,left}\left(x_k, y_\ell\right).$$

Similarly, the indicator of the total brightness $I_\Sigma\left(ROI_{right}\right)$ is calculated for the right (dependent) channel. But to achieve in stereo channels the full balance of the total brightness, it is necessary to adjust the indicators obtained for this channel using the correction factors k_R, k_G and k_B obtained earlier.

$$I_\Sigma\left(ROI_{left}\right)^* = \left(p_1 \cdot \sum_{k=1}^{K}\sum_{\ell=1}^{L} R_{src\,right}\left(x_k, y_\ell\right)\right) \cdot k_R +$$
$$+ \left(p_2 \cdot \sum_{k=1}^{K}\sum_{\ell=1}^{L} G_{src\,right}\left(x_k, y_\ell\right)\right) \cdot k_G +$$
$$+ \left(p_3 \cdot \sum_{k=1}^{K}\sum_{\ell=1}^{L} B_{src\,right}\left(x_k, y_\ell\right)\right) \cdot k_B.$$

Thus, it is possible to correct the relative deviation of the channels total brightness after adjusting the white color balance.

Quantitative assessment of the used algorithms effectiveness

You can use different criteria to describe the degree of compliance of the source I_{src} and the resulting I_{dst} images transformations.

We believe that in our case it is appropriate to calculate the dispersion indicators for each color component:

$$MSE_R = \frac{1}{MN}\sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{N}\left(R_{src}\left(x_i, y_j\right) - R_{dst}\left(x_i, y_j\right)\right)^2;$$

$$MSE_G = \frac{1}{MN}\sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{N}\left(G_{src}\left(x_i, y_j\right) - G_{dst}\left(x_i, y_j\right)\right)^2;$$

$$MSE_B = \frac{1}{MN}\sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{N}\left(B_{src}\left(x_i, y_j\right) - B_{dst}\left(x_i, y_j\right)\right)^2.$$

Dispersion of information parameters is not the only criterion for assessing the degree of difference between two images or their color components. For this purpose, it is possible to successfully use the linear norm of difference (the normalized sum of the modules of two images corresponding pixels brightness values differences). This data is used to evaluate the effectiveness of the algorithms.

But most clearly, the color components change degree is characterized by pair wise represented histograms of pixel brightness distribution. Such visual data successfully complements digital quality indicators.

Laboratory stand and program for stereo vision problems research

The composition and design of the stand. For the joint color correction of a stereo pair consisting of two web-cameras, a laboratory stand was used, the general view of which is shown in Fig. 4, a. It includes a computer with software, a stereo pair based on two identical web-cameras with the possibility of connecting them to a computer via USB ports, as well as a rectangular screen on a tripod for mounting a special target mark. Design features of the stereo pair are showed in more detail in Fig. 4, b.

When rigidly mounting cameras relative to each other, it is possible to change the position of the stereo pair in height and turn it to 360^0 around the vertical axis. In addition, each camera can be rotated at a small angle in the horizontal and vertical planes. But the main feature is the adjustment of the basic distance between the cameras using a special control ruler. This ensures that the base distance is set to within a fraction of a millimeter. With the help of such a stand, it is possible to successfully solve a wide range of stereo vision problems – to calibrate cameras, to perform the rectification of stereo images, to perform color correction, etc.

Stereo camera color correction software. While formulating the problem, the concept of the proposed method, the structure of the algorithms for its implementation were discussed in some detail, and the choice of means and methods of programming was justified. The generalized structure of the software is shown in Fig. 1.

a b

Fig. 4. General view of the laboratory stand − a; stereo pair design − b

Python was chosen as programming language with help OpenCV library resources usage. In this section we will discuss the possibilities of the created software, the most important element of which is the user interface. It is displayed on Fig. 5. In essence, the program interface is a specialized desktop program. Such interface construction allows flexible interactive system configuration.

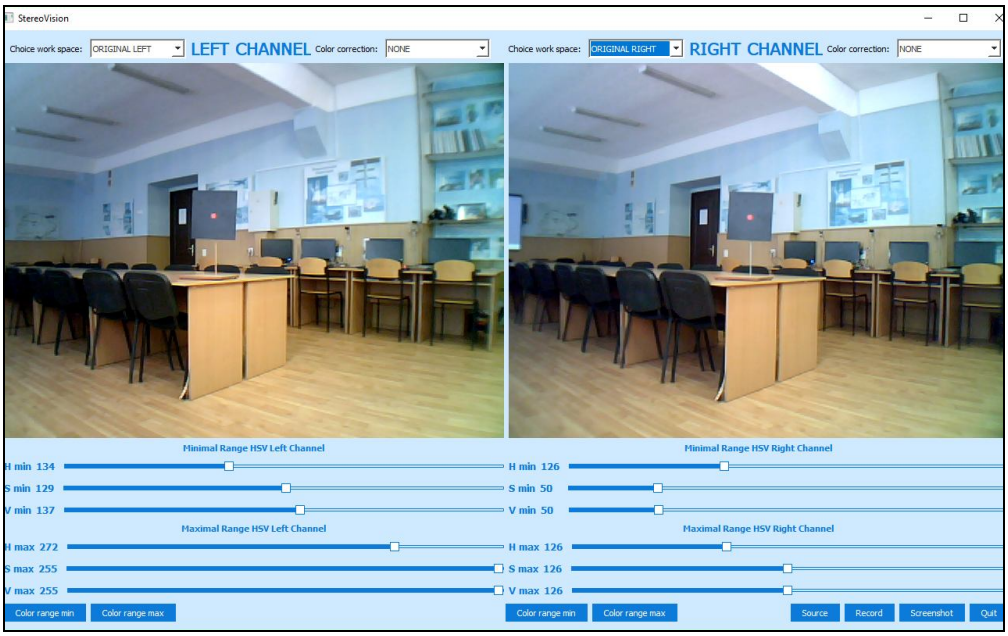


Fig. 5. General view of the program interface

Two windows of 640x480 pixels each are symmetrically arranged on the program's desktop, which corresponds to the avi * format of the left and right channels of the stereo system. In these windows, you can display in the various combinations the input frames of the received stereo stream, the results of video frame conversions and the final results of processing. In addition, there is a row of buttons and controls that allow you to interactively configure the system to solve the desired task in the shortest possible time on the desktop.

Let us consider their properties in more detail. In the lower left corner of the interface there are four buttons**: "Source", "Record", "Screenshot"** and **"Quit"**. By pressing the **"Source"** button, the data entry method is selected − from the stereo pair webcams using "online" mode or from a previously recorded file. The second input method provides the possibility of multiple repetition of video data processing using various algorithms, which allows you to objectively evaluate and compare the results of work in different ways.

When registering video data from webcams in the application, it is possible to record a video stream of the desired length by pressing the **"Record"** button**.** If further replay is necessary in the program, this record should be saved in the Python system folder. The recording is saved as two files for left and right cameras in avi* format. The file name displays the system time of synchronous registration (for example, left_cam_19-01-31-12-59, right_cam_19-01-31-12-59, which shows the year, month, date and time a registration start with an accuracy of one second).

Similarly, for analyzing the operation of channel color correction algorithms by clicking the **"Screenshot"** button, two images of current frames in the png format are saved in the system folder (left_cam_19-01-31-13-10.png and right_cam_19-01-31-13-10.png). The benefits of such option are evident from the example of creating a series of chess field snapshots for performing stereo pair calibration procedure. This requires a series of 10-15 chessboard images in various angles for the left and right channels. The technology of such shooting is shown in Fig. 7.

To select the mode of work with video stream frames, two drop-down menus are provided for each chan-

nel in the upper part of the interface - “Choice work space” and “Color correction”. Work with one of them is shown in Fig. 6. The first menu allows you to display the view of the ORIGINAL LEFT / RIGHT input sequences, BINARY LEFT / RIGHT binary images obtained after color filtering, the BINARY TOGETHER cumulative effect and frame images after RESULT LEFT / RIGHT data processing. The “Color correction” menu contains the algorithms names for color correction of the corresponding stereo channel – `GRAY WORLD`, `AUTOLEVELS`, `PERFECT REFLECTOR` and `EQUALISATION`. Note that it is possible to use different color correction algorithms in the left and right channels independently of each other.

But the most interesting is setting the parameters of color filters to highlight objects of interest to us and assess their position in the frame. To do this, use the settings of the color filter, the results of which are displayed in the selected window `BINARY LEFT` or `BINARY RIGHT`. Sliders enable interactive selection of H, S and V parameters desired range in the ***HSV*** color space in range `low_range - up_range`. However, the procedure for selecting the ***HSV*** parameters to highlight the object of interest to you is quite a laborious process, sometimes requiring a long time. In Fig. 8 clearly shows what the result of binarization looks like with clipping on the frames brightness threshold after their color filtering and inaccurately setting the desired range of ***HSV*** parameters. To overcome this drawback, the program introduced a presetting of ***HSV*** color filter parameters range. In the bottom row of interface control elements, for each stereo channel, a pair of “**Color range min”** and **“Color range max”** buttons is provided, with which you open the standard “Color” settings for setting color characteristics (Fig. 9). After selecting the required color characteristics, pressing the “Ok” button in this window will automatically adjust the settings for the ***HSV*** interface parameters.

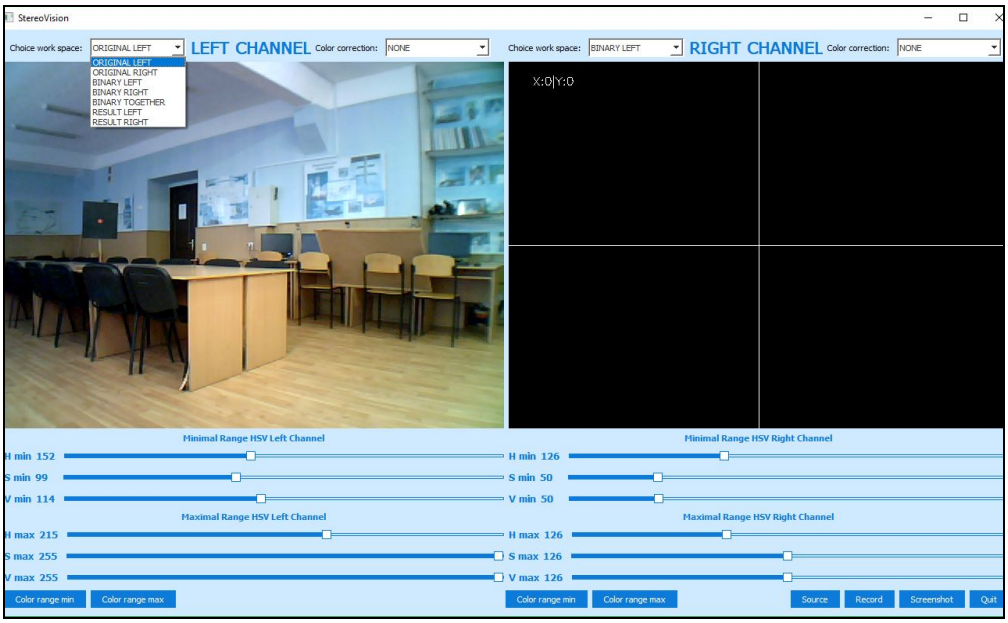


Fig. 6. Selecting the video viewing mode and processing results

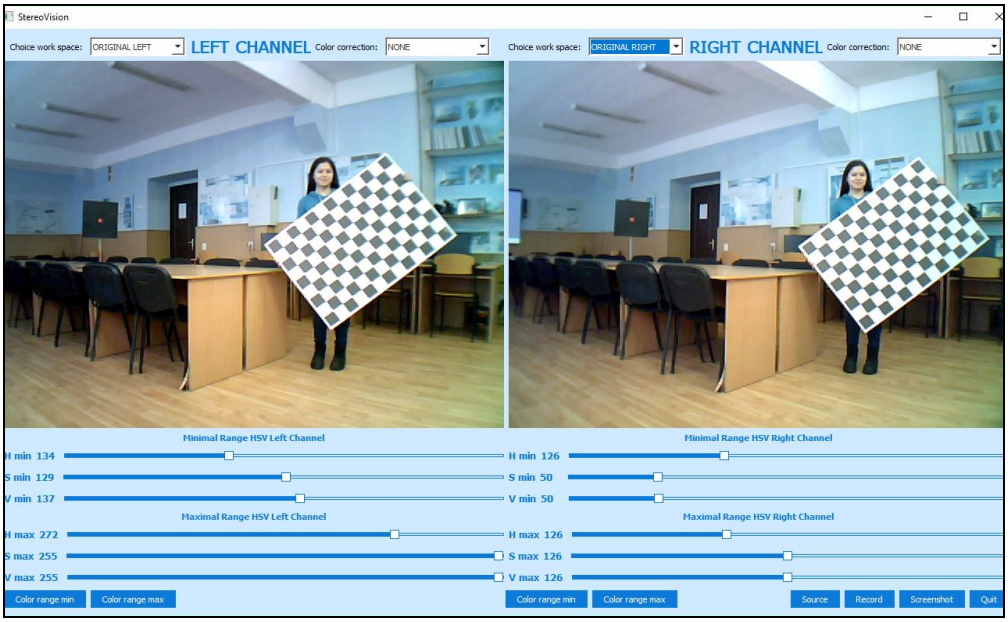


Fig. 7. An example of using the “Screenshot” option in the stereo calibration task

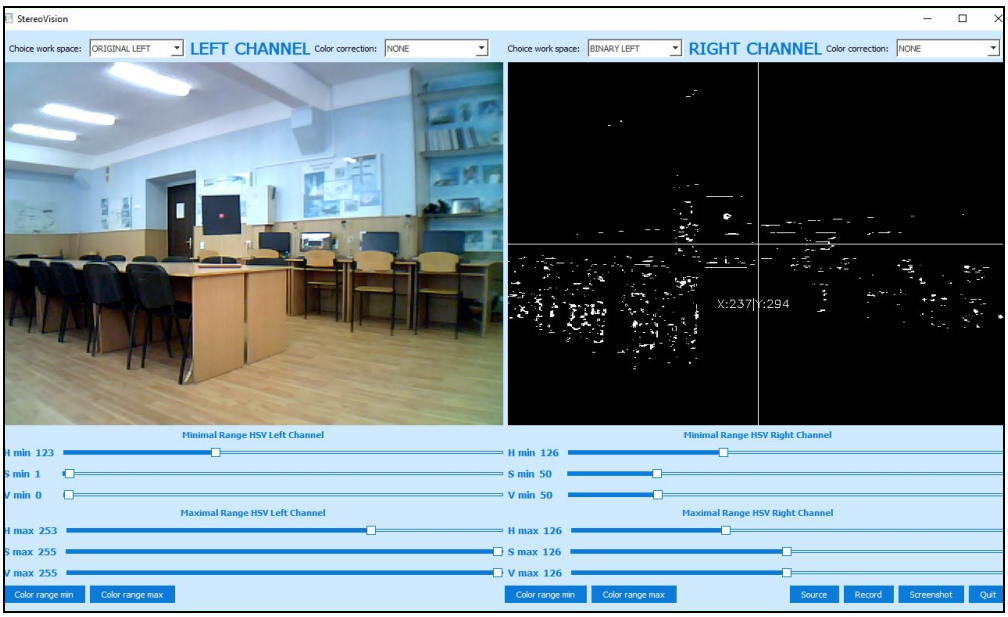


Fig. 8. Example of color filter parameters manual adjustment

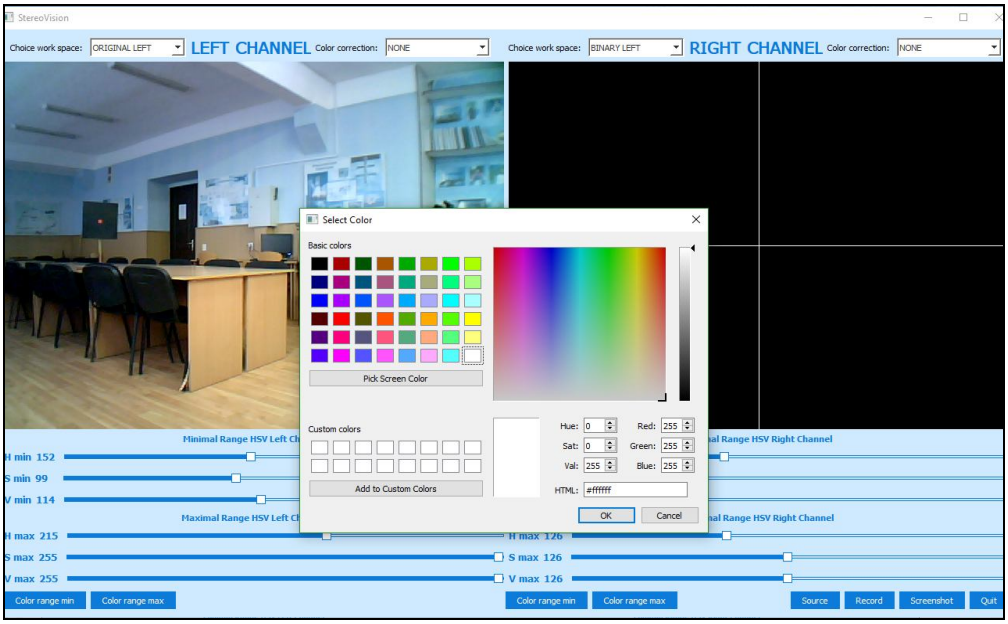


Fig. 9. Color Filter Preset Window

After presetting the parameters of the color filter, it is enough to make small adjustments to the position of the color adjustment sliders for user.

Note that the program has user-friendly and intuitive interface that does not require special user skills.

Conducting experimental studies and their main results

To assess the effectiveness of the proposed methods and algorithms for color correction of web cameras stereo pair, experimental studies were conducted, which can be divided into two main groups - analysis of algorithms quality for color correction of a separate stereo channel, and evaluation of algorithms quality used for joint color correction.

With the help of a laboratory stand and software, a stereoscopic shooting of a scene with a target mark on it was carried out (see Fig. 8). In Fig. 10 the results of the calculation of Δx and Δy offsets, due to the displacement of the coordinates of the target mark in the left and right frames are shown.

The combination of channels by direct overlay increases visibility when evaluating Δx and Δy offests, and advertise their values. This data is shown in the window `BINARY TOGETHER`. From the numerical data it is clear that the Δy offset equals 1 pixel. This should be taken into account when rectifying channels.

Let us further consider the method for determining the performance of color correction algorithms for individual channels. It consists of three components:

- visual assessment of processing source image I_{src}

quality. Unfortunately, it is often subjective and depends on the quality of the experts' view. It does not always make it possible to correctly distinguish the differences between the output image and the source image visually.

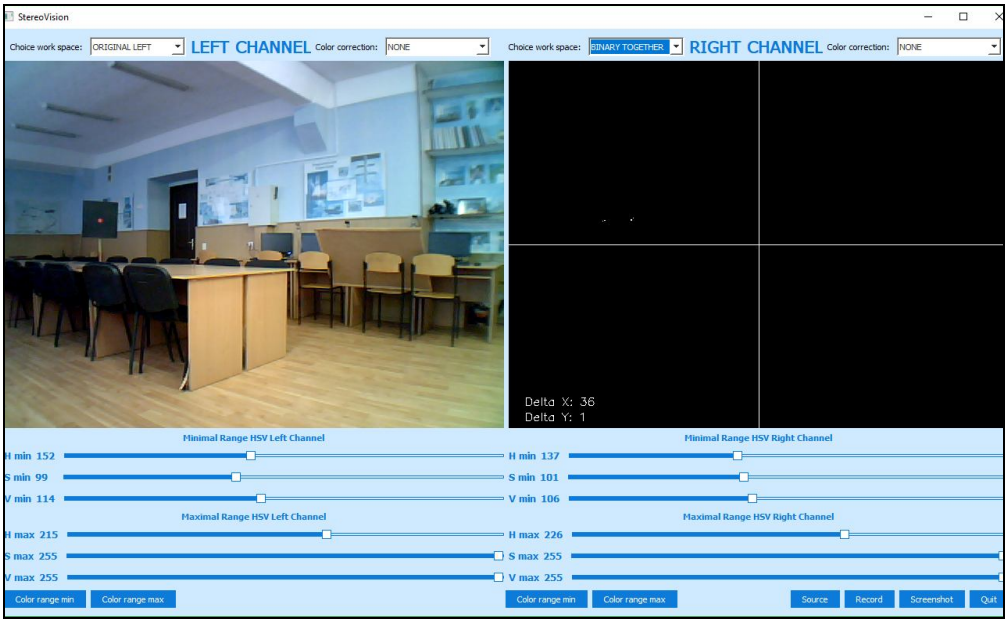


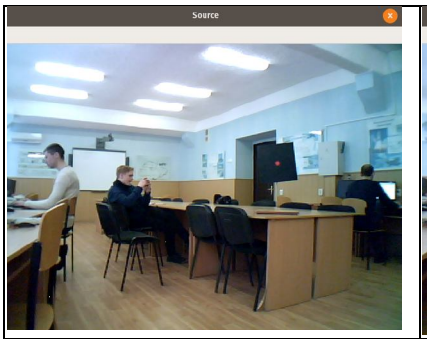
Fig. 10. Target mark offsets Δx and Δy in the left and right channels

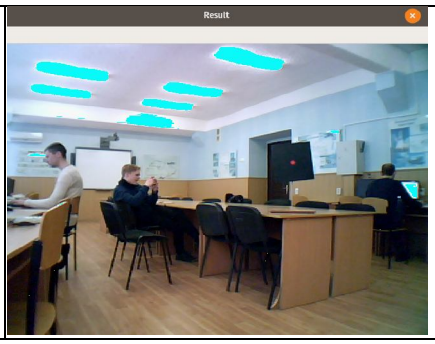
- histograms of source images are displayed as solid curves, and histograms of output images are dotted. It clearly shows how the ratio of bright and dark pixels changes as a result of the action of the tested algorithm (see Tables 1 – 5).
- color correction scores.

For this, a special program block is used. It is called "Algorithm Tester" and allows you to evaluate the performance of left or right stereo channel color correction algorithms using individual frames received by the "Screenshot" command for the current conditions of the scene's illumination.

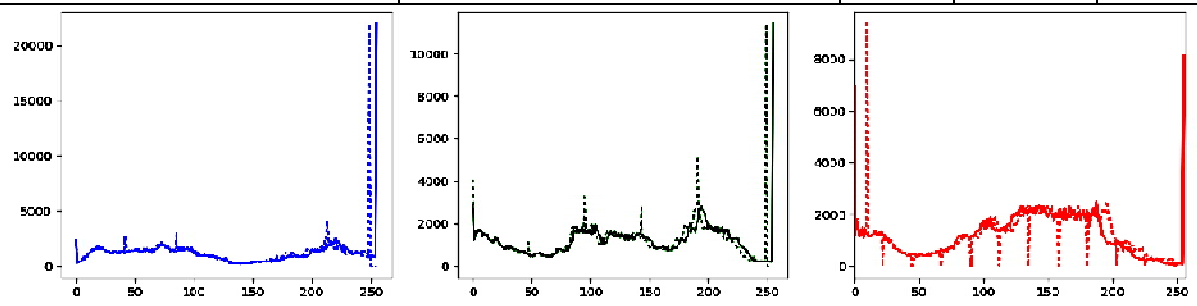
As a generalized indicator of the efficiency of the algorithms used, the authors proposed a statistical discrepancy vector for the brightness σ_Σ of the original image I_{src} and the transformed I_{dst}. Further we will call it as **"Color Balance Vector".** It is presented in the orthogonal three-dimensional ***RGB*** color space. The color space in this case is usually represented in the form of an ***RGB*** color cube, shown in Fig. 11. It is known that the diagonal points of this cube, connecting two opposite vertices with coordinates (0, 0, 0) and (255, 255, 255), are called gray scale. They change their shade from black to bright white. In this coordinate system, the beginning of the vector σ_Σ is aligned with the zero (black) point, its module is determined by the set of dispersion indicators for each color component MSE_R, MSE_G and MSE_B used to describe the degree of conformity of the original and resulting images.

Table 1 – **Left camera. Processing method «Gray World»**



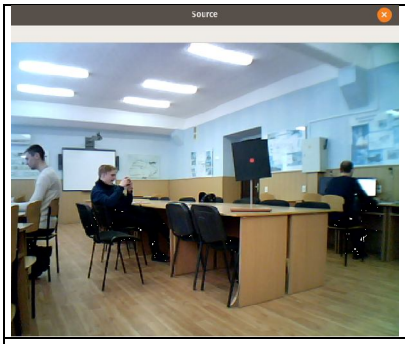


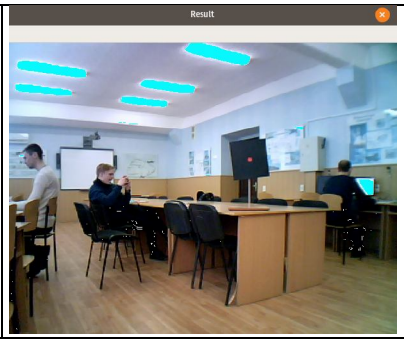
Channel name	Mean square error (***MSE***)	Standard deviation σ_{RGB}
Blue channel	15.98515	3.99814
Green channel	12.70391	3.56425
Red channel	36.23819	6.01982



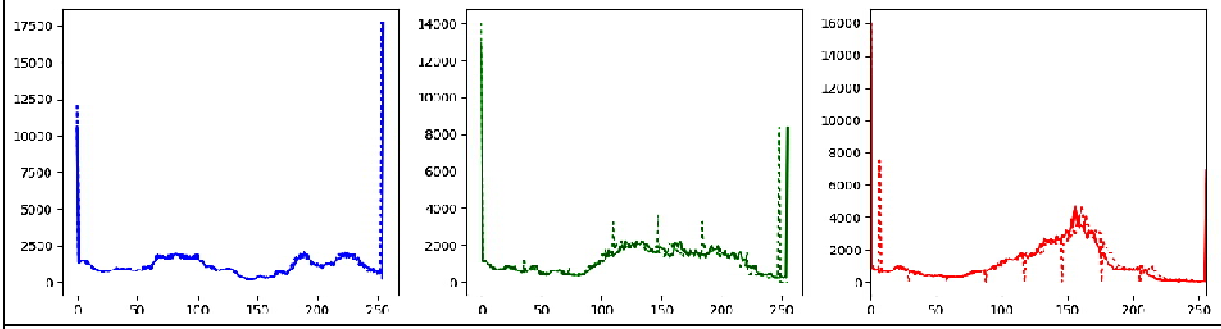
Color balance vector σ_Σ = 8.05774

Table 2 – **Right camera. Processing method «Gray World»**



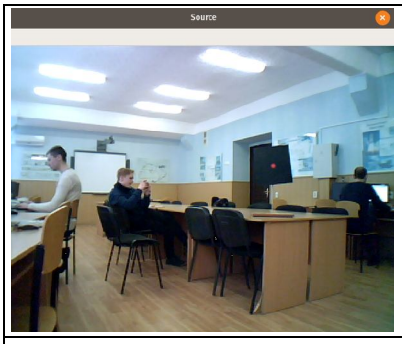


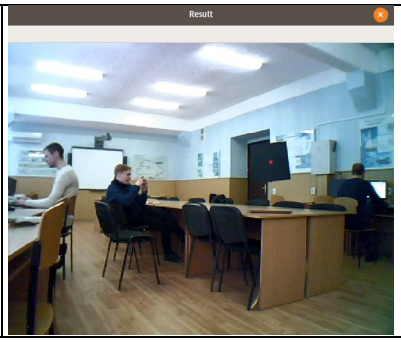
Channel name	Mean square error (***MSE***)	Standard deviation σ_{RGB}
Blue channel	2.29687	1.51554
Green channel	19.58033	4.42496
Red channel	19.93552	4.46492



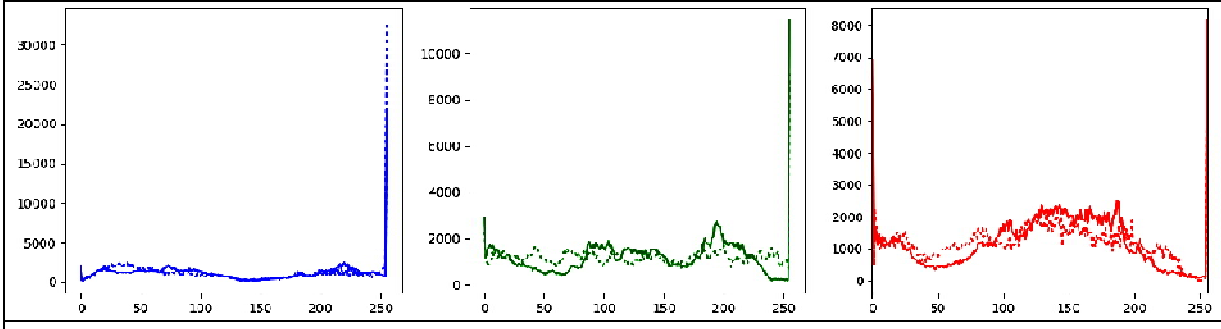
Color balance vector $\sigma_\Sigma = 6.46627$

Table 3 – **Left camera. Processing method « Equalization»**





Channel name	Mean square error (***MSE***)	Standard deviation σ_{RGB}
Blue channel	54.82341	7.40428
Green channel	62.99173	7.93673
Red channel	65.16232	8.07232



Color balance vector $\sigma_\Sigma = 13.52691$

The formulas for calculating these variances are given above. The magnitude of the module "color balance vector" is determined by the formula

$$\sigma_\Sigma = \sqrt{MSE_R + MSE_G + MSE_B} \ ,$$

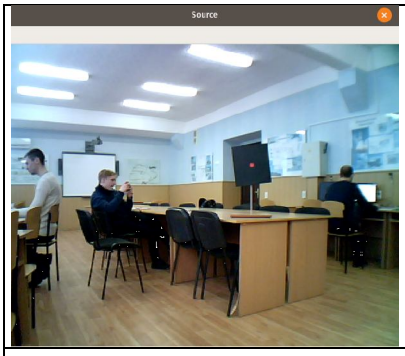
or by the sum of squared deviations (standard deviation $\sigma_{R,G,B}$) as follows:

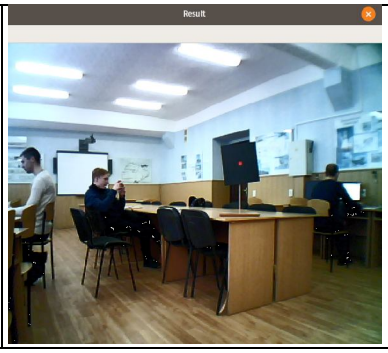
$$\sigma_\Sigma = \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_G^2 + \sigma_F^2} \ .$$

If necessary, you can analyze the angular position of the color balance vector σ_Σ by determining these angles in relation to the magnitude of the vector to its projections on the coordinate axes of the cube ($\sigma_R, \sigma_G, \sigma_B$).

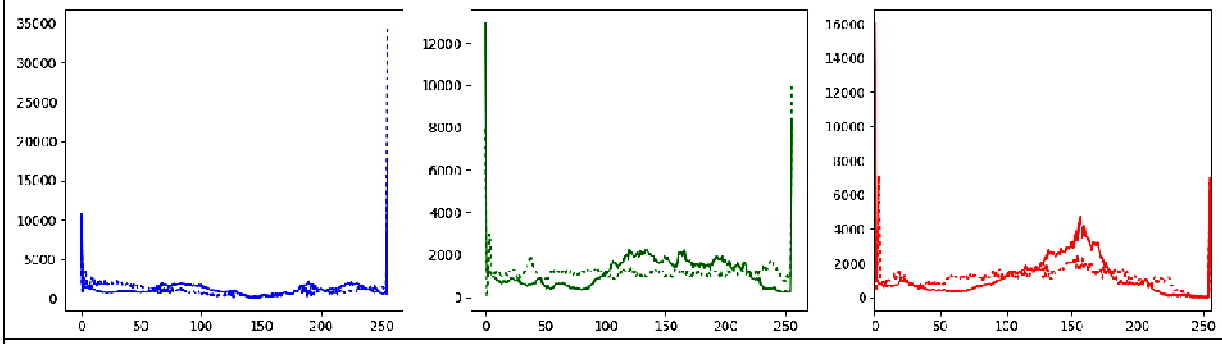
The results of experimental studies are presented below in the form of Tables 1-5, each of which contains data on the analysis of the one of color correction algorithms effectiveness. The source and transformed images, statistical processing data and histograms of the brightness distribution of the three color components are included in the table cells. Histograms of the input (solid line) and output (dashed line) images are arranged in pairs for each color component.

Table 4 – **Right camera. Processing method «Equalization»**



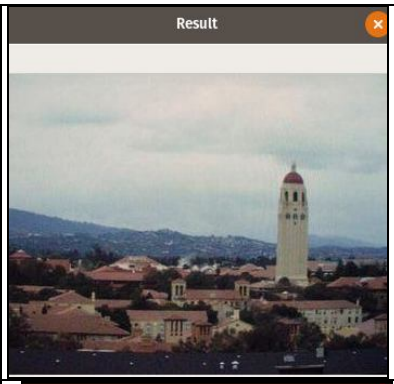


Channel name	Mean square error (***MSE***)	Standard deviation σ_{RGB}
Blue channel	77.15999	8.78407
Green channel	85.27715	9.23456
Red channel	83.63685	9.14532

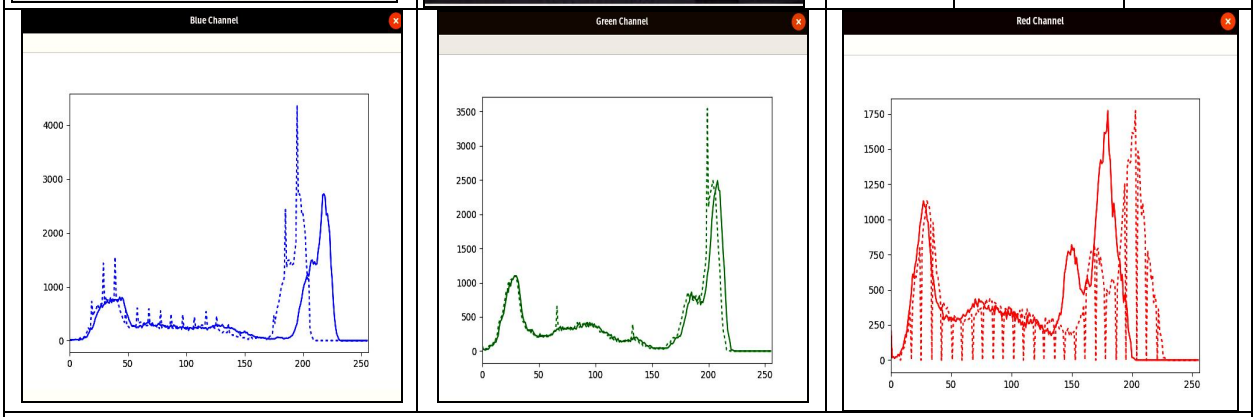


Color balance vector $\sigma_{\Sigma} = 15.6867$

Table 5 – **Processing method «Gray World»**



Channel name	Mean square error (***MSE***)	Standard deviation σ_{RGB}
Blue channel	110.11258	10.49345
Green channel	7.71392	2.77739
Red channel	82.72612	9.09539



Color balance vector $\sigma_{\Sigma} = 14.161$

This creates convenience for analysis. Also, according to the results of statistical analysis, the module of the color balance vector is calculated and entered into the table σ_{Σ}.

Analysis of a particular of the investigated algorithms and comparative analysis of their quality should be carried out on the basis of an objective complex criterion, which should take into account both the nature of image changes visual perception and the variability of histograms as a transformations result.

An equally important aspect of the analysis is the accounting of statistical indicators. It is also necessary to evaluate the module and the angular position of the color balance vector σ_{Σ} in orthogonal ***RGB*** color space.

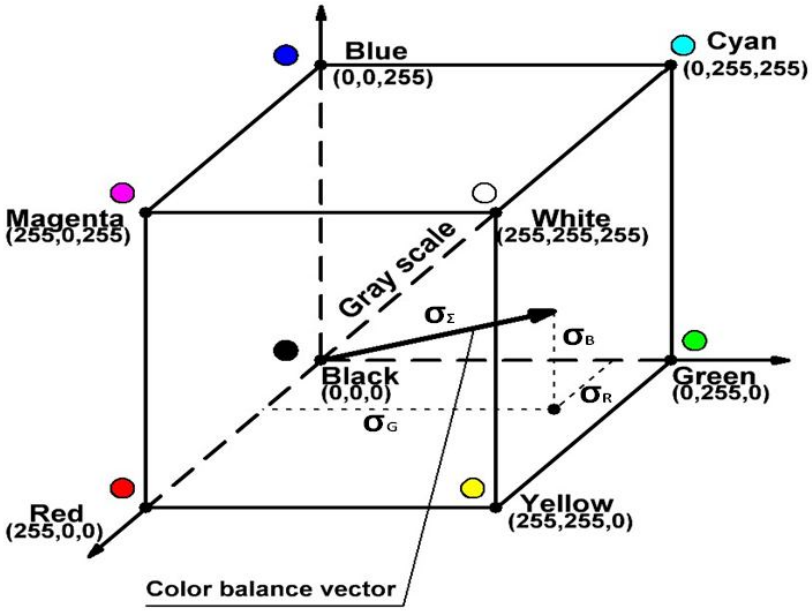


Fig. 11. Color balance vector in orthogonal ***RGB*** space

A comparative analysis of the four color correction algorithms showed that each of them has both advantages and disadvantages.

It should be noted that when processing the image using the **"Gray World"** algorithm, a significant disturbance of the color balance occurred (see Table 1). This means that such an algorithm is not effective under all conditions of scene lighting.

The example given in Table 5 shows that under certain conditions it is quite applicable and sufficiently effective. For convenience of analysis, the data on the magnitude of the modulus of the color balance vector σ_Σ are tabulated.

Table 6 – **Color balance vector** σ_Σ

Processing method	**Color balance vector** σ_Σ
Gray World	14.928
Perfect Reflector	12.619
Autolevels	12.494
Equalization	17.985

It is clear that in the absence of noticeable irregularities in the image of the white balance, the discrepancy of the histograms of the original and processed images is reduced, and in the limit becomes zero. Therefore, a positive factor is the decrease in the modulus of the color balance vector. According to the authors, the use of the **"Autolevels"** and **"Equalization"** algorithms is almost most preferable.

The latter is most effective at low levels of scene illumination.

The described method for evaluating the effectiveness of color correction is fully applicable to the joint color balancing of stereopair cameras.

Conclusion

A new technique and color correction algorithms for stereo pair webcams in binocular vision systems are proposed. Experimentally analyzed the effectiveness of their use.

The software in the Python language was created using the resources of the OpenCV library, which allows realizing the operation of these algorithms in real time.

It is possible to adapt the program to various changes in the lighting conditions of the scene. The use of these results makes it possible to improve the quality of operation of the binocular vision systems in solving various problems of both stereo-visualization and stereo-matching.

REFERENCES

1. Protasov, S.I., Kurgalin, S.D. and Krylovetsky, A.A. (2011), "Using webcams as a source of stereo pairs", *Vestnik VSU, Series: system analysis and information technologies*, No. 2, Voronezh, pp. 80–86.
2. Kruchinin A. (2018), *Digital image processing as signals. Computer graphics*, available at : http://www.myshared.ru/slide/529382/.
3. Lyudvichenko, V. (2018), *Stereo video color correction methods*, Video Group CS MSU Graphics & Media Lab (Video Group), available at : www.compression.ru/video/.
4. (2018), *Calibrate the camera in the Camera program "Calibration Toolbox for Matlab"*, available at : http://www.vision.caltech.edu/bouguetj/calib_doc/.
5. Linda G., Shapiro and George C., Stockman, (2001), *Computer Vision*, Prentice Hall, 580 p.
6. Konushin, A. (2008), *Stereoreconstruction*, MSU, Moscow, available at : http://courses.graphicon.ru/main/vision2008.

7. Kruchinin A. (2018), Stereo functions in OpenCV, available at : https://docplayer.ru/53282398-Funkcii-stereozreniya-v-opencv.html.
8. Chafonov, V.G. and Gazeeva I.V. (2014), "Methods of imaging a stereo pair with a given parallax value", *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, No. 6 (94), St. Petersburg, pp. 41–49.
9. Joseph, Howse and Joe, Minichino (2015), *Learning OpenCV 3 Computer Vision with Python* - Second Edition, September 2015, Packt Publishing, ISBN: 9781785289774.
10. Saurabh, Kapur (2017), *Computer Vision with Python 3*, Packt Publishing, August 2017, ISBN: 978-1-78829-976-3.
11. Prateek, Joshi (2015), OpenCV with Python By Example, Packt Publishing, September 2015, ISBN: 978-1-78528-393-2.
12. Computer vision library OpenCV available at : http://docs.opencv.org/trunk/doc/py_tututoria/py_objdetect/py_face_detection/py_face_detection.html.
13. Sivaram, M., Porkodi, V., Mohammed A.S. and Manikandan V. (2019), "Detection of Accurate Facial Detection Using Hybrid Deep Convolutional Recurrent Neural Network", *ICTACT Journal on Soft Computing*, Vol. 09, Issue 02, pp.1844-1850, DOI: https://doi.org/10.21917/ijsc.2019.0256
14. Ruban, I., Kuchuk, H., Kovalenko, A. (2017), "Redistribution of base stations load in mobile communication networks", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 1 (1), P. 75–81, DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2017.1.075
15. Bovykin A.V. (2016), *Development of multimedia applications using OpenCV and IPP libraries*, INTUIT, Moscow, 515 p., available at : http://www.iprbooksshop.ru/39564/.
16. Evsegneev, O. (2018), *OpenCV on python: search for a color object*, available at : http://robotclass.ru/tutorials/opencv-moments-color-object-search/.
17. Qaru S. (2018), *Drawing histogram in OpenCV with Python*, available at : http://qaru.site/questions/371882/drawing-histogram-in-opencv-python.
18. Hyubel, D. (1990), *Eye, Brain, Vision*, Mir, Moscow, 172 p.

Received (Надійшла) 22.01.2019
Accepted for publication (Прийнята до друку) 27.02.2019

Метод колірної корекції web-камер стереопари та його практична реалізація

К. Ю. Дергачов, Л. О. Краснов, О. О. Челядін, О. В. Плахотний

Предмет вивчення. У статті запропоновано нові методи і засоби колірної корекції web-камер в системах стереозору з метою підвищення якості їх роботи**. Метою є** порівняльний аналіз показників якості відомих методів корекції кольору і розробка нової методики і робочих алгоритмів спільної процедури колірної корекції та ректифікації фреймів відеопотоку лівої і правої камер. **Завдання**. Ставилося завдання провести теоретичний аналіз показників якості відомих алгоритмів корекції кольору, розробити нові робочі алгоритми, програмні коди цих алгоритмів написати на мові Python с використанням необхідних функцій OpenCV. Провести експериментальні дослідження цих алгоритмів. Оцінити ефективність роботи стереосистеми в лабораторних умовах, а достовірність отриманих результатів перевірити методами статистичного аналізу. **Використовувані методи**: порівняльний аналіз відомих методів і алгоритмів шляхом статистичного моделювання, синтез нових алгоритмів і оцінка ефективності їх роботи шляхом проведення лабораторних натурних випробувань. **Отримані результати**: проведено порівняльний аналіз ефективності роботи відомих методів колірної корекції камер стереосистеми, запропоновані нові більш ефективні алгоритми для вирішення цього завдання. **Висновки**. Наукова новизна отриманих результатів: створено нові алгоритми корекції колірного балансу web-камер, використовуваних в стереоскопічних системах технічного зору, що відрізняються високою точністю колірної корекції і працюють в реальному масштабі часу з застосуванням функцій бібліотеки OpenCV в програмному середовищі Python.

Ключові слова: стереоскопічні системи технічного зору; колірна корекція зображень відеопотоку web-камер стереосистеми; спільна ректифікація і колірний баланс лівої і правої камери.

Метод цветовой коррекции web-камер стереопары и его практическая реализация

К. Ю. Дергачев, Л. А. Краснов, А. А. Челядин, А. В. Плахотный

Предмет изучения. В статье предложен новый метод цветовой коррекции web-камер в системах стереозрения для повышения качества их работы. **Целью** является сопоставительный анализ показателей качества известных методов коррекции цвета, разработка нового метода и рабочих алгоритмов совместной процедуры цветовой коррекции и ректификации фреймов видеопотока левой и правой камер. **Задачи**. Ставилась задача провести теоретический анализ показателей качества известных методов и алгоритмов коррекции цвета, разработать новые рабочие алгоритмы, программные коды этих которых написать на языке Python с использованием необходимых функций OpenCV. Провести экспериментальные исследования этих алгоритмов. Оценить эффективность работы стереосистемы в лабораторных условиях, а достоверность полученных результатов проверить методами статистического анализа. **Используемые методы:** сопоставительный анализ известных методов и алгоритмов путем статистического моделирования синтез новых алгоритмов и оценка эффективности их работы путем проведения лабораторных испытаний**. Полученные результаты:** проведен сопоставительный анализ эффективности работы известных методов цветовой коррекции камер стереосистемы, предложен новый более эффективный метод для решения этой задачи. **Выводы.** Научная новизна полученных результатов: создан новый метод коррекции цветового баланса web-камер, используемых в стереоскопических системах технического зрения, отличающийся высокой точностью цветовой коррекции и работают в реальном масштабе времени с применением функций библиотеки OpenCV в программной среде Python.

Ключевые слова: стереоскопические системы технического зрения; цветовая коррекция изображений видеопотока web-камер стереосистемы; совместная ректификация и цветовой баланс левой и правой камер.

UDC 004.6 **doi: 10.20998/2522-9052.2019.1.07**

Ye. Meleshko

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

METHOD OF GENERATING RECOMMENDATIONS LISTS WITH CONSIDERING ACTIVITY INDEXES OF USERS IN A RECOMMENDATION SYSTEM

The **subject matter** of the article is the process of generating recommendations lists for users of a recommendation system. The **goal** is to develop a new method of building recommender systems to improve the quality of recommendations lists, increase user space coverage and item space coverage with considering information about user activity indexes; development of a hybrid of this method with the method of collaborative filtering. The **tasks** to be solved are: to develop the method of building recommendation systems based on considering activity indexes of users, develop software to test this method, conduct experiments with the developed software to test the effectiveness of the developed method, determine the quality of its work and compare this method with the standard method of collaborative filtering. **The methods** used are: graph theory, mathematical statistics, the theory of algorithms, object-oriented programming. The following **results** were obtained: the expert-oriented method for building recommender systems based on considering indexes of user activity and calculating expert coefficients has been developed, the hybrid of this method with the collaborative filtering method has been developed, software for implementing this method and this hybrid has been developed, experiments with developed software to test the developed method and the hybrid has been conducted. **Conclusions.** The possibility of using information about user activity in recommender systems to improve the quality of recommendations lists has been investigated. The calculation of expert coefficients is proposed to supplement the similarity coefficients in recommender systems. An expert-oriented method for constructing recommender systems based on considering activity indexes of users and its hybrid with collaborative filtering has been developed. Experiments has been conducted with the developed software have shown that the developed method significantly improves such indicators of the recommender system as user space coverage and item space coverage and allows to create higher quality of recommendation lists without significant fluctuations Precision and Recall of the recommender system, and in some cases even improve these indicators, it depends on the features of the input data.

Keywords: recommendation systems; collaborative filtering; similarity coefficients; expert-oriented filtering; expert coefficients.

Introduction

Recommendation systems are important tools in the areas of digital marketing and search data [1–3].

Modern recommendation systems have a number of standard problems [4] that different scientists and developers try to solve in different ways. Most of these problems are solved only partially and not for all occasions.

In order to create high-quality recommendations lists for different users today, recommendation systems are developed as complex hybrids of various methods of data filtering. These may be the following methods [1–4]:

- *Collaborative filtering* (based on users behavior history, numerical ratings given to items and/or items previously purchased or selected);
- *Content-based filtering* (based on using descriptions and keywords for items);
- *Knowledge-based filtering* (based on explicit knowledge about the item assortment, user preferences, and recommendation criteria, i.e., which item should be recommended in which context);
- *Community-based filtering* (based on knowledge of social connections);
- *Context-based filtering* (based on using contextual information, such as demographic).

Modern recommender systems are often hybrids of methods of content-based and collaborative filtering.

Knowledge-based filtration is complicated in the implementation and collection of data and rarely used compared to others.

Context-based and community-based filtering can only be used as additional to others methods, and data for them is not available in all systems.

One of the important problems of collaborative filtering is that not all users can create recommendation lists due to cold start problem, continuous cold start problem, or an insufficient number of users that are similar to a particular user.

This problem can be partially solved by using a hybrid of collaborative filtration with the above methods. Because it's not always possible to create a hybrid of collaborative filtration with knowledge-based, context-based, or community-based filtering, and qualitative content-based filtering requires a lot of information about items and, therefore, more time to compute, and also depends on the quality of an item descriptions, it was decided to research alternative ways of solving the problem of lack of recommendations for some users, in particular, to try to take into account the user activity indexes for generating recommendations, and to estimate how much information on user activity will improve quality formation of recommendations lists.

Therefore, in this work, it is suggested to use the data on user activity indexes to form recommendations list. That is, recommendations lists for users for which it was not possible to form recommendations by other methods will consist of recommendations from most popular items among the most active users. This approach is proposed to call expert-oriented since each user of a recommendation system is considered as an expert on the content of this system and has a weight (expert coefficient), which value depends on his index activity. The

© Meleshko Ye., 2019

greater the weight of the expert, the greater the contribution to the formation of recommendations lists for other users does data about his preferences. In this method, it is proposed to determine the weight of an expert based on his activity index. Although in the future it is planned to develop and other methods for determining the weight of the expert.

On the basis of this approach, the expert-oriented filtering method based on activity indexes of users and the hybrid of this method with the method of collaborative filtration, was developed.

The software was developed and the series of experiments to test the effectiveness of the developed method and developed hybrid and compare their with the standard collaborative filtration method was conducted.

The main material

For recommendation systems cold start problem and continuous cold start problem for users and for items are relevant, they mean it is impossible to create recommendations for new elements of a system or elements that have changed their properties [4].

It should also be noted that other problems and obstacles are possible for building recommendations lists.

So the work of modern recommendation systems is based on the definition of similarity coefficients between users and/or items of a system [1–3, 5, 6].

The similarity of users each other is determined by their actions with a same items if these actions are comparable, for example, can compare ratings which different users were put the same films.

If users do not have the same actions for comparison, then their similarity coefficients cannot be determined by standard methods. If for a particular user it was not possible to identify similar users, then it is not possible to form recommendations list based on collaborative filtering for him. In such cases, additional information is used, for ex-ample, contextual information, or information about social connections, or content filtering [1, 4], and it was also suggested to determine a missing similarity coefficients between users through using associative networks [7].

The purpose of this work is to develop the method of filtering for recommendation systems that would solve the above problems by using information about a degree of users activity in a system.

It is suggested to consider most active users of the system, which put the most ratings of items, experts in the content of the system. It is also suggested to calculate the value of the expert coefficient for each user of the system and use such coefficients in the algorithm of formation recommendations list. This approach is proposed to be called expert-oriented filtering.

It was decided to calculate the expert coefficient for each user as follows:

$$k_{\exp}(u) = \frac{m_u}{\max(m_i)}, \qquad (1)$$

where m_u – the number of items that the user u has rated; $\max(m_i)$ – the number of items that were rated by the user who rated the more items in the system among all users.

The more items a user has rated, the higher he will get the expert coefficient. The value of this coefficient can vary from 0 to 1. It will be 0 if the user has not evaluated any item, and is equal to 1 if the user has evaluated the more items in comparison with others.

After calculating expert coefficients, recommendations list for a specific user u_i can be formed as follows:

1. Choose all users except the user u_i.

2. Select all the items, which were rated by choose users, and calculate for each item his coefficient of interest for the user u_i:

$$k_{\text{int}}(o, u_i) = \sum_{j \geq 1, j \neq i}^{n} r_j \cdot k_{\exp}(u_j), \qquad (2)$$

where o – the item for which calculate the coefficient of interest for the user u_i; n – the number of users in the system; k_{exp} – the expert coefficient for j-th user; r_j – the rating given by j-th user of the item o.

3. Create the list of all selected items, if necessary, remove items that have already been evaluated by the user u_i.

4. Sort the list of all choose items in descending order of the coefficient of interest for the user u_i.

5. If necessary, select TopN of items from the resulting list.

The need to perform clauses 3 and 5 depends on for which application or web resource the recommendation system is created. There may be cases when can recommend items for users that they have already viewed (for example, in a recommendation system for Internet-radio). There may be cases when need to show all recommendations list , not just TopN (for example, in search results of search engine).

Also, in this work, the hybrid of the developed method with the method of collaborative filtration has been developed.

Since all the data in a system is conveniently written in the form of a graph [8], where users are vertices of the graph, and similarity coefficients and expert coefficients are written as values of the properties of the corresponding edges of the graph, in order to explain the principle of the work of the developed hybrid, introduce the following concepts:

– bidirectional relationship "Similarity" between users (Fig. 1);

– unidirectional relationships "Expert" between users (Fig. 2).

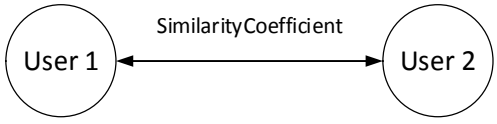


Fig. 1. Relationship "Similarity" between users

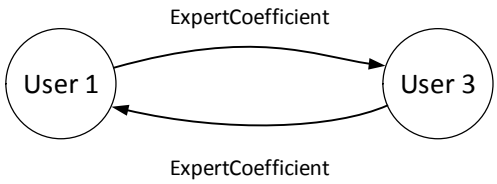


Fig. 2. Relationships "Expert" between users

The developed hybrid works as follows:

1. Calculate similarity coefficients between system users.

2. For those users who do not have same actions with other users (Figure 3, User3), therefore, it is impossible to calculate similarity coefficients for them with other users and to create relationships "Similarity", the expert-oriented filtering method based on considering activity indexes of users was developed. In this case, relationships "Expert" will be directed from all users to the user without relationships “Similarity”, and from this user to all other users (Fig. 3).

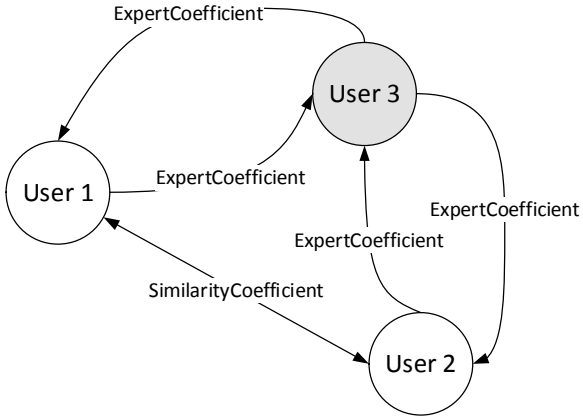


Fig. 3. The example of constructing relationships "Similarity" and "Expert" in the hybrid method

This solves the problem with users who do not have any relationships "Similarity", recommendations for them are built on the basis of the preferences of the most active users in the system. Also, there is a problem with items that were rated only by those users who have no relationships "Similarity" with anyone, and therefore it is unknown to whom can recommend them; relationships "Expert" from these users will be directed to all other users of the system, and the more items were rated by them, the greater the contribution to recommendations lists of other users will make their preferences. It possible to say that user who has no relationships "Similarity" is an expert of rare content of the system.

For conducting experiments, a recommendation system was constructed using the programming language Python and the graph database Neo4j, since the database Neo4j provides extensive opportunities for working with data [9]. In the developed recommendation system, the collaborative filtration was implemented, in which the similarity coefficients between users were determined on the basis of the cosine distance:

$$d(x_1, x_2) = \frac{\sum_{i=1}^{m}(x_{1i} - X_1)\cdot(x_{2i} - X_2)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m}(x_{1i} - X_1)^2 \cdot \sum_{i=1}^{m}(x_{2i} - X_2)^2}} \quad (3)$$

where $d(x_1, x_2)$ – the distance between users x_1 and x_2; x_{1i}, x_{2i} – the value of the i-th property in the 1st and 2nd users, respectively; X_1, X_2 – the set of values of properties in the 1st and 2nd users.

The developed recommendation system was tested on the open data sets MovieLens, that was created in the research laboratory at the Department of Computer Science and Engineering at the University of Minnesota [10]. This recommendation system is developed for the movie trailers web site. Users set ratings and hashtags for movies and receive recommendations lists of movies for future viewing

For each experiment, the numbers of users N_u from MovieLens Datasets were selected. Ratings that they put movies were split based on timestamps into two parts for the calculation of recommendations ("current data") and for testing the system ("future data").

For each data set the system was launched in three modes:

- the standard collaborative filtering;
- the expert-oriented method based on considering activity indexes of users;
- the hybrid of the first two methods.

In this data set, ratings may take the following values: 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0. It was decided to divide them into positive (from 3.5 to 5.0) and negative (from 0.5 to 3.0) ratings.

Forecasts of users' preferences are divided into positive ones when a positive rating is predicted for a user-item pair, and negative ones when a negative rating is forecasted.

To test the quality of the recommendation system, the following indicators of the quality of a recommendation systems work was selected [11]:

1. The absolute number of users for whom the system was unable to create a recommendations list.

2. **Precision** – the measure that characterizes how many positive predictions of a recommendation system are correct. It was calculated by the formula:

$$Precision = tp/(tp + fp), \quad (4)$$

where tp – positive predictions of the recommendation system, which proved to be true; fp – positive predictions of the recommendation system, which turned out to be false.

3. **Recall** (also known as Sensitivity) – the measure characterizing the possibility of a recommendation system to create correct positive predictions, while failing to take into account wrong positive predictions. It was determined by the formula:

$$recall = tp/(tp + fn), \quad (5)$$

where tp – positive predictions of the recommendation system, which proved to be true; fn – negative predictions of the recommendation system, which turned out to be false.

4. **User space coverage** – percentage of all users for whom the system can provide recommendations. It was determined by the formula:

$$User\ Space\ Coverage = \frac{N_{ur}}{N_u}, \quad (6)$$

where N_{ur} – the number of users for which it turned out to create recommendations; N_u – the number of users that was taken in the experiment.

5. **Item space coverage** – percentage of all items that can be recommended to users. It was determined by the formula:

$$Item\ Space\ Coverage = N_{mr} / N_m , \quad (7)$$

where N_{mr} – the number of items that have fallen into recommendations lists; N_m – the total number of items in the experiment.

The series of experiments were conducted for users randomly selected from the MovieLens Datasets. For each experiment, another set of users has been selected. Results of experiments are given in Table 1. It used the following abbreviations: CF – the collaborative filtration method; AU – the developed method based on considering activity indexes of users in a recommendation system; H – the hybrid of these two methods.

Table 1 – **Test results of the developed methods of building recommendation systems**

Experiment number	total number of users	Number of users without recommendations			Precision, %			Recall, %			User space coverage, %			Item space coverage, %		
		CF	AU	H	CF	AU	H	CF	AU	H	CF	AU	H	CF	AU	H
1	30	13	0	0	82.75	72.81	81.68	85.71	68.81	67.92	56.66	100	100	33.79	72.81	72.81
2	30	16	0	0	92.30	81.55	81.73	77.41	79.66	79.85	46.66	100	100	22.19	63.08	63.08
3	30	10	0	0	58.18	67.45	67.45	58.18	75.44	77.22	66.66	100	100	27.29	67.45	67.45
4	50	18	0	0	72.13	83.08	84.58	86.27	77.29	77.23	64.00	100	100	33.14	85.57	85.57
5	50	21	0	0	41.66	66.55	66.27	83.33	71.31	84.15	57.99	100	100	28.88	71.31	71.31
6	50	22	0	0	65.71	74.24	74.13	69.69	72.22	71.99	56.00	100	100	21.85	52.65	52.65
7	100	43	0	0	72.58	65.24	65.10	77.58	72.92	72.92	56.99	100	100	26.74	68.43	68.43
8	100	54	0	0	73.43	81.72	81.75	71.21	68.53	68.60	46.00	100	100	20.21	47.80	47.80
9	100	46	0	0	83.33	75.52	75.48	62.50	77.71	77.27	54.00	100	100	37.77	77.71	77.71
Mean values:					71.34	74.24	75.35	74.65	73.76	75.23	56.10	100	100	27.98	67.42	67.42

As the results of the experiment showed, the developed method, unlike the collaborative filtering method, allows to create recommendations for all users of the system. Precision and Recall of the developed method can be both worse and better than in the collaborative filtering method, that completely depends on the features of a set of input data. But on average, the developed method and the developed hybrid have greater Precision and almost the same Recall as compared with the method of collaborative filtering. User space coverage in the developed method and in the developed hybrid is always 100%, and in the method of collaborative filtration, on average, this figure is 56.1%. Also, the developed method and the developed hybrid always give better item space coverage, on average more by 39,44% than the method of collaborative filtration.

Consequently, without significant fluctuations of Precision, the developed method and the developed hybrid increase item space coverage by 2.5 times, and user space coverage is 100%, solving the problem with users for whom there was no recommendation in the method of collaborative filtration.

Conclusions

The method of building recommendations lists based on considering activity indexes of users is proposed, which is proposed to be called expert-oriented filtering based on data about user activity indexes.

The hybrid of this method with the method of collaborative filtration has been developed.

Software has been developed, in which a series of experiments was conducted to test the effectiveness of the developed method and the developed hybrid.

The conducted experiments showed that the developed method and the developed hybrid in general increases the quality of the recommendation system without significant fluctuations of Precision and Recall of the system. Precision and Recall can decrease slightly or increase, depending on the characteristics of the incoming data set.

The developed method and the developed hybrid 2.5 times increases item space coverage and solves the problem with users for which it was impossible to create recommendations by other methods, increasing user space coverage to 100%.

REFERENCES

1. Francesco, Ricci, Lior, Rokach, Bracha, Shapira and Paul B., Kantor (2010), *Recommender Systems Handbook*, Springer-Verlag, New York, USA, 842 p.
2. Meleshko, E.V., Semenov, S.G. and Khokh, V.D. (2018), "Research of methods of building advisory systems on the internet", *Control, Navigation and Communication Systems,* Issue 1(47), PNTU, Poltava, pp. 131–136.
3. Segaran, T. (2008), *Programming Collective Intelligence. Building Smart Web 2.0 Applications*, *O'Reilly Media*, 368 p.
4. Meleshko, E.V. (2018), "Problems of modern recommendation systems and methods of their solution", *Control, Navigation and Communication Systems,* Issue 4 (50), PNTU, Poltava, pp. 120–124.
5. Saravana, Balaji B,, Karthikeyan, N.K. and Raj Kumar, R.S., (2018), "Fuzzy service conceptual ontology system for cloud service recommendation", *Computers & Electrical Engineering*, Vol. 69, pp. 435–446, DOI: https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2016.09.013.
6. Ruban, I., Kuchuk, H., Kovalenko, A. (2017), "Redistribution of base stations load in mobile communication networks", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 1 (1), pp. 75–81, DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2017.1.075

7. Meleshko, Ye. (2018), “Method of collaborative filtration based on associative networks of users similarity”, *Advanced Information Systems,* Vol. 2, No. 4, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, pp. 55–59.
8. Meleshko, E.V., Bosko, V.V. and Reznichenko, V.A. (2018), “Development of the recommendation system based on DBMS neo4j”, *V Int. Scientific and Practical Conf. "Information Technologies and Interactions", Kyiv*, pp. 351–352.
9. *Neo4j Documentation* (2018), available at: https://neo4j.com/docs/.
10. Harper, F.M. and Konstan, J.A. (2016), “The MovieLens Datasets: History and Context”, *ACM Transactions on Interactive Intelligent Systems (TiiS)*, DOI: https://doi.org/10.1145/2827872.
11. Meleshko, E.V. (2018), “Quality assessment methods of work of recommendation systems”, *Control, Navigation and Communication Systems,* Issue 5 (51), PNTU, Poltava, pp. 92-97.

Received (Надійшла) 15.01.2019
Accepted for publication (Прийнята до друку) 06.03.2019

Метод генерації списків рекомендацій
з врахуванням показників активності користувачів рекомендаційної системи

Є. В. Мелешко

Предметом вивчення у статті є процес генерації списків рекомендацій для користувачів рекомендаційної системи. **Метою** є розробка нового методу побудови рекомендаційних систем для підвищення якості списків рекомендацій, підвищення покриття простору користувачів та покриття каталогу об’єктів за допомогою врахування інформації про показники активності користувачів; розробка гібриду даного методу з методом колаборативної фільтрації. **Завдання:** розробити метод побудови рекомендаційних систем на основі врахування показників активності користувачів системи, розробити програмне забезпечення для тестування даного методу, провести експерименти на розробленому програмному забезпеченні для перевірки ефективності застосування розробленого методу, визначення якості його роботи та порівняння даного методу зі стандартним методом колаборативної фільтрації. Використовуваними **методами** є: теорія графів, математична статистика, теорія алгоритмів, об’єктно-орієнтоване програмування. Отримані такі **результати:** розроблено експертно-орієнтований метод побудови рекомендаційних систем на основі врахування показників активності користувачів та розрахунку коефіцієнтів експертів, розроблено гібрид даного методу з методом колаборативної фільтрації, розроблено програмне забезпечення для реалізації даного методу та гібриду, проведено експерименти на розробленому програмному забезпеченні для тестування розробленого методу та гібриду. **Висновки.** Досліджено можливість використання інформації про активність користувачів у рекомендаційних системах для покращення якості списків рекомендацій. Запропоновано розрахунок коефіцієнтів експертів для доповнення до коефіцієнтів подоби у рекомендаційних системах. Розроблено експертно-орієнтований метод побудови рекомендаційних систем на основі врахування показників активності користувачів та його гібрид з колаборативною фільтрацією. Проведені на розробленому програмному забезпеченні експерименти показали, що розроблений метод суттєво підвищує такі показники роботи рекомендаційної системи, як покриття простору користувачів, покриття каталогу об’єктів, та дозволяє створювати більш якісні списки рекомендацій без суттєвих коливань точності та повноти роботи рекомендаційних систем, а в деяких випадках навіть підвищує ці показники, що залежить від особливостей вхідних даних.

Ключові слова: рекомендаційні системи; колаборативна фільтрація; коефіцієнти подоби; експертно-орієнтована фільтрація; коефіцієнти експертів.

Метод генерации списков рекомендаций
с учетом показателей активности пользователей рекомендательной системы

Е. В. Мелешко

Предметом изучения в статье является процесс генерации списков рекомендаций для пользователей рекомендательной системы. **Целью** является разработка нового метода построения рекомендательных систем для повышения качества списков рекомендаций, повышения покрытия пространства пользователей и покрытия каталога объектов с помощью учета информации о показателях активности пользователей; разработка гибрида данного метода с методом коллаборативной фильтрации. **Задачи:** разработать метод построения рекомендательных систем, основанный на учете показателей активности пользователей, разработать программное обеспечение для тестирования данного метода, провести эксперименты на разработанном программном обеспечении для проверки эффективности применения разработанного метода, проверить качество его работы и сравнить данный метода со стандартным методом коллаборативной фильтрации. Используемыми **методами** являются: теория графов, математическая статистика, теория алгоритмов, объектно-ориентированное программирование. Получены следующие **результаты**: разработан экспертно-ориентированный метод построения рекомендательных систем на основе учета показателей активности пользователей и расчета коэффициентов экспертов, разработан гибрид данного метода с методом коллаборативной фильтрации, разработано программное обеспечение для реализации данного метода и гибрида, проведены эксперименты на разработанном программном обеспечении для тестирования разработанного метода и гибрида. **Выводы.** Исследована возможность использования информации об активности пользователей в рекомендательных системах для улучшения качества списков рекомендаций. Предложен расчет коэффициентов экспертов для дополнения к коэффициентам подобия в рекомендательных системах. Разработан экспертно-ориентированный метод построения рекомендательных систем на основе учета показателей активности пользователей и его гибрид с колаборативной фильтрацией. Проведенные на разработанном программном обеспечении эксперименты показали, что разработанный метод существенно повышает такие показатели работы рекомендательной системы, как покрытие пространства пользователей, покрытие каталога объектов, и позволяет создавать более качественные списки рекомендаций без существенных колебаний точности и полноты работы рекомендательных систем, а в некоторых случаях даже повышает эти показатели, что зависит от особенностей входных данных.

Ключевые слова: рекомендательные системы; коллаборативная фильтрация; коэффициенты подобия; экспертно-ориентированная фильтрация; коэффициенты экспертов.

УДК 519.876.2:336 **doi: 10.20998/2522-9052.2019.1.08**

Т. В. Нескородєва

Донецький національний університет імені Василя Стуса, Вінниця, Україна

ПОСТАНОВКА ЕЛЕМЕНТАРНИХ ЗАДАЧ АУДИТУ ПЕРЕДУМОВИ ПОЛОЖЕНЬ БУХГАЛТЕРСЬКОГО ОБЛІКУ В ІНФОРМАЦІЙНІЙ ТЕХНОЛОГІЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Мета статті. Виконати постановку задач аудиту передумови Положень (стандарту) бухгалтерського обліку для ІТ системи підтримки прийняття рішень (СППР) як складових методики формалізації інформації при її проектуванні, виявити інваріантні задачі щодо особливостей підприємства. **Результати.** Встановлено, що є проблема універсальності автоматизованих засобів аналізу, а також повноти і універсальності ІТ аудиту. Відділено два типи структурних елементів предметної області первинного обліку, інваріантних відносно особливостей підприємства: об’єкт і операція. Це дозволило визначити структурні елементи інформаційної моделі предметної області: дані, що характеризують об'єкт, і дані, що характеризують операцію. Визначені два типи взаємозв’язків між елементами предметної області, що підпорядковані правилам передумови «Повнота», які формалізовано у вигляді графів відповідності. Перший між двома послідовними операціями, другий - між двома взаємопов'язаними об'єктами. Це зробило можливим визначити, що перевірку множини зв'язки первинних даних бухгалтерського обліку, які підпорядковані передумові, можна декомпозувати на перевірку двох видів взаємозв’язків, що виділені вище. На основі методології узагальненого-множинного відображення інформації виконана постановка двох типів елементарних задач аудиту. Це дозволяє декомпозувати задачу автоматизації аудиту передумови на два типи задач.

Ключові слова: інформаційна технологія; СППР аудита; методика узагальнено-множинного відображення інформації; первинний облік.

Вступ

На даний час поточною науково-технічною проблемою інформаційних технологій фінансово-економічної сфери є автоматизація аналізу великих обсягів даних фінансово-економічної інформації підприємств, що зберігаються і надходять в режимі онлайн до баз даних локальних та глобальних комп'ютерних систем з метою формування рекомендацій щодо прийняття рішень під час аудиту. Наприклад, ефективність ІТ бізнесу у зниженні рівня корупції обґрунтована в [1]. В [2] обговорюються теоретичні та практичні питання використання ІТ в аудиторській сфері. Визначено зміни, які вносить до методології аудиту його комплексна комп'ютеризація.

Застосування сучасних систем бухгалтерського обліку та управління на підприємстві, що інтегровані в глобальні, багаторівневі системи інформаційних комп'ютерних мереж, надає потенційні можливості обробки великих обсягів даних, які використовуються не в повному обсязі [3]. В [4] представлено архітектуру підсистем зовнішнього і внутрішнього аудиту системи Аудит-4.0, функціювання та експлуатація яких стикається з проблемою обробки великих обсягів даних. Також сьогодні в практичних і наукових джерелах, які вивчають проблеми та перспективи розвитку аудиту розглядається можливість прийняття законодавчих актів, які дозволять використовувати аналітичні докази (зокрема суперечливості даних) отриманих при аналізі великих обсягів даних, як основи для судових рішень без документального вивчення первинних документів [5].

Говорячи про автоматизацію процедур аналізу, слід зазначити, що в літературі представлені методи виявлення шахрайства на основі застосування моделей нейронних (імовірнісних) мереж, логістичної регресії, дерев рішень, експертних оцінок, статистичні методи аналізу даних [6–9]. Застосування цих методів дозволяє аналізувати окремі показники або виявляти аномальні значення. Їх застосування дає результати, якщо виконуються певні умови, які залежать від характеристик показників, тобто вони не є універсальними, що ускладнює їх використання при вирішенні задач автоматизації на всіх етапах аудиту.

Це свідчить про те, що тематика дослідження, яка стосується проектування ІТ аудиту є актуальною.

Аналіз літературних даних і постановка проблеми. При проектуванні ІТ аудиту необхідно припускати можливість їх застосування до фінансово-економічних даних підприємств різних галузей, видів виробництва різної організаційної структури та ІТ обліку. Економіко-виробнича діяльність та ІТ підприємства утворюють складну соціально-економічну технічну систему. Ця система, як об'єкт аудиту, характеризується глобальною багаторівневою ієрархічною структурою багатофакторних, багатофункціональних взаємозв’язків, взаємозалежностей і взаємодій її підсистем, з ІТ контролю, обліку, управління, ведення бізнесу, з іншими ІТ і системами в структурі інформаційної системи національної економіки. У той же час, дані на кожному рівні мають мережеву структуру. Сучасна методологія прикладного системного аналізу не відповідає цим вимогам [10]. Тому є проблема розробки методологічних основ ІТ аудиту.

В [2] в розділі обґрунтування безпосереднього дослідження облікових записів, наведений перелік проблемних питань, пов'язаних з застосуванням вибіркового методу в аудиті [2, стор. 329]. Також пропонується використання закону Ф. Бенфорда «аномальних чисел» для безперервного статистичного дослідження рахунків і наводяться 4 умови його застосування. Перевірка цих умов вимагає додаткових програмних ресурсів, оскільки має застосовуватися до кожного показника і залишається незрозумілим, що робити, якщо ці умови не виконані. Таким чином, ці методи аналізу дозволяють автоматизувати в ІТ ауди-

ту лише окремі процедури аналізу (наприклад, формування вибірки) або проводити аналітичні процедури в особливих випадках [10]. Не враховуються взаємозв'язки між показниками взаємозалежних груп документів (записів) [2-5] і не є універсальними для всіх показників, що ускладнює автоматизацію аналізу на їх основі. Тобто існує проблема повноти, універсальності та комплексності методики ІТ аналізу.

В [5] визначено, що існуюче ліцензійне програмне забезпечення на ринку України дозволяє вирішувати наступні задачі: автоматизувати значну частину трудомістких процедур, планування и контролю витрат робочого часу на персоналу. Тим не менш, розглянуті ІТ аудиту характеризуються наступними проблемами: відсутність взаємопов'язаного (за завданнями та рівнями) аналізу, зворотного зв'язку з його ефективністю та результативністю, оптимізації аналізу відповідно до цілей і обмежень, встановлених ОПР, а також діалогу з ОПР на мові предметної області на етапі призначення завдання і тлумачення результатів аналізу.

В роботі [11] розроблено метод узагальненого-множинного відображення інформації в підсистемі експрес-аудиту на середньому рівні (даних аналітичного обліку). У разі виявлення нееквівалентних підмножини даних аналітичного обліку система (через ОПР) переходить до підсистеми первинного обліку. Також ОПР може самостійно визначити множини аналізу первинного обліку. В підсистемі розглядається 3 рівня формування даних, які відповідають руху інформації про формування видатків і доходів. На нижньому рівні деталізується інформація аналітичного обліку по наступним елементам: операціям і господарським засобам та джерелам середнього рівня, по кожній первинній підсистемі обліку (ППО). Проектування ІТ СППР аудиту відповідно до методології узагальнено-множинного відображення інформації, запропонованої в [11] вимагає створення методології формалізації інформації первинного обліку для автоматизованого рішення задач аудиту передумови П(с)БО. Перший крок у створенні методології – постановка задач автоматизованого аналізу даних при проектуванні підсистеми аудиту передумови.

Мета статті: Виконати постановку задач аудиту передумови в ІТ СППР інваріантну щодо особливостей підприємства як складових методики формалізації інформації при проектуванні ІТ.

Для цього необхідно вирішити такі **завдання:**

1) визначити структуру предметної області аудиту первинного обліку інваріантну щодо особливостей підприємства;

2) визначити типи зав'язків між елементами предметної області первинного обліку підпорядковані правилам передумови;

3) визначити особливості обліку характеристик елементів предметної області аудиту у підсистемі первинного обліку;

4) виділити елементарні задачі аудиту передумови.

В порядку узагальнення, методика розглядається для підсистеми аудиту передумови "Повнота" даних первинного обліку господарсько-виробничої (основної) діяльності підприємства так як за рахунок виміру даних, типів взаємозв'язків між ними і кількістю елементарних підсистем первинного обліку – це найбільш загальна і трудомістка задача.

1. Структура предметної області перевірки первинного обліку

Відповідно до правил системного аналізу, для перевірки передумови "Повнота" виконаємо класифікацію змінних, значення яких характеризують предметну область перевірки первинного обліку діяльності, на вхідні та вихідні змінні. В якості вхідних змінних визначені характеристики видатків. Облік характеристик в первинній системі обліку виконується по кожний операції. Для цього відповідно до правил обліку виділяються два класи об'єктів обліку: економіко-виробничі об'єкти та операції, що характеризують трансформацію даних об'єктів.

По відношенню до типів об'єктів, трансформацію яких характеризують витрати, останні відповідно до П(с)БО діляться на три групи: 1) матеріальні витрати; 2) трудові витрати; 3) загальні витрати на виробництво.

Узагальнено-множинна методика відображення передбачає формування вектору вхідних змінних для наступної генерації на основі їх значень множин для задач перевірки передумови вхідних даних (витрат). Ця методологія має бути інваріантною для систем обліку з різною функціональною структурою (яка може залежати від галузі, типу виробництва, системи закупівель сировини та інших факторів, що впливають на облік витрат). Проілюструємо цю методику на прикладі першої групи витрат – матеріальних витрат.

Вхідні дані, що характеризують предметну область аудиту матеріальних витрат залежать від:

1) характеристик економіко-виробничих об'єктів (далі об'єктів), перетворення яких відбувається при здійсненні матеріальних витрат;

2) характеристик операцій матеріальних витрат;

3) взаємозв'язків між характеристики об'єктів та операцій, які характеризують правила передумови;

4) функціональних особливостей підсистеми первинного обліку.

Тому для постановки задач аудиту первинного обліку діяльності, інваріантних щодо особливостей підприємства необхідно формалізувати дані елементи. Позначимо: e – об'єкт, x – операція матеріальних витрат.

Виходячи з аналізу структури підсистеми обліку матеріальних витрат ми виділяємо об'єкти, облік яких відбувається при здійсненні матеріальних витрат (табл. 1) і види операцій матеріальних витрат (табл. 2). Перевірка передумови «Повнота» формалізована у вигляді перевірки відображення множин даних об'єктів обліку при послідовних операціях [11].

Тому потрібно визначити типи взаємозв'язків між об'єктами та операціями, які повинні задовольняти цій передумові і підлягають перевірці.

Таблиця 1 – **Типи об'єктів у первинних підсистемах обліку матеріальних витрат**

Тип об'єкта обліку		Тип первинної підсистеми обліку
Позначення	Назва	
e_1	Розрахунки з постачальниками	Платіжне доручення (ПД)
e_2	Сировина	Товарно-транспортна накладна (ТТН)
e_3	Виробництво	Первинна підсистема обліку випуску сировини у виробництво (лімітно-заборна картка) (ЛЗК)
e_4	Готова продукція	Первинна підсистема обліку готової продукції (ГП)

Таблиця 2 – **Типи операцій у первинних підсистемах обліку матеріальних витрат**

Тип операції		Тип первинної підсистеми обліку
Позначення	Назва	
x_1	Оплата рахунка постачальника	Платіжне доручення (ПД)
x_2	Отримання сировини від постачальника	Товарно-транспортна накладна (ТТН)
x_3	Випуск сировини у виробництво	Первинна підсистема обліку випуску сировини у виробництво (лімітно-заборна картка) (ЛЗК)
x_4	Вихід готової продукції з виробництва	Первинна підсистема обліку готової продукції (ГП)

2. Типи взаємозв'язків між елементами предметної області, що підпорядковані правилам передумови

При обліку матеріальних витрат між об'єктами обліку вибраних видів (табл. 1), операціями матеріальних витрат (табл. 2) і між об'єктами і операціями формуються взаємозв'язки, що характеризують взаємозв'язок між етапами економіко-виробничої діяльності. Реалізація даних взаємозв'язків за період перевірки повинна задовольняти передумові. Формалізуємо ці види взаємозв'язків. Визначимо:

1) взаємопов'язані операції відносно об'єкта обліку;

2) бухгалтерські об'єкти взаємопов'язані операцією.

Для визначення операцій, які є взаємопов'язаними відносно об'єкта, виділимо пару операцій, перша з яких збільшує об'єкт e, а друга його зменшує. Формалізуємо ці співвідношення

Дві операції x і y визначаються як пов'язані відносно об'єкта e, якщо вони задовольняють умові:

$$\left(xr^{+}e\right)\wedge\left(yr^{-}e\right), \qquad (1)$$

де e – об'єкт обліку, x і y – операції, r^{+} – співвідношення відповідності збільшення об'єкта обліку, r^{-} – співвідношення відповідності зменшення об'єкта обліку.

Формалізуємо (1) у вигляді графа G_1 (рис. 1, а):

$$G_1=(V_1,R_1),\ V_1=(x,y,e),\ R_1=(r^{+},r^{-}), \qquad (2)$$

де G_1 – граф співвідношень відповідності двох послідовних операції до одного об'єкта обліку, V_1 – множина вершин графа G_1, R_1 – множина ребер графа G_1, e – вершина, що характеризує об'єкт обліку, x і y – вершини, що характеризують операції, r^{+} – ребро, що характеризує співвідношення відповідності збільшення об'єкта бухгалтерського обліку, r^{-} – ребро, що характеризує співвідношення відповідності зменшення об'єкта бухгалтерського обліку.

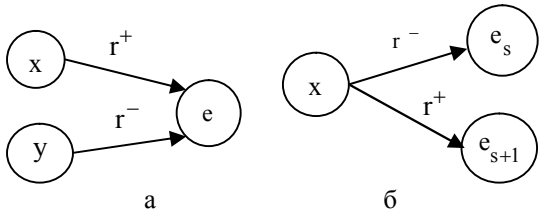


Рис. 1. Графи співвідношень відповідності операцій: а – G_1, до об'єкта обліку; б – G_2, з двома взаємопов'язаними об'єктами обліку

Відношення відповідності графа G_1 визначають взаємопов'язані операції відносно об'єкта обліку. Для прикладу матеріальних витрат відношення відповідності, формалізовані у вигляді графу G_1 для вибраних видів операцій (табл. 2) об'єктів (табл. 1), представлені у табл. 3.

Щоб формалізувати об'єкти обліку, які взаємопов'язані операціями, виділимо два об'єкти, перший з яких зменшується під час операції, а другий – збільшується. Відповідно до господарського значення операції, ці об'єкти повинні бути різних видів. Формалізуємо ці співвідношення.

Два об'єкти e_s і e_{s+1} двох видів визначаються як взаємопов'язані операцією x, якщо вони задовольняють умовам:

$$\left(xr^{-}e_s\right)\wedge\left(xr^{+}e_{s+1}\right), \qquad (3)$$

де e – об'єкт бухгалтерського обліку, s і $s+1$ – змінні, що характеризують типи об'єктів, x – операція, r^{+} – ребро, що характеризує відношення відповідності збільшення об'єкта бухгалтерського обліку, r^{-} – ребро, що характеризує відношення відповідності зменшення об'єкта бухгалтерського обліку.

Формалізуємо (3) у вигляді графа G_2 (рис. 1, б):

$$G_2=(V_2,R_2),\ V_2=(x,e_s,e_{s+1}),\ R_2=(r^{-},r^{+}), \qquad (4)$$

Таблиця 3 – **Відношення відповідності типів операцій матеріальних витрат до типу об'єкту обліку**

Тип об'єкту обліку e	Відношення відповідності типів операцій до типу об'єкту обліку e	
	r^+	r^-
e_1, розрахунки з постачальником	x_1, оплата рахунка постачальника	x_2, отримання сировини від постачальника
e_2, сировина	x_2, отримання сировини від постачальника	x_3, випуск сировини у виробництво
e_3, виробництво	x_3, випуск сировини у виробництво	x_4, вихід готової продукції з виробництва
e_4, готова продукція	x_4, вихід готової продукції з виробництва	Операція доходу

де G_2 – граф відношень відповідності операції з двома взаємопов'язаними об'єктами обліку, V_2 – множина вершин графа G_2, R_2 – множина ребер графа G_2, e – вершина, що характеризує об'єкт обліку, x і y – вершини, що характеризують операції, r^+ – ребро, що характеризує відношення відповідності збільшення об'єкта бухгалтерського обліку, r^- – ребро, що характеризує відношення відповідності зменшення об'єкта бухгалтерського обліку. Типи об'єктів, що є вершинами графа G_2, визначають тип операції. Відношення відповідності взаємозалежних типів об'єктів обліку на прикладі матеріальних витрат (табл. 1) відносно типу операції (табл. 2) формалізовано у вигляді графу G_2, представлені у табл. 4.

Таблиця 4 – **Відношення відповідності типів операцій матеріальних витрат до типів об'єктів обліку**

Тип операції x	Відношення відповідності операції x до типів об'єктів e_s і e_{s+1}	
	r^+	r^-
x_2, отримання сировини від постачальника	e_1, розрахунки з постачальником	e_2, сировина
x_3, випуск сировини у виробництво	e_2, сировина	e_3, виробництво
x_4, вихід готової продукції з виробництва	e_3, виробництво	e_4, готова продукція

На наступному кроці для формування методів постановки елементарних задач аудиту необхідно визначити особливості обліку характеристик об'єктів, операцій і взаємозв'язків між ними, які формалізовано у вигляді графів G_1 і G_2 в підсистемі первинного обліку (на прикладі типів об'єктів і операцій підсистеми матеріальних витрат, визначених в табл. 1-4).

3. Особливості обліку характеристик елементів предметної області та взаємозв'язків між ними

Інформацію про значення характеристик кожного об'єкта по типам, визначеним вище (табл. 1), в підсистемах первинного обліку визначимо як об'єкти первинного обліку (табл. 5). Значення характеристик операцій, що мають відношення до збільшення об'єктів (вершина x і ребра r^+ графа G_2) також містяться в первинних підсистемах, згаданих вище (табл. 5). Цю інформацію визначимо як операції первинного обліку матеріальних витрат (табл. 6).

Відношення відповідності операцій x_s і x_{s+1} до об'єкта обліку $e_s(n_s)$, формалізовані у вигляді графа G_1 (табл. 3), обліковуються в підсистемах n_s і n_{s+1} та представлені на прикладі матеріальних витрат (табл. 7). Відношення відповідності взаємопов'язаних об'єктів $e_{s-1}(n_{s-1})$ і $e_s(n_s)$ до операції $x_s(n_s)$, формалізовані у вигляді графа G_2, обліковуються в підсистемі з номером n_s і представлені на прикладі матеріальних витрат (табл. 8). Змінні обліку характеристик об'єктів, операцій і взаємозв'язків між ними які формалізовано вище на прикладі підсистеми обліку матеріальних витрат (табл. 5-8), залежать від їх виду і є компонентами вектору вхідних змінних первинного обліку діяльності $\overline{X}$. У зв'язку з наявністю співвідношень відповідності видів G_1 і G_2 між змінними первинного обліку існує два типи взаємозв'язків, які генерують відображення наборів їх значень за період T і які підлягають перевірці в підсистемі аудиту передумови.

Таблиця 5 – **Об'єкти первинного обліку**

Об'єкт обліку		Підсистема первинного обліку
Позначення	Назва	
$e_1(n_1)$	Розрахунки з постачальником	Платіжне доручення (ПД) з номером n_1
$e_2(n_2)$	Сировина	Товарно-транспортна накладна (ТТН) з номером n_2
$e_3(n_3)$	Виробництво	Первинна підсистема обліку випуску сировини у виробництво (Лімітно-заборна картка) (ЛЗК) з номером n_3
$e_4(n_4)$	Готова продукція	Первинна підсистема обліку готової продукції (ГП) з номером n_4

Таблиця 6 – **Операції первинного обліку матеріальних витрат**

Операція		Підсистема первинного обліку
Позначення	Назва	
$x_1(n_1)$	Оплата за рахунок постачальника	Платіжне доручення (ПД) з номером n_1
$x_2(n_2)$	Отримання сировини від постачальника	Товарно-транспортна накладна (ТТН) з номером n_2
$x_3(n_3)$	Випуск сировини у виробництво	Первинна підсистема обліку випуску сировини у виробництво (лімітно-заборна картка) (ЛЗК) з номером n_3
$x_4(n_4)$	Вихід готової продукції з виробництва	Первинна підсистема обліку готової продукції (ГП) з номером n_4

Таблиця 7 – **Відношення відповідності даних двох послідовних операцій матеріальних витрат до об'єкту первинного обліку**

Первинний об'єкт обліку $e_s(n_s)$	Відношення відповідності до об'єкта $e_s(n_s)$	
	$r_s^+(n_s)$	$r_s^-(n_{s+1})$
$e_1(n_1)$, розрахунки з постачальником в ПД з номером n_1	$x_1(n_1)$, оплата рахунка постачальника в ПД з номером n_1	$x_2(n_2)$, оприбуткування сировини в ТТН з номером n_2 у рахунку платежу по ПД з номером n_1
$e_2(n_2)$, сировина в ТТН з номером n_2	$x_2(n_2)$, отримання сировини в ТТН з номером n_2	$x_3(n_3)$, відпуск сировини в ЛЗК з номером n_3, яка оприбуткована в ТТН з номером n_2
$e_3(n_3)$, виробництво в ЛЗК з номером n_3	$x_3(n_3)$, відпуск сировини в ЛЗК з номером n_3	$x_4(n_4)$, виробництво готової продукції по ГП з номером n_4, на яку відпущена сировина по ЛЗК з номером n_3

Таблиця 8 – **Відношення відповідності даних операцій матеріальних витрат до об'єктів первинного обліку**

Операція $x_s(n_s)$	Відношення відповідності операції $x_s(n_s)$ до об'єктів первинного обліку	
	$r_{s-1}^-(n_s)$	$r_s^+(n_s)$
$x_2(n_2)$, оприбуткування сировини в ТТН з номером n_2 у рахунку платежу по ПД з номером n_1	$e_1(n_1)$, розрахунки з постачальником в ПД з ном. n_1	$e_2(n_2)$, сировина в ТТН з номером n_2
$x_3(n_3)$, відпуск сировини в ЛЗК з номером n_3, яка оприбуткована в ТТН з номером n_2	$e_2(n_2)$, сировина в ТТН з номером n_2	$e_3(n_3)$, виробництво в ЛЗК з номером n_3
$x_4(n_4)$, виробництво готової продукції по ГП з номером n_4, на яку відпущена сировина по ЛЗК з номером n_3	$e_3(n_3)$, виробництво в ЛЗК з номером n_3	$e_4(n_4)$, готова продукція в первинній підсистемі обліку $n(e_4)$

4. Постановка елементарних задач аудиту передумови

За методикою узагальненого множинного відображення інформації, перевірка наборів даних формалізована у вигляді процедури виділення еквівалентних і нееквівалентних підмножин при цьому відображенні. У зв'язку з наявністю двох типів відносин відповідності G_1 і G_2 при перевірці передумови виділимо два типи елементарних задач.

Перша елементарна задача – визначення еквівалентних та нееквівалентних підмножин при відображенні характеристик взаємопов'язаних операцій $x_s(n_s)$ і $x_{s+1}(n_{s+1})$ (табл. 7), між якими існують відносини відповідності типу G_1 до об'єкту обліку $e_s(n_s)$.

Друга елементарна задача – визначення еквівалентних та нееквівалентних підмножин при відображенні даних об'єктів двох видів об'єктів $e_{s-1}(n_{s-1})$ і $e_s(n_s)$, для яких існують відношення відповідності G_2 до однієї операції $x_s(n_s)$. Ці елементарні задачі повинні бути вирішені по відношенню до кожного об'єкту обліку e_s і кожної операції x_s за період перевірки T. Тому необхідно визначити функціональні особливості обліку множин характеристик об'єктів, e_s та операцій x_s за період T.

Висновки

1. Ідентифіковано два типи структурних елементів предметної області первинного обліку перевірки, що інваріантні щодо особливостей підприємства: об'єкт і операція. Це дозволило визначити структурні елементів інформаційної моделі предметної області: дані, що характеризують об'єкт і дані, що характеризують операцію.

2. Визначено два види взаємозв'язків між елементами предметної області, підпорядковані правилам передумови, які формалізовані у вигляді графів відповідності відносин. Перший - між двома послідовними операціями. Другий - між двома взаємопов'язаними об'єктами. Це зробило можливим визначити, що численні зв'язки первинних даних бухгалтерського обліку можуть бути перевірені відносно двох типів, виділених вище.

3. Виділено два типи елементарних задач аудита передумови. Це дозволяє декомпозувати задачу автоматизації перевірки на два типи задач.

REFERENCE

1. Xinli, Hu (2015), "Effectiveness of information technology in reducing corruption in China", *Electronic Library*, Vol. 33, Issue 1, pp. 52–64, DOI: https://doi.org/10.1108/el-11-2012-0148
2. Ivakhnenkov, S.V. (2010), *Information technologies of audit and internal control in the context of world integration*, Ruta, Zhytomyr, 432 p.
3. Kirkos, E., Spathis, C. and Manolopoulos, Y. (2007), "Data mining techniques for the detection of fraudulent financial statement", *Expert Syst. Appl.*, Vol. 32, Issue 4, pp. 995–1003, DOI: https://doi.org/10.1016/j.eswa.2006.02.016
4. Dai, J. and Vasarhelyi, M. A. (2016), "Imagineering Audit 4.0", *Journal of Emerging Technologies in Accounting*, No. 13(1), pp. 1–15.
5. Yaremko, S.A. and Kovalenko, V.V. (2014), "Reporting the problems of the passing of the joint information systems to the audit in the control and revision of the activities", *Computer-integrated-technology overview of the science of science*, Luck, No. 14, hh. 179–182.
6. Jarrod, West, Bhattacharya, M. and Islam R. (2015), "Intelligent Financial Fraud Detection Practices: a comprehensive review", Computers & Security, Vol. 57, pp. 47–66, DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-23802-9_16
7. Chi-Chen, Lin, Chiu, An-An, Yan Huang, Shaio and Yen, C. (2015), "David Detecting the financial statement fraud: The analysis of the differences between data mining techniques and experts' judgments", *Knowledge-Based Systems*, No. 89, pp. 459–470, DOI: https://doi.org/10.1016/j.knosys.2015.08.011
8. Mohiuddin, A., N. Mahmooda, Abdun, Islam, Md Rafiqul (2016), "A survey of anomaly detection techniques in financial domain", *Future Generation Computer Systems*, No. 55, pp. 278–288, DOI: https://doi.org//10.1016/j.future.2015.01.001
9. Byul, A. and Tzofel P. (2005), *SPSS: The Art of Information Processing. Analysis of statistical data and the restoration of hidden patterns*, DiasoftUP, S.-Pb., 608 p.
10. Zgurovsky, M.Z. and Pankratova N.D. (2016), *System Analysis: Methodology. Problems Supplements*, *Naukova dumka,* Kyiv, 726 p.
11. Neskorodieva T.B. (2017), "Rules and components of the method of generalized-plural display of information in the subsystem of analytical accounting of the DSS of the top-level audit", *Bulletin of the NTU "KhPI". Series: System Analysis, Management and Information Technologies*, NTU "KhPI", Kharkiv, No. 55 (1276), pp. 31–38.

Надійшла (received) 18.01.2019
Прийнята до друку (accepted for publication) 13.03.2019

Постановка элементарных задач подсистемы аудита предпосылки Положений бухгалтерского учета в информационной технологии системы поддержки принятия решений

Т. В. Нескородева

Цель статьи. Выполнить постановку задач аудита предпосылки Положений (стандартов) бухгалтерского учета в ИТ СППР как составляющих методики формализации информации при проектировании ИТ, которые инвариантны относительно особенностей предприятия. Определено, что существует проблема универсальности инструментария автоматизированного анализа, а также полноты и комплексности методик проектирования ИТ аудита. Выделены два вида структурных элементов предметной области проверки первичного учета, которые инвариантны относительно особенностей предприятия: объект и операция. Это позволило определить структурные элементы информационной модели предметной области: данные характеризующие объект и данные характеризующие операцию. Определены два вида взаимосвязей, между элементами предметной области первичного учета подчиненные правилам предпосылки, которые формализованы в виде графов отношений соответствия. Первый - между двумя последовательными операциями, второй – между двумя взаимосвязанными объектами. Это позволило определить, что проверку множества взаимосвязей данных первичного учета, подчиненных предпосылке можно декомпозировать на проверку двух видов. На основании методики обобщенно-множественного отображения информации выполнена постановка двух видов элементарных подзадач аудита предпосылки. Это позволяет декомпозировать задачу автоматизации проверки предпосылки на два типа задач.

Ключевые слова: постановка задачи; информационная технология; СППР аудита, методика обобщенно-множественного отображения информации; первичный учет.

Formulation of elementary tasks of audit subsystems of accounting provisions precondition in IT decision support system

T. Neskorodieva

The purpose of the article. Perform the task of auditing the precondition of the accounting Provisions (standards) in IT DSS as components of the methodology of information formalization in the design IT, which are invariant with respect to the features of the enterprise. It was determined that there is a problem of universality of automated analysis tools, as well as the completeness and complexity of IT audit design techniques. Two types of structural elements of the domain of verification of primary accounting are identified, which are invariant with respect to the enterprise features: object and operation. This allowed us to determine the structural elements of the information model of the subject area: the data characterizing the object and the data characterizing the operation. Two types of interconnections are defined, between the elements of the subject domain of primary accounting, subordinate to the rules of the subject, which are formalized in the form of graphs of correspondence relations. The first between two successive operations, the second - between two interrelated objects. This made it possible to determine that the verification of the multiple interrelationships of primary accounting data subordinate to the premise can be decomposed into the verification of two types highlighted above. Based on the method of generalized-plural mapping of information, two types of elementary tasks for audit of a premise were set. This allows decomposing the task of automating the verification of a prerequisite into two types of tasks.

Keywords: formulation of the problem; information technology; audit DSS; the method of generalized-multiple mapping of information; primary accounting.

UDC 519.85 **doi: 10.20998/2522-9052.2019.1.09**

G. Yaskov[1], S. Shekhovtsov[2]

[1] A. Pidgorny Institute of Mechanical Engineering Problems of the NAS of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
[2] Kharkiv National University of Internal Affairs, Kharkiv, Ukraine

METHODOLOGICAL BASIS OF SOLVING SPHERE PACKING PROBLEM: TRANSFORMATION OF KNAPSACK PROBLEM TO OPEN DIMENSION PROBLEM

The subject matter of the paper is the problem of optimal packing of spheres of different dimension into a container of arbitrary geometric shape. **The goal** is to construct a mathematical model which associates different statements of the problem. Sphere packing problems (SPP) are combinatorial optimization problems known as cutting and packing problems. SPP consists in placement of a given set of spheres with given radii into a container of regular or irregular geometric shape. **The task** to be solved are: to investigate mathematical models of the two formulations according to the classification of cutting and packing problems: knapsack problems (KP) and open dimension problems (ODP); to construct a mathematical model which allow solve KP as ODP. **The methods** used are: the phi-function technique, increasing the problem dimension, homothetic transformations. KP is formulated as mixed discrete-continuous programming problem. A new approach which reduces solving KP to solving ODP for packing unequal and equal spheres into a container with the variable coefficient of homothety and allows adopt the jump algorithm for KP is suggested. To this end, for a given set of spheres KP is stated as a nonlinear programming problem in which the coefficient of homothety is an independent variable bounded below. The unit value of the coefficient corresponds to the original size of the container. A graphical illustration of the optimization process is presented. **Conclusions.** The approach suggested is a methodological basis for solving SPP. The generality of the approach lies in the fact that solving SPP does not depend on its formulation (KP or ODP). The approach is suitable for packing unequal and equal spheres into containers of arbitrary spatial shapes for which phi-functions can be constructed.

Keywords: sphere; hypersphere; sphere packing; knapsack problem; open dimension problem; nonlinear optimization.

Introduction

Sphere packing problems (SPP) are known to be NP-hard combinatorial optimization problems. These problems relate to the field of cutting and packing. SPP consists in placement of a given set of spheres with known radii into a container of regular or irregular geometric shape. In the general case, spheres can be of different dimension (2D – circles, 3D – hard spheres, nD – hard hyperspheres).

SPP have a wide spectrum of scientific and practical applications. In two and three dimensions there are real-world applications in a range of industries, for example, the textile, apparel, automobile, aerospace and chemical industries [1], in particular, in additive manufacturing for optimization of product's topology [2] and in medicine for automated radio-surgical treatment planning [3]. In higher dimensions packing hard hyperspheres is used to model geometrical frustration and the geometry of the crystalline state [4]. Packing hyperspheres may be used in the numerical evaluation of integrals, either on the surface of a sphere or in its interior [5]. The problems also arise in coding theory, digital communications and storage, for example, CD, cell phones, and the Internet [5, 6].

Waescher et al. [7] introduce the classification of cutting and packing problems. According to the classification two classes of packing problems KP and ODP are considered depending on characteristics of dimensions (sizes) of a container (fixed dimensions or at least one variable dimension) and the form of objective function (maximum packing factor or minimum size). KP consists in packing of spheres with given radii from a collection into a container of fixed sizes with maximum packing factor. In ODP all spheres from the collection should be packed into the container with several fixed sizes and a variable metric characterestic that has to be minimized.

Some researchers (for example, [8, 9]) use the KP formulation. If it is necessary to solve the ODP, a dichotomous search for the variable size is used, i.e. ODP solution is reduced to solving a KP sequence, which leads to an increase in counting time.

In [10] the SPP is formulated as ODP. As the minimum container size, the radius, length, height, perimeter, area, volume, surface area are used. A nonlinear twice-differentiable mathematical model is proposed, which allows to obtain a local minimum of the problem.

In [11, 12] mathematical models based on increasing the problem dimension are used to solve KP for equal spheres. Radii of the spheres are temporary assumed to be variable and the sum of the sphere volumes is maximized until the radii reach their starting values. Such an optimization procedure provides growing microcopies of the spheres to its original sizes. The multistart strategy is applied to obtain a better solution of KP. If the global maximum of the objective can not be obtained, then the number of spheres to be packed into container is reduced until a feasible packing is calculated.

The idea of additional variable metric characteristics was extended for unequal spheres. Papers [13, 14] propose adaptations of the efficient jump algorithm [15] for different dimension. The jump algorithm realizes a directed transition from one local minimum of ODP to another to yield an improvement of the objective.

This paper continues to investigate mathematical models of KP and ODP. A new approach which reduces solving KP to solving ODP for packing spheres into a container with the variable coefficient of homothety and

© Yaskov G., Shekhovtsov S., 2019

allows adopt the jump algorithm for KP is suggested. The approach is a methodological basis for solving SPP which does not depend on the problem statement (KP or ODP).

Mathematical Models of KP and ODP

KP is stated as follows. Let there be given a container $C \subset \mathbf{R}^d$ of fixed sizes and a collection of spheres $S_i(u_i) \subset \mathbf{R}^d$, $i \in I_N = \{1,...,N\}$, with known radii. The problem consists in packing a subset spheres from the collection $S_i(u_i)$, $i \in I_N$ without overllapping inside C yielding the maximum packing factor. Here u_i is a motion vector of S_i, $i \in I_N$, $d \geq 2$ is space dimension.

Let K types of spheres from the collection $S_i(u_i)$, $i \in I_N$ with radii r_k, be considered, $k \in I_K = \{1,2,...,K\}$. We denote the number of spheres of the k-th type that can be fully arranged inside C by n_k, $k \in I_K$, and generate a tuple $t = (n_1, n_2, ..., n_K)$. Each tuple t has to involve at least one nonzero element n_k, $k \in I_K$. We denote a set of possible tuples t by T. The cardinality of T is $\prod_{k=1}^{K}(n_k+1)$. We form a subset S^t of spheres $S_j(u_j)$, $j \in J = \{1,2,...,n\}$ from the collection $S_i(u_i)$, $i \in I_N$ with respect to the tuple $t = (n_1, n_2, ..., n_K)$, where $n = \sum_{k=1}^{K} n_k$.

A subset S^t taking into account translation is denoted by $S^t(v) = \{E_j(v_j), j \in J\}$, where $v = (v_1, v_2, ..., v_n) \in \mathbf{R}^{dn}$ is a vector of placement parameters of spheres $S_j(v_j)$, $j \in J$, $v_j = (x_{1j}, x_{2j}, ..., x_{dj})$ is a translation vector of $S_j(v_j)$.

Thus, KP can be formulated as to find such subset of spheres $S^t(v^*)$, $q \in I_Q$, that can be fully arranged within the container C with the maximum packing factor:

$$F^* = F(v^*, t^*) = \max_{t \in T} \sum_{j \in J} (r_j)^d, \ (v,t) \in W \subset \mathbf{R}^{dn} \times T, \quad (1)$$

$$W = \{(v,t): \Phi_{ij}(v_i, v_j) \geq 0, \ i,j \in J, i > j, \ \Phi_i(v_i) \geq 0, \ i \in J\}, \quad (2)$$

where $\Phi_i(v_i)$ is a phi-function for $S_i \in S^t$ and the object $C^* = R^2 \setminus \operatorname{int} C$,

$$\Phi_{ij}(v_i, v_j) = \sum_{k=1}^{d} (x_{ki} - x_{kj})^2 - (r_i + r_j)^2 \geq 0.$$

To solve problem (1)-(2) one should realised an exhastive search of all elements of the set T and try to find a packing of spheres according to each tuple $t \in T$.

ODP has another formulation. A collection of spheres $S_i(u_i)$, $i \in I_N$, have to be packed into the container C of a variable size (area, volume, or a metric characteristic) that has to be minimized.

A mathematical model of ODP can be presented as to find

$$\mu^* = \min \mu, \text{ s.t. } Y = (u, \mu) \in \tilde{W} \subset \mathbf{R}^{dN+1}, \quad (3)$$

where μ is a metric characteristic to be optimized,

$$\tilde{W} = \{Y: \Phi_{ij}(u_i, u_j) \geq 0, \ 0 < i < j \in I_N, \ \Phi_i(u_i, \mu) \geq 0, \ i \in I_N\}, \quad (4)$$

Inequality

$$\Phi_{ij}(u_i, u_j) = \sum_{k=1}^{d} (x_{ki} - x_{kj})^2 - (r_i + r_j)^2 \geq 0$$

guarantees non-overlapping spheres S_i and S_j. Inequality $\Phi_i(u_i, \mu) \geq 0$ provides a placement of $S_i(u_i)$ within C.

Transformation of knapsack problem to open dimension problem

The increase in the dimension of the problem due to the introduction of variable metric characteristics of the objects to be placed was successful in solving the problems of packing equal and unequal spheres [11, 14]. In this regard, this approach is distributed to the metric characteristics of the container. Taking into account the ODP peculiarities, it is convenient to choose a coefficient homothety of the container as such a characteristic. With the ability to proportionally resize the container, one can solve KP (1)-(2) for a tuple as ODP (3)-(4). The homothety coefficient λ is associated as the open dimension parameter which is the metric characteristic to be minimized.

Let $C(\lambda) = \{\lambda x \in \mathbf{R}^d : x \in C\}$, where λ is a scaling parameter.

To describe placement (non-overlapping and containment) constraints the phi-function technique [16, 17] is employed. A mathematical model of KP for a given tuple can be formulated as the following nonlinear programming problem:

$$\min \ \lambda \ \text{ s.t. } Y = (\lambda, u_1, u_2, ...u_N) \in \hat{W} \subset \mathbf{R}^{dn+1}, \quad (5)$$

$$\hat{W} = \{Y: \Phi_{ij}(u_i, u_j) \geq 0, \ i,j \in I_N, j > i, \ \Phi_i(Y) \geq 0, \ i \in I_N, \ \lambda \geq 1\}, \quad (6)$$

where $u_1, u_2, ...u_N$ are motion vectors for spheres $S_i(u_i)$, $i \in I_N$, function $\Phi_{ij}(Y)$, $i,j \in I_N, j > i$, is a phi-function to ensure the non-overlapping constraint, function $\Phi_i(v)$, $i \in I_N$, is a phi-function for the containment constraints. Variable λ occurs in all inequalities $\Phi_i(Y) \geq 0$, $i \in I_N$, describing interaction of spheres and container $C(\lambda^0)$ and bounded from below by inequality $\lambda \geq 1$. To this end, $C \subset C(\lambda)$.

Thus, problem (5)-(6) can be considered as ODP with open parameter λ. To solve the problem the jump algorithm can be efficiently applied.

A global minimum point $v^* = (\lambda^*, u_1^*, u_2^*, \ldots u_N^*)$ for problem (5)-(6) provides packing spheres $S_i(u_i^*)$, $i \in N$, into container $C(\lambda^*) \equiv C$, $\lambda^* = 1$, and corresponds to a solution of problem (1)-(2) for the given tuple. If at the point v^* value $\lambda^* > 1$, then $C \subset C(\lambda)$, i.e. we do not have original container and hense there is no a feasible packing corresponding to a solution of problem (1) – (2). The multistart strategy should be exploited to obtain the required size of the container.

A starting point to solve problem (5) – (6) can be calculated by solving the problem for container $C(\lambda^0)$ where $\lambda^0 > 1$ should provide a packing of the spheres according to the tuple t. In Fig.1 a starting point for the packing circles into the rectangle $C(\lambda^0)$, $\lambda^0 = 1.1$ is shown. Solving problem by means of the jump algorithm leads to the packing illustrated in Fig. 2.

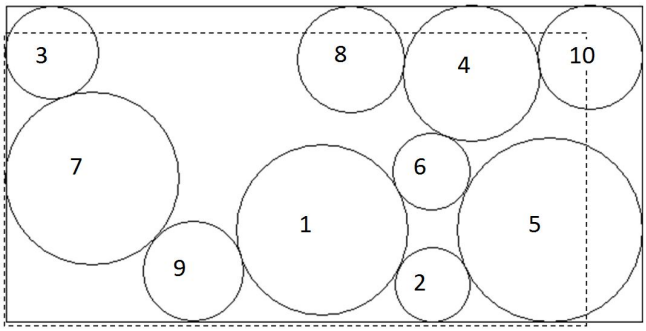


Fig. 1. Illustration of a packing of circles into the rectangle $C(1,1)$

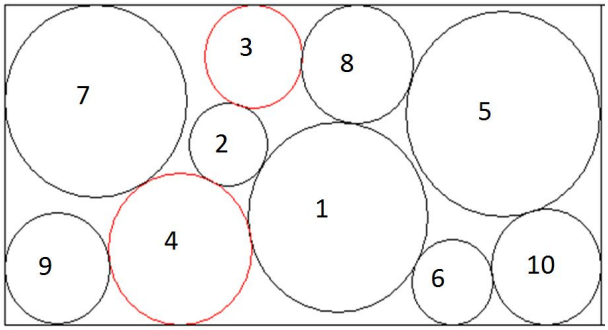


Fig. 2. The final packing of circles into the rectangle $C(1)$

Although, solving problem (5)-(6) does not save from an exhaustive search of tuples from the set T such approach improve significantly quality of solution obtained due to high performance of the jump algorithm. The jump algorithm is suitable for packing unequal spheres. So, in order to pack equal spheres, another solution method of problem (5)-(6) is required. Any optimization procedure which gives a global solution of problem (5)-(6) can be applied.

Conclusions

The approach suggested in the paper allows to reduce KP to ODP and apply the known jump algorithm to solve KP for a given tuple. Such a transition was made possible by introducing a variable container size using the homothety coefficient. The approach is suitable for packing unequal and equal spheres into containers of arbitrary spatial shapes for which phi-functions can be constructed. The more complicated the spatial shape of the container, the harder to solve the problem.

Mathematical models constructed contribute to the field of cutting and packing to describe a common methodology to solve SPP. Further study of the properties of SPP and the development of effective solution methods is a priority for advance research.

REFERENCES

1. Hifi, M. and M'Hallah, R. (2009), "A literature review on circle and sphere packing problems: models and methodologies", *Advances in Operations Research*, Vol. 2009, available at: http://downloads.hindawi.com/journals/aor/2009/150624.pdf DOI: https://doi.org/10.1155/2009/150624
2. Leary, M., Merli, L., Torti, F., Mazur, M. and Brandt, M. (2014), "Optimal topology for additive manufacture: A method for enabling additive manufacture of support-free optimal structures", *Materials and Design*, Vol. 63, pp. 678–690.
3. Blyuss, O., Koriashkina, L., Kiseleva, E. and Molchanov, R. (2015), "Optimal Placement of Irradiation Sources in the Planning of Radiotherapy: Mathematical Models and Methods of Solving", *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, Vol. 2015, p. 8, DOI: https://doi.org/10.1155/2015/142987
4. Agapie, S.C. and Whitlock, P.A. (2010), "Random packing of hyperspheres and Marsaglia's parking lot test", Monte Carlo Methods and Applications, Vol. 16(3-4), pp.197–209.
5. Conway, J. H. and Sloane, N.J.A. (2010), *Sphere Packings, Lattices, and Groups*, New York, Springer-Verlag, 703 p.
6. Torquato, S. (2006), "Exactly solvable disordered sphere-packing model in arbitrary-dimensional Euclidean spaces", *Physical Review*, vol. E 73, 031106.
7. Waescher, G. and Haussner, H. (2007), "An improved typology of cutting and packing problems", *European Journal of Operational Research,* Vol. 183, pp. 1109–1130.
8. Hifi, M. and Yousef, L. (2015), "A dichotomous search-based heuristic for the three-dimensional packing problem", *Cogent Engineering*, Vol. 1, pp. 1–15.
9. Hifi, M. and Yousef, L. (2019), "A local search-based method for sphere packing problems", *European Journal of Operational Research*, Vol. 274, Issue 2, pp. 482-500.
10. Birgin, E.G. and Sobral, F.N.C. (2008), "Minimizing the object dimensions in circle and sphere packing problems" *Computers & Operations Research*, Vol. 35, pp. 2357–2375.

11. Stoyan, Yu. and Yaskov, G. (2012), "Packing congruent hyperspheres into a hypersphere", *Journal of Global Optimization*, Vol. 52(4), pp. 855–868.
12. Yakovlev, S.V., Yaskov, G.N. and Korobchinskiy, K.P. (2017), "O metodah peremennogo radiusa v zadache upakovki sharov v konteynery [About variable radius methods in problems of packing spheres into containers]", *Pytannya prikladnoyi matematyky i matematuchnogo modelyuvannya*, DNU, Dnipro, Issue 17, pp. 265–272.
13. Stoyan, Yu.G., Scheithauer, G. and Yaskov, G.N. (2016), "Packing unequal spheres into various containers", *Cybernetics and Systems Analysis*, Vol. 52(3), pp. 419–426.
14. Yaskov, G.N. (2014), "Packing non-equal hyperspheres into a hypersphere of minimal radius", *Problemy Mashinostroeniya*, Vol. 17, No 2, pp. 48–53.
15. Stoyan, Yu. and Yaskov G. (2014), "Packing unequal circles into a strip of minimal length with a jump algorithm", *Optimization Letters*, Vol. 8(3), pp. 949–970.
16. Chernov, N., Stoyan, Yu., Romanova, T. (2010), "Mathematical model and efficient algorithms for object packing problem", *Computational Geometry*, Vol. 43(5), pp. 535–553.
17. Stoyan, Y., Pankratov, A. and Romanova, T. (2016), "Quasi-phi-functions and optimal packing of ellipses", *Journal of Global Optimization*, Vol. 65(2), pp. 283–307.

Received (Надійшла) 13.12.2018
Accepted for publication (Прийнята до друку) 20.02.2019

**Методологічні основи розв'язання задачі упаковки куль:
перетворення задачі про рюкзак у задачу зі змінним розміром**

Г. М. Яськов, С. Б. Шеховцов

Предметом статті є задача оптимальної упаковки куль різної розмірності в контейнер довільної геометричної форми. **Мета** полягає в тому, щоб побудувати математичну модель, в якій зв'язуються різні формулювання задачі. Задача упаковки куль (SPP) є задачею комбінаторної оптимізації, відомою як задача розкрою й упаковки. SPP полягає в розміщенні заданого набору куль із заданими радіусами в контейнері правильної або неправильної геометричної форми. **Задача**, яку необхідно вирішити, полягає в тому, щоб: дослідити математичні моделі двох постановок відповідно до класифікації задач розкрою й упаковки: задачі про рюкзак (KP) та задачі зі змінним розміром (ODP); побудувати математичну модель, яка дозволяє розв'язати задачу KP як задачу ODP. Використовувані методи: метод phi-функцій, збільшення розмірності задачі, гомотетичні перетворення. Задача KP формулюється як змішана задача дискретно-неперервного програмування. Пропонується новий підхід, в якому розв'язання задачі KP зводиться до розв'язання задачі ODP для упаковки нерівних і рівних куль у контейнері зі змінним коефіцієнтом гомотетії й який дозволяє використовувати jump-алгоритм для задачі KP. З цією метою задача KP для даного набору куль представляється у вигляді задачі нелінійного програмування, в якій коефіцієнт гомотетії розглядається в якості незалежної змінної, обмеженою знизу. Коефіцієнт гомотетії, який дорівнює одиниці, відповідає початковому розміру контейнера. Зображена графічна ілюстрація процесу оптимізації. **Висновки.** Запропонований підхід є методологічною основою для розв'язання задачі SPP. Універсальність підходу полягає в тому, що розв'язання задачі не залежить від її постановки (KP або ODP). Підхід застосовний для упаковки нерівних і рівних куль у контейнерах довільних просторових форм, для яких можуть бути побудовані phi-функції.

Ключові слова: куля; гіперкуля; упаковка куль; задача про рюкзак; задача зі змінним розміром; нелінійна оптимізація.

**Методологические основы решения задачи упаковки шаров:
преобразование задачи о рюкзаке в задачу с переменным размером**

Г. Н. Яськов, С. Б. Шеховцов

Предметом статьи является задача оптимальной упаковки шаров разной размерности в контейнер произвольной геометрической формы. **Цель** состоит в том, чтобы построить математическую модель, в которой связываются различные формулировки задачи. Задача упаковки шаров (SPP) является задачей комбинаторной оптимизации, известной как задача раскроя и упаковки. SPP заключается в размещении заданного набора шаров с заданными радиусами в контейнере правильной или неправильной геометрической формы. **Задача**, которую необходимо решить, состоит в том, чтобы: исследовать математические модели двух постановок в соответствии с классификацией задач раскроя и упаковки: задачи о рюкзаке (KP) и задачи с переменным размером (ODP); построить математическую модель, позволяющую решить задачу KP как задачу ODP. Используемые методы: метод phi-функций, увеличение размерности задачи, гомотетические преобразования. Задача KP формулируется как смешанная задача дискретно-непрерывного программирования. Предлагается новый подход, в котором решение задачи KP сводится к решению задачи ODP для упаковки неравных и равных шаров в контейнере с переменным коэффициентом гомотетии и который позволяет использовать jump-алгоритм для задачи KP. С этой целью задача KP для данного набора шаров представляется в виде задачи нелинейного программирования, в которой коэффициента гомотетии выступает в качестве независимой переменной, ограниченной снизу. Коэффициент гомотетии, равный единице, соответствует исходному размеру контейнера. Представлена графическая иллюстрация процесса оптимизации. **Выводы.** Предложенный подход является методологической основой для решения задачи SPP. Универсальность подхода заключается в том, что решение задачи SPP не зависит от ее постановки (KP или ODP). Подход применим для упаковки неравных и равных шаров в контейнерах произвольных пространственных форм, для которых могут быть построены phi-функции.

Ключевые слова: шар; гипершар; упаковка шаров; задача о рюкзаке; задача с переменным размером; нелинейная оптимизация.

Information systems research

UDC 311.2 **doi: 10.20998/2522-9052.2019.1.10**

R. Galagan, A. Momot

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine

STATISTICAL ANALYSIS OF THERMAL NONDESTRUCTIVE TESTING DATA

The features of processing of active thermal nondestructive testing results are considered. Proved the necessity of search and introduction of new informative parameters in evaluation of thermograms in order to improve the reliability of control. Task of detecting and estimating the relationships between defect parameters and optimal testing time and the maximum value of temperature signal is set. Computer simulation of active thermal testing of two samples with artificial defects with known characteristics was performed. Also obtained the sequences of thermograms and formed the sets of initial data during simulation for correlation, regression and dispersion analysis of testing results. The method of dynamic thermal tomography was used to determine the levels of maximum differential temperature signal and optimal testing time. The estimates of correlation coefficient for various informational parameters of thermal control obtained. There is a high level of relations between the optimal control time and depth of defects. A high correlation also observed between the maximum value of temperature signal and depth of defects. The nature of relationships between various informative parameters of active thermal control established by the regression analysis. A one-factor dispersion analysis of the influence of defect parameters on optimal testing time and maximum value of the temperature signal was performed. High degree of mutual influence of all informative parameters is established. The conclusion made on the necessity of developing new modern methods for analysis the data of thermal testing. Revealed patterns in relationships between data show low efficiency of traditional statistical methods in tasks of active thermal testing. Alternatively, proposed to use the artificial intelligence technologies, in particular, neural networks.

Keywords: nondestructive testing; thermal testing; correlation analysis; regression; dispersion analysis; thermograms processing.

Introduction

Thermal non-destructive testing methods used to solve a wide range of tasks due to a number of advantages. Quality of the received thermograms, which shows the distribution of thermal field in object of testing (OT), depends on many factors. Thermal images often contain high levels of noise, and the nature of defects thermal imprints does not always allow us to make unambiguous conclusions about their size, shape, position and depth. In this regard, in many cases it is impossible to analyze the technical state of OT, using only one informative parameter - temperature. It is known that temperature distribution histograms in defective and defect-free areas partially overlap each other, which reduces the reliability of decision-making. Therefore, the relevant task is to search for additional informative parameters, analysis of which will increase the reliability of testing.

An important condition for increasing the efficiency of decision-making by introducing additional informative parameters is weak correlation of these parameters among themselves [1]. For today, there are no any analyses of correlation degree of various informative features in thermal testing. As a result, there are no regression models that allow us to estimate the kind of mathematical relations between different parameters in thermal testing [2]. Another important task is to carry out a dispersion analysis of defects parameters influence on informative signals. Statistical analysis of the results of active thermal control will determine the most optimal informative parameters for solving specific tasks of defectoscopy and defectometry [3].

Task review

Dynamic thermal field of OT describes by $T(x, y, \tau)$ function. During conducting of active thermal nondestructive testing, we consider the nature of change of instantaneous temperature values in time at the points of the surface of OT. To obtain necessary data, the object of testing is heating over some time by a source of heat flow. The process of heating and subsequent cooling of OT is recording using a thermal imager. The resulting sequence of thermograms reflects the change in the temperature field on the OT surface in time [4]. Considering the temperature dynamics in separate points of thermograms (pixels) corresponding to the coordinates of the surface of OT, it is possible to construct a temperature profile - the dependence of temperature changes in time for the given area. Typically, the temperature change in defect-free areas is constant and considering to be known. It is possible to enter some reference temperature value $T_{nd}(x_{nd}, y_{nd}, \tau)$, which is taken as defect-free. In the defective zone, the regular nature of the thermal field is violated and there are local temperature differences $T_d(x, y, \tau)$, that lead to changes in temperature profile. Thus, it is possible to calculate the value of temperature difference between defective and defect-free areas:

$$\Delta T\left(x, y, \tau\right) = T_d\left(x, y, \tau\right) - T_{nd}\left(x_{nd}, y_{nd}, \tau_{nd}\right).$$

Time τ_{opt}, at which the value of $\Delta T(x, y, \tau)$ in this area of OT becomes the maximum, is called the optimal testing time:

$$\Delta T_{\max}\left(x, y, \tau\right) = \Delta T_{\max}\left(\tau_{opt}\right).$$

An important parameter influencing the shape of temperature profile is the geometric dimension of defect $h(x, y, z)$. It is known that increases of transverse dimensions of defects x and y at constant thickness z leads to an increase the heat amount needed for its heating. This process is describing by heat transfer equation. When increase the defect's size, the speed of his heating decreases, which leads to a change in shape of thermal profile. In particular, for deeper defects, the value $\Delta T_{\max}$ decreases and optimal observation time τ_{opt} increases. However, for near-surface defects, this dependence not observed [5]. In [6] argued that the size of defects significantly affects the magnitude of $\Delta T_{\max}$ signal, but almost does not affect the τ_{opt} value. Thus, it is possible to construct linear gauge dependences of

© Galagan R., Momot A., 2019

optimal testing time τ_{opt} from the depth l for defects with known parameters. These dependencies are linear functions, which makes it easy to estimate the depth of defects in known optimal time τ_{opt}. This approach used in the method of dynamic thermal tomography [7].

In the simplest case, decisions about the technical state of OT are taking by one informative parameter, for example, temperature. In the presence of high levels of noise, a complex structure of OT and some other factors, the distribution of temperature values in defective and defect-free areas may be similar, which significantly reduces the probability of testing. It is possible to increase the statistical defect detection parameters by introducing additional informative parameters. This is because in the general case, defective and defect-free areas can overlap by one parameter, but be differ substantially from other parameters. For example, optimal observation time τ_{opt} increases with deeper depth, which allows separating internal defects from surface noise. Another informative parameter may be the geometric dimension h of the temperature anomaly, which allows separate the signals from scratches and internal defects with a large area.

In the general case, any area on the OT surface can be characterized by N parameters. A decision about degree of difference between the corresponding statistical distributions will be taken in the multidimensional feature space. For the effective use of additional informative parameters, the relationship between them should be weak. Of particular interest is the estimation of relations of an informative parameter with a certain characteristic of defect, for example, him size or depth [8]. Statistical analysis of such dependencies will allow us to develop methods for solving inverse tasks of thermal nondestructive testing.

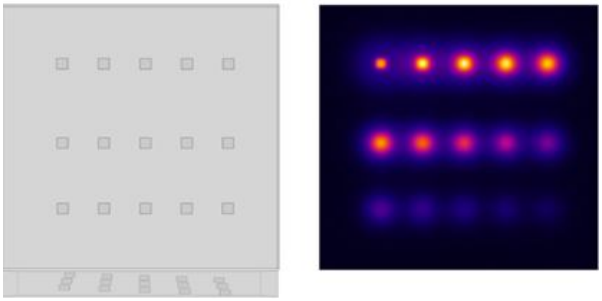
Problem statement

In the frame of this study, was perform a statistical analysis of data obtained by computer simulation of active thermal nondestructive testing of a metal plate. The aim of the work is to identify and analyze the relationships between the maximum values of differential temperature signals ΔT_{max}, the optimal observation times τ_{opt}, the depths and geometric dimensions of defects. Statistical analysis of data includes correlation analysis, building of regression models and dispersion analysis. The obtained results will allow determining the most optimal informative parameters for solving tasks of thermal defectometry and increase the reliability of testing.

Description of input data

For the purpose of statistical analysis of testing results, a simulation of OT heating and cooling process was performed by COMSOL Multiphysics software. In simulation, an artificial mathematical model of an 10 mm thick aluminum plate with 100 mm sides was considered (Fig. 1, *a*). There are artificial defects in the middle of OT, which are air cavities of square shape of various sizes and 2 mm thickness. For various experiments, the defects were located at different depths. In addition, to simulate uneven heating on the upper edge of the sample, there are linear sources of low power heat flux, not shown in the diagrams. The heating carried out by a pulse of 0.1 s duration with a heat flux of 100 kW/m^2 power density, which applied to the upper edge of the plate. Thermograms recording took place for 3 seconds. As a result, sequences of thermographs containing 50 images recorded.

In order to exclude the influence of the size of defects on temperature profile, defects of the same size (4 mm) analyzed for determining the relationship between the optimal observation time and the depth of defect. Similarly, relationship between the value of temperature signal and depth of defects evaluated. The thermogram of such sample in optimal testing time showed in Fig. 1, b. Due to the effect of thermal diffusion, thermal imprints of defects on the OT surface have fuzzy boundaries.



a *b*

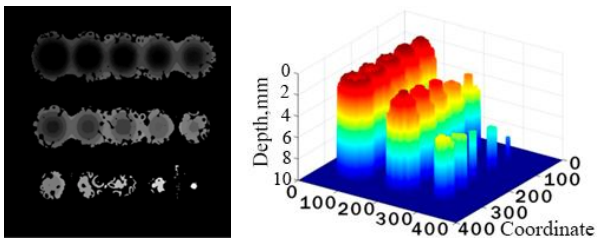
Fig. 1. Results of computer simulation of the first sample: *a* - scheme of an artificial sample; *b* – thermogram in optimal testing time

Fuzziness increases with increasing of defects depth and diminishing of their size. The high level of thermal diffusion makes it impossible to estimate the shape and size of defects. This fact greatly complicates the visual processing of thermograms, and creates considerable difficulties in digital image analysis by most existing methods.

A defect map (Fig. 2, *a*) and a thermal tomogram (Fig. 2, *b*) were obtained by the application of dynamic thermal tomography method (DTT) [9]. Information about three defects was lost using the DTT method, due to the low sensitivity and the presence of noise. The shape and size of the detected defects significantly distorted. There are external noise in the image. In this regard, during the formation of samples for statistical analysis of data, signals selected only from areas whose defective status was determined without errors. The degree of correlation between the optimal observation time and the maximum value of the temperature signal was also determined for faultlessly detected defective points of the sample.

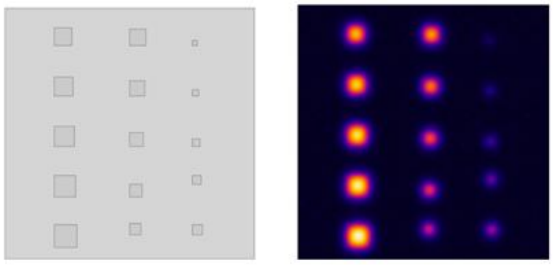
The influence of defects size on the value of temperature signal and optimal observation time was investigated on a specimen with defects located at the same depth of 2 mm. The scheme of the sample and the thermogram in optimal testing time showed in Fig. 3.

The values of ΔT_{max} and τ_{opt} measured for formation of studied examples from total set of received signal samples for each of 15 defects. Measurement carried out at random points of the thermal imprints of the defects. Samples selected only from defective points that identified correctly. Size of the samples datasets (vectors of ΔT_{max} and τ_{opt}) for each individual experiment corresponds to the total number of defects.



a *b*

Fig. 2. Results of thermograms sequence processing by the method of dynamic thermal tomography: *a* – timegram; *b* – thermal tomogram



a *б*

Fig. 3. Results of computer simulation of the second sample: *a* – scheme of an artificial sample, *b* – thermogram in optimal testing time

Correlation analysis

In order to verify the relationship between the informative parameters of active thermal testing and defect parameters, Pearson correlation coefficients for received datasets were determined [10]. Algorithms for determining the correlation coefficient and checking the significance of obtained data implemented in the MATLAB software. Since the measured values of $\Delta T_{\max}$ and τ_{opt} are random variables, a check on the normality of their distribution according to the Pearson consistency criterion performed. The standard *chi2gof* function was used for this. As a result, a normal data distribution law confirmed and Pearson correlation coefficients determined. Since the number of samples is insignificant ($n = 15$), the corrected correlation coefficient was calculated:

$$\hat{r}^{*} = \hat{r}\left[1 + \hat{r}^{2}/2/(n-3)\right].$$

The significance of the correlation coefficients checked by Student and Gauss statisticians. The tabular value of Student's coefficient for the probability of 0.05 and the degree of freedom n-2 is $t_{0.05} = 1.771$. The table value of the quantile of Gaussian distribution for the probability 0.05 is $r_{\alpha 0.05} = 1.96$. In all cases, considered correlation coefficients are significant. The obtained values of corrected Pearson correlation coefficients and confidence limits for $P = 0.95$ are shown in Table 1.

Table 1 – **Pearson correlation coefficients in the confidence limits for the received data**

Parameter	τ_{opt}	$\Delta T_{\max}$
Depth l	0.889 ≤ **0.963** ≤ 0.989	-0.908 ≤ **-0.793** ≤ -0.366
Defects size h	0.04 ≤ **0.544** ≤ 0.826	0.995 ≤ **0.998** ≤ 0.999
τ_{opt}	-	-0.835 ≤ **-0.564** ≤ -0.072

Regression

A regression analysis of data performed in the MATLAB for purpose of establishing the type and studying the relationship between variables [11]. Regression models that reflect these dependencies are constructed. Estimated standard and extended uncertainty. The nature of the dependence and regression equation for the studied datasets shown in Table 2. Regression graphs shown in Fig. 4.

Table 2 – **Regression for the studied data**

Y / X	τ_{opt}, с	$\Delta T_{\max}$, °К
Depth l, mm	$Y(X) = 0.084 \cdot e^{0.504X}$	$Y(X) = -0.877 \cdot e^{58.46X}$
Size h, mm	$Y(X) = 0.5 \cdot X - 2.47$	$Y(X) = 3.052 \cdot X - 3.59$
τ_{opt}, s	-	$Y(X) = 4.132 \cdot \frac{1}{X} - 3.43$

Dispersion analysis

In order to study the influence of factor features (defect depth, defect size) on the result features ($\Delta T_{\max}$ and τ_{opt}), one-factor dispersion analysis was performed [12]. Four groups of observations (for l = [2 mm, 3 mm, 4 mm, 5 mm]) were formed to evaluate the influence of defect depth on informative parameters. The number of samples in each group comprised 12 to 14 elements. Similarly, for the estimation of influence of defects size on informative parameters, four groups of observations (for h = [7 mm, 6 mm, 5 mm, 4 mm]) were formed. The number of samples in each group comprised 12 to 15 elements. The significance of obtained results was checked by Fisher's criterion $F_{\alpha}(v_1, v_2)$ for the significance level $\alpha = 0.05$. In a result of calculations, all estimates considered significant. The obtained values of the influence of factor features on the measurement results shown in Table 3.

Discussion

In this work was established the presence of a high level of relationship ($r = 0.963$) between optimal testing time and depth of defects, which is explained by the process of distribution of heat packets from surface to the middle of specimen.

Nearly functional relations ($r = 0.998$) was found between the maximum value of temperature signal and size of defects. This explained by the fact that for homogeneous defects in the physical sense at same depth, the value of temperature signal depends linearly on the power of heating source [13]. Under conditions of uniform heating, larger defects absorb more heat, which leads to slower cooling and, consequently, higher values of differential temperature signal.

A high correlation ($r = -0.793$) is observed between the maximum value of temperature signal and depth of defects. As the depth of penetration increases, the intensity of thermal waves fades out. This leads to a decrease in amount of heat absorbed by defects of the same size. Consequently, presence of a correlation relations in this case is also confirmed by a physical substantiation [14].

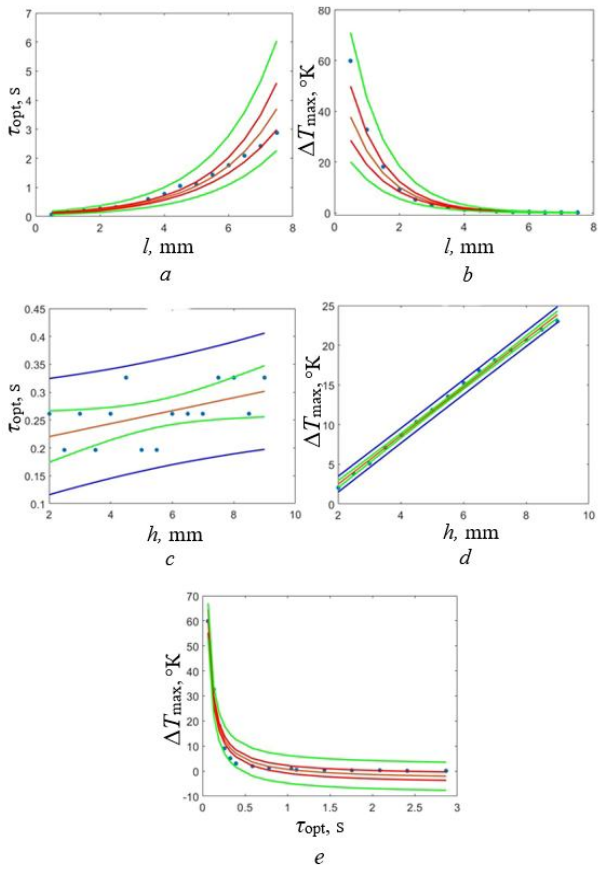


Fig. 4. Regression: *a* – exponential regression for τ_{opt} and *l*; *b* – exponential regression for ΔT_{max} and *l*; *c* – linear regression for τ_{opt} and *h*; *d* – linear regression for ΔT_{max} and *h*; *e* – hyperbolic regression for τ_{opt} and ΔT_{max}

Table 3 – **Values of the influences of depth and size of defects on informative parameters**

Parameter	τ_{opt}	ΔT_{max}
Depth *l*	91,89 %	99,23 %
Size *h*	32,05 %	96,29 %

A noticeable correlation ($r = 0.544$) is observed between optimal testing time and defect size. For the same depth and physical structure, larger defects absorb more heat. This leads to the fact that, under uniform heating conditions, defects that are more massive require more time to heat up to the maximum value of temperature signal.

There is a noticeable correlation ($r = -0.564$) and a hyperbolic relations is established between optimal testing time and maximum value of temperature signal. This calls into question the possibility of using these parameters in image recognition tasks using statistical methods. As known, to improve the accuracy of recognition, a weak correlation between the parameters that form the set of signs is required.

Parameters related to the defects depth have a complex nonlinear relationship. This may be due to the nature of extinction of thermal radiation when propagated deep into OT, which described by exponential dependences [15]. The obtained dependences can be used in determining of optimal heating parameters.

A one-factor dispersion analysis of the influence of defect parameters on optimal testing time and maximum value of temperature signal was carried out. The high degree of influence of defect depth on both informative parameters ($\eta = 91.89$ % on τ_{opt} and $\eta = 99.23$ % on ΔT_{max}) is established. High influence ($\eta = 96.29$ %) of defect size on the maximum value of temperature signal was also detected. Obtained results may be explained by the presence of a significant correlation between these parameters, which caused by peculiarities of physical processes occurring in OT during active thermal testing. Determined high levels of influence allow linking the considered parameters of signal with the defect parameters and use this dependence data in defectometry tasks. Less significant effect ($\eta = 32.05$ %) has the size of defect at optimal testing time. However, the value of influence does not allow neglecting it in data analysis.

Conclusions

Obtained results testify to the complexity of unambiguous interpretation of thermal testing data due to a large number of relationship parameters. The nature of the relations is mostly complex and nonlinear, which complicates the data processing by traditional statistical methods.

The presence of a significant correlation between considered informative parameters calls into question the possibility of their use for forming feature space in tasks of pattern recognition. At the same time, obtained numerical and mathematical dependences can be used in the development of new methods of thermal testing or analysis of temperature data. The optimal testing time depends strongly on the defects depth and, to a lesser extent, on the size of the defects, which allows using this parameter to construct the gauge dependencies in the tasks of thermal tomography. The maximum value of temperature signal significantly related to both depth and the size of the defects. This proves the need for further analysis and introduction of additional informative parameters to improve the reliability of testing. Obtained results also should be taken into account during selection of experiment parameters in active thermal testing.

The revealed and estimated patterns confirm the relevance of issue of choosing or developing new modern methods for analyzing the thermal testing data. Promising statistical method of temperature data processing is a principal components analysis method, which allows reducing the dimension of initial dataset by excluding from the consideration of interrelated and uninformative parameters. Another effective means of thermograms processing are artificial neural networks, which have the ability to work with complex nonlinear dependencies. Application of artificial intelligence in the tasks of thermal testing is of high interest for further study.

REFERENCES

1. Grinzato, E.G., Vavilov, V.P., Bison, P.G. and Marinetti, S. (2005), “Methodology of processing experimental data in transient thermal nondestructive testing (NDT)”, *Proc.: Thermosense XVII Int. Conf. on TSIDA*, Vol. 2473. pp. 12–18.

2. Balageas, D.L., Roche J.M. and Leroy F.H. (2017) "Comparative Assessment of Thermal NDT Data Processing Techniques for Carbon Fiber Reinforced Polymers", *Materials Evaluation*, Vol. 75(8), pp. 1019–1031.
3. Vavilov, V.P., Chulkov A.O., Derusova D.A. and Pan Y. (2016), "Thermal NDT research at Tomsk Polytechnic University", *Quantitative InfraRed Thermography Journal*, Vol. 13(2) pp. 128–143.
4. Galagan, R.M. and Momot, A.S. (2018), "Analysis of the digital processing of thermograms", *Visnyk Natsionalnoho Tekhnichnoho Universytetu Ukrayiny «KPI». Seriya pryladobuduvannya*, Kyiv, No. 55(1), pp. 108–117.
5. Vavilov V.P, Plesovskikh A.V. and Chulkov A.O. (2015), "A complex approach to the development of the method and equipment for thermal nondestructive testing of CFRP cylindrical parts", *Composites Part B: Engineering*, Vol. 68, pp. 375–384.
6. Vavilov V.P. and Burleigh D.D. (2016), "Review of pulsed thermal NDT: Physical principles, theory and data processing", *Ndt & E International*, Vol. 73, pp. 28–52.
7. Vavilov V.P. and Burleigh D.D. (2015), "Pulsed thermal NDT in tables, figures, and formulas", *In Thermosense: Thermal Infrared Applications XXXVII International Society for Optics and Photonics*, Vol. 9485, [94850Q], pp. 1–15.
8. Vavilov, V.P. (2015), "Dynamic thermal tomography: Recent improvements and applications", *NDT & E Int.*, Vol. 71, pp. 23–32.
9. Maldague, X. and Ziadi, A. (2002), "Advances in pulsed phase thermography", *Infrared Physics & Techn.*, Vol. 43, pp. 175–181.
10. Dutta, T., Santra, D., Peng-Lim, C., Sil, J. and Chottopadhyay, P. (2018), "Statistical Feature Analysis of Thermal Images from Electrical Equipment", *Decision Science in Action*, Springer, Singapore, Vol. 1, pp. 127–137.
11. Addepalli, S., Zhao, Y., Roy, R., Galhenege, W. and Colle M. (2018), "Non-destructive evaluation of localised heat damage occurring in carbon composites using thermography and thermal diffusivity measurement", *Measurement*, Vol. 131. pp. 706–713.
12. Khodayar, F., Sojasi, S. and Maldague, X. (2018), "Infrared thermography and NDT: 2050 horizon", *Quantitative InfraRed Thermography Journal*, Vol. 13 (2), pp. 210–231.
13. Vavilov, V.P. (2013), *Infrared thermography and heat control*, Spectrum ID, Moscow, 544 p.
14. Vavilov, V.P. (2006), "Dynamic thermal tomography", *Plant Laboratory*, No. 3, pp. 26–36.
15. Venegas, P., Perán, J., Usamentiaga, R. and de Ocáriz I.S. (2018), "Projected thermal diffusivity analysis for thermographic nondestructive inspections", *Int. Journal of Thermal Sciences*, Vol. 124, pp. 251–262.

Received (Надійшла) 14.11.2018
Accepted for publication (Прийнята до друку) 06.02.2019

Статистичний аналіз даних теплового неруйнівного контролю

Р. М. Галаган, А. С. Момот

Розглянуто особливості обробки результатів активного теплового неруйнівного контролю. Доведено необхідність пошуку та введення нових інформативних параметрів при оцінці термограм з метою покращення достовірності контролю. Поставлена задача виявлення та оцінки взаємозв'язків між параметрами дефектів та оптимальним часом контролю і максимальним значенням температурного сигналу. Проведено комп'ютерне моделювання процесу активного теплового контролю двох зразків зі штучними дефектами з відомими характеристиками. Отримано послідовності термограм та сформовано набори початкових даних для проведення кореляційного, регресійного та дисперсійного аналізів результатів контролю. Для визначення рівнів максимального диференціального температурного сигналу та оптимального часу спостереження використовувався метод динамічної теплової томографії. Отримано оцінки коефіцієнта кореляції для різних інформативних параметрів теплового контролю. Встановлена наявність високого рівня зв'язку між оптимальним часом контролю та глибиною залягання дефектів. Висока кореляція також спостерігається між максимальним значенням температурного сигналу та глибиною залягання дефектів. В результаті проведення регресійного аналізу встановлено характер взаємозв'язків між різними інформативними параметрами активного теплового контролю. Проведено однофакторний дисперсійний аналіз впливу параметрів дефектів на оптимальний час контролю та максимальне значення температурного сигналу. Встановлено високий ступінь взаємовпливу всіх інформативних параметрів. Зроблено висновки про необхідність розробки нових сучасних методів аналізу даних теплового контролю. Виявлені закономірності у взаємозв'язках між даними свідчать про низьку ефективність традиційних статистичних методів в задачах активного теплового контролю. В якості альтернативи пропонується застосування технологій штучного інтелекту, зокрема, нейронних мереж.

Ключові слова: неруйнівний контроль; тепловий контроль; кореляційний аналіз; регресія; дисперсійний аналіз; обробка термограм.

Статистический анализ данных теплового неразрушающего контроля

Р. М. Галаган, А. С. Момот

Рассмотрены особенности обработки результатов активного теплового неразрушающего контроля. Доказана необходимость поиска и введения новых информативных параметров при оценке термограмм с целью улучшения достоверности контроля. Поставленная задача выявления и оценки взаимосвязей между параметрами дефектов, оптимальным временем контроля и максимальным значением температурного сигнала. Проведено компьютерное моделирование процесса активного теплового контроля двух образцов с искусственными дефектами с известными характеристиками. Получены последовательности термограмм и сформированы наборы исходных данных для проведения корреляционного, регрессионного и дисперсионного анализов результатов контроля. Для определения уровней максимального дифференциального температурного сигнала и оптимального времени наблюдения использовался метод динамической тепловой томографии. Получены оценки коэффициента корреляции для различных информативных параметров теплового контроля. В результате проведения регрессионного анализа установлено характер взаимосвязей между различными информативными параметрами активного теплового контроля. Проведен однофакторный дисперсионный анализ влияния параметров дефектов на оптимальное время контроля и максимальное значение температурного сигнала. Установлена высокая степень взаимосвязей всех рассмотренных информативных параметров. Сделаны выводы о необходимости разработки новых современных методов анализа данных теплового контроля. Обнаруженные закономерности во взаимосвязях между данными свидетельствуют о низкой эффективности традиционных статистических методов в задачах активного теплового контроля. В качестве альтернативы предлагается применение технологий искусственного интеллекта, в частности, нейронных сетей.

Ключевые слова: неразрушающий контроль; тепловой контроль; корреляционный анализ; регрессия; дисперсионный анализ; обработка термограмм.

УДК 004.912 **doi: 10.20998/2522-9052.2019.1.11**

Ю. М. Главчева, М. І. Главчев, О. В. Каніщева, Г. А. Кучук

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна

РОЗРОБКА ПІДХОДУ ДЛЯ РАНЖУВАННЯ АКАДЕМІЧНИХ УСТАНОВ ЗА ПОКАЗНИКАМИ НАУКОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Предмет статті – наукометричні дані інформаційно-аналітичних систем. **Мета даної статті** – провести аналіз існуючих методів оцінки академічних установ за показниками наукової діяльності та використовуючи його результати запропонувати підхід до складання рейтингу академічних установ на основі наукометричних даних інформаційно-аналітичних систем Web of Science Core Collection (WoS CC) та Scopus з урахуванням особливостей оцінюваних об'єктів. **Результати.** Невід'ємною частиною сучасних методів оцінки наукової діяльності є академічні рейтинги. Їх результати використовуються установами для управління якістю діяльності, на їх основі академічна організація може отримати певні преференції як у фінансуванні, так і для студентів, аспірантів, науково-педагогічних працівників, академічної репутації тощо. Удосконалення методів оцінки наукової діяльності є актуальним завданням. Важливо, щоб рейтингова оцінка була об'єктивною. За цієї умови установа може запланувати проведення адекватних заходів для покращення якості освітньої та наукової діяльності, тобто для забезпечення кращих показників. У статті пропонується підхід до складання рейтингу академічних установ на основі бібліометричних методів з урахуванням їх обмежень та особливостей оцінюваних об'єктів. **Висновки.** Запропонований підхід забезпечує збільшення інформаційної бази для дослідження документних потоків; підвищує об'єктивність оцінки за рахунок використання більшої кількості показників; враховує обмеження та недоліки бібліометричних методів та особливості оцінюваних об'єктів. Підхід за нормованим показником може стати основою для загального рейтингу установ після доопрацювання. Основними напрямками для доопрацювання є такі: обов'язкове врахування кількості співробітників академічної установи; розрахунок показників на основі кількості оригінальних публікацій.

Ключові слова: академічний рейтинг; h-індекс; бібліометричні методи; наукометрична база даних.

Вступ

Академічні установи (АУ) приділяють велику увагу забезпеченню якості власної освітньої і наукової діяльності шляхом здійснення певних процедур і заходів. Рівень якості діяльності академічних установ дозволяють проаналізувати спеціалізовані рейтинги. Академічні рейтинги використовують також як інструмент управління якістю. Об'єктивна оцінка дає можливість установам проводити адекватні заходи щодо вдосконалення освітньої та наукової діяльності. Деякі рейтинги академічних установ враховують публікаційну активність організації та показники, які розраховані на основі бібліометричних методів. Бібліометричні методи мають обмеження у використанні, які обов'язково необхідно враховувати при проведенні аналізу.

Завдання удосконалення методів оцінювання наукової діяльності та активності наукових працівників вирішується давно та є актуальним і зараз. У 2012 році Кабінет Міністрів України у своїй Постанові запланував використання міжнародних критеріїв для оцінки праць вчених (Постанова Кабінету Міністрів України від 05.04.2012 № 318). Наступним кроком було забезпечення об'єктивної оцінки наукової діяльності шляхом удосконалення механізмів оцінювання протягом 2013-2017 рр. (розпорядження Кабінету Міністрів від 08.10.2012 № 780-р, розпорядження КМУ від 17 грудня 2012 р. № 1077-р «Про затвердження плану заходів щодо реалізації Концепції реформування системи фінансування та управління науковою і науково-технічною діяльністю на період до 2017 року»).

Якість наукової і науково-технічної діяльності визначається на основі експертної оцінки з врахуванням наукометричних та інших показників, які є популярними в міжнародній системі експертизи (Закон України «Про наукову і науково-технічну діяльність», редакція від 07.03.2018). Основними джерелами наукометричних даних, що використовуються у світовій практиці, є наукометричні бази даних Web of Science Core Collection (Clarivate Analytics) та Scopus (Elsevier). В Україні теж прийнято застосовувати дані з цих наукометричних баз при проведенні моніторингу та оцінки наукової діяльності (Постанова Кабінету Міністрів України від 22.08.2018 р. № 652 «Деякі питання проведення державної атестації закладів вищої освіти в частині провадження ними наукової (науково-технічної) діяльності»).

Мета даної статті – провести аналіз існуючих методів оцінки академічних установ за показниками наукової діяльності та використовуючи його результати запропонувати підхід до складання рейтингу академічних установ на основі наукометричних даних інформаційно-аналітичних систем Web of Science Core Collection (WoS CC) та Scopus з урахуванням особливостей оцінюваних об'єктів.

Зазначимо, що альтернативні метрики в даній публікації не розглядатимуться.

1. Аналіз джерел наукометричних даних

Існують дві групи джерел, які можуть забезпечити оцінку наукової діяльності або впливовість (вченого, університету, журналу, окремої публікації): *глобальні* – Web of Science Core Collection (WoS CC) та Scopus; *локальні* – Національна система наукових цитувань.

На даному етапі в Україні робота проводиться одночасно за двома напрямками:

1) забезпечення вітчизняним науковцям доступу до світових наукометричних баз даних (НБД) для інтеграції національної науки;

© Главчева Ю. М., Главчев М. І., Каніщева О. В., Кучук Г. А., 2019

2) створення власної національної наукометричної системи.

Для об'єктивної оцінки необхідно мати у системі, яка є джерелом даних, достатньо повні дані про оцінюваний об'єкт. В WoS CC та Scopus присутня лише частка від усього наукового доробку вчених України. Проте, через низький рівень представлення наукових видань і статей авторів України в кожній із зазначених систем, потенційна ефективність їх використання значно знижується [1]. Слід зазначити, що зараз триває процес інтеграції вітчизняної науки до світових наукометричних баз даних (БД) Web of Science Core Collection та Scopus. На рис. 1 представлена динаміка поповнення публікаціями, які асоціюються з установами України, БД Scopus з 1970 по 2017 рр. На рис. 2 представлена динаміка поповнення публікаціями, які асоціюються з установами України, наукометричних даних інформаційно-аналітичних систем, WoS CC з 1970 по 2017 рр.

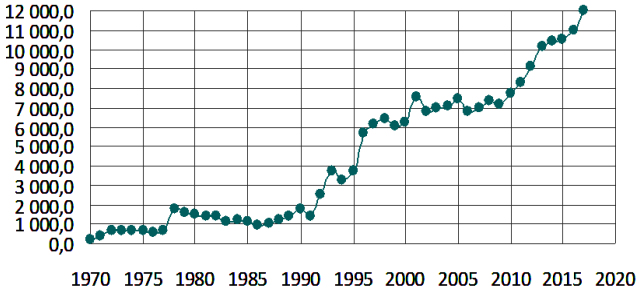


Рис. 1. Динаміка поповнення БД Scopus публікаціями, які асоціюються з установами України

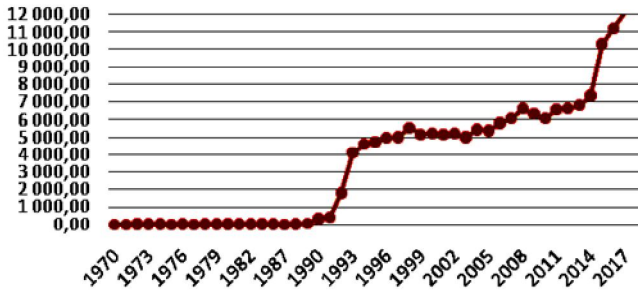


Рис. 2. Динаміка поповнення БД Web of Science Core Collection публікаціями, які асоціюються з установами України

Процес інтеграції національної науки у видання, що включені до наукометричних баз Web of Science та Scopus, триває. Для отримання повної інформації щодо публікаційної активності, необхідно враховувати публікації та цитування з обох БД. Детально стан справ щодо представлення української науки в Web of Science Core Collection та Scopus описано в публікаціях Соловяненка Д. В., Чайковського Ю. Б., Сілкіної Ю. В., Потоцької О.Ю. [1–3].

Локальним джерелом даних може бути національний індекс наукових цитувань, який створюється на рівні держави. Наприклад, платформа Web of Science містить декілька подібних індексів:

- Chinese Science Citation DatabaseSM (з 1989 року по теперішній час) – бібліографічна інформація та цитування статей з основних наукових і технічних журналів, які були опубліковані в Китайській Народній Республіці;
- KCI-Korean Journal Database (з 1981 року по теперішній час) – доступ до статей полі тематичних журналів, формується під управлінням організації National Research Foundation of Korea;
- SciELO Citation Index (з 1997 року по теперішній час) – наукова література з суспільних, гуманітарних наук і мистецтва, яка була опублікована в кращих журналах Латинської Америки, Португалії, Іспанії та Південної Африки.

Створення національної системи - тривалий процес, який потребує значних кадрових, фінансових та часових витрат [3]. Це необхідно, так як дозволить додатково аналізувати наукову діяльність у межах країни. Інша причина полягає у тому, що більшість українських видань не включені до світових систем Web of Science Core Collection або Scopus. Редакційні колегії активно проводять заходи щодо відповідності видань вимогам наукометричних баз.

В Україні паралельно розвиваються декілька проектів щодо оцінки наукової діяльності українських вчених:

1. «Український індекс наукового цитування» (УІНЦ) – це технологічний комплекс для забезпечення моніторингу суб'єктів наукової діяльності України. Працює у тестовому режимі з 2014 р. [4].
2. «Бібліометрика української науки» система, яка надає суспільству уявлення про наукове та науково-педагогічне середовище України [5].

На етапі розробки та введення в дію:

1. Відкритий український індекс наукового цитування [6].
2. Національний репозиторій академічних текстів (НРАТ) має забезпечити можливості для: <…>, побудови наукометричної бази даних; аналізу цитованості академічних текстів; системного аналізу наукового простору та моніторингу його трансформації, <…> (Регламент роботи Національного репозиторію академічних текстів, частина II, п. 4) [7].

2. Огляд існуючих рейтингів

Проблему об'єктивної оцінки академічної установи можна вирішувати за трьома напрямками:

- визначення нових формальних ознак;
- створення нових ефективних методів/підходів коректної оцінки наукової діяльності;
- удосконалення існуючих рейтингів.

Розглянемо більш детально останній напрямок. Рейтинги закладів освіти є одним з інструментів оцінювання та управління освітньою та науковою діяльністю. Рейтингова оцінка будь-якого об'єкта (вченого, установи, видання, регіону) повинна бути об'єктивною та адекватно відображати стан речей. Дані рейтингу та його методика мають бути зрозумілими, доступними та враховувати особливості об'єкта, який оцінюється. Особливостями академічних установ є такі: багатоаспектна діяльність, предметна галузь, кількість співробітників та студентів, загальний час існування, фінансові ресурси, інше. В Україні з національних рейтингів академічних уста-

нов, які базуються у тому числі і на наукометричних даних, найбільш відомі:

1. Scopus − рейтинг закладів вищої освіти, який базується на показниках бази даних Scopus (враховується повний академічний стаж установ, ЗВО України ранжовані за індексом Гірша) [8];

2. Консолідований рейтинг ЗВО України порталу «Освіта.ua» − даними для складання цього рейтингу є дані з "Топ-200 Україна", "Scopus" та "Балл ЗНО на контракт", які вважаються найбільш авторитетними серед експертів та засобів масової інформації [9].

Вищевказані рейтинги не враховують обмеження бібліометричних методів та особливості академічних установ.

3. Опис запропонованого підходу до ранжування академічних установ України

Метою цього дослідження є розробка підходу до складання рейтингу академічних установ на основі бібліометричних методів з урахуванням їх обмежень та особливостей оцінюваних об'єктів. Запропонований підхід повинен:

1) забезпечити збільшення інформаційної бази для дослідження документних потоків;

2) підвищити об'єктивність оцінки за рахунок використання більшої кількості показників;

3) враховувати обмеження та недоліки бібліометричних методів та особливості оцінюваних об'єктів.

Хронологічне охоплення даних − 6 років. В попередньому дослідженні ранжування проводилося у групах за показником долі публікацій вище середнього цитування в певному році у групі. Використаний підхід за показником долі публікацій продемонстрував певні недоліки [10].

В новому, представленому у публікації дослідженні, ранжування відбувається за нормованим показником, який розраховується для кожної установи за певним роком для відповідної БД [11, 12].

3.1. Визначення часової шкали. Усі оцінювані об'єкти мають бути під час оцінювання в однакових умовах, тому слід враховувати, що університети мають різний академічний стаж. Різниця між академічним стажем деяких установ може складати роки та десятиліття.

Так, порівняння різниці між h-індексами ЗВО групи класичних університетів у загальному рейтингу Scopus 2018 року та h-індексів ЗВО за 2012-2017 роки представлена на рис. 3.

Порівнювані установи повинні бути в однакових умовах, тому доцільно враховувати показники за один і той же однаковий проміжок часу. Такий підхід також буде сприяти постійній підтримці певного рівня науки в установі.

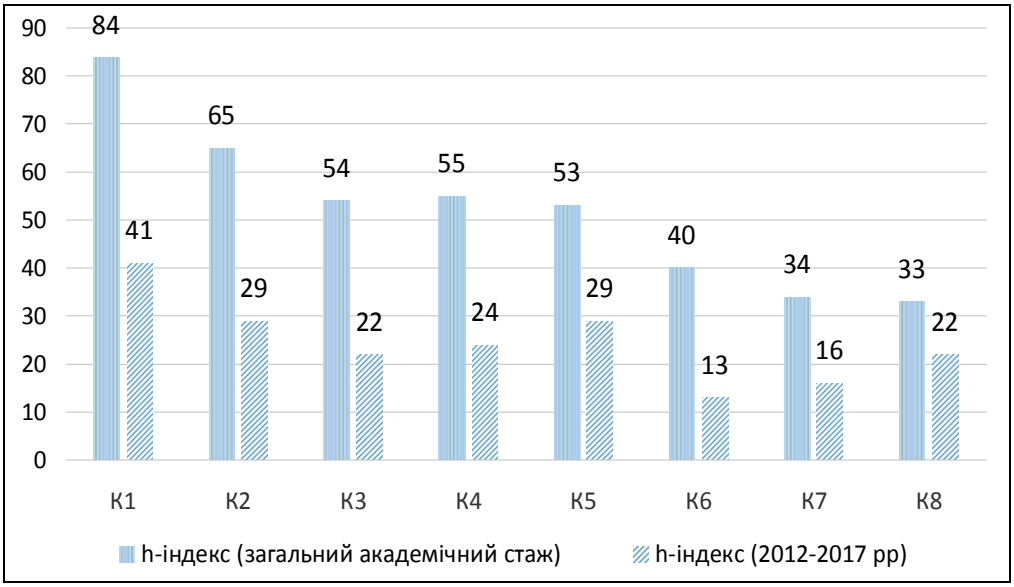


Рис. 3. Порівняння h-індексів ЗВО у рейтингу Scopus 2018 року та h-індексів ЗВО за 2012-2017 роки

Проаналізуємо характеристики та показники документів, які були опубліковані за певний час.

Позначимо рік початку проведення порівняльного аналізу як t_{begin}, а рік закінчення – як t_{end}. На часовому інтервалі $\left[t_{begin}; t_{end}\right]$ побудуємо часову шкалу, інтервальна різниця якої дорівнює одному календарному року. Тоді межі інтервалів даної шкали складають множину

$$T = \left\{t_{begin}, t_{begin+1}, ..., t_{end}\right\}. \quad (1)$$

Поточний елемент даної множини у цьому випадку буде поточним роком проведення аналізу.

Зазначимо, що при аналізі цитувань документів за різними групами університетів з 2012 по 2017 рік ($t_{begin} = 2012$; $t_{end} = 2017$), середнє цитування документів, опублікованих в 2017 році, склало 0,36 на документ. Це значення є суттєво меншим, ніж аналогічні, що отримані за попередні роки, і не може достовірно характеризувати документи. Тому рік закінчення аналізу у подальшому не буде врахований при визначенні періоду публікацій. Отже, бу-

дуть досліджуватися два періоди: період публікації (Δt_p) та період цитування (Δt_c):

$$\Delta t_p = \operatorname{card}\left(T / \{t_{end}\}\right) = t_{end} - t_{begin} - 1; \quad (2)$$

$$\Delta t_c = \operatorname{card} T = t_{end} - t_{begin}. \quad (3)$$

Саме такий підхід, але без врахування самоцитувань, використано для аналізу цитувань за галузями при складанні QS World University Rankings [13]. За редакцією 2018 року розглядається вікно цитування з шести років (2012-2017) для документів надрукованих протягом 5-ти років (2012-2016).

3.2. Таксономія формалізації. Для подальшої формалізації процесу проведення порівняльного аналізу введемо таксономію індексів, змінних та множин, котрі будуть задіяні у подальших підрозділах (табл. 1).

Таблиця 1 – **Таксономія формалізації**

Індекси	
t	номер поточного року
i, j	номер групи поточної галузі знань
ℓ l	номер поточної групи академічної установи
z	Номер поточної АУ в групі l
(S)	Scopus
(W)	Web of Science
Змінні	
n	Кількість публікацій
c	Кількість цитувань
p	Кількість науково-педагогічних працівників
Q	Кількість записів у наукометричній БД
δ	Булева змінна
k	Коефіцієнт активності
Множини	
T	Час
M	Публікації
V	Академічні установи
$\aleph$	Нормований показник

3.3. Джерела даних (публікації). Досліджуються публікації, які включені до наукометричних баз даних Web of Science Core Collection та Scopus. Вміст баз відрізняється між собою кількістю охоплюваних джерел, документів, наповненням наукових напрямків досліджень. З цих причин не можна виділяти одну з баз, але потрібно враховувати певний перетин цих баз даних.

Представимо множину досліджуваних публікацій таким чином:

$$M_p = M^{(S)} \cup M^{(W)}, \quad (4)$$

де $M^{(S)}$ – множина публікацій в Scopus, $M^{(W)}$ – множина публікацій в Web of Science CC.

Вважаючи на те, що розбиття публікацій за тематикою, тобто за галуззю знань, відрізняється у наукометричних базах даних Web of Science Core Collection та Scopus, введемо для кожної із них окремий список галузей за допомогою таких множин:

$$M_I^{(S)} = \{i_1, i_2, ..., i_I\}; \quad (5)$$

$$M_J^{(W)} = \{j_1, j_2, ..., j_I\}, \quad (6)$$

де $M_I^{(S)}$ – множина галузей в Scopus, i – номер поточної галузі знань, $I = \operatorname{card} M_I^{(S)}$ – кількість галузей знань у Scopus; $M_J^{(W)}$ – множина галузей у WoS CC; j – номер поточної галузі знань; $J = \operatorname{card} M_J^{(W)}$ – кількість галузей знань у WoS CC.

Враховуючи описи множин (5) і (6) можна сформувати розбиття складових множини (4) на непересічні елементарні підмножини за відповідними галузями знань:

$$M^{(S)} = \bigcup_{t=1}^{\Delta t_p} \bigcup_{i=1}^{I} M_{ti}^{(S)}; \quad (7)$$

$$M^{(W)} = \bigcup_{t=1}^{\Delta t_p} \bigcup_{j=1}^{J} M_{tj}^{(W)}. \quad (8)$$

3.4. Цитування публікацій. Кожна елементарна підмножина множин $M_I^{(S)}$ та $M_J^{(W)}$ характеризується двома параметрами:

- кількість публікацій;
- кількість цитувань.

Введемо такі позначення:

$n_{ti}^{(S)}; c_{ti}^{(S)}$ – кількість публікацій та цитувань у групі за певний рік t та за галуззю i у Scopus;

$n_{tj}^{(W)}; c_{tj}^{(W)}$ – кількість публікацій та цитувань у групі за певний рік t та за галуззю j у WoS CC.

Визначимо показники середнього цитування за певний рік t за фіксованою галуззю i для Scopus та j для WoS CC відповідно:

$$\overline{c_{ti}^{(S)}} = c_{ti}^{(S)} \Big/ n_{ti}^{(S)}; \quad (9)$$

$$\overline{c_{tj}^{(W)}} = c_{tj}^{(W)} \Big/ n_{tj}^{(W)}. \quad (10)$$

3.5. Опис академічних установ. Розглянемо підхід до опису академічних установ, для котрих складається рейтинг на основі бібліометричних методів. Нехай вони складають множину V:

$$V = \bigcup_{\ell=1}^{L} V_\ell, \quad (11)$$

де L – кількість груп за напрямами діяльності академічних установ, ℓ – порядковий номер групи, V_ℓ – множина АУ групи з номером ℓ.

Якщо z – номер, наданий АУ у відповідній групі, то множину (11) можна деталізувати таким чином:

$$V = \bigcup_{\ell=1}^{L} \bigcup_{z=1}^{L_\ell} v_{\ell z}, \quad (12)$$

де L_ℓ – кількість АУ у групі, що має номер ℓ, $v_{\ell z}$ – елемент множини, що характеризує АУ z групи ℓ.

Кожна АУ $v_{\ell z}$ може бути охарактеризована такими параметрами:

$P_{\ell z}$ – середня кількість науково-педагогічних працівників за період Δt_p;

$Q_{\ell zti}^{(S)}$, $Q_{\ell ztj}^{(W)}$ – кількість записів публікацій, зроблених у рік *t*, наявних у НБД Scopus та WoS CC за галузями *i* та *j* відповідно;

$c_{\ell zti}^{(S)}$, $c_{\ell ztj}^{(W)}$ – кількість цитувань, зроблених у рік *t*, наявних у НБД Scopus та WoS CC за галузями *i* та *j* відповідно;

$k_{\ell zt}^{(S)} = Q_{\ell zt}^{(S)} \big/ P_{\ell z}$, $k_{\ell zt}^{(W)} = Q_{\ell zt}^{(W)} \big/ P_{\ell z}$ – коефіцієнти активності науково-педагогічних працівників у рік *t*, наявних у НБД Scopus та WoS CC за галузями *i* та *j* відповідно.

Часткові показники середнього цитування для академічної установи у рік *t*, наявних у наукометричних базах даних Scopus та WoS CC за галузями *i* та *j* відповідно, визначається за такими формулами:

$$\overline{c_{\ell zti}^{(S)}} = c_{\ell zti}^{(S)} \big/ Q_{\ell zti}^{(S)}; \quad (13)$$

$$\overline{c_{\ell ztj}^{(W)}} = c_{\ell ztj}^{(W)} \big/ Q_{\ell ztj}^{(W)}. \quad (14)$$

3.6. Нормування показників. Розраховуємо нормовані часткові показники для кожної установи за певний рік *t* для Scopus та WoS CC за фіксованими галузями *i* та *j* відповідно:

$$\aleph_{\ell zti}^{(S)} = \overline{c_{\ell zti}^{(S)}} \big/ c_{ti}^{(S)}; \quad (15)$$

$$\aleph_{\ell ztj}^{(W)} = \overline{c_{\ell ztj}^{(W)}} \big/ c_{tj}^{(W)}. \quad (16)$$

Тоді нормований показник для АУ з номером *z*, що входить до групи, котра має номер ℓ, розраховується таким чином:

$$\aleph_{\ell z}^{(S)} = \sum_{t=1}^{\Delta t_p} \sum_{i=1}^{I} \aleph_{\ell zti}^{(S)}; \quad (17)$$

$$\aleph_{\ell z}^{(W)} = \sum_{t=1}^{\Delta t_p} \sum_{j=1}^{J} \aleph_{\ell ztj}^{(W)}. \quad (18)$$

Отже, остаточний показник для АУ з номером *z*, що входить до групи, котра має номер ℓ, є таким:

$$\aleph_{\ell z} = \aleph_{\ell z}^{(S)} + \aleph_{\ell z}^{(W)}. \quad (19)$$

4. Приклад реалізації підходу до ранжування академічних установ України

Для проведення розрахунків з використанням формул (9) – (19) було використано дані з Web of Science Core Collection (WoS CC) та Scopus. Для дослідження відібрано 23 університети з всеукраїнського рейтингу Scopus [8], які розподілені на три групи за профілем підготовки: класичні (8), політехнічні (7) та медичні (8) (табл. 2). Часова шкала мала такі значення: $t_{begin} = 2012$; $t_{end} = 2017$.

У прикладі порівняно результати дослідження з ранжування АУ за галузями на основі нормованого показника з результатами попереднього дослідження на основі показника долі публікацій вище середнього цитування в певному році у групі.

За результатами підходу за нормованим показником, 9 установ підтвердили свою позицію, 7 – покращили, 7 – погіршили. Результати щодо місця установи у рейтингу по групах за галуззю представлені у табл. 3 та на рис. 4.

Таблиця 2 – **Групи університетів**

Група 1		Група 2		Група 3	
ID	**Класичні університети**	**ID**	**Політехнічні університети**	**ID**	**Медичні університети**
К1	Київський національний університет імені Т. Г. Шевченка	П1	НТУ України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»	М1	Донецький національний медичний університет імені М. Горького
К2	Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна	П2	Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»	М2	Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького
К3	Чернівецький національний університет ім. Юрія Федьковича	П3	Національний університет «Львівська політехніка»	М3	Національний медичний університет імені О.О. Богомольця
К4	Львівський національний університет ім. Івана Франка	П4	Донецький національний технічний університет	М4	Дніпропетровська медична академія МОЗ України
К5	Одеський національний університет імені І. І. Мечникова	П5	Одеський національний політехнічний університет	М5	Харківський національний медичний університет
К6	Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара	П6	Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя	М6	Одеський національний медичний університет
К7	Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника	П7	Запорізький національний технічний університет	М7	Запорізький державний медичний університет
К8	Сумський державний університет			М8	Буковинський державний медичний університет

Таблиця 3 – **Результати розрахунку показників (17) – (19)**

ID	WoS CC, сума нормованих показників	Scopus, сума нормованих показників	Загальна сума нормованих показників
Класичні університети			
К5	6,68707	6,436445778	13,12351422
К7	6,32860	5,629672851	11,95827214
К1	5,67381	5,796010767	11,46982301
К8	5,05754	5,050468603	10,10800878
К2	4,31369	4,610370129	8,924063496
К3	4,19446	4,379980921	8,574444649
К4	4,31058	3,999393613	8,309973831
К6	2,50135	2,818216726	5,319567561
Політехнічні університети			
П2	6,07572	6,865672811	12,94139203
П3	6,00445	5,335911137	11,34036372
П1	4,30632	4,526125334	8,832441804
П6	4,32772	3,171589986	7,499311472
П5	3,46903	3,937970615	7,407003010
П4	4,07045	3,055330622	7,125784958
П7	2,77812	3,087729489	5,865848622
Медичні університети			
М4	10,7839	24,71404969	35,49798474
М2	5,81396	5,306484469	11,12044537
М3	3,15568	5,187719386	8,343399344
М5	3,43310	4,868528655	8,301625625
М1	4,71215	3,424996561	8,137146946
М7	4,02948	2,371235033	6,400714562
М6	5,03384	0	5,033844091
М8	2,30513	1,482100586	3,787225624

Рис. 4. Порівняння результатів двох досліджень (місце установи у рейтингу)

5. Обговорення результатів

Підхід на основі нормованого показника вплинув на результат. Установи (К7, П6, М6), які мають відносно малу кількість публікацій, погіршили рейтингове місце у групі. Покращення результатів відбулося для установ, більшість публікацій яких мають цитування близьке до середнього, 39% результатів були подібні у двох дослідженнях.

Підхід, що використовує ранжування за нормованим показником, може стати основою для загального рейтингу установ. Але на даному етапі лишаються фактори, які можуть модифікувати показники. Тому в майбутній роботі планується проведення дослідження таких пропозицій.

1. Брати до уваги трудові ресурси АУ, а саме, використовувати при підрахунку показники коефіцієнтів активності для певної установи за певний проміжок часу для кожної з БД. Коефіцієнти активності $k_{\ell zt}^{(S)}$, $k_{\ell zt}^{(W)}$ дозволять враховувати кількість співробітників, які працюють в організації, при розрахунку часткових показників (13) і (14).

2. Враховувати те, що існує достатньо великий перетин розглянутих наукометричних баз даних. Коригувати показники цитування можна, розглядаючи перетин множин $M^{(S)}$ і $M^{(W)}$:

$$M_{\Sigma} = M^{(S)} \bigcap M^{(W)}.$$

Тоді показник цитування буде визначатися за формулою:

$$\forall m \in M_{\Sigma} \quad \Rightarrow \quad C(m) = \frac{c^{(W)}(m) + c^{(S)}(m)}{2},$$

а публікація *m* в усіх розрахунках розглядається з коефіцієнтом 0,5. Це дозволить уникнути дублювання при підрахунках та враховувати лише кількість оригінальних публікацій.

Висновки

Академічні рейтинги лишаються популярним інструментом управління якістю та оцінки науково-освітньої діяльності. Важливо мати на рівні держави засоби, які дозволяють проводити достовірну оцінку та оцінювати актуальний стан речей. Оскільки від цієї оцінки залежить академічна репутація та фінансова підтримка, то на практиці стали застосовуватися спроби штучно збільшити власні формальні бібліографічні показники через застосування нечесних практик [14]. З цієї причини, та, вважаючи на розвиток самого академічного середовища, у світі не припиняються роботи з удосконалення рейтингів.

В статті описано підхід до оцінки наукової діяльності установи, який використовує дані наукометричних систем Scopus і Web of Science CC та враховує загальноприйняті правила бібліометричних методів.

Не всі фактори, які можуть модифікувати результат, були нівельовані у результатах дослідження. З цієї причини, використання запропонованого підходу як основи для загального рейтингу установ можливе після доопрацювання.

Основними напрямками для доопрацювання є такі:

1) обов'язкове врахування кількості співробітників академічної установи;

2) розрахунок показників на основі кількості оригінальних публікацій.

Слід зазначити, що показники або рейтинги, отримані на основі лише методу бібліометрії, не можуть демонструвати повну оцінку наукової діяльності. Вони є одним з показників, який може бути врахований при проведенні загальної оцінки якості наукової діяльності.

Список літератури

1. Чайковський Ю. Б. Наукометричні бази та їх кількісні показники (Частина I. Порівняльна характеристика наукометричних баз) / Ю. Б. Чайковський, Ю. В. Сілкіна, О. Ю. Потоцька // Вісник Національної академії наук України. – 2013. – №. 8. – С. 89–98.
2. Соловяненко Д. Політика індексації видань у наукометричних базах даних Web of Science та SciVerse Scopus / Д. Соловяненко // Бібліотечний вісник. – 2012. – №. 1. – С. 6–21.
3. Чайковський Ю. Б. Наукометричні бази та їх кількісні показники (Частина II. Фактори, що впливають на кількісні показники наукометричних баз) / Ю. Б. Чайковський, Ю. В. Сілкіна, О. Ю. Потоцька // Вісник Національної академії наук України. – 2013. – №. 9. – С. 84–92.
4. УРАН – Український індекс наукового цитування [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://www.uran.net.ua/~ukr/ps-uincit.htm. — 28.12.2018.
5. Бібліометрика української науки від Google Scholar і Scopus [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://www.nbuviap.gov.ua/bpnu/index.php?page_sites=pro_proect. — 21.11.2018.
6. ПАН БІБЛІОТЕКАР: Що відомо про Open Ukrainian Citation Index? [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://www.бібліотекар.укр/2018/07/open-ukrainian-citation-index.html. — 21.11.2018.
7. Про затвердження Регламенту роботи Національного репозитарію академічних текстів [Електронний ресурс]. — Режим доступа: http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0858-18. — 21.11.2018.
8. Рейтинг университетов по показателям Scopus 2018 года – Освіта.UA [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://ru.osvita.ua/vnz/rating/60539. — 21.11.2018.
9. Консолидированный рейтинг вузов Украины 2018 года – Освіта.UA [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://ru.osvita.ua/vnz/rating/51741. — 21.11.2018.
10. Главчева Ю. М. Метод порівняння академічних установ на основі визначення долі публікацій, що мають цитування вище середнього [Електронний ресурс] / Ю. М. Главчева // Модель бібліотеки XXI століття : матеріали міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., 15 червня 2018 р. / Нац. юрид. ун-т ім. Ярослава Мудрого, Наук. б-ка. – Електрон. текст. дані. - Харків, 2018. – Режим доступу: http://conf.nlu.edu.ua/libmodel/paper/view/14650.
11. Dhivakar B., Saravanan S.V., Sivaram M., Krishnan R.A. Statistical Score Calculation of Information Retrieval Systems using Data Fusion Technique". Computer Science and Engineering. 2012. Vol. 2, Issue 5. pp.43-45. doi: http://doi.org/10.5923/j.computer.20120205.01
12. Kosenko V. Mathematical model of optimal distribution of applied problems of safety-critical systems over the nodes of the information and telecommunication network / V. Kosenko // Сучасні інформаційні системи (Advanced Information Systems). – 2017. – Т. 1, № 2. – С. 4-9. – doi: http://doi.org/10. 20998/2522-9052.2017.2.01
13. QS World University Rankings 2019. Top Universities [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://www.topuniversities.com/university-rankings/world-university-rankings/2019. — 16.01.2019.
14. Цветкова В. А. Системы цитирования: где благо, где зло / В. А. Цветкова // Научные и технические библиотеки. — 2015. — №. 1. — С. 18-22.

References

1. Chaikovsky, Yu.B., Silkina, Yu.V. and Pototskaya O.Yu. (2012), "Naukometric bases and their quantitative indices (Part I. Comparative characteristics of the science-based bases)", *Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine*, No. 8, pp. 89–98.
2. Solovyanenko, D. (2012), "Policy of Indexing of Publications in Science Metrics of Web of Science and SciVerse Scopus", *Library Bulletin*, No. 1, pp. 6–21.
3. Chaikovsky, Yu.B., Silkina, Yu.V. and Pototskaya O.Yu. (2013), "Naukometric bases and their quantitative indices (Part II. Factors influencing quantitative indices of science-based bases)", *Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine*, No. 9, pp. 84–92.

4. URAN - Ukrainian index of scientific citation, available at: http://www.uran.net.ua/~ukr/ps-uincit.htm.
5. Bibliometrics of Ukrainian science from Google Scholar and Scopus, available at: http://www.nbuviap.gov.ua/bpnu/index.php?page_sites=pro_proect.
6. PAN LIBRARY: What is known about Open Ukrainian Citation Index, available at: http://www.бібліотекар.укр/2018/07/open-ukrainian-citation-index.html.
7. On Approval of the Rules of Procedure of the National Repository of Academic Texts, available at: http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0858-18.
8. University Ratings by Scopus 2018, available at: http://ru.osvita.ua/vnz/rating/60539.
9. Consolidated rating of Ukrainian universities in 2018 – Osvita.UA, available at: http://ru.osvita.ua/vnz/rating/51741.
10. Hlavcheva, Yu.M. (2018), "Method of comparison of academic institutions on the basis of determining the fate of publications cited above the average", *Model of the library of the XXI century*, Kharkiv, available at: http://conf.nlu.edu.ua/libmodel/paper/view/14650.
11. Dhivakar, B., Saravanan, S.V., Sivaram, M. and Krishnan R.A. (2012), "Statistical Score Calculation of Information Retrieval Systems using Data Fusion Technique", *Computer Science and Engineering*, Vol. 2, Issue 5, pp.43-45, doi: http://doi.org/10.5923/j.computer.20120205.01
12. Kosenko, V. (2017), "Mathematical model of optimal distribution of applied problems of safety-critical systems over the nodes of the information and telecommunication network", *Advanced Information Systems*, Vol. 1, No. 2, pp. 4–9, doi: http://doi.org/10. 20998/2522-9052.2017.2.01
13. QS World University Rankings 2019. Top Universities, available at: https://www.topuniversities.com/university-rankings/world-university-rankings/2019.
14. Tsvetkova, V.A. (2015), Citation Systems: Where's the Benefit of Evil, *Scientific and Technical Libraries*, No. 1, pp. 18–22.

Received (Надійшла) 23.01.2019
Accepted for publication (Прийнята до друку) 21.02.2019

Разработка подхода для ранжирования академических учреждений по показателям научной деятельности

Ю. Н. Главчева, М. И. Главчев, О. В. Канищева, Г. А. Кучук

Предмет статьи – наукометрические данные информационно-аналитических систем. **Цель данной статьи** – провести анализ существующих методов оценки академических учреждений по показателям научной деятельности и, используя его результаты, предложить подход к составлению рейтинга академических учреждений на основе наукометрических данных информационно-аналитических систем Web of Science Core Collection и Scopus с учетом особенностей оцениваемых объектов. **Результаты.** Неотъемлемой частью современных методов оценки научной деятельности являются академические рейтинги. Их результаты используются учреждениями для управления качеством деятельности, на их основе академическая организация может получить определенные преференции как в финансировании, так и для студентов, аспирантов, научно-педагогических работников, академической репутации и др. Совершенствование методов оценки научной деятельности является актуальной задачей. Важно, чтобы рейтинговая оценка была объективной. При этом условии учреждение может запланировать проведение адекватных мер для улучшения качества образовательной и научной деятельности, то есть для обеспечения лучших показателей. В статье предлагается подход к составлению рейтинга академических учреждений на основе библиометрических методов с учетом их ограничений и особенностей оцениваемых объектов. **Выводы.** Предложенный подход обеспечивает увеличение информационной базы для исследования потоков документов; повышает объективность оценки за счет использования большего количества показателей; учитывает ограничения и недостатки библиометрических методов и особенности оцениваемых объектов. Подход на основе нормированного показателя может стать основой для общего рейтинга учреждений после доработки. Основными направлениями для доработки являются: обязательный учет количества сотрудников академического учреждения; расчет показателей на основе количества оригинальных публикаций.

Ключевые слова: академический рейтинг; h-индекс; библиометрические методы; наукометрическая база данных.

Development of the approach for ranking academic institutions based on scientific activity

Yu. Hlavcheva, M. Glavchev, O. Kanishcheva, H. Kuchuk

The subject of the paper is the scientometric data of information-analytical systems. **The purpose** of this paper is to analyze of existing methods for assessing academic institutions based on scientific activities and develop the approach to ranking the academic institutions using the science data of the Web of Science Core Collection (WoS CC) and Scopus, according to the peculiarities of the evaluated objects. **Results.** Academic rankings are an integral part of modern methods of evaluating scientific activity. Their results are used by agencies to manage the quality of activities, based on which the academic organization may receive certain preferences: funding, students, post-graduate students, research and teaching staff, academic reputation and others. Improving methods for assessing scientific activity is an urgent task. The rating assessment must be objective. On that condition, the institution may schedule appropriate measures to improve the quality of educational and scientific activities, which ensures better performance. The paper proposes the approach to the ranking of academic institutions based on bibliometric methods according to their limitations and peculiarities of the evaluated objects. **Conclusions.** The proposed approach provides an increase in the information base for the study of document flows; increases the objectivity of the assessment due to the use of more indicators; takes into account the limitations and disadvantages of bibliometric methods and features of the evaluated objects. The rationing approach metric can be the basis for the general institution rating after revision. The main areas for revision are mandatory accounting of the employee number of an academic institution; calculation of metrics based on the number of original publications.

Keywords: academic rating; h-index; bibliometric methods; scientific metrics.

UDC 621.391.26 **doi: 10.20998/2522-9052.2019.1.12**

V. Karlov[1], O. Kuznietsov[1], A. Artemenko[2], A. Karlov[1]

[1] Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine
[2] General Staff of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv, Ukraine

EVALUATION OF THE ACCURACY OF MEASURING THE RADIAL VELOCITY OF A TARGET WITH AN EXPONENTIAL AND ALTERNATING DECREASE IN PHASE CORRELATION OF THE BURST RADIO SIGNAL

The article deals with the estimation of the radial velocity when using a coherent burst of radio pulses as applied to the presence of correlated fluctuations of the initial phases in the radio pulses reflected from the target. The accuracy of the measurement of the burst frequency is evaluated for case of coordinated processing without taking into account the phase fluctuations. The signals at the input of the radar's receiver is an additive mixture of signals reflected from the targets, and uncorrelated Gaussian noise, that is the assumption of investigating. It is assumed, that the phase fluctuations of the received radio pulses bursts are distributed according to normal probability laws with zero mean, and correlations of phase fluctuations decrease with exponential or alternating, sign-variable laws by increasing interval between radio pulses within the bursts. This analysis makes it possible to determine the conditions under which the complication of the processing algorithm for this radar signal is considered justified.

Keywords: coherent pulse radar; burst of radio pulses; phase fluctuations; radial velocity; Gaussian noise; radar surveillance; optimization efficiency.

Introduction

Problem statement. The improvement and development of modern aerodynamic objects of radar observation causes an increase in the requirements for their means of detection and tracking.

The increase in maneuvering capabilities of targets and the ability of them perform assigned tasks at low altitudes with rounding of the terrain makes it necessary to estimate the derived distance to a target with different radars with the highest possible accuracy.

Determination of the radial velocity of the target during the primary processing of radar information is implemented in coherent-pulse radar, which use a coherent burst of radio pulses as a sounding signal. The degree of coherence of this burst determines the duration of its phase structure and as a consequence, the measure of radial velocity resolution and the accuracy of measurement of the radial velocity of an air object.

Real condition of propagation and reflection of a radar signal can significantly limit of its temporal coherence and the quality of its time-frequency processing. These conditions include the influence of atmospheric heterogeneities [1], the Doppler noise of a target [2], and the reflection of radio waves from the earth's surface with complex terrain relief [3].

Evaluation of a possible reduction in the accuracy of measuring the radial velocity of the target due to the phase fluctuations of the signal allows determining the conditions for expediency of its optimization.

Analysis of recent research and publications. A large amount of work is devoted to radar observation of targets and the measurement of their coordinates and motion parameters in difficult conditions.

The distortions of the phase structure of the radar signal have different origin.

Fluctuations of phase due to the presence of atmospheric in homogeneities and features of the use of radio systems in the conditions of their influence are described in the works [1, 4].

In addition, the target's complex form and the its ability to the implementation of a sudden maneuver, causes walk it radar center and, consequence, the appearance of phase distortion received signal and target's high-speed noise [1, 4]. If radar observation is implemented on the target of moving the small angles place, it is due to a lot of beams the spread of radar signal appear it additional phase distortion, which are considered in the [4, 5].

In modern coherent-pulse radars with digital processing, a coherent burst of radio pulses is used to provide radar observation of complex maneuvering targets. Therefore, it is of practical value to estimate the errors in measurement the radar velocity of a target depending on the statistical characteristics of the phase fluctuations of the radio pulses of a received burst.

The method of calculating the measurement error of a burst frequency resulting from the influence of phase fluctuations of its radio pulses is given in [6]. As shown in [7], the possible values of the measurement error of the radial velocity of the target, which appear due to phase distortion of the radio pulse burst, can exceed the allowable values for radars of different wavelength ranges.

The purpose of the article is to analysis the influence of the statistical characteristics of the fluctuations of the initial phases of radial pulses of a received coherent burst on the decrease in the accuracy of measuring the radial velocity of a target.

Main material

Evaluation of the radial velocity of the target is carried out according to the formula (1)

$$V_r = \left(\lambda / (4\pi)\right) \cdot \Omega, \qquad (1)$$

where $\Omega = 2\pi F_\partial$ – cyclic Doppler frequency shift; F_∂ – Doppler frequency; λ – wavelength radar signal. Below we obtain the dispersion formula for the total measurement error σ_Σ^2 for the rectangular burst of radio pulses.

© Karlov V., Kuznietsov O., Artemenko A., Karlov A., 2019

It is assumed that the received signal is the sum of the burst of radio pulses reflected from the target and the internal noise of the receiving device

$$y(t,\Omega) = x(t,\Omega) + n(t), \quad (2)$$

where $y(t,\Omega)$ - the realization of the a received fluctuation; $x(t,\Omega)$ - the realization of the useful signal; $n(t)$ - the realization of internal Gaussian noise.

A useful signal is a coherent burst of radio pulses with a random amplitude and initial phase, the complex amplitude of which is described by the expression

$$\dot{X}(t,\Omega) = b\sum_{i=1}^{n} \dot{X}_i(t,\Omega)\exp[j(\beta)], \quad (3)$$

where $\dot{X}_i(t,\Omega)$ - complex amplitude i-th radio pulse; b - random amplitude of the signal, distributed according to the Rayleigh law; β - random initial phase, distributed according to a uniform law; i - number of radio pulse, counted from the beginning of the burst; n - number of radio pulses in the burst.

In [1] it is noted that the likelihood ratio for a coherent signal with uniformly distributed random initial phase and random amplitude, distributed according to the Rayleigh law, as a result of statistical averaging over random parameters b and β has the form

$$\ell(\Omega) = \frac{1}{1+q^2/2}\exp\frac{q^2/2}{2\left(1+q^2/2\right)}\left|Z_н(\Omega)\right|^2, \quad (4)$$

where q^2 – signal-to-noise ratio in power; $\left|Z_н(\Omega)\right|^2$ - the square of the module of the complex weight integral as a function of the measured parameter.

Under regular measurement conditions ($q^2 >> 1$), fairness is equality

$$\left|Z_н(\Omega)\right| = \left|Z_н(\vec{\Phi}_c, \vec{\Phi}_o)\right| \approx q\rho(\vec{\Phi}_c\vec{\Phi}_o) = q\rho(\Omega), \quad (5)$$

where $\vec{\Phi}_c = \left\|\Phi_{ci}\right\|^T$ $(i = 1,\ 2,...,\ n)$ – vector of observed values of the initial phases of the radio pulses; $\vec{\Phi}_o = \left\|\Phi_{oi}\right\|^T$ - vector of expected values of the initial phases of the radio pulses; $\rho(\vec{\Phi}_c, \vec{\Phi}_o) = \rho(\Omega)$ - normalized mismatch function for the initial phase of the observed and expected radio signals.

The likelihood ratio takes the form ($q^2 >> 1$)

$$\ell(\Omega) \approx \frac{2}{q^2}\exp\frac{q^2\rho^2(\Omega)}{2}. \quad (6)$$

As shown in [6], in the case of coherent radio pulse burst with a constant period of repetition, the square of the normalized mismatch frequency function is described by the expression

$$\rho^2(\Omega) = 1 - \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\xi_i\xi_j(\Phi_i - \Phi_j)^2 -$$

$$-\frac{1}{2}T^2\Omega^2\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\xi_i\xi_j(i-j)^2 +$$

$$+T\Omega\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\xi_i\xi_j(i-j)(\Phi_i - \Phi_j), \quad (7)$$

where $\Omega = \omega - \omega_0$ - mismatch between the expected ω and the observed ω_0 cyclic frequencies of the burst radio pulses; i, j - numbers of pulses, counted from the beginning of the burst; Φ_i, Φ_j - observed values of the initial phase of the i-th and j-th radio pulses, respectively; $\xi_i = \frac{Z_i}{Z_\Sigma}$; $Z_i = \frac{1}{2}\left|\int_{-\infty}^{\infty}\dot{Y}_i(t)\dot{X}_i^*(t)dt\right|$ - module of the signal part of the complex correlation integral of the i-th radio pulse; $\dot{Y}_i(t)$ - complex envelope of the received i-th radio pulse; $\dot{X}_i^*(t)$ - complex conjugate reference envelope when processing the i-th radio pulse; $Z_\Sigma = \sum_{i=1}^{n} Z_i$; T - period following the radio pulse of the burst.

According to [1], it is determined that the estimation of the Doppler shift of the frequency of the radio pulse burst can be carried out by finding the argument of the maximum natural logarithm of the likelihood ratio (6)

$$\hat{\Omega} = \arg\max \ln \ell(\Omega). \quad (8)$$

For a symmetric amplitude distribution of radio pulses in burst $\xi_i = \xi_{n+1-i}$, substituting expression (7) into expression (6), logarithmizing and leaving only the terms dependent on the measured parameters, we obtain an expression for sufficient statistics

$$S(\Omega) = -\frac{q^2}{2}\{\frac{T^2}{2}\Omega^2\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\xi_i\xi_j(i-j)^2 -$$

$$-T\Omega\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\xi_i\xi_k(i-j)(\Phi_i - \Phi_j)\}. \quad (9)$$

The estimation and dispersion of the error estimate of the frequency of the burst of radio pulses are obtained according to the method of maximum likelihood ratio [1] according to the expressions:

$$\frac{dS(\Omega)}{d\Omega} = 0 \text{ provided } \Omega = \hat{\Omega}, \quad (10)$$

$$\frac{1}{\sigma_\Omega^2} = -\frac{d^2\ln\ell(\Omega)}{d\Omega^2} = -\frac{d^2S(\Omega)}{d\Omega^2} \text{ provided } \Omega = \hat{\Omega}, \quad (11)$$

where $\ln\ell(\Omega)$ - natural logarithm of the likelihood ratio (6) or its sufficient statistic $S(\Omega)$; $\hat{\Omega}$ – evaluation of the frequency of the radio pulse burst.

After a single and double differentiation of the measured parameter of sufficient statistics (9), we obtain the estimate and dispersion of the frequency estimation error in the following form

$$\hat{\Omega} = \sum_{j=1}^{m} \xi_j (2j-1) R_j \Big/ T \sum_{j=1}^{m} \xi_j (2j-1)^2 , \quad (12)$$

$$\frac{1}{\sigma_\Omega^2} = \frac{q^2 T^2}{2} \sum_{j=1}^{m} \xi_j (2j-1)^2 , \quad (13)$$

where R_j - difference of the initial phases of the j-th symmetric pair of radio pulses; m – number of pairs of radio pulses symmetrical about the center of the burst.

If the burst of radio pulses has a rectangular envelope ($\xi_i = 1/n$), expressions (12) and (13) can be converted to a form

$$\hat{\Omega} = \frac{3}{m(4m^2-1)T} \sum_{j=1}^{m} (2j-1) R_j , \quad (14)$$

$$\frac{1}{\sigma_\Omega^2} = \frac{q^2 (4m^2-1)}{12} T^2 . \quad (15)$$

Random frequency measurement error due to fluctuations of the initial phases of the burst pulses can be represented by an expression

$$\Delta\Omega = \frac{3}{m(4m^2-1)T} \sum_{j=1}^{m} (2j-1) \Delta R_j , \quad (16)$$

where ΔR_j - fluctuations of the initial phases difference of the j-th symmetric pair of radio pulses.

The dispersion of this error is determined by the expression

$$\sigma_{\Omega фл}^2 = \frac{9}{m^2 (4m^2-1)^2 T^2} \left\langle [\sum_{j=1}^{m} (2j-1) \Delta R_j]^2 \right\rangle , \quad (17)$$

where $\langle\ \rangle$ - operation of statistical averaging.

The dispersion of the overall measurement error of the frequency of the burst of radio pulses is determined by the sum of the error dispersion σ_Ω^2 due to the influence of the receiver's internal noise (15) and the error dispersion $\sigma_{\Omega фл}^2$ caused by the phase fluctuations of the burst's radio pulses (17)

$$\sigma_\Sigma^2 = \sigma_\Omega^2 + \sigma_{\Omega фл}^2 . \quad (18)$$

It is believed that the phase fluctuations of the radio pulses of the received burst are distributed according to the normal low with zero mean, and the correlation of the phase fluctuations of the neighboring radio pulses of the burst decreases exponentially and alternatingly [1].

In this case, the correlation matrix of phase fluctuations has the form [8–11]:

$$K_\varphi = \left\| \sigma_\varphi^2 a^{|i-j|} \right\| \quad i, j \in 1,\ 2, ..., n, \quad (19)$$

where σ_φ^2 - dispersion of phase fluctuations; a - correlation coefficient of the phase fluctuations of neighboring radio pulses of the burst; i and j - numbers of radio pulses of the burst.

In Fig. 1 shows that with positive values a, with an increase in the interval between the radio pulses of a burst, correlation decreases according to the exponential law, and with negative values a – according to an alternating sign.

The results of the experiment to determine the statistical characteristics of radar signals reflected from local objects outside the line of sign when radio waves propagate over the sea are shown in [12].

The obtained histograms of the distribution of the initial phase of the reflected signal of the 35D6D radar are fitted with a curve corresponding to the normal distribution, and the normalized correlation function has an oscillating character.

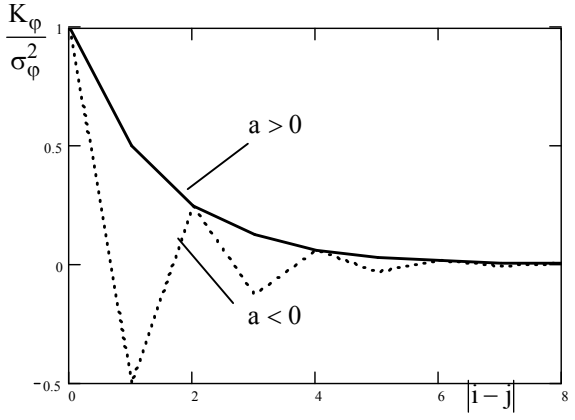


Fig. 1. The laws of change in the correlation of phase fluctuations

The realization of statistical averaging (17) allows us to obtain the expression for the dispersion of the total measurement error of the frequency of a burst of radio pulses with an exponential decrease in phase correlation

$$\sigma_\Sigma^2 = \frac{12}{q^2 T^2 (4m^2-1)} + \frac{18\sigma_\varphi{}^2}{m^2 T^2 (4m^2-1)^2} \times$$

$$\times [\sum_{k=1}^{m} (2k-1)^2 (1 - a^{(2k-1)}) +$$

$$+ 2 \sum_{k=1}^{m-1} \sum_{i=1}^{m-k} a^i (2k-1)(2k+2i-1)(1 - a^{(2k-1)})] . \quad (20)$$

According to (17), the expression of the dispersion of the total measurement error of the frequency of a burst of radio pulses with an alternating law of decreasing phase correlation is

$$\sigma_\Sigma^2 = \frac{12}{q^2 T^2 (4m^2-1)} + \frac{18\sigma_\varphi{}^2}{m^2 T^2 (4m^2-1)^2} \times$$

$$\times[\sum_{k=1}^{m}(2k-1)^2(1-(-a)^{(2k-1)})+2\times$$

$$\times\sum_{k=1}^{m-1}\sum_{i=1}^{m-k}(-a)^i(2k-1)(2k+2i-1)(1-(-a)^{(2k-1)})]. \quad (21)$$

Fig. 2 shows the graphs of the square multiplication of the total error of measuring of the frequency of a burst of ten radio pulses and their repetition period $(\sigma_\Sigma T)^2$ from the signal-to-noise ratio of power q^2 at an exponential (Fig. 2, a) and alternating (Fig. 2, b) laws of decreasing their correlation.

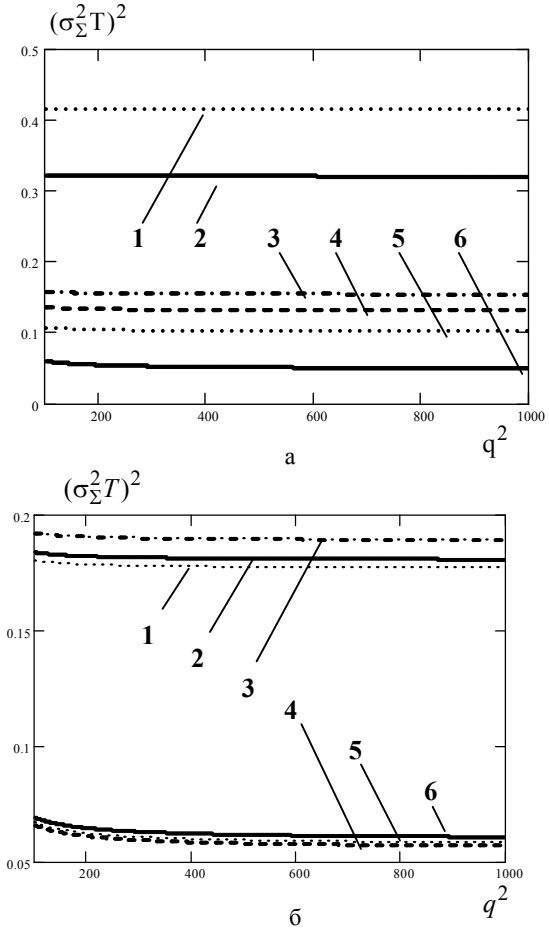


Fig. 2. Dispersion of measurement error of the frequency of the radio pulse burst

Graphs are obtained for the following conditions:

1 – a=0,9, $\sigma_\varphi^2 = 10\ \ Rad^2$;

2 – a=0,95, $\sigma_\varphi^2 = 10\ \ Rad^2$;

3 – a=0,99, $\sigma_\varphi^2 = 10\ \ Rad^2$;

4 – a=0,9, $\sigma_\varphi^2 = 1\ \ Rad^2$;

5 – a=0,95, $\sigma_\varphi^2 = 1\ \ Rad^2$;

6 – a=0,99, $\sigma_\varphi^2 = 1\ \ Rad^2$.

The results are shown in Fig. 2 show that under condition of a regular measurement ($q^2 >> 1$), the accuracy of measuring the frequency of a burst of radio pulses is much more affected by the statistical characteristics of phase fluctuations than the signal-to-noise ratio.

With a significant effect of phase fluctuations ($\sigma_\varphi^2 = 1...10\ \ Rad^2$, $a = 0,99...0,9$), dispersion of the measurement error of the burst frequency can increase by a value from units to several dozen times as compared with a case of the absence of the influence of phase fluctuations.

With the exponential law of decreasing phase correlation, the influence of the values of the dispersion and coefficient of interpulse correlation of phase fluctuations is equally significant. In the case of the alternating law of decreasing phase correlation, the accuracy of the measurement of the frequency of the burst is much more affected by the dispersion than the interpulse correlation coefficient of the phase fluctuations. Thus, it is necessary to take into account the random phase distortions of the radar signal arising due to the influence of the real conditions of the radar functioning in the algorithms of its time-frequency processing.

Conclusions

The influence of the real conditions of the radar observation of the leads to the appearance of fluctuations of the initial phases of the radio pulses of the received burst. The accuracy of measuring of the target's radial velocity significantly depends on the statistical characteristics of phase fluctuations, the values of which determine the conditions for optimizing the time-frequency processing of the radar signal.

REFERENCES

1. Shirman D. (1999), *Radioelectronic systems. Basics of construction and theory*, Z.A.O. MACVIS, Moscow, 828 p.
2. Karlov, V.D., Leonov, I.G., Prisyazhnyy, A.E. and Lukovsky O.Ya. (2006), "Detection of aerodynamic targets in the conditions of noise and passive interference with a wide Doppler spectrum", *Information Processing Systems*, KhUPS, Kharkiv, No. 9 (58), pp. 34–36.
3. Karlov, V.D., Minervin, N.N., Petrushenko, N.N. and Lukashuk E.V. (2008), "The effect of the irregularities in the relief of the position of the radar station on the effectiveness of the suppression of external interference at the location of surface targets", *Control navigation and communication systems*, No. 4 (8), pp. 34–36.
4. Petrushenko, M.M. (2009), "Peculiarities of application of radio systems of the Air Forces in unstable meteorological conditions and natural meteorological phenomena", *Control navigation and communication systems*, No. 2 (10), pp. 54–57.
5. Karlov, V.D., Minervin, N.N., Petrushenko, N.N., Lukashuk, E.V. and Lukovsky O.Ya. (2008), "Influence of fluctuations of the front of an interfering wave on the efficiency of its suppression by a correlation compensator in radio engineering systems of coastal basing", *Information Processing Systems*, KhUPS, Kharkiv, No. 7 (74), pp. 87-93.
6. Minervin, M.M. and Kuznetsov, O.L. (2001), "Errors of measurement of the radial velocity and radial acceleration of the target, due to the neglect of fluctuations of the phases of the pulses of a pack", *Aviation Technologies and Technologies*, No. 3 (9), pp. 116–118.

7. Minervin, M.M., Kuznetsov, O.L. and Tarshin V.A. (2006), “Limiting the accuracy of measuring the radial velocity of the target due to the conditions of propagation, reflection and processing of the radar signal”, *Collection of scientific works of Kharkiv University of Air Forces*, KhUPS, Kharkiv, No. 3 (9), pp. 116–118.
8. Karlov, V.D., Kuznetsov, O.L. and Artemenko A.M. (2018), “Statement of the problem of optimal estimation of the radial velocity of the target, taking into account the correlated fluctuations of the initial phases of the radio pulses of the adopted bundle”, *Collection of scientific works of Kharkiv University of Air Forces*, KhUPS, Kharkiv, No. 3 (57), pp. 115–121.
9. Dhivakar, B., Saravanan, S.V., Sivaram, M. and Krishnan R.A. (2012), “Statistical Score Calculation of Information Retrieval Systems using Data Fusion Technique”, *Computer Science and Engineering*, Vol. 2, Issue 5, pp.43-45, DOI: http://doi.org/10.5923/j.computer.20120205.01
10. Sivaram, M., Yuvaraj, D., Amin Salih, Mohammed, Porkodi, V. and Manikandan V. (2018), “The Real Problem Through a Selection Making an Algorithm that Minimizes the Computational Complexity”, *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, Vol. 8, Iss. 2, 2018, pp. 95-100.
11. Ruban, I., Kuchuk, H. and Kovalenko A. (2017), “Redistribution of base stations load in mobile communication networks”, *Innovative technologies and scientific solutions for industries*, No. 1 (1), pp. 75–81, DOI : http://doi.org/10.30837/2522-9818.2017.1.075
12. Karlov, V.D., Rodjukov, A.O. and Pichugin I.M. (2015), “Statistical characteristics of radar signals reflected from local objects in conditions of abnormal refraction”, *Science and technology of the Air Forces of the Armed Forces of Ukraine*, KhUPS, Kharkiv, No. 4 (21), pp. 71–74.

Received (Надійшла) 10.12.2018
Accepted for publication (Прийнята до друку) 13.02.2019

Оцінювання точності вимірювання радіальної швидкості цілі при експоненційному і знакозмінному убуванні кореляції фази пачкового радіосигналу

В. Д. Карлов, О. Л. Кузнєцов, А. М. Артеменко, А. Д. Карлов

Удосконалення та розвиток сучасних аеродинамічних об'єктів радіолокаційного спостереження викликає збільшення вимог до їх засобів виявлення та відстеження. Збільшення маневруючих можливостей мішеней і здатність їх виконувати поставлені завдання на малих висотах з округленням місцевості обумовлює необхідність оцінки отриманої відстані до мети з різними радарами з максимально високою точністю. Визначення радіальної швидкості мішені при первинній обробці радіолокаційної інформації здійснюється в когерентно-імпульсному радіолокаторі, який використовує когерентний викид радіоімпульсів в якості звукового сигналу. Ступінь когерентності цього вибуху визначає тривалість його фазової структури і, як наслідок, міру дозволу радіальної швидкості і точність вимірювання радіальної швидкості повітряного об'єкта. **Метою статті** є аналіз впливу статистичних характеристик флуктуацій початкових фаз радіальних імпульсів отриманого когерентного вибуху на зниження точності вимірювання радіальної швидкості мішені. **Результати.** У статті розглядаються питання оцінювання радіальної швидкості при використанні когерентної пачки радіоімпульсів стосовно випадку наявності у відбитих від цілі радіоімпульсах корельованих флуктуацій початкових фаз. Оцінюється точність вимірювання частоти пачки для випадку узгодженої обробки без врахування фазових флуктуацій її радіоімпульсів. Розгляд проводиться у припущенні, що на вхід приймального пристрою РЛС надходить адитивна суміш відбитих від цілей сигналів й некорельованого гаусівського шуму. Вважається, що фазові флуктуації радіоімпульсів прийнятої пачки розподілені за нормальним законом з нульовим середнім, а кореляція фазових флуктуацій зі збільшенням інтервалу між радіоімпульсами пачки убуває за експоненціальним або знакозмінним законами. Наведений аналіз дозволяє визначити умови, при яких ускладнення алгоритму обробки даного радіолокаційного сигналу вважається виправданим. **Висновки.** В результаті досліджень визначено, що вплив реальних умов радіолокаційного спостереження призводить до появи флуктуацій початкових фаз радіоімпульсів повторного спалаху. Точність вимірювання радіальної швидкості мішені значно залежить від статистичних характеристик фазових коливань, значення яких визначають умови оптимізації частотно-часової обробки радіолокаційного сигналу.

Ключові слова: когерентно-імпульсна РЛС; пачка радіоімпульсів; фазові флуктуації; радіальна швидкість; гаусівський шум; радіолокаційне спостереження; ефективність оптимізації.

Оценивание точности измерения радиальной скорости цели при экспоненциальном и знакопеременном убывании корреляции фазы пачечного радиосигнала

В. Д. Карлов, А. Л. Кузнецов, А. Н. Артеменко, А. Д. Карлов

Целью статьи является анализ влияния статистических характеристик флуктуаций начальных фаз радиальных импульсов полученного когерентного взрыва на снижение точности измерения радиальной скорости мишени. **Результаты.** В статье рассматриваются вопросы оценивания радиальной скорости при использовании когерентной пачки радиоимпульсов применительно к случаю наличия в отраженных от цели радиоимпульсах коррелированных флуктуаций начальных фаз. Оценивается точность измерения частоты пачки для случая согласованной обработки без учета фазовых флуктуаций. Рассмотрение проводится в предположении, что на вход приемного устройства РЛС поступает аддитивная смесь отраженных от целей сигналов и некоррелированного гауссовского шума. Предполагается, что фазовые флуктуации радиоимпульсов принятой пачки распределены по нормальному закону с нулевым средним, а корреляция фазовых флуктуаций с увеличением интервала между радиоимпульсами пачки убывает по экспоненциальному или знакопеременному законам. Приведенный анализ позволяет определить условия, при которых усложнение алгоритма обработки данного радиолокационного сигнала считается оправданным. **Выводы.** В результате исследований установлено, что влияние реальных условий радиолокационного наблюдения приводит к появлению флуктуаций начальных фаз радиоимпульсов повторного возгорания.

Ключевые слова: когерентно-импульсная РЛС; пачка радиоимпульсов; фазовые флуктуации; радиальная скорость; гауссовский шум; радиолокационное наблюдение; эффективность оптимизации.

UDC 629.076:623.426 **doi: 10.20998/2522-9052.2019.1.13**

A. Kovtun, V. Tabunenko

National Academy of the National Guard of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

DETERMINATION OF RELIABILITY INDICATORS OF COMPLEX ELEMENTS OF ROCKET COMPLEXES IN TRANSPORTATION OF ROCKETS

Under the missile system (MS) it is understood that the totality of the functional and technologically interconnected missiles of a particular type, technical means and facilities intended to maintain their readiness for use, launching missiles, controlling their flight, and performing other tasks (for example, protecting a missile from the impact of the attacking factors enemy weapons). The main properties of LWR are survivability, combat readiness, effectiveness of the action on the target, ability to overcome the enemy's resistance, reliability, manageability, reach. The property of the Republic of Kazakhstan as a whole and its constituent parts separately keep in time the ability to perform functions in accordance with the intended use under the specified modes and conditions of operation (at application, maintenance, storage, transportation). The paper considers the concept of reliability of MS, whose increase is considered one of the important tasks. One of the most important indicators of reliability during operation of the LWR is to ensure the mechanical preservation of their component parts. It is understood that the preservation is understood as the ability to preserve the specified mechanical properties, in particular, during and after transportation. In the process of transporting a rocket, its structure is exposed to various external forces that vary in magnitude and time. During operational loads, there is a process of complex interaction of external force factors. Estimated and experimental studies of the effect of actual operational loads on a launcher with a rocket (LWR) present considerable difficulties, especially considering the dynamics of loads. Apart from this, on the PUs there are striking factors, due to the use of weapons by the enemy. These effects can cause damage and failure as separate elements of the LWR and the product as a whole. The use of LWR constantly requires the solution of specific tasks to ensure the mechanical safety of structures, for the solution of which developed new methods. There are differences between the results obtained to ensure the mechanical safety of the components of the MS and the real results obtained on the basis of existing methods. However, the level of development of the means of defeating the enemy, mechanical safety of the components of the LWR, under the influence of vibration and shock loads, is not ensured. In the considered woMS, it is proposed to evaluate the reliability of the launcher with the rocket during the transportation process with a complex indicator - the coefficient of operational readiness of the launcher with the rocket. The given mathematical model of determining the coefficient of operational readiness of the launcher with the rocket during the transport of the rocket.

Keywords: reliability; rocket complex; launcher; reliability; reparability; safety; indicators; mathematical model.

Introduction

One of the components of combat readiness of missile systems (MS) is their reliability. Increasing the reliability of the components of the LWR is one of the most important challenges faced by developers, manufacturers and specialists using rocket technology. In conditions of conducting military operations, increasing the reliability of the MS, ensures the success of the tasks.

The impact of reliability on the combat capability of the MS is such that the number of launchers (L) and missiles required for the combat task is inversely proportional to their reliability. Increasing the reliability of MS by 1% leads to an increase in the number of combat heads delivered by missiles to targets by 15-17 units, which allows you to hit the same amount of additional enemy objects [1, 2].

One of the most important indicators of reliability during the operation of the MS is to ensure the mechanical safety of their constituent parts (preservation - the ability to maintain the specified mechanical properties, in particular, during and after transportation). In the process of transporting a rocket, its design is subjected to the influence of various external force factors, varying in size and time. In the general case of operating load there is a process of complex interaction of external force factors. Estimated and experimental studies of the impact of real operational loads on missile launcher (LWR) present considerable difficulties, especially given the dynamics of loads. In addition, on the LWR there are impressive factors used by the enemy of the weapon. These influences can be the cause of damage and failure as separate elements of the LWR and the product as a whole [1].

Formulation of the problem

The practice of the use of MS constantly requires the solution of specific problems of mechanical preservation of structures, for the solution of which developed new methods. However, there has recently been a discrepancy between the required results, which correspond to the current level of development of scientific methods for ensuring the mechanical preservation of the components and real results obtained on the basis of existing methods.

For example, during the transport of missiles, in the course of providing combat operations, the peak values of transverse overloads of missiles can reach values of 4, with the maximum permissible value of overload of the constituent parts of the LWR-2 [2]; the likelihood of a defeat of the LWR with an increase in the time of its occurrence under bombardment increases in (1,5-2 times) [3]. Thus, taking into account modern approaches to the methods of fighting and the level of development of the means of defeating the enemy, the mechanical safety of the components of the LWR, under the influence of vibration and shock loads, is not ensured.

© Kovtun A., Tabunenko V., 2019

Analysis of recent research and publications

The scientific basis of studies of the level of reliability of components of the MS to the tasks is: the theory of the effectiveness of military equipment, the technical operation of machines, the theory of reliability of products, the theory of probabilities and mathematical statistics. The main dependencies used in determining the level of reliability of the components of the MS are given in [1, 2]. Proposals for assessing the reliability and readiness of modern equipment products are given in [4 -12]. In [6] analytical dependencies of the factors of serviceability and combat readiness of armaments and military equipment were developed.

Since the methods of reliability theory and methods of reliability are applied in various fields of science and practice, then the literature on reliability is quite diverse.

There is enough educational, monographic and reference literature on reliability.

The most complete reliability issue is presented in the ten-volume manual [4].

This guide presents methodological aspects of the reliability of technical products, calculation and organizational methods for ensuring the reliability of products at different stages of their life cycle, starting with the designers design before the aging and decommissioning techniques. The main document, which lists the systems of reliability standards, is DSTU 2860 - 94 "Reliability of technology. Terms and definitions."

However, in certain dependencies and data are not given on the generalized assessment of the existing level of reliability of the components of the MS and the determination of the required level of reliability of perspective complexes.

The purpose of the article is to obtain an addiction to assess the level of reliability of the elements of the MS in the performance of tasks for the purpose and determine the effect on it of individual properties.

Presenting main material

Maintaining a given level of reliability of the constituent elements of the MS remains the most important task that is solved during their exploitation. The solution to this problem is complicated by the fact that MS is a complex technical system consisting of tens of thousands of elements that function during significant time periods in tense modes.

The need to maintain a high level of reliability of the MS also follows from the fact that these complexes are weapons that are in constant high combat readiness. Frequent carrying out on restoration of reliability of complexes, which are on combat duty, leads to a significant reduction of combat readiness of the grouping.

The level of reliability of the complex significantly affects other indicators of its operation. Increasing the level of reliability of the components of the complex reduces the labor costs and the number of personnel of units supporting the combat readiness of the complex, reduces the required amount of spare parts.

Reliability indicators are known to be probabilistic. This is due to reasons that can be divided into two groups.

The first group includes the reasons caused by the instability of the properties of elements and systems of components of rocket complexes due to the heterogeneity of the source materials, the instability of the technological processes of their production, and others.

The second group includes reasons caused by the accidental nature of the conditions of exploitation and military use of the MS.

In terms of the reliability of the functioning of the MS, the complex, in general, should consistently perform the following functions, with the necessary level of reliability, [1]:

- maintenance of the missile complex in the specified degree of readiness for combat use during the specified term of its operation t_e. The probability of finding a MS, at the moment of giving the command to the launch, in the state of readiness for combat application, is estimated by the coefficient of readiness of the K_G;

- preparation for start-up after receiving the command and launching the missile at the set time t_p. Probability of the preparation and launch of the rocket $P_(t_p)$ characterizes the reliability of systems and elements of the *MS* during the period t_p - from the moment the command is presented to the launch of the launch rocket from the launching station;

- a rocket flight. The probability of a successful flight of a rocket $R(t_{pr})$ characterizes the reliability of systems and elements of the LWR during the time t_{pr} - from the moment the missile launches from the launch vehicle to the delivery of the warhead to the target.

To assess the degree of performance of the MS of the above functions, a generalized reliability indicator is used, which implies the probability of a successful delivery with the given accuracy of the warhead to the target when the command is received for launch at any time of operation of the complex.

At the stage of operation of the complex its reliability is reduced due to the degradation of the properties of systems under the influence of operational factors. Reliability of the MS can be maintained through constant monitoring, control periodic inspections and regulatory works.

Thus, the reliability of the MS depends on the circuit design features of its systems, the quality of the components and characteristics of the operation process.

It is proposed to assess the reliability of the launcher with the missile in the process of transportation by a complex indicator - the readiness factor of the launcher with the K_{OGLWR} rocket, which is defined as follows:

$$K_{OGLWR} = K_{OGPU} \cdot K_{OGR}, \quad (1)$$

where K_{OGPU} - coefficient of operational readiness of the launcher; K_{OGR} - coefficient of operational readiness of the rocket.

The readiness factor is the probability that a rocket launcher will be in a state of combat at any one time, except for scheduled periods, when the use of the object is not foreseen, and starting from this moment, will work without fail for a given period *t* [13].

The operational readiness rate of the K_{OGPU} launcher is determined as follows:

$$K_{OGPU} = K_{OLS} \cdot P_{ffo}(t), \quad (2)$$

where K_{OLS} - coefficient of readiness of the launching station; $P_{ffo}(t)$ is the probability of failure-free operation, the probability that within the set time t does not occur the failure of the launcher.

$$P_{ffo}(t) = 1 - P_{VPU}(t), \quad (3)$$

where $P_{VPU}(t)$ - the probability of failure of the launcher.

$$P_{VPU}(t) = P_1 + P_2 - P_1 \cdot P_2, \quad (4)$$

where P_1 - is the probability of forecasted missile failures; P_2 - probability of non-predicted missile failures (battle damage).

For a period of normal operation, a fair exponential law of reliability [13]:

$$P_B(t) = 1 - e^{-\int_0^t \lambda(t)dt} = 1 - e^{-\lambda t}, \ \lambda = const, \quad (5)$$

where $\lambda(t)$ is the intensity of the failures.

The readiness factor for the K_{SSU} - launcher is the probability that the launcher will be in an operational state at any time, except for scheduled periods during which the use of the launch vehicle is not foreseen.

From this definition it turns out that the readiness factor characterizes the readiness of the launcher for its intended use only in relation to its combat capability and it means the probability that the launching device will be able to be in an operational state at any given time, and this time moment can not be selected at intervals where the application of the launcher is excluded.

The value of K_{OGPU} corresponds to a given interval of the time of operation of the launcher, with the increase of which the coefficient of operational readiness monotonously decreases. Therefore, taking into account the coefficient of operational readiness, one can determine the average number of operational launchers before the end of the operation (period t) $M_{SPR_{ko}}(t)$:

$$M_{SPR_{ko}}(t) = K_{OGPU}(t) \cdot M_{SPR_{PO}}, \quad (6)$$

where $M_{SPR_{PO}}$ - the number of able-bodied launchers at the beginning of the operation.

Taking into account the average speed of the launcher, depending on the category of conditions of its operation, this formula can be written down through the mileage in km:

$$M_{SPR_{ko}}(L) = K_{OGPU}(L) \cdot M_{SPR_{PO}}, \quad (7)$$

where L – mileage km.

Adoption of a mathematical model:

- for new LWR *P(L)=1 where L = 0*;
- during the warranty period $P(L) = 1$.
- $\text{Lim}_{L \to \infty} P(L) = 0$,
- $dP(L) / dL \le 0$,

Initial conditions:

$$L = 0 \quad P(L) = 1; \ L_B \le L_0. \quad (8)$$

Charts of the dependence K_{OGPU} for launchers at various operating conditions from run *L*, are represented on Fig. 1.

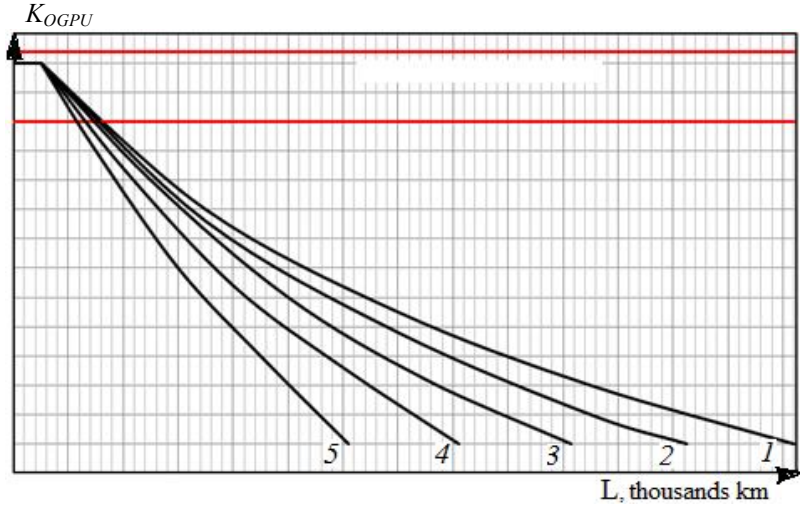


Fig. 1. Chart of the change of the K_{OGPU} from *L* to launchers in different categories of operating conditions

Probabilities of non-predicted missile failures – P_2 related to the use of an enemy weapon.

Probability of not impressing launchers without taking into account the time spent in the zone of fire, is determined by the dependence [3]:

$$P_2 = 1 - P_G, \quad (9)$$

$$P_G = e^{-\lambda^* S}, \quad (10)$$

where e^{λ^*} – the distribution density of the field of fragments, units/m^2; S – the projection area of the target in a fragmentary field, m^2.

The probability of not impressing the P_G launchers, taking into account the time spent in the zone of fire and the moment of its detection, is determined by the expression [3]:

$$P_G(t) = \frac{1}{p \cdot \lambda \cdot t}\left[1 - e^{-p \cdot \lambda \cdot t}\right], \quad (11)$$

where λ – the number of shots per target in time t = t*-T, hours; t^* – time of the launcher in the area of fire, hours; T – time of detection of launcher, hours; p – is the probability of reaching the target.

Coefficient of operational readiness of the K_{OGR} missile is determined as follows:

$$K_{OGR} = K_{GR} \cdot P_{BR}(t), \quad (12)$$

where K_{GR} - rocket readiness factor; $P_{BR}(t)$ - the probability of failure-free operation - the probability that within the specified time ***t*** will not occur missile failure.

$$P_{BR}(t) = 1 - P_{VR}(t), \quad (13)$$

where $P_{VR}(t)$ - probability of missile failure;

$$P_{BP}(t) = P_{1R} + P_{2R} - P_{1R} \cdot P_{2R}, \quad (14)$$

where $P_{1R}(t)$ – the probability of missile failures during the forecasting; $P_{2R}(t)$ is the probability of missile failures that are not predicted.

The probability of missile failures in the predicted transport - $P_{1R}(t)$ is determined as follows:

$$P_{1R}(t) = 1 - P_{B1R}(t), \quad (15)$$

$$P_{B1R}(t) = 1, \quad \text{where} \quad n_i \le n_{per},$$

$$P_{B1R}(t) = 1 - e^{-n_{per}/n_i}, \quad \text{where} \quad n_i \succ n_{per},$$

$$n = n_i - n_{per},$$

where $\boldsymbol{n_i}$ – the number of bends (fluctuations) of the rocket during transportation; $\boldsymbol{n_{per}}$ – average permissible number of bends (fluctuations) of the rocket during transportation.

The probability of missiles failing during transportation that is not predicted - $P_{2P}(t)$ is determined by the expressions (9 - 11).

A comprehensive indicator K_{OGLWR}, which is determined by the formula (1), estimates comprehensive assessment of the reliability of the launcher with a rocket in the transport process.

Conclusions

1. An approach for quantitative assessment of the reliability of component elements of the MS during the transport of missiles is proposed. The obtained dependencies allow us to estimate the level of reliability of the component elements LWR, as a component of the readiness of the MS to perform tasks.

2. Dependencies for assessing the reliability of the elements MS make it possible to determine the effect on it of individual properties and to identify ways to ensure a high level of reliability of the elements MS during the development of requirements for modern missile technology samples.

References

1. Volkov, E.B., Prokudin, A.I. and Shishkin, Yu.N. (1990), *Technical bases of efficiency of rocket systems,* Mechanical Engineering, Moscow, 254 p.
2. Gladkyy, V.F. (1975), *Strength, vibration and reliability of the structure of the aircraft*, Nauka, Moscow, 454 p.
3. Ventzel, E.S. (1973), *Probability Theory*, Nauka, Moscow, 368 p.
4. Avduyevskiy V.S. (1986), *Reliability and efficiency in the technique*, Vol. 1 – Methodology. Organization Terminology, Mashinostroenie, Moscow, 224 p.
5. Kurenkov, V.I. and Volotsev V.V. (2010), *Reliability of products and systems of rocket and space technology*, Samara State Aerospace University named after Academician SP Queen, Samara, 55 p.
6. Kuznetsov, A.A. (1978), *Reliability of ballistic missile structures*, Mechanical Engineering, Moscow, 256 p.
7. Kurenkov, V.I. (1998), *Methods for calculating the reliability of spacecraft: a summary of lectures*, SGAU, Samara, 80 p.
8. Chapkov, I.B., Borokhvostov, I.V., Borokhvostov, V.K. and Rusevich A.O. (2014), "Problems of technical equipment of the Armed Forces of Ukraine and ways of their solution in modern conditions", *Science and defense*, No. 3, pp. 43–50.
9. Dhivakar, B., Saravanan, S.V., Sivaram, M. and Krishnan R.A. (2012), "Statistical Score Calculation of Information Retrieval Systems using Data Fusion Technique", *Computer Science and Engineering*, Vol. 2, Issue 5, pp.43-45, DOI: http://doi.org/10.5923/j.computer.20120205.01
10. Sivaram, M., Yuvaraj, D., Amin Salih, Mohammed, Porkodi, V. and Manikandan V. (2018), "The Real Problem Through a Selection Making an Algorithm that Minimizes the Computational Complexity", *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, Vol. 8, Iss. 2, 2018, pp. 95-100.
11. Chapkov, I.B. Borokhvostov, V.K., Riabets, A.M. and Borokhovostov I.V. (2015), "Technical re-equipment of the Armed Forces of Ukraine: possible variants and approximate cost", *Science and defense*, No. 1, pp. 20–24.
12. Ruban, I., Kuchuk, H. and Kovalenko A. (2017), "Redistribution of base stations load in mobile communication networks", *Innovative technologies and scientific solutions for industries*, No 1 (1), pp. 75–81, DOI : https://doi.org/10.30837/2522-9818.2017.1.075.
13. Shirokorad, A.B. (2003), *Encyclopedia of domestic rocket weapons 1918-2002*, Harvest, Minsk, 544 p.
14. Borisov, E.G. (2013), *High-precision weapon and fight against it*, Lan, Moscow, 496 p.
15. Karpov, I.A. (2009), "Priorities for the development of high-precision weapons", *Military parade*, Vol. 25, No. 5, pp. 22–24.
16. Kharchenko, V.C., Batukov, A.P. and Lysenko I.V. (1997), *The theory of reliability and survivability of elements and systems of aircraft complexes*, HVU, Kharkiv, 403 p.

Received (Надійшла) 15.01.2019
Accepted for publication (Прийнята до друку) 13.03.2019

Визначення показників надійності складових елементів ракетних комплексів при транспортуванні ракет

А. В. Ковтун, В. О. Табуненко

Під ракетним комплексом (РК) прийнято розуміти сукупність функціонально і технологічно взаємопов'язаних ракет конкретного типу, технічних засобів і споруд, призначених для підтримки їх в готовності до застосування, пуску ракет, управління їх польотом і виконання інших завдань (наприклад, захисту ракети від впливу вражаючих факторів зброї противника). Основними властивостями РК є: живучість, боєготовність, ефективність дії по цілі, здатність долати протидію супротивника, надійність, керованість, досяжність. Властивість РК в цілому і його складових частин окремо зберігати в часі можливість виконувати функції відповідно до призначення при заданих режимах і умовах експлуатації (при застосуванні, технічному обслуговуванні, зберіганні, транспортуванні). У роботі розглянуто поняття надійності РК, підвищення якої вважається однією з важливих задач. Одним з найважливіших показників надійності при експлуатації РК є забезпечення механічної зберігання їх складових частин. Під збереженістю прийнято розуміти здатність зберігати задані механічні властивості, зокрема, в період і після транспортування. У процесі транспортування ракети, її конструкція піддається впливу різних зовнішніх силових факторів, що змінюються за величиною і в часі. При експлуатаційних навантаженнях має місце процес складної взаємодії зовнішніх силових факторів. Розрахункові і експериментальні дослідження впливу реальних експлуатаційних навантажень на пускову установку з ракетою (ПУР) представляють значні труднощі, особливо з урахуванням динамічності навантажень. Крім цього на ПУР діють вражаючі фактори, за рахунок застосування зброї противником. Ці дії можуть бути причиною пошкоджень і виходу з ладу як окремих елементів ПУР, так і вироби в цілому. Застосування РК постійно вимагає вирішення конкретних завдань забезпечення механічної цілісності конструкцій, для вирішення яких розроблялися нові методи. Є відмінності між одержуваними результатами щодо забезпечення механічної збереження складових частин РК і реальними результатами, отриманими на основі існуючих методів. Однак, рівень розвитку засобів ураження противника, механічна збереження складових частин ПУР, при впливі вібраційних і ударних навантажень, не забезпечується. У даній роботі запропоновано оцінювати надійність пускової установки з ракетою в процесі транспортування комплексним показником - коефіцієнтом оперативної готовності пускової установки з ракетою. Наведено математичну модель визначення коефіцієнта оперативної готовності пускової установки з ракетою під час транспортування ракети.

Ключові слова: надійність; ракетний комплекс; пускова установка; безвідмовність; ремонтопридатність; збереженість; показники; математична модель.

Определения показателей надежности составляющих элементов ракетных комплексов при транспортировке ракет

А. В. Ковтун, В. А.Табуненко

Под ракетным комплексом (РК) принято понимать совокупность функционально и технологически взаимосвязанных ракет конкретного типа, технических средств и сооружений, предназначенных для поддержания их в готовности к применению, пуску ракет, управления их полетом и выполнения других задач (например, защиты ракеты от воздействия поражающих факторов оружия противника). Основными свойствами РК являются: живучесть, боеготовность, эффективность действия по цели, способность преодолевать противодействие противника, надежность, управляемость, досягаемость. Свойство РК в целом и его составных частей по отдельности сохранять во времени возможность выполнять функции в согласовании с предназначением при заданных режимах и условиях эксплуатации (при применении, техническом обслуживании, хранении, транспортировании). В работе рассмотрено понятие надёжности РК, повышение которой считается одной из важных задач. Одним из важнейших показателей надёжности при эксплуатации РК есть обеспечение механической сохраняемости их составных частей. Под сохраняемостью принято понимать способность сохранять заданные механические свойства, в частности, в период и после транспортировки. В процессе транспортировки ракеты, ее конструкция подвергается воздействию различных внешних силовых факторов, изменяющихся по величине и во времени. При эксплуатационных нагрузках имеет место процесс сложного взаимодействия внешних силовых факторов. Расчетные и экспериментальные исследования влияния реальных эксплуатационных нагрузок на пусковую установку с ракетой (ПУР) представляют значимые трудности, особенно с учетом динамичности нагрузок. Кроме этого на ПУР действуют поражающие факторы, за счёт применения оружия противником. Эти воздействия могут быть предпосылкой повреждений и выхода из строя как отдельных элементов ПУР, так и изделия в целом. Применение РК постоянно требует решения конкретных задач обеспечения механической сохранности конструкций, для решения которых разрабатывались новые методы. Имеются различия между получаемыми результатами по обеспечению механической сохранности составных частей РК и реальными результатами, полученными на основе существующих методов. Однако, уровень развития средств поражения противника, механическая сохранность составных частей ПУР, при воздействии вибрационных и ударных нагрузок, не обеспечивается. В рассматриваемой работе предложено оценивать надежность пусковой установки с ракетой в процессе транспортировки комплексным показателем - коэффициентом оперативной готовности пусковой установки с ракетой. Приведена математическая модель определения коэффициента оперативной готовности пусковой установки с ракетой во время транспортировки ракеты.

Ключевые слова: надежность; ракетный комплекс; пусковая установка; безотказность; ремонтопригодность; сохранность; показатели; математическая модель.

UDC 519.688 **doi: 10.20998/2522-9052.2019.1.14**

H. Makogon[1], R. Musaiev[1], O. Dychko[1], I. Krylenko[1], Ye. Dumych[2]

[1] Military Institute of Tank Troops NTU "KhPI", Kharkiv, Ukraine
[2] Ukrainian Engineering Pedagogical Academy, Kharkiv, Ukraine

STUDYING OF THE INFORMATION EXCHANGE PROCESS IN OFFICE LOCAL NETWORKS BY USING MATHEMATICAL APPARATUS OF THE QUEUING THEORY

The **subject matter** of the article is the process of information exchange in the office local networks of institutions on computers with different technical parameters. The **goal** of the study is to analyze client-server interaction with socket development of an effective and secure communication program in the local network. The **tasks** to be solved are: to analyze the client-server interaction in the local network by using sockets, to create a code of communication in the local network for computers with different technical parameters using the mathematical apparatus of the **queuing theory,** to conduct research of the information exchange process in the system "client-server" in order to increase its effectiveness. General scientific and special **methods** of scientific knowledge are used. The following **results** are obtained. Today, the computer park used in the armed forces has a very large dispersion of technical parameters and installed software. Therefore, the organization of office local networks requires solving the scientific and technical task of implementing such an architecture that simultaneously meets the requirements of quality, speed, convenience and level of security of information exchange between computers with different Hardware and Software. It is expedient to use sockets for communication protocols allows simultaneous processing requests from a large number of users. At the same time, the administrator can adjust the settings at any time and redistribute ports on the servers. The use of the mathematical apparatus of the queuing theory enabled to conduct research of the information exchange process of the system "client-server" in order to increase its efficiency. Each server was described as a closed single-channel queuing system (QS) with unlimited idle time. **Conclusions**. The authors consider the implementation of the "client – server" architecture on the office local network, the successful solution of which will allow an organizations to work optimally and without interruption. The authors developed communication programme on the local network on computers with different technical parameters and tested the code to detect errors. The use of mathematical apparatus of the queuing theory enables to solve the tasks of structural and parametric synthesis of the local network of the institution and to work out the method of detecting distributed attacks on the network at the initial stage.

Keywords: client-server architecture; socket; local network; queuing theory; ordering; single-channel closed QS; informational security.

Introduction

Formulation of the problem and research tasks. Modern information technology has not only become widespread in the world, but it continues its "expansion" at a very fast pace. Their task is to process, monitor and record huge data streams with less time. Successful companies are trying to maximize automation of production, workflow, and more. It is not an exception to organizations and institutions.

Information infrastructure as one of the basic components of an institution's activity can be a guarantee of efficient document management, database work, state monitoring, etc. At the same time, its constant development not only facilitates the execution of current affairs, but also makes the structure more vulnerable in the field of information security. It is clear that the requirements of not only rational topology and resource intensity, but also cybersecurity are put forward to the local network in military appointment.

Today, the computer fleet used in most offices and offices has a very large dispersion of technical parameters. Accordingly, the software installed on computers is also different - from Windows XP to Linux Mint.

In addition, the structure of any database is created by certain parameters, and in such a way that the work with her in the regular mode is possible only with the use of special applications.

Consequently, the urgency of the work is conditioned by the fact that the organization of local networks in military institutions requires the solution of the scientific and technical task of implementing such an architecture that simultaneously meets the requirements of quality, speed, convenience and confidentiality of information exchange between computers with various Hardware and Software.

In this regard, the priority is to analyze the client-server interaction on the local network by using sockets, developing a program for communicating on a local network on computers with different technical parameters and the application of the mathematical apparatus of the theory of mass service for conducting research on the process of information exchange in the system "client – server" in order to increase its efficiency and security.

Methodological basis of the research were general scientific and special methods of scientific knowledge.

Analysis of recent research and publications. Todate Delphi client-server development literature related to the development and use of sockets is presented very little. Therefore, for a detailed study of this aspect, you can refer to the documentation for Linux and Unix-systems, because it describes in detail the technology deployment of applications using sockets, but, as a rule, in Perl or C++ [1, 2].

It should be noted that the analysis of the normative framework for the updating of the computer

© Makogon H., Musaiev R., Dychko O., Krylenko I., Dumich Ye., 2019

tanner park in institutions indicates a large inertia of this process [3–5].

Most sources provide a thorough statement of the theoretical basis for building local networks, but the issue of routing, remote work on computers, sharing of resources and information security of the mixed network of institutions is not sufficiently explored.

Typically, existing methods for building local networks do not take into account the individual values of various parameters characterize the work of the network and server, which significantly affect the effectiveness of detection of an attack and unauthorized access to server resources [6–18].

The **goal** of the study is to analyze client-server interaction with socket development of an effective and secure communication program in the local network.

Main material

1. Client-server interaction using socket

1.1 General information about sockets

The software for communicating on the local network with the information viewing on the server is proposed to develop the means of the environment of the Delphi software products and the programming language Object Pascal.

It is proposed structurally to organize a database, server and client parts.

Created software allows:

– to work on a local network basis;

– to control the work of information transmission ports;

– to review the information exchanged by users;

– to work on different operating systems.

The user's ability to connect to the server provided by the coincidence of the port used both by the server and the client. The purpose of this parameter is carried out in the property of Port. The connection type is determined by the ServerType parameter.

A server code is a component of a computing system that performs service (serving) functions on a client request, giving it access to certain resources or services. A simple, intuitive interface has been developed for the user to work with the software product.

OnClientWrite and OnClientRead events are used to send and receive information from the user. In this case, you can interact with the user through a parameter such as ClientSocket. When working it is proposed to use the following characteristics and property:

– the number of users connected at the moment;

– the number of active processes;

– the number of free processes;

– the port, hostname and local IP address;

– the unlocking and locking the socket.

Since the network can link different hardware platforms, it is proposed to agree on the formats of data to be transmitted, in particular, integer formats.

Two-byte integers are stored in memory in two consecutive bytes. In this case, there are two possible options: the first byte stores the lowest byte of the number, and in the second one, the older one, and vice versa. The storage method is determined by the hardware part of the platform. The network format of the representation of such numbers coincides with the format of the Motorola processor, that is, on platforms with the Intel processor need to rearrange the bytes when converting numbers into a network format.

Thus, created software can be used to securely transfer information on the local network of any establishment on computers with different technical parameters.

Obviously, the software itself will be more secure in terms of private communication and data privacy.

The authors tested the program for error detection. In the future, it is planned to extend the test-plan and write test-cases.

1.2 Client socket

Activating the client socket 1 (ClientSocket1) occurs when the user clicks the "Client" button on the "Send list request" button. The ClientSocket1 component connects to the server whose address is specified in the Address properties, and through the port specified in the Port property. After successfully establishing a connection with the server, you can start the data exchange between the client and the server. The client application will invoke the OnConnect event. The processor of this event is the procedure: "procedure TMainForm. ClientSocket1Connect (Sender: TObject; Socket: TCustomWinSocket); ". The body of the procedure consists of the line "Socket.SendText ('s');". The variable 's' is a request to obtain from the server a list of available video files.

On the receiving side, upon receiving data from the client, the OnClientRead event of the server socket 1 is executed, the procedure of which is the procedure: "procedure TMainForm.ServerSocket1ClientRead (Sender: TObject; Socket: TCustomWinSocket);". The body of the procedure begins with an analysis of the team came from the client. As the parameters of the constructor, the file name and the mode in which the file will be connected is transmitted. A text file named "output.txt" contains a list of video files available to the client. The fmOpenRead flag specifies the file read mode. For the correct reception of the file on the client side, the file size is firstly sent using the SendText method: "Socket.SendText ('Size:' + IntToStr (fs.Size) + # 0".

1.3 Server socket

It is reasonable to assume that the first step after creating a socket is to bind the socket of this protocol to its standard address with the bind function (SOCKET s, const struct sockaddr FAR * name, int namelen) ;. The second is the translation of the socket into listening mode by listen. Finally, the server must accept the client connection with accept or WSAAccept.

The s parameter specifies a local socket descriptor, created by the socket () function, on which client connections are expected.

The second parameter is a pointer to the structure in which the socket address is stored, which corresponds to the standards of the protocol used. It should be called struct sockaddr. The Winsock title file specifies the SOCKADDR type, which is the struct sockaddr structure. The third parameter specifies the size of the transferred address structure, which depends on the

protocol. If successful, bind () returns 0. In the case of an error, the value SOCKET_ERROR (ie -1).

To translate the socket into the state of waiting for incoming connections, the API function listen (SOCKET s, int backlog) is used;

The first parameter s is the socket descriptor.

The backlog parameter is the maximum number of incoming connection requests that can be queued for processing while the server is busy. The value of backlog depends on the protocol provider. Invalid value is replaced by the nearest allowed.

Call SOCKET accept (SOCKET s, struct sockaddr FAR * addr, int FAR * addrlen); Serves the first one in the queue connection request. Upon completion, the addr structure will contain information about the IP address of the requesting client, and the addrlen parameter is the size of the structure.

Parameter s is the connected socket in the listening state.

The second parameter is the address of the actual structure SOCKADDR_IN.

The addrlen parameter is a reference to the length of the structure SOCKADDR_IN.

In addition, accept returns a new socket descriptor corresponding to the accepted client connection. For all subsequent operations with this customer, a new socket should be used. Outgoing listening socket is used to receive other client connections and continues to be in listening mode.

Winsock 2 offers the use of the WSAAccept feature, which can establish a connection depending on the result of the calculation of the condition**.**

1.4 Socket code

Windows Sockets can be with the structure of any length (it depends on the protocol). For the protocols of the TCP / IP stack, the structure of sockaddr_in is used, the size of which is also 16 bytes. Of these, only eight are used: two for encoding a family of protocols, four for an IP address, and two for a port. The remaining 8 bytes are not used and must contain zeros. The sin_zero field must contain an array of zeros. This is the same field that does not carry any semantic load and serves only to increase the size of the structure to the standard 16 bytes. The sin_family field should have PF_Inet value. The sin_port field records the port number to which the socket is tied. The port number should be written in a network format, that is, here it is necessary to use the function HtoNS, so that from the usual port number of us to get the number in the right format. The port number can be left to zero - then the system will select for a socket a free port number from 1024 to 5000.

The IP address for socket binding is set by the sin_addr field, which has the type TInAddr. This type is itself a variant entry that displays three methods of assigning an IP address: in the form of a 32-bit number, in the form of four 8-bit numbers. In the socket library, the InAddr_Any constant is provided, which allows you to not specify the explicit address in the program, but leave it at the discretion of the system. To do this, the sin_addr.S_addr field must be set to InAddr_Any. If the computer's IP address is not assigned, using this constant socket will be linked to the local address 127.0.0.1. If a computer has multiple IP addresses, then one of them will be selected, and the bind itself will be delayed until the connection is established (in the case of TCP) or before the first sending of the data through the socket (in the case of UDP). The choice of a specific address, however, depends on which address the remote party has.

It is fundamentally for the server, which port it will use - if the port is not defined in advance, the client will not know where to connect. Therefore, the port number is an important sign for the server. In systems with multiple network cards, the binding of a socket to an address in the event that its choice is entrusted to the system may be performed not while performing the Bind function, and later, when the system becomes clear why this socket is used: when the TCP client connects to the server, the system at the address of this server determines which card the card must go for exchange and chooses the appropriate address. The same thing happens with the UDP client: when it sends the first datagram, the system at the address of the recipient determines which map to attach the socket to. Therefore, in this case, the client may leave the choice of address at the discretion of the system.

The system binds the UDP server socket to the address; it waits for the packet to be received. At this time, the system does not have any information about which nodes will be exchanged through this socket, and can choose not the address that you want. Therefore, sockets of UDP servers operating on such systems should be explicitly tied to the desired address. Sockets of TCP servers in the standby mode and having InAddr_Any address, allow connection to them from any network interface that is in the system. A socket created by such a server when connecting a client will be automatically linked to the IP address of the network interface through which the client interacts with it. Thus, sockets created to interact with different clients may be tied to different addresses. After successfully completing Socket and Bind functions, the socket is created and ready to work. Further actions with him depend on which protocol he implements and for which role is assigned.

When the socket is no longer needed, one must release the resources associated with it. This is done in two steps: first the socket "turns off" and then closes.

To exclude a socket, the Shutdown function with the following prototype is used: function Shutdown (S: TSocket; How: Integer): Integer;

The S parameter defines the socket to be turned off, the How parameter can take values SD_Receive, SD_Send, or SD_Both. The function returns zero in case of successful execution and Socket_Error in the event of an error. Calling the function with the SD_Receive parameter prevents reading data from the input socket buffer. However, at the protocol level, the call to this function is ignored: UDP datagrams and TCP packets sent to this socket continue to fit into the buffer, although the program can no longer pick them up.

When using the SD_Send parameter, the function prohibits sending data through a socket. When using the TCP protocol, the remote socket receives the special

signal provided by this protocol, informing that more data will not be sent. If at the time of the Shutdown call in the output buffer, data is first sent, and then only the signal about the completion. The UDP protocol does not allow such signals, so when using this protocol, Shutdown simply prevents the socket library from using the specified socket to send data.

The SD_Both parameter allows simultaneously to deny both reception and data transfer through a socket. To release socket-related resources, the CloseSocket function is used. This function frees the allocated memory for buffers and the port. Its single parameter specifies the socket to be closed, and the return value is zero or Socket_Error. After calling this function, the corresponding socket descriptor no longer makes sense, and can no longer be used.

By default, the CloseSocket function immediately returns the call control of its program, and the socket closure process begins to run in the background. Closure implies not only the release of resources, but also the sending of data that remained in the socket's output buffer. If the socket is closed with one thread at a time when another thread tries to perform some operation with this socket, then this operation ends with an error.

The Shutdown feature is needed first of all to inform the communications partner in advance of the intention to complete the connection, and this only makes sense for the protocols that support the connection. When using UDP, the shutdown function is almost meaningless, you can immediately call the CloseSocket. When using TCP, the remote party receives a signal to shutdown the partner, but the standard socket library does not allow the program to detect its receipt. But this signal may be important for intra system functions that implement sockets. The Windows version of the socket library refers to the lack of this signal quite liberally, so the Shutdown call, when both the client and the server are running Windows, is not required. But the implementation of TCP in other systems is not always as lenient to such negligence. The result may be a long (up to two hours) "hanging" state of the socket in the system, when it is no longer possible to work with it, and the error information is not received by the program. Therefore, when using TCP it is better not to neglect Shutdown, so that the socket on the other side has no problems.

Recommended offensive order zakrittya TCP socket. In the first place, the server is not guilty of storing your own socket for a powerful innotation, which can be done only if you have been using it for a private socket. The key is to close the socket to the Shutdown folder ... with the SD_Send parameter. The server will send a message to all the users, it's overloaded into the buffer of the socket of the client, and then it will send a message about the completion of the client's transmission. Tim is not lesser, the socket of the client's code is delivered to the host, to which the server, if necessary, can be sent to the client, whether it be sent to him or her, be it necessary. Witm Shutdown server with the SD_Send parameter, and CloseSocket. Clients prodovuzhit read dani z vididnogo socket buffer to silently, leaving the signal about the completion of the transmission server. Signing the key of such a wikio CloseSocket. Such a guarantee is a guarantor, but this will not be trapped.

2. Creating of interaction program in the local network

2.1 Tasks

It is proposed the interaction programme in the office local network with a functional satisfies the following requirements:

- working on a local network basis;
- controlling transmission of information between users;
- working on different operating systems.

2.2 Functional program

By the word "chat" we will mean an online resource with chat features, chat program.

The chat page is automatically updated with the specified periodicity.

Instead of periodically reloading the page, a socket is opened between the client and the server, allowing you to instantly send or receive messages, consuming less traffic. In general, the project program is used to communicate on a local area network.

2.3 Program interface

To work with a software product, the client is encouraged to use a simple, intuitive interface. When start the program, the main window appears (Fig. 2).
The toolbar has windows:

- to fill the address of the desired server;
- to enter the port address;
- to enter a personal name.

There is a panel for choosing message colors and buttons for connecting and disconnecting from the server.

In order to get started, you need to fill in the windows: server addresses, port addresses, personal names.

After that you can start working with the program.

After connecting to the server, the client can send messages (Fig. 1).

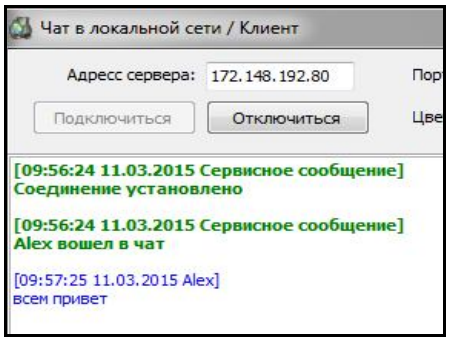
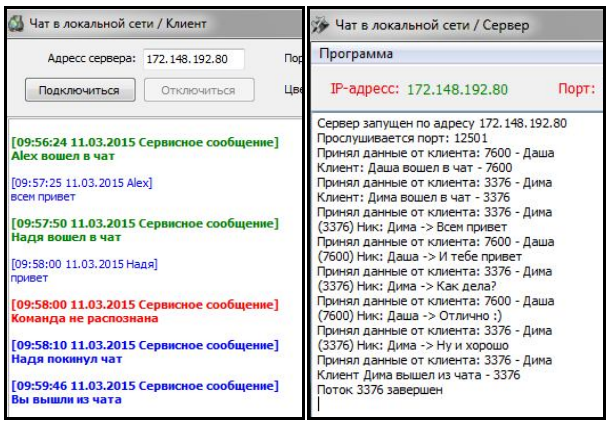


Fig. 1. Sending a message

After the correspondence client can easily exit the program (Fig. 2, a). When starting a program on behalf of the server, the user will see the following window (Fig. 2, b). The server user can view all correspondence between users of the local network (Fig. 2, c). Also in the server program there is a setup menu where you can set the startup time (Fig. 2, d) [19–25].



a – Exit the program c – Overlapping correspondence

b – Running the program d – Setup menu

Fig. 2. Windows of programm

3. Study of the process of information exchange in the system "client-server" to increase its efficiency

3.1 Defining a precedent diagram in the client-server system

A server program is a component of a computing system that performs service (serving) functions on a client request, giving it access to certain resources or services. We will conduct a study of the process of information exchange in the "client-server" system in order to increase its efficiency. For this we consider the diagram of precedents (Fig. 3).

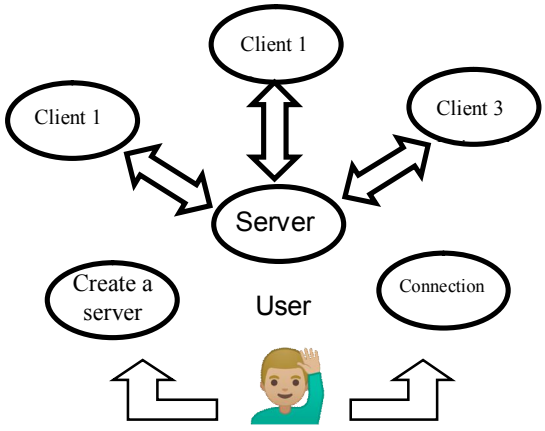


Fig. 3. Case diagram of the client-server system

The socket protocol allows to simultaneously process queries from a large number of users. At the same time, the administrator can adjust the settings at any time and redistribute ports on the servers. Thus, the number of simultaneously serviced users will be optimal, depending on the technical characteristics of the computer on which the server is located. From the point of view of the queuing theory each server is a closed single-channel queuing system (QS) with unlimited standby time (Fig. 4): *0* - requirements source, client; *1* - servicing device, server; *a* – input flow of service orders; *b* – outflow of processed orders.

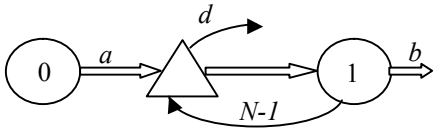


Fig. 4. The server as a closed single-channel queuing system (QS).

As can be seen from the figure, in this model there is a store of the input orders OA. If the order comes from the client 0 at the time when the OA is busy with the service of the pre-order, the new order gets into the order store on the input OA, but the time of placing the order in the drive is limited by some amount (timeout).

Let's determine: *(N-1)* - the number of orders that can fit in the drive; *d* - the order flow that throws the system out when waiting time is exceeded.

We will consider a plurality of TCP packets arrive at the server as an input flow of orders. Let's show that under certain conditions this flow can be considered Poisson. The intensity of this stream may depend on the time it takes to look at it for quite large intervals of time. For example, during the daytime during daytime, its intensity may be greater than at night. However, with a decrease in the duration of the analyzed interval, the intensity of incoming TCP orders is stabilized and can be considered as some constant value. For different networks, the length of such a gap may be different (typically from several minutes to several hours) and can be installed experimentally. In this case, the probability of receipt of k requirements in the interval $(0, t)$ is equal to the probability of receipt of k requirements in any other interval of the same duration $(a, a + t)$ within a given interval. Thus, the considered stream has the property of stationary.

Next let's assume users of the local network access to server resources independently of each other. If a single TCP connection is established on a single user request to the server, then the demand stream has the property of the absence of an aftereffect (according to the definition of this property).

3.2 TCP connection server as QS

The flow of TCP packets that arrive at the server, under given conditions, is Poisson. This means that it can be viewed as a coming requirements flow into the QS. An array of servicing devices will be considered server resources intended to store the parameters of TCP connections. In this interpretation of the service requirement, it is the reservation of the corresponding resources either to the successful establishment of the TCP connection, or until the end of the time-out server. Let's consider in more detail server resources serving as servicing devices. The parameters of the TCP connections are stored in the appropriate buffer represented as an array of dimension L, whose elements store the parameters of the TCP connections. They can be divided into three types: those containing the parameters of established connections, semi-open connections and free ones.

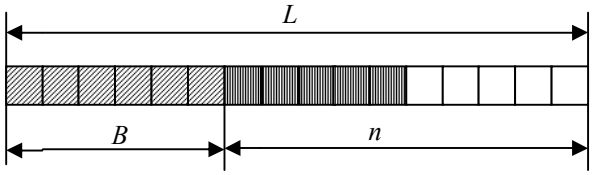
Let B be the number of TCP connections currently open. Then the number of the second and third type's

elements, the totality of which we will consider as an array of servicing devices QS, is determined by

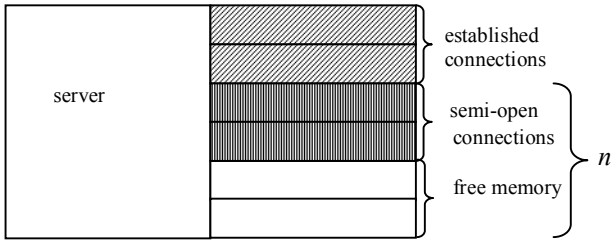
$$n = L - B. \quad (1)$$

In this case, the equipment occupied by service requirements is the elements of the second type.

In fig. 5, a it is depicted the described array, and in fig. 5, b server resources are provided in the winch of a set of servicing devices.



a – Buffer for storing TCP connection parameters



b – TCP server as an array of serviced devices

Fig. 5. Server resources sharing

Depending on the intensity ratio of the input flow of the requirements λ and the dimension of the array L, two types of QS can be considered. If the intensity of the input flow of orders is much less than the server's capabilities, which is the case for most modern systems, then it is expedient to consider the QS with an infinite number of servicing devices. Otherwise, one can consider the QS with failures. Given that, in practice, in the normal mode of operation of the server with a large margin cover the input requirements, the consideration of the system with failures is irrelevant. Then we will consider the system of the first type.

3.3 QS with an infinite number of servicing devices

As it has been shown, in order to describe the model of interaction between users and the TCP connection server in normal operation, it is advisable to consider QS with an infinite number of servicing devices. We denote the intensity ratio of the input flow of requirements λ to the average service time of the order μ by the coefficient $\alpha = \lambda / \mu$. Since the flow of requirements is Poisson, the probability that there are exactly k requirements in the system is defined as

$$p_k = \frac{\alpha^k e^{-\alpha}}{k!}. \quad (2)$$

The average number of devices employed (the total number of semi-open connections) is obtained as:

$$N = \sum_{k=1}^{\infty} k \cdot p_k = p_0 \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\alpha^k e^{-\alpha}}{(k-1)!} = \alpha(1 - p_\infty). \quad (3)$$

In accordance,

$$p_\infty = \lim_{k\to\infty} \frac{\alpha^k e^{-\alpha}}{k!} = e^{-\alpha} \lim_{k\to\infty} \frac{\alpha^k}{k!} = 0. \quad (4)$$

From the relations (3) and (4) for QS with an infinite number of servicing devices we have:

$$N = \alpha(1 - p_\infty) = \alpha(1 - 0) = \alpha = 0 \quad (5)$$

The proposed model describes the server operation in the normal mode and allows considering such parameters as the requirements intensity to the server and the average time of the order service. However, such QS does not fully describe the server's operation, because it does not take into account the possibility of packets loss transmitted on a local network by users have different technical parameters. To improve the proposed model, it is expedient to divide the considered QS into two systems that serve orders for normal connection setup (when all packets are delivered) and semi-open connections that are removed by the timeout. To divide the output flow requirements into a plurality of orders, for each system, one must enter a criterion that allows you to determine the relevance of applications to the above types.

3.4 A model accounting the loss of packets in the local network

As noted above, the previously proposed model requires averaging average maintenance time for all requirements that does not fully take into account the features of the process of establishing TCP connections on the local network with users that have different technical parameters. To eliminate this disadvantage, we divide the above-mentioned HMI into two systems: QS_1 and QS_2. It'd be assumed that the first system describes the maintenance of applications for which half-open connections will be successfully installed after receiving the packet server, and the second, the requirements for which the connections will not be established and after the expiration of the waiting time will be deleted.

Let's accept that the time of exchange of pairs of packages between arbitrary sockets does not exceed the threshold. Provided that the client has correctly implemented the TCP protocol, the appearance of semi-open connections that are not installed within a given time interval (timeout) is due to the loss of the packet.

Therefore, to the requirements of the second type we will assign orders for which the TCP connection is in a semi-open state longer than. Let's denote by *s* and *l* the number of connections of the first and second types, respectively. This representation of the server is shown in Fig. 6.

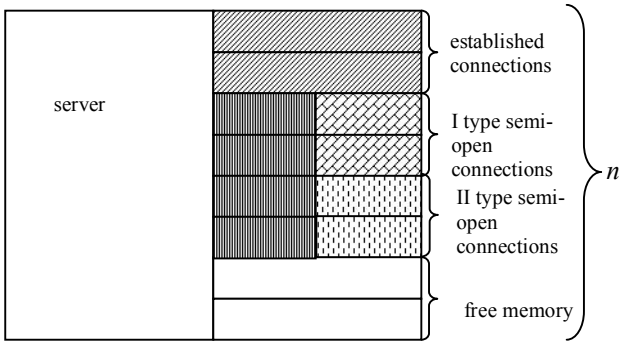


Fig. 6. TCP connection server as QS_1 and QS_2

Define relations that describe the state of such a system. Similarly (5) we define the average number of semi-open connections:

$$N = s + l = \alpha_1 + \alpha_2 = \lambda_1/\mu_1 + \lambda_2/\mu_2 . \quad (6)$$

Receipt intensity of orders-requirements is determined by the following ratio:

$$\lambda_2 = \lambda \cdot P_{no} , \quad (7)$$

where λ_2 □ the packet arrival rate of the network card of the TCP server; P_{no} □ the probability of a semi-discovered connection will not be installed.

The average number of such orders in service in the QS is determined by the second appendix of the formula (7):

$$l = \frac{\lambda_2}{\mu_2} = \frac{\lambda \cdot P_{nn}^{N_{SA}}}{\mu_2} = \frac{\lambda(2P_{nn} - P_{nn}^2)^N}{\mu_2}, \quad (8)$$

where μ_2 – timeout allocated on the server to establish a TCP connection; P_{nn} – the probability of packet loss in the network; N_{SA} – number of copies of SYN + ACK packets sent by the OS.

P_{nn} will be considered as a random variable characterizing the average number of occupied devices in the considered QS, and is conquered by the Poisson law of expansion. In our case, the parameter of this distribution is equal to 1. Mathematical expectation and dispersion are also taken equal to 1.

Let's believe that the parameter P_{no} depends on the quality of the network characterized by the probability of a packet loss on the network P_{nn} and is determined by the probability of an accidental event to spoil the packet on the network:

$$P_{no} = P_{nn} + (1 - P_{nn})P_{nn} = P_{nn} + P_{nn} - \\ -P_{nn}^2 = 2P_{nn} - P_{nn}^2. \quad (9)$$

In fig. 7 is the graphs of the distribution density and the distribution law of a random variable, conquered by a Poisson law with a parameter $\lambda > 10$.

3.5 Statistics of the SMO of the local network of users with different technical parameters

To effectively use the above methodology in practice, it must be possible to determine the actual values of the model output parameters for the system is in normal condition. As shown above, such parameters are: the intensity of the flow of applications, the likelihood of packet loss on the network to which the server is connected and the average service time of the application (successful installation of TCP connection).

The statistics of packet time, the most complete representation of the population, was obtained using the fsockopen procedure: "@ $ fp = fsockopen (" 192.168.1.1 ", 80, $ errno, $ errstr, 1); if (! $ fp) else mysql_close ();".

To accumulate ping-statistics, various remote computers with different operating systems were used. On this basis, it can be argued that the results obtained are quite generalized.

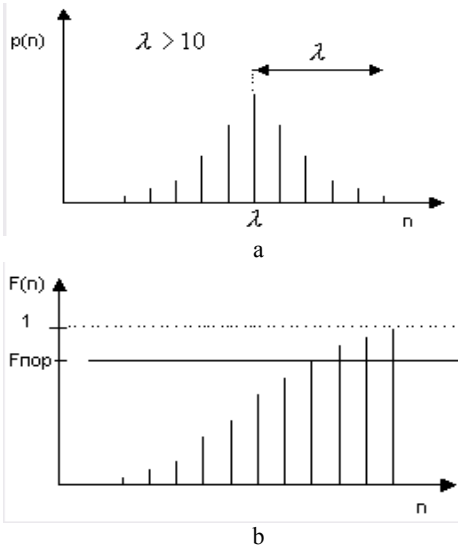


Fig. 7. Characteristics of the random variable, conquered by the Poisson distribution law with the parameter λ > 10: a – density of distribution; b – the law of distribution

The results obtained are illustrated below.

In Fig. 8 it is shown the orderly growth of return times statistics without taking into account the three packages, the return time of which is 40 times the return time of most packages.

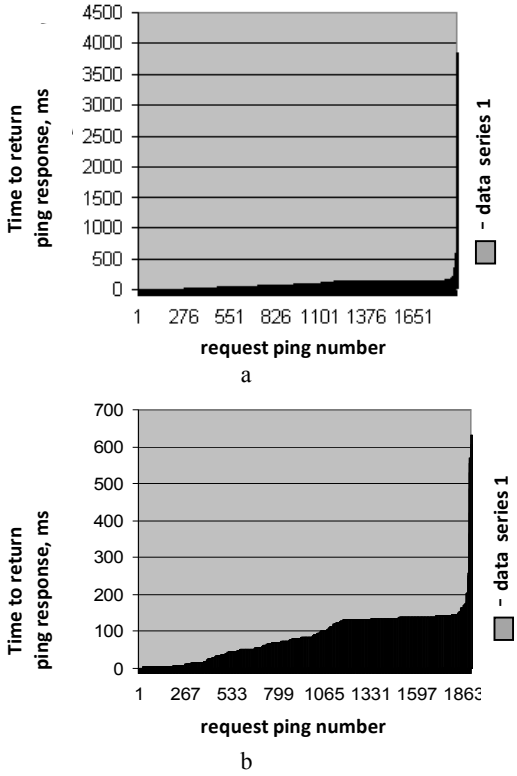


Fig. 8. Packet return time: a – normal scale; b – enlarged scale

In Fig. 9 one can see the empirical distribution of response time response times. On the abscissa the time intervals received by breaking the whole range of values in increments of 10 ms are postponed. On the axis of ordinates the number of values caught in the interval is postponed.

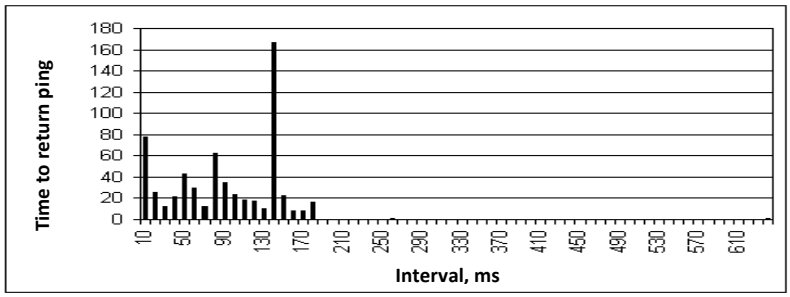


Fig. 9. Empirical distribution of return response time

According to the experimental data, the following value was obtained:

$$P_{nn} = \frac{4}{1904} = 0,0021 . \quad (10)$$

Under the Fig. 9 it is possible to put forward the hypothesis that the distribution of random variables is a composition of several distributions with different parameters, the definition of which is the prospect of development of the received methodology.

Note it is precisely the application of the theory of mass service that allows us to tune:

- task of parametric synthesis - definition of parameters of the system of service at its specified structure, depending on the parameters and properties of the messages flow, discipline and quality of service;

- the task of synthesizing the system structure with the optimization of its parameters in such a way given flows, discipline and quality of service, the cost of QS was minimal, or there were minimal loss of calls for given flows, discipline and cost of the system.

4. Applying queuing theory to reflect distributed attacks on the local network.

The specific share of the functional tasks of the local network installation is the organization of document circulation. Undoubtedly, the first use of such technologies is a significant increase in the efficiency of case management by accelerating the search for the necessary information, increasing the speed of information exchange, reducing the percentage of lost information, etc. Such means of cryptography as electronic digital signature can provide the provision of such basic information systems services as confidentiality, integrity of information, etc. [3]. Unfortunately, recently, a class of attacks aimed at denial of service has become more and more widespread. Successful implementation of such attacks allows blocking the access of users of information systems to the resources of different servers, which can remove the entire system from the working state**.**

On the basis of the proposed mathematical model that describes the maintenance of the server request flow for the establishment of TCP connection as a QS, the authors reviewed the method of detecting TCP attacks and finding the permissible values of the interval for the number of semi-open TCP connections on the server, working in the normal mode (for conditions of no attack). In accordance with this technique, the decision to start the attack is taken in the case when the real number of half-open on the server connections goes beyond the permissible interval.

To determine the limits of this interval, it is necessary to obtain values of such parameters as the intensity of the incoming application flow, the time during which the application will be served with a given probability, the probability of loss of IP packets for transmission over the network, the number of attempts to retransmit the packet server, the timeout allocated to the server for the installation TCP connection, and the likelihood of a true attack detection.

Part of the parameters can be determined using the proposed methods of data collection; part is determined by the settings of the TCP / IP protocol stack on the secure server.

Note that the collection of statistical data in addition to purely technical parameters were vrafovani LAN factors associated with human factors information security, socio-psychological specificity "client-server" communication and information culture level from [26–30].

It should be noted that in collecting statistical data, in addition to the purely technical parameters of the local network, factors related to the human factor of information security were considered: the socio-psychological specificity of client-server interaction and the level of information culture of users.

Conclusions

1. Today the computer fleet used in office local area networks has a very large dispersion of technical parameters and software installed on computers.

Therefore, the organization of office local networks requires solving the scientific and technical task of implementing such an architecture that simultaneously meets the requirements of quality, speed, convenience and level of security of information exchange between computers with different Hardware and Software.

2. The authors consider the implementation of the “client – server” architecture on the office local network, the successful solution of which will allow an organizations to work optimally and without interruption.

It is expedient to use sockets for communication protocols, which allows simultaneous processing requests from a large number of users.At the same time, the administrator can adjust the settings at any time and redistribute ports on the servers.

The authors developed communication programs on the local network on computers with different technical parameters and software, and tested the program to detect errors.

3. Using the mathematical apparatus of the **queuing theory,** to conduct research of the information exchange process in the system "client-server" in order to increase its effectiveness.

Each server was described as a closed single-channel queuing system (QS) with unlimited idle time.

4. Application of the queuing theory allows to solve the problems of structural and parametric synthesis of the local network of the institution. After simulating a local measurement operation organized for the method under consideration, it was discovered that the attack could be seen at an initial stage, and the socet connection is stable to a sharp increase of the input flow intensity of requests to server, taking into account characteristics both the network and the protected server.

References

1. Matthew, N. and Stones, R. (2009), *Beginning Linux Programming*, John Wiley [distributor], Indianapolis, Ind. Wrox, Chichester, the USA.
2. Lincoln, S. (2001), *Network Programming with Perl*, Williams, Moscow, 720 p.
3. Legislation of Ukraine (2013), № 635, *On Approval of Methodological Recommendations on Enterprise Accounting Policies and Changes to Certain Orders of the Ministry of Finance of Ukraine*, the Ministry of Finance of Ukraine, LIGA:ZAKON, Kyiv, avaiable at: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/MF13052.html.
4. Legislation of Ukraine (2014), № 25-14/677, Concerning the write-off of budgetary institutions of computer equipment, State Financial Inspection of Ukraine, LIGA:ZAKON, Kyiv, available at: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/FN004233.html.
5. Legislation of Ukraine (2007), № 2. Methodical recommendations on inventory accounting, approved by the Ministry of Finance Order, the Ministry of Finance of Ukraine, available at: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/MF07002.html.
6. Polyak-Braginsky, A. (2008), *Linux and Windows on the home network*, BHV-Petersburg, St. Petersburg.
7. Bogachev, K. (2003), *Basics of parallel programming*, BINOM, Moscow.
8. Date, K. (2001), *Introduction to database systems*, Williams, Moscow.
9. Kamer, D. and Stevens, D. (2002), "Development of client-server applications", *TCP/IP networks*, Williams, Moscow, Vol. 3.
10. Captur, V.A., Hulyayev, P.S. and Kravchenko, K.D. (2012), "Basic principles of addressing the practical implementation of variable size network addresses to Ethernet Networks", *Radioelectronic and computer systems*, No. 1, pp. 51–54.
11. Lipaev, V.V. (2001), *Software quality assurance. Methods and standards*, Sinteg, Moscow.
12. Ruban, I., Kuchuk, H. and Kovalenko A. (2017), "Redistribution of base stations load in mobile communication networks", *Innovative technologies and scientific solutions for industries*, No 1 (1), P. 75–81, DOI : http://doi.org/10.30837/2522-9818.2017.1.075
13. Kosenko V. (2017) Mathematical model of optimal distribution of applied problems of safety-critical systems over the nodes of the information and telecommunication network, *Advanced Information Systems*, Vol. 1, No. 2, pp. 4-9, DOI: http://doi.org/10.20998/2522-9052.2017.2.01
14. Kuchuk, G., Kovalenko, A., Kharchenko, V. and Shamraev, A. (2017), "Resource-oriented approaches to implementation of traffic control technologies in safety-critical I&C systems", *Green IT Engineering: Components Network and Systems Implementation*, Springer International Publishing, Vol. 105, pp. 313–338.
15. Amin Salih M. and Potrus M.Y. (2015), "A Method for Compensation of Tcp Throughput Degrading During Movement Of Mobile Node", *ZANCO Journal of Pure and Applied Sciences*, Vol. 27, No 6, pp. 59–68.
16. Saravana, Balaji B,, Karthikeyan, N.K. and Raj Kumar, R.S., (2018), "Fuzzy service conceptual ontology system for cloud service recommendation", *Computers & Electrical Engineering*, Vol. 69, pp. 435–446, DOI: http://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2016.09.013
17. Amin Salih, M., Yuvaraj, D., Sivaram, M. and Porkodi, V. (2018), "Detection And Removal Of Black Hole Attack In Mobile Ad Hoc Networks Using Grp Protocol", *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, Vol. 9, No 6, pp. 1–6, doi: http://dx.doi.org/10.26483/ijarcs.v9i6.6335
18. Olifer, N.A. (2006), *Computer networks. Principles, technologies, protocols*, Piter, St. Petersburg.
19. Kaptur, V.A., Gulyaev, K.D., Kravchenko, P.S. and Yanina, O.O. (2011), "Estimation of efficiency of implementation of telecommunication technologies", *Otkrytye ynformatsyonnye y komp□yuternye yntehryrovannye tekhnolohyy,* Nats. aérokosm. un-ta ym. N.E. Zhukovskoho "KHAY.", No. 52, pp. 77–89.
20. Pleskach, V.L. and Zatonatskaya, T.G. (2011), *Information systems and technologies at enterprises*, Znannya, Kyiv.
21. Gomathi, B, Karthikeyan, N.K. and Saravana, Balaji B., (2018), "Epsilon-Fuzzy Dominance Sort Based Composite Discrete Artificial Bee Colony optimization for Multi-Objective Cloud Task Scheduling Problem", *International Journal of Business Intelligence and Data Mining*, Vol. 13, Issue 1-3, pp. 247-266, doi: http://doi.org/10.1504/IJBIDM.2018.088435
22. Dhivakar, B., Saravanan, S.V., Sivaram, M. and Krishnan R.A. (2012), "Statistical Score Calculation of Information Retrieval Systems using Data Fusion Technique", *Computer Science and Engineering*, Vol. 2, Issue 5, pp.43-45, doi: http://doi.org/10.5923/j.computer.20120205.01
23. Tannenbaum, E. (2007), *Computer Architecture*, Piter, St. Petersburg.
24. Tatarchuk, M.I. (2005), *Corporate Information Systems*, Textbook, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv National Economic University, Kyiv, 328 p.
25. Hart, M. J. (2005), *Windows System programming in the Windows environment*, Williams, Moscow.
26. Ivchenko, G.I., Kashtanov, V.A. and Kovalenko, I.N. (1982), *Queuing theory*, Vyssh. shkola, Moscow.
27. Douglas, E. (2003), "Principles, Protocols, and Structure", *TCP/IP networks*, Williams, Moscow, Vol. 1.
28. Korn, G.A (1968), *Handbook of mathematics for scientists and engineers. Definitions, theorems, formulas*, Nauka, Moscow.

29. Sah, J.J. and Malik, D.L.J. (2013), “Impact of DDOS attacks on cloud environment”, *International Journal of Research in Computer*, p. 276, available at: http://ijrcct.org/index.php/ojs/article/download/276/pdf.
30. Department of Special Telecommunication Systems and Information Security of the Security Service of Ukraine (1999), ND TZI 1.1-003-99,*Terminology in the field of information protection in computer systems from unauthorized access*, the Security Service of Ukraine, normative document, available at: https://tzi.com.ua/downloads/1.1-003-99.pdf.

Received (Надійшла) 16.12.2018
Accepted for publication (Прийнята до друку) 06.03.2019

Дослідження процесу обміну інформацією в локальних мережах установ за допомогою використання математичного апарату теорії масового обслуговування

О. А. Макогон, Р. Г. Мусаєв, О. О. Дичко, І. М. Криленко, Є. А. Думич

Предметом вивчення в статті є процес обміну інформацією в локальних мережах установ на комп’ютерах з різними технічними параметрами. **Метою дослідження** є аналіз клієнт-серверної взаємодії за допомогою сокетів, розробка програми для ефективного і безпечного спілкування в локальній мережі. **Задачі:** провести аналіз клієнт-серверної взаємодії у локальній мережі за допомогою використання сокетів, розробити програму спілкування в локальній мережі на комп’ютерах з різними технічними параметрами, використовуючи математичний апарат теорії масового обслуговування, провести дослідження процесу обміну інформацією у системі “клієнт – сервер” з метою підвищення його ефективності. Використовуваними є загальнонаукові та спеціальні **методи** наукового пізнання. Отримані такі **результати.** На сьогоднішній день парк обчислювальної техніки, що використовується в установах і офісах, має дуже велику дисперсію технічних параметрів та встановленого на комп’ютерах програмного забезпечення. Виходячи з цього, організація офісних локальних мереж вимагає вирішення науково-технічного завдання реалізації такої архітектури, яка б одночасно задовольняла вимогам якості, швидкості, зручності та рівню безпеки обміну інформації між комп’ютерами з різними Hardware и Software. Саме сокети доцільно застосовувати для протоколів, орієнтованих на встановлення зв'язку, що дозволяє одночасно обробляти запити від великої кількості користувачів. При цьому адміністратор в будь-який момент часу може вносити корективи в налаштування та здійснювати перерозподіл портів на серверах. Використання математичного апарату теорії масового обслуговування дало змогу провести дослідження процесу обміну інформацією у системі “клієнт – сервер” з метою підвищення його ефективності. Кожен сервер був описаний як замкнута одноканальна система масового обслуговування з необмеженим часом очікування. **Висновки.** Авторами розглядається реалізація архітектури “клієнт – сервер” в офісній локальній мережі, успішне вирішення якої дозволить працювати військовій установі оптимально і безперебійно. Авторами була розроблена програма спілкування в локальній мережі на комп’ютерах з різними технічними параметрами та проведене тестування програми на предмет виявлення помилок. Застосування теорії масового обслуговування дає змогу розв'язати завдання структурного та параметричного синтезу локальної мережі установи та відпрацювати методику виявлення розподілених атак на мережу на початковому етапі.

Ключові слова: архітектура “клієнт – сервер”; сокет; локальна мережа; теорія масового обслуговування; замовлення; одноканальна замкнута система масового обслуговування; інформаційна безпека.

Исследование процесса обмена информацией в локальных сетях учреждений с помощью использования математического аппарата теории массового обслуживания

Е. А. Макогон, Р. Г. Мусаев, А. А. Дычко, И. М. Крыленко, Е. А. Думич

Предметом изучения в статье является процесс обмена информацией в локальных сетях учреждений на компьютерах с различными техническими параметрами. **Целью исследования** является анализ клиент-серверного взаимодействия с помощью сокетов, разработка программы эффективного и безопасного общения в локальной сети. **Задачи:** провести анализ клиент-серверного взаимодействия в локальной сети посредством использования сокетов, разработать программу общения в локальной сети на компьютерах с различными техническими параметрами, используя математический аппарат теории массового обслуживания, провести исследования процесса обмена информацией в системе "клиент - сервер" с целью повышения его эффективности. Используемыми являются общенаучные и специальные **методы** научного познания. Получены следующие **результаты.** На сегодняшний день парк вычислительной техники, используемой в учреждениях и офисах, имеет очень большую дисперсию технических параметров и установленного на компьютерах программного обеспечения. Исходя из этого, организация офисных локальных сетей требует решения научно-технической задачи реализации такой архитектуры, которая бы одновременно удовлетворяла требованиям качества, скорости, удобства и уровню безопасности обмена информацией между компьютерами с разными Hardware и Software. Именно сокеты целесообразно применять для протоколов, ориентированных на установление связи, что позволяет одновременно обрабатывать запросы от большого количества пользователей. При этом администратор в любой момент времени может вносить коррективы в настройки и осуществлять перераспределение портов на серверах. Использование математического аппарата теории массового обслуживания позволило провести исследование процесса обмена информацией в системе "клиент - сервер" с целью повышения его эффективности. Каждый сервер был описан как замкнутая одноканальная система массового обслуживания с неограниченным временем ожидания. **Выводы.** Авторами рассматривается реализация архитектуры "клиент - сервер" в офисной локальной сети, успешное решение которой позволит военному учреждению работать оптимально и бесперебойно. Авторами была разработана программа общения в локальной сети на компьютерах с различными техническими параметрами и проведено тестирование программы на предмет выявления ошибок. Применение теории массового обслуживания позволяет решить задачу структурного и параметрического синтеза локальной сети учреждения и отработать методику выявления распределенных атак на сеть на начальном этапе.

Ключевые слова: архитектура "клиент - сервер"; сокет; локальная сеть; теория массового обслуживания; заказ; одноканальная замкнутая система массового обслуживания; информационная безопасность.

UDC 621.396.677 **doi: 10.20998/2522-9052.2019.1.15**

A. Sotnikov, M. Yasechko, A. Tantsiura, A. Ochkurenko, D. Maksiuta

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine

THE EXISTING METHODS AND PROTECTION PRODUCTS ANALYSIS OF RADIO ELECTRONIC EQUIPMENT FROM THE POWERED PULMONARY ELECTROMAGNETIC RADIATION EFFECT OF ULTRASONIC SHORT-TERM PERMEABILITY

The possibilities analysis of the implementing protection radio electronic means from the powerful pulsed electromagnetic radiation by known methods and existing devices has been carried out. It was determined that at the operation stage of the radio-electronic means the main method of protection is shielding. But the presence of technological openings, cable entry channels, defects in enclosures makes it impossible to protect radio electronic devices from powerful pulsed electromagnetic radiation of ultra short duration by this method. It has been pointed out the need to search for new technologies that will reduce or completely eliminate the penetration of electromagnetic radiation into the cascades of radio-electronic means. The concept of the radio-electronic protection means at their use stage is formulated on the basis of nature-like absorption technologies, reflection and removal of the powerful pulsed electro absorbing and locking properties of the protective equipment. Nature-like technologies have the advantage of an instantaneous response of the state of the electronic subsystem to the effects of electromagnetic radiation and, accordingly, an instantaneous change in the electro physical properties of the solid-state ionized air environment. Thus, an instant change occurs in the reflective, absorbing and locking properties of the protective equipment. Also, such technologies retain their performance throughout the entire electronic means life cycle and have the ability to withstand pulsed overload.

Keywords: methods of protection from exposure to powerful electromagnetic radiation; radio-electronic means; solid-state plasma medium; gaseous plasma medium; radioisotope technology.

Introduction

It is known that electromagnetic radiation (EMR) of the ultra-short duration (USD) is capable of disabling modern radio electronic facilities (REF) by affecting the sensitive element base. Considering that modern power generation facilities, communications equipment, control systems, computer and telecommunication networks, life support equipment contain radio-electronic equipment (REF), the ensuring sustainability task of a radio-electronic device to the impact of a powerful pulsed electromagnetic pulse becomes urgent.

The operation of radio electronic, electro technical and electrical equipment, providing important strategic military-technical objects, is also associated with the implementation of the measures to protect them from the destabilizing effect of the powerful EMR USD. The REF protection implementation for various purposes is based on the use of appropriate methods and protection devices, depending on the parameters of the EMR.

The available domestic and foreign literature analysis indicates the great interest of scientists to study the generating powerful electromagnetic radiation processes EMR [1–4], the use of powerful generators EMR, including the one to influence the element base of the REF. The results that characterize the state of recent advances in the protection of the REF from the powerful EMR are presented in [5–14]. Also, many works are devoted to traditional methods and means of protecting radio electronic devices against the effects of microwave radiation [1–3, 15–17]. Recently, there have been publications devoted to the use of radioisotope technologies for the radio electronic devices protection against the effects of powerful electromagnetic radiation, which are nature-like [18–20]. The nature of these technologies is associated with the use of reflecting and absorbing properties of plasma, which is the most common state of matter. It is also associated with the use of the lightning properties, as a discharge in the air, which, in the first approximation, can be used to create a highly conductive state of air in holes, in the slots of shield cases to protect against the powerful EMR through breakdown and further removal of the EMR energy.

According to [21, 22], there are distinguished methods to protect REF from exposure to EMR, whose classification is shown in Fig. 1.

Let us consider the possibility of applying these methods to determine the protection concept of a radio electronic system depending on the stage of the life cycle.

The purpose of the article is to analyses the capabilities of the known methods, means and devices for the protection of radio electronic devices against the effects of a pulsed powerful electromagnetic pulse and to determine the directions for their further development.

Main material

The general principle of the structural protection method consists in shielding the equipment, choosing the optimal grounding schemes for each specific case. The most common ways of practical implementation of the structural method of protecting a REF from the effects of electromagnetic radiation are the use of electromagnetic shields located around the REF and grounding devices, which divert electrical disturbances and currents to earth.

Shielding [22–25] is understood to mean the localization of an electromagnetic field in a certain space by limiting its propagation in all possible ways. The most common type of screen is a metallic closed shell that prevents the electromagnetic field from entering the electromagnetic radiation energy. In addition to its main functional purpose, the screen acts as an element of the supporting structure

© Sotnikov A., Yasechko M., Tantsiura A., Ochkurenko A., Maksiuta D., 2019

and, in addition to weakening and absorbing the energy of the electromagnetic field, must have the necessary mechanical strength, rigidity, ease of fixing in the overall design of the device, have minimum dimensions and weight. Therefore, the choice of screen material is determined on the one hand by ensuring the effectiveness of protection, and on the other hand by the production conditions of manufacture (if the screen is also used as a carrier element, then the requirements determined by this circumstance are also taken into account).

From a physical point of view, the screening is as follows. EMR is partially reflected from the screen outer surface and partially absorbed by the screen material. Theoretical and experimental studies [22 - 25] showed that the shape of the screen has little effect on its effectiveness. The main factor determining the quality of the screen is the radio physical properties of the material and structural features. This makes it possible to use the simplest screen form when calculating screen efficiency: sphere, cylinder, plane-parallel sheet, etc. The effectiveness of shielding is the presence of technological holes in the screen (input-output devices, ventilation), and in the shielded rooms - life support devices that connect the premises with the external environment.

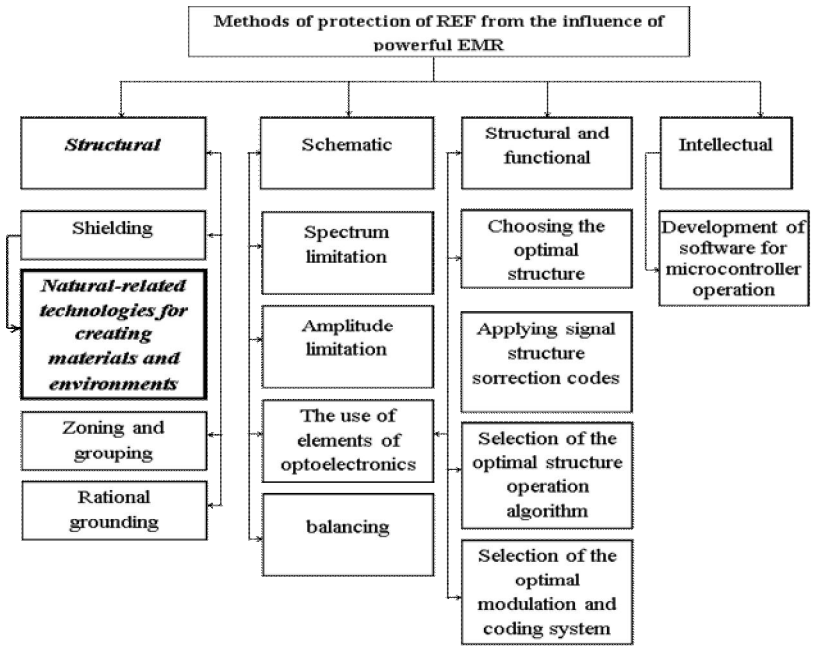


Fig. 1. The main methods of protecting REF from the effects of powerful electromagnetic radiation

When designing electromagnetic shields, it is generally necessary to take into account that at relatively low frequencies it is more difficult to ensure effective shielding of the magnetic field component, while shielding the electric component presents no particular difficulty even when using perforated or mesh screens.

A special place among the materials used for shielding static and quasi static magnetic fields is occupied by amorphous ferro magnets. The magnetic screen is made of Permalloy-type alloys containing 20% of Fe atoms and 80% of Ni atoms. High magnetic properties are achieved by the complex and expensive heat treatment. The magnetic properties of amorphous alloys are quite high, which allow them to be used as a shielding material. Shields of amorphous alloys are not sensitive to shock. They initially have high magnetic permeability, which retains its level to frequencies of the order of hundreds of megahertz. For example, Metschild fabric from an amorphous Fe40Ni40P14B6 alloy in the form of a tape 1.5 mm wide and 58 microns thick was used to shield cables in equipment installed on board a Voyager class spaceship. The research results showed that the protective ability of such a fabric reaches 11 dB at a magnetic field strength of 40 A/m and 24 dB at a field strength of 200 A/m and a frequency of 60 Hz. These values exceed the characteristics of similar screens made of Permalloy-type alloys in 1.5-2 times and do not change after mechanical stress.

Today it has become possible to create screens of amorphous alloys with shielding coefficients up to 60 dB for industrial interference and radio frequency range. Magnetic screens for quasi static fields (Earth's magnetic field) have also been developed from amorphous ferro magnets. Now it is possible to use an amorphous ferromagnetic micro wire for magnetic shielding of a small volume.

In addition, in [26], the original manufacturing techniques of the knitted screening fabric with a smooth and relief surface and methods for measuring their characteristics are given.

In [27], a method was proposed for protecting onboard digital computers from the effects of EMR, in which a method of shielding electrical equipment using metal grids and continuous thin-walled metal sheets is also used. The disadvantages of this method are that when it is used, there are big problems with ensuring effective shielding of objects through the technological difficulties of manufacturing screens that have no heterogeneity and defects (in particular, the presence of inputs), which makes it impossible to completely shield electrical circuits and devices.

In other proposed screens, the disadvantages are the presence of components (welding, bolted connections), doors, gaskets, openings, cable glands and mechanical effects on the screen.

Radar absorbing coatings (RAC) and materials are widely used to create screens. Despite the wide range of RACs developed at present, we will analyses their characteristics with respect to the possibility of using them to protect the radio electronic equipment (REE) from the pulsed electromagnetic radiation (EMR).

Radio absorbing coatings and materials (RAM) as protective materials REF from the exposure to electromagnetic radiation EMR.

RAC and RAM are designed to reduce the reflection of electromagnetic radiation inside the shielding objects, as well as to ensure their electrical sealing [28 - 29].

The following main types of RAC are known, the classification of which is shown in Fig. 2

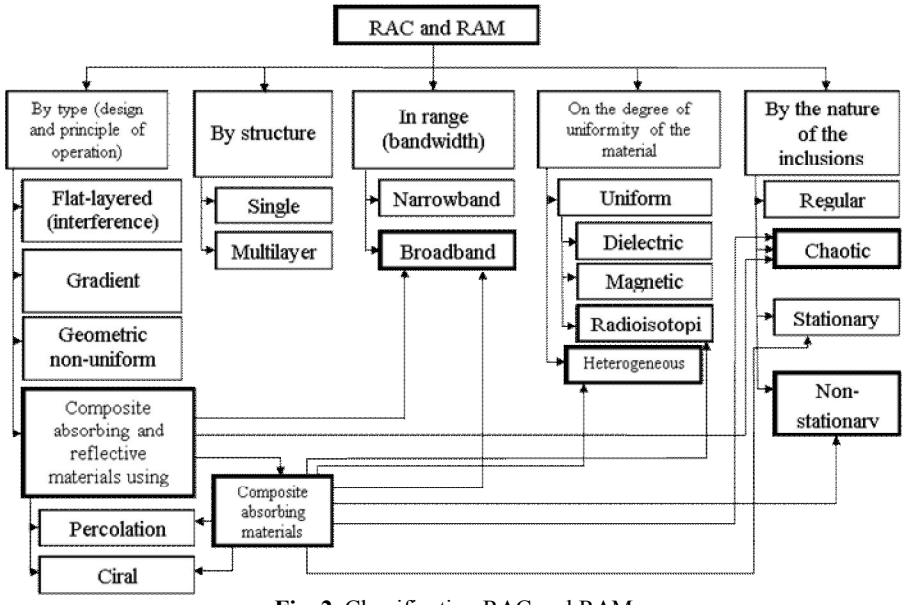


Fig. 2. Classification RAC and RAM

The coatings are flat-layered in which a decrease in the incident radiation is achieved by the mutual attenuation of waves reflected from the object's surface and the coating surface. Falling EMR is repeatedly reflected from the separation of two "coating-object" media and is partially absorbed by the coating substance. If the coverage is perfect, then the total field in the direction of the source of the incident wave is zero. An example of such coatings is the quarter-wave absorber EMR. The disadvantages of such coatings are their narrow band and high dependence of the reflection coefficient on the angle of the incidence.

The expansion of the working strip can be achieved as a result of a multi-layer structures use with a gradual change in the characteristics of the layers. If the number of layers of the multilayered stepped RAC is unlimited increased (in practice it's up to 10), then such a flat layer structure will turn into a gradient type coating.

For the most effective absorption of microwave radiation, it is better to use the coatings and materials with high dielectric and (or) magnetic permeability. The main physical properties of materials (dielectrics, ferro electrics, metals and their oxides, semiconductors, ferrites), which can be used for use in creating EMR absorbing structures, are given in [30 - 31].

Gradient type coatings have low reflective properties in a wide frequency band. However, they are bulky and the most difficult from the point of view of practical implementation, which is a disadvantage. Geometrically in-homogeneous RAM may have a different shape: saw-like, cone-like, pyramidal. In gradient coatings the coordination with free space is due to the gradual changes in the properties of the absorbing medium based on the use of the constant parameters layers set. The advantages of coatings of this type include a wide working band with a low reflection coefficient. The disadvantages are their sizes, which significantly exceed the sizes of planar RAC and RAM.

The existing RAM by the mechanism of absorption can be divided into two classes:

1. Dielectric materials with low dielectric constant and high absorption level of electromagnetic energy due to electrical conductivity.

2. Ferromagnetic materials that provide absorption of electromagnetic radiation due to magnetic reversal losses.

The most effective ferromagnetic materials with magnetic losses. However, it should be noted that despite the great achievements in the field of creating special absorbing materials based on ferrite, ceramics and ferrite compounds, it is still not possible to manufacture an effective absorber of electromagnetic radiation EMR in a fairly wide wavelength range at different angles of incidence. Thus, the reflective R of the NZ-31, NZ-41 NZ-51 (Eccosorb) materials as a function of frequency is shown in [32], showing that the reflection ability of these coatings, which are 5 ... 8 mm thick, is 20 dB (that is, no more than 1% of the incident energy is reflected) is stored only in the frequency band = 250 ... 400 MHz To extend the frequency range using multi-layer coatings. However, the high proportion of ferromagnetic materials makes it unacceptable to use them on the flying aircraft (FA). But in work [33] it is noted that Russian specialists managed to create the world's first protective material of small specific gravity (only 0.2 kg/m^2) and with high absorbing properties. The material protects them from electromagnetic radiation EMR in the range from 0.5 GHz to 50 GHz, and also reduces the level of electromagnetic exposure by up to 10-30 dB (radiation reflected from the material) and up to 100 dB (radiation passed for the material).

Ferrite fabric has the highest flexibility, which allows it to cover almost everything. The material can be used in the temperature range from - 50 to +110 degrees Celsius. At present, the production of linen size 500 by 500 millimeters.

To expand the frequency range while ensuring high efficiency of absorption of electromagnetic waves, composite materials with various kinds of inclusions and the so-called artificial media [34 - 45], whose work is based on the principle of scattering and absorption of electromagnetic radiation EMR at resonant frequencies determined by the size of inclusions . So, to create effective RACs, the possibility of using chiral and percolation materials related to the composite materials [46 - 47] is being investigated.

Chiral environment is an isotropic dielectric, in which mirror-asymmetric elements are randomly distributed. Percolation materials use disordered mixtures of high and low conductive particles. At a certain criti-

cal concentration of highly conductive particles, which is called the percolation threshold, a metal-insulator transition is observed in such an environment [48].

Percolation environment have abnormally high dielectric constant. Conductivity is characterized by anomalous non linearity. By changing the conductivity, size and concentration of conductive inclusions, it is possible to vary the capacitive and inductive properties of percolation clusters and, therefore, create materials with the necessary electro-physical properties, including those that have low-reflective properties. An example of coatings made from such materials are coatings that use a powder consisting of miniature ceramic medium coated with metal [42, 46]. The diameter of the ceramic medium is in the range of 5 ... 75 microns. When using such powder as an impurity to the paint, its cost lies within the range of $ 1-2 per square foot (1 foot = 0.3048 m). At the same time, it increases the paint weight by just 0.05 pounds per square foot (1 pound = 0.48 kg) to the weight of the paint. It is argued that, based on the properties of such a powder, coatings can be created to absorb electromagnetic radiation in the range 1 ... 100 GHz.

Magnetic granular materials are considered to be promising. They represent a structural composite in which ferromagnetic particles with a crystal structure are placed in a dielectric matrix [49]. One of the advantages of such materials is the ability to easily control their parameters by changing the concentration of the component introduced into the composite. In this case, there is a real possibility of creating an absorbing material with a low reflection coefficient of high-frequency electromagnetic radiation [50]. Dielectric matrices with ferromagnetic particles included in them are widely used as absorbers [49], as well as as fillers for wave guides and resonators in various non-reciprocal microwave engineering devices. In [51 - 52], it was shown that in composites based on hexagonal ferrites (HF) and polymer bonding, the absorption of electromagnetic radiation EMR occurs due to the natural ferromagnetic resonance. Such materials are promising to use in the frequency range 2.6 GHz.

The results of the conducted research allow to conclude that RAC and RAM models based on the modified materials have a high degree of a EMR absorption.

High-temperature superconductors (HTSC), as protective materials REF from the effects of electromagnetic radiation EMR.

According to the results of [28 - 29], one of the ways to protect the REF from the effects of a powerful EMR USD through the antenna mechanism is protection based on strip-film structures, made out of high-temperature superconductors. Protection devices operate on the basis of the phase transitions use in the transmission lines of HTSCs, which use the transition from the superconducting state to the normally conducting state.

The widespread practical use of HTSC in microwave technology is primarily limited by their nonlinear properties and the need to use liquid nitrogen.

In [53], a device was considered to protect the receiver (Fig. 3), which consists of a ferrite triple-shoulder wave guide Y-circulator 1, which switches to where the antenna 3 is connected to the input of the first arm 2 of the circulator 1, the absorbing load 5 is connected to the output of the second arm 4, and the third arm 6 is connected to the receiver 7. Inside the second arm 4, two parallel plates 8 are installed, made out of a high-temperature superconductor, for example, of the YBa2Cu3O7 type with a thickness greater than the thickness of the skin layer in this superconductor. The space between the plates 8, which are adjacent to the walls of the wave guide shoulder 4, is filled with liquid nitrogen 9, coming through the pipes 10 from the cryogenic generator 11 of a closed cycle. The second shoulder 4 in the area of the plates 8 is placed inside the solenoid 12.

The device for protecting the receiver works as follows. First, the volume between the plates 8 is filled with liquid nitrogen 9, coming through the pipes 10 from the cryogenic generator 11 of a closed cycle.

A closed loop reduces the weight of the cooling system. Under the action of liquid nitrogen 9, the plates 8 become superconducting. When low-power signal carrying information arrives at the antenna 3, the signal, in accordance with the principle of the circulator 1, enters the other arm 4. Since the plates 8 are made out of HTSCs and are in superconducting states, the information signal is reflected from them and enters the third arm 6 and through it to the receiver 7. When the antenna receives 3 high-power pulsed EMRs that exceed the power level of the transition of the superconducting plates to the normal state, this radiation enters the arm 4 and destroys the superconductivity of the plates 8, transferring them into a non-superconducting (normal) state.

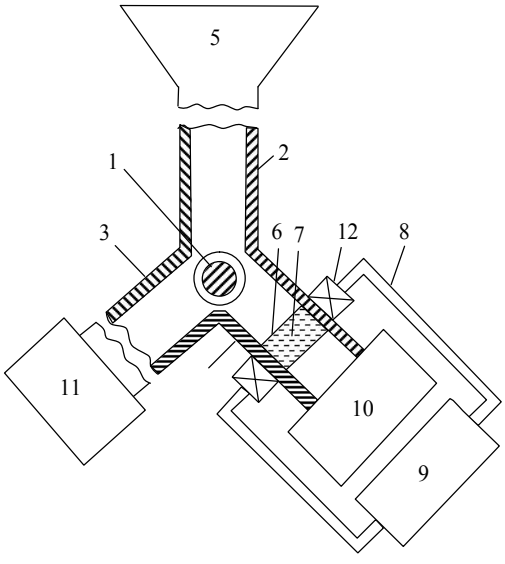


Fig. 3. The receiver protective device

Plates 8 will be transparent for a powerful signal, which along arm 4 enters the absorbing load 5 and does not fall into the third arm. In addition, the plates 8 with destroyed superconductivity will also absorb the power of electromagnetic radiation. Upon the termination of exposure to high-power radiation, the superconductivity of the plates 8 is instantly restored and the receiver 7 again operates in normal mode, receiving an information signal.

Thus, the receiver is protected automatically when the superconductivity of the plates 8 is destroyed due to the energy of the very powerful radiation itself, and the transition time from the superconducting state to the normal state and vice versa is no more than 10^{-12} seconds. Adjustment of the protective power level is made by changing the magnitude of the magnetic field generated by the solenoid 12.

However, despite the simplicity of the protective device, the physical nature of the transition of the high-temperature superconductor to the normal state, under the influence of the microwave signal, has not yet been fully clarified.

The theoretical estimates show that already at power levels of the order of 10^{-3} W, a process of penetration into the HTSC film of Abrikosov's vortexes formed by a microwave field may occur, and therefore nonlinear effects appear and lower conductivity zones are formed.

This requires solving a number of problems related to the study of the basic properties of HTSC superconductors necessary for the creation of high-speed micro strip lines (MSL) and co planar lines (CPL) of transmission lines.

To implement the practical design of the protective device, it is necessary to conduct additional studies to optimize the design and topology, as well as the analysis of thermal processes at different amplitudes and duration of a parasitic EMR.

Nature-like technologies for creating materials and environmental protection environments.

In works [1, 18 - 20], it was proposed to use nature-like technologies that most satisfy the set of requirements for protection.

The use of nature-like (plasma) technologies introduces a number of new properties to the protection means compared to the conventional means. The most important of these are the instantaneous response of the state of the electronic subsystem, and accordingly, the change in the electrical properties of a solid-state and ionized air that determines the reflecting, absorbing and locking properties of a protective equipment under the influence of a powerful pulsed electromagnetic radiation EMR, performance throughout the life cycle of a REF, and the ability to withstand pulse over voltages .

A number of provisions of the general theory of radio absorbing materials and coatings, the theory of electrodynamics of composite materials, the kinetic theory of plasma, the fundamentals of electrodynamics of radiation and its interaction with matter, the theory of gas and plasma breakdown can be used in the study of individual properties of the plasma protective equipment. However, the analysis of the known scientific results in the study of the electrodynamics plasma medium characteristics showed the presence of a powerful pulsed EMR, a heterogeneous conductivity structure of the screen material due to the radioisotope and hexaferrite elements, the effect of changes in air pressure on the development of breakdown, the occurrence of Langmuir oscillations in the protective screen. This necessitates the development of a powerful pulsed ultra-wide band fields interaction theory with solid-state plasma-like materials and weakly ionized air medium. This will provide an opportunity to evaluate their response to the rate of rise of current and voltage, shielding, reflecting, absorbing and closing characteristics in order to determine the possibility of using plasma technologies to protect the REF electronic device from high-power pulsed electromagnetic radiation EMR without affecting their operation.

Conclusion

Thus, the methods and means of protection developed to date are not capable of ensuring, by their characteristics, the necessary effectiveness of the radio electronic means protection for the following reasons:

- lack of the perfect screens;
- the inability to create or use sealed screens in relation to EMR;
- the inability of existing limiters to withstand pulsed over voltage under the influence of EMR;
- insufficient speed;
- unacceptable weight and size characteristics.

In addition, the use of protection devices antenna inputs leads to the working signals distortion of the receiving and transmitting paths due to the appearance of a heterogeneity in the antenna-feeder path REF.

Based on the analysis and research of existing methods for protecting REF from the effects of high-power electromagnetic radiation emission technologies EMR USD, nature-like technologies, namely, radioisotope-plasma technology, are considered promising.

Such a technology, according to the preliminary estimates, will ensure compliance with the requirements for the means of protecting the electronic device REF from the impulse EMR of the USD along all possible channels of penetration.

REFERENCES

1. Sotnikov, A. Tarshin, V., Vorobiov, O., Savchenko, V. and Kurtseitov, T. (2017) “Development of radioisotopic-plasma technology for the protection of radio electronic means from powerful electromagnetic radiation”, *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies,* Vol. 1, № 5 (85), pp. 16 – 22, DOI: http://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.91642
2. Kravchenko, V.I. (2008), *Electromagnetic weapons*, NTU "KPI", Kharkiv, 185 p.
3. Dyakov, A.F., Kuzhekin, I.P., Maksimov, B.K. and Temnikov, A.G. (2009), *Electromagnetic compatibility and lightning protection in the power industry*, Publishing House MEI, 455 p.
4. Ricketts, L.U., Bridges, J.E. and Mayletta, J. (1979), *Electromagnetic impulse and methods of protection*, Atomizdat, 328 p.
5. Kravchenko, V.I., Bolotov, E.A. and Letunova, N.I. (1987), *Radio-electronic means and powerful electromagnetic interference*, Radio and communication, 256 p.
6. Myrova, L.O. and Chepizhenko, A.Z. (1988), *Ensuring the durability of communication equipment to ionizing and electromagnetic radiation*, Radio and communication, 296 p.
7. Kravchenko, V.I. (1991), *Lightning protection of radio electronic means*, Radio and communication, 264 p.

8. Dobykin, V.D., Kupriyanov, A.I., Ponomarev, V.G. and Shustov, L.N. (2007), *Electronic warfare. Power defeat of radioelectronic systems*, University book, 487 p.
9. Yasechko, M.N., Dokhov, A.I., Ivanets, M.G. and Teslenko, O.V. (2015), *Methods of formation and focusing of electromagnetic radiation to influence radio-electronic means*, Disa Plus, 216 p.
10. Nayden, E.P., Zhuravlev, V.A. and Itin, V.I. (2004), "Magnetic properties of nanoscale powders of hexaferites", *Journal of structural chemistry*, Vol. 45, pp. 106-111.
11. Skoblikov, O. and Knyazyev, V. (2012), "Shielding Properties of Conductive Shells Exposed to Electromagnetic Impulse of Lightning", *International Conference on Lightning Protection,* pp. 1-8.
12. Tajirov, A., Cwhanovskaya, I.V., Barsova, Z.V. and Iluoykha, N.G. (2012), "Chemistry and technology of magnetite and barium-containing composite materials on its basis", *European Science and Technology: materials of the II international research and practice conference,* Vol. II, pp. 80-87.
13. Fazaeli, R., Eslami-Farsani, R. and Targhagh, H. (2015), "Microwave Absorption Properties of Low Density Polyethelene-Cobalt Ferrite Nanocomposite", *International Journal of Chemical, Molecular, Nuclear, Materials and Metallurgical Engineering*, Vol. 9, No. 12. pp. 1450–1453.
14. Liu, T., Zhou, P. H., Xie, J. L. and Deng, L. J. (2011), "The hierarchical architecture effect on the microwave absorption properties of cobalt composites", *Journal of Applied Physics*, Vol. 110. pp. 1-4.
15. Brzheitsky, V.O., Isakova, A.V. and Rudakov, V.V. (2005), *Engineering and Electrophysics of High Voltages*, NTU "KhPI", Tornado, 930 p.
16. State standard of Ukraine 2793-94 (1994), *Compatibility of technical means of electromagnetic. Resistance to strong electromagnetic interference. Terms*, Gosstandart of Ukraine, 24 p.
17. Sukhorukov, S.A. (2014), *Interference suppression devices of CJSC "EMSOTECH"*, 72 p.
18. Iasechko, M. (2017), "Plasma technologies for the protection of radio electronic means from exposure to high-power electromagnetic radiations with ultra short pulse duration", *Proc. of the 1-st Annual Conf., Tallinn: DKLex,* pp. 18–21.
19. Sotnikov, A., Iasechko, M. (2017), "Use of plasma technologies for the protection of radioelectronic means from the influence of electromagnetic radiation", *Vestnik NTU "KhPI", Series: New solutions in modern technologies.* Vol. 53 (1274), pp. 182–187.
20. Sotnikov, O.M., Yasechko, M.M. and Tarshin V.A. (2017), "Protydiya potuzhnomu elektromahnitnomu vyprominyuvanyu dlya zakhystu radioelektronykh zasobiv" [Countering a powerful electromagnetic radiator to protect radio electronic devices] *Systems of information processing.* Vol. 9 (135), pp. 76-81.
21. Kovtunenko, O.P., Bogucharsky, V.V., Slyusar, V., Fedorov, P.M. (2006) "Zbroya na netradytsiynykh pryntsypakh diyi (stan, tendentsiyi, pryntsypy diyi ta zakhyst vid neyi)" [Weapon on non-traditional principles of action (state, trends, principles of action and protection against it)], 247 p.
22. Balyuk, N.V., Kechiev, L.N., Stepanov, P.V. (2007) "Moshchnyy elektromagnitnyy impul's: vozdeystviye na elektronnyye sredstva i metody zashchity" [A powerful electromagnetic pulse: the impact on electronic means and methods of protection] *LLC ITD Group*. 478 p.
23. All-Union. meeting (1972) [Protection of communication lines and automation against the influence of external electromagnetic field], *Institute of Engineers. wish dear trans*. 157 p.
24. Prokhorov, A.M. (1992) "Fizicheskaya entsiklopediya" [Physical Encyclopedia], *Soviet Encyclopedia*. Vol. 3. 672 p.
25. Sivaram, M., Batri, K., Amin Salih, Mohammed and Porkodi V. (2019), "Exploiting the Local Optima in Genetic Algorithm using Tabu Search", *Indian Journal of Science and Technology*, Volume 12, Issue 1, DOI: http://doi.org/10.17485/ijst/2019/v12i1/139577
26. Bogush, V.A., Borbotko, T.V., Gusinsky, A.V. (2003) "Elektromagnitnyye izlucheniya. Metody i sredstva zashchity" [Electromagnetic radiation. Methods and means of protection] *Bestprint.* 406 p.
27. Mikhailov, V.A. (2009) "Obespecheniye stoykosti bortovykh tsifrovykh vychislitel'nykh mashin k vozdeystviyu sverkhkorotkikh elektromagnitnykh impul'sov" [Ensuring the resistance of on-board digital computers to the effects of ultrashort electromagnetic pulses] *Autoref. dis. for degree of candidate tech. sciences*. 24 p.
28. Anechoic, R.F. (1982) [Chamber Test Facilities] *KEENE Corp.* 154 p.
29. Alimin, B.F. (1989) "Sovremennyye razrabotki poglotiteley elektromagnitnykh voln i radiopogloshchayushchikh materialov" [Modern developments of electromagnetic wave absorbers and radio absorbing materials] *Foreign Radio Electronics*. No. 2. pp. 75-82.
30. Hippel, A.R. (1959) "Dielektriki i ikh primeneniye" [Dielectrics and their application] *Energoizdat*. 336 p.
31. Rez, I.S, Poplavko, Yu. M. (1989) "Dielektriki. Osnovnyye svoystva i primeneniye v elektronike" [Dielectrics. Basic properties and applications in electronics] *Radio and communication.* 287 p.
32. Wallace, J.L. (1993) "Broadband Magnetic Microwave Absorbers: Fundamental Limitations" *IEEE Trans. Magn.* Vol.29, №6, Pt 3. pp. 4209-4214.
33. Dhivakar, B., Saravanan, S.V., Sivaram, M. and Krishnan R.A. (2012), "Statistical Score Calculation of Information Retrieval Systems using Data Fusion Technique", *Computer Science and Engineering*, Vol. 2, Issue 5, pp. 43-45, DOI: http://doi.org/10.5923/j.computer.20120205.01
34. Antonov, A.S., Batenin, V.M. and Vinogradov, A.P. (1990), "Elektrofizicheskiye svoystva perkolyatsionnykh sistem" [Electrophysical properties of percolation systems] *IVTAN*, 120 p.
35. Yemets, Yu. P. (2005), "Effective dielectric constant of three-component composite materials with anisotropic structure", *ZhTF,* Vol. 75, No. 2, pp. 67–72.
36. Yemets, Yu. P. (2004), "Simulation of the electrophysical characteristics of a dielectric medium with a periodic structure", *ZhTF,* Vol. 74, No. 12, pp. 1–9.
37. Bliokh, K. Yu. and Bliokh, Yu. P. (2004), "What are left-handed media and how are they interesting?", *UFN*, Vol. 174, No. 4, pp. 439–447.
38. Veselago, V.G. (1967), "Electrodynamics of substances with simultaneously negative ε and μ values", *Successes of physical sciences,* Vol. 7, No. 92, pp. 517–526.
39. Pendri, I.B. (1976), *Phys. Rev. Lett.,* pp. 764–773.

40. Perrins, W.T., McKensie, D.R. and McPedran, R.C. (1979), *Proc. R. Soc. Lond.,* Vol. 369, pp. 207–225.
41. Manteufel, R.D. and Todreas, N.E. (1994), *Int. J. Neat Mass Transfer*. Vol. 37, No. 4, pp. 647–655.
42. Tretyakov, S.A. (1994), "Electrodynamics of complex media: chiral, biisotropic materials, *Radioengineering and Electronics*, Vol. 39, No. 10. pp. 1455–1470.
43. Tretyakov, S.A. (1994), "Approximate boundary conditions for a thin biisotropic layer", *Radio engineering and electronics* Vol. 39, No. 1. pp.184–192.
44. Simovski, C.R., Treyakov, S.A., Sochava, A.A., Sauviac, B., Mariotte, F. and Kharina, T.G. (1997), "Antenna model for conductive omega particles", *J. of Electromagnetic Waves Applic.*, Vol. 11, No 11, pp. 1509–1530.
45. Treyakov, S.A. and Sochava, A.A. (1993), "Eigen waves in uniaxial chiral and omega media", *Microwave and Optical Technology Letters*, Vol. 6, No. 12, pp. 701–705.
46. Tretyakov, S.A. (1994), "Electrodynamics of complex media: chiral, biisotropic materials", *Radioengineering and Electronics,* Vol. 39, No. 10, pp. 1455–1470.
47. Antonov, A.S., Batenin, V.M. and Vinogradov, A.P. (1990), *Electrophysical properties of percolation systems*, IVTAN, 120 p.
48. Vinogradov, A.P. (2001), *Electrodynamics of composite materials*, Editorial URSS, 208 p.
49. Kazantseva, H.E., Ryvkina, N.G. and Chmutin, I.A. (2003), "Prospective materials for absorbers of electromagnetic waves of the microwave range", *Radio engineering and electronics*, Vol. 48, No. 2, pp. 196–209.
50. Shneiderman, Ya.A. (1975), "Radio absorbing materials", *Foreign Radioelectronics*, No. 2, pp. 93–113.
51. Ostrovsky, O.S, Soroka, A.S. and Shmatko, A.A. (1994), "Optimization of broadband non-reflective multilayer coatings, *Proceedings of the conference "Microwave Technology and Satellite Reception",* pp. 125–127.
52. Buchelnikov, V.D., Bychkov, I.V. and Shavrov, V.G. (1992), "The influence of a magneto-resistant connection on the reflection of an electromagnetic wave from a ferrodielectric", *Solid State Physics,* Vol. 34, No. 11, pp. 3408–3411.
53. Konyakhin, G.F., Vereshchagin, V.L., Kapuro, I.A. and Sotnikov, O.M. (2010), "Prystriy dlya zakhystu pryymacha" [Device for protecting the receiver], *Patent UA №54770.*

Received (Надійшла) 18.01.2019
Accepted for publication (Прийнята до друку) 13.03.2019

Анализ существующих методов и устройств защиты радиоэлектронных средств от влияния мощного импульсного электромагнитного излучения ультракороткой длительности

А. М. Сотников, М. Н. Ясечко, А. Б. Танцюра, А. В. Очкуренко, Д. В. Максюта

Проведен анализ возможностей реализации защиты радиоэлектронных средств от мощного импульсного электромагнитного излучения известными способами и существующими устройствами. Установлено, что на этапе эксплуатации радиоэлектронных средств основным методом защиты является экранирование. Но наличие технологических отверстий, каналов кабельного ввода, дефектов в корпусах делает невозможной защиту радиоэлектронного устройства от мощного импульсного электромагнитного излучения сверхкороткой длительности. Отмечена необходимость поиска новых технологий, которые позволят уменьшить или полностью исключить проникновение электромагнитного излучения в каскады радиоэлектронных средств. Концепция средств радиоэлектронной защиты на стадии их использования сформулирована на основе природоподобных технологий поглощения, отражения и отвода мощного импульсного электромагнитного излучения за счет использования электроабсорбирующих и запирающих свойств защитного оборудования. Природоподобные технологии имеют преимущество мгновенного отклика состояния электронной подсистемы на воздействие электромагнитного излучения и, соответственно, мгновенного изменения электрофизических свойств твердотельной ионизированной среды. Таким образом, происходит мгновенное изменение отражающих, поглощающих и запирающих свойств защитного оборудования. Кроме того, такие технологии сохраняют свои характеристики на протяжении всего жизненного цикла электронных средств и способны выдерживать импульсные перегрузки.

Ключевые слова: методы защиты от воздействия мощного электромагнитного излучения; радиоэлектронные средства; твердотельная плазменная среда; газообразная плазменная среда; радиоизотопная технология.

Аналіз існуючих методів і пристроїв захисту радіоелектронних засобів від впливу потужного імпульсного електромагнітного випромінювання ультракороткої тривалості

О. М. Сотніков, М. М. Ясечко, О. Б. Танцюра, О. В. Очкуренко, Д. В. Максюта

Проведено аналіз можливостей реалізації захисту радіоелектронних засобів від потужного імпульсного електромагнітного випромінювання відомими способами і існуючими пристроями. Встановлено, що на етапі експлуатації радіоелектронних засобів основним методом захисту є екранування. Але наявність технологічних отворів, каналів кабельного вводу, дефектів в корпусах унеможливлює захист радіоелектронного пристрою від потужного імпульсного електромагнітного випромінювання ультракороткої тривалості. Відмічена необхідність пошуку нових технологій, які дозволять зменшити або повністю виключити проникнення електромагнітного випромінювання в каскади радіоелектронних засобів. Концепція засобів радіоелектронного захисту на стадії їх використання сформульована на основі природоподібних технологій поглинання, відбиття і відведення потужного імпульсного електромагнітного випромінювання за рахунок використання електроабсорбуючих і замикаючих властивостей захисного обладнання. Природоподібні технології мають перевагу миттєвого відгуку стану електронної підсистеми на вплив електромагнітного випромінювання і, відповідно, миттєвої зміни електрофізичних властивостей твердотільного іонізованого середовища. Таким чином, відбувається миттєва зміна відбиваючих, поглинаючих і замикаючих властивостей захисного обладнання. Крім того, такі технології зберігають свої характеристики протягом усього життєвого циклу електронних засобів і здатні витримувати імпульсні перевантаження.

Ключові слова: методи захисту від впливу потужного електромагнітного випромінювання; радіоелектронні засоби; твердотільне плазмове середовище; газоподібне плазмове середовище; радіоізотопна технологія.

UDC 621.391 **doi: 10.20998/2522-9052.2019.1.16**

I. Yakhno[1], O. Malyk[1], S. Hatsenko[2], A. Shyshatskyi[3], O. Pikul[4]

[1] General Directorate of the National Guard of Ukraine, Kyiv, Ukraine
[2] National Defence University of Ukraine named after Ivan Chernyakhovsky, Kyiv, Ukraine
[3] Central Research Institute of Weapons and Military Equipment of Armed Forces of Ukraine, Kyiv
[4] Military institute of telecommunications and informatization named after Heroes of Kruty, Kyiv, Ukraine

METHOD OF ASSESSMENT OF INFORMATION AVAILABILITY OF RADIO INFLAMMATION SOURCES BY DEVICES OF RADIOELECTRONIC RECOGNITION

Providing information superiority over the enemy is becoming a prerequisite for conducting military operations. The main type of information support is military intelligence, and its basis is radio-electronic intelligence. During the analysis of the known scientific achievements in the direction chosen by the authors of the research it was established that at present there is no general methodology for assessing the capabilities of the forces and devices of radio-electronic intelligence for the information (reconnaissance) availability of electronic intelligence sources that is suitable for the use in automation devices of various control units, which connects separate indicators of information accessibility in generalized on the basis of the use of modern intelligence-information models. The authors of this research conducted a methodology for assessing the availability of radio-emission sources by the devices of radio-electronic intelligence. In the course of the research, the authors used the basic provisions of the theory of radioelectronic intelligence, the theory of communication, the theory of electronic warfare, the theory of signals, and general scientific methods of analysis and synthesis. The technique developed by the authors makes it possible to evaluate sources of electronic intelligence from the point of view of the expediency of including in the outline the distribution of forces and devices for different conditions of the situation (stages of combat or operations), effectively manage the forces and devices of extraction and processing in the interests of solving radio-electronic intelligence tasks, and evaluate the degree of this efficiency. This technique, which is an integral part of the general methodology for the distribution of forces and intelligence, can be applied at the command posts (grouping of troops, military units) of electronic intelligence and will increase the efficiency of conducting searches of sources and objects of electronic intelligence, as well as the distribution of forces and resources for tasks, objects and sources. In addition, it can be used to assess the effectiveness of existing and promising devices and complexes of electronic intelligence and electronic warfare. Taking into account the above, the direction of further research should be considered the development of scientific and methodical apparatus for improving the efficiency of conducting radio-electronic intelligence.

Keywords: radio communication systems; radio resources, noise immunity; radio electron suppression; radio-electronic intelligence; secrecy.

Introduction

In the traditional theory of radio electronic intelligence (REI), the information (intelligence) accessibility (IA) of a control and communication system is understood as a set of inherent intelligence management and communication features that allow to disclosure this system with a given probability for a given time [1–3].

Information accessibility in one or another degree is evaluated for solving the following tasks:

conducting a search of sources and objects REI;

calculation of objects and sources of REI during the analysis of the radio electronic environment (REE);

distribution of forces and resources according to tasks, objects and sources;

evaluation of the effectiveness of the developed facilities and complexes.

In practice, the evaluation of the IA is not fully implemented.

For solving search problems in peacetime conditions for the usual environment (due to the uncriticality of the problem-solving cycle), a predominantly "bunching method of detecting and defending the noise" sources of REI is widely used. In this case, in the course of the noise defense, as a rule, only qualitative (whether or not), semantic, hardware and sign availability are determined, which is determined on condition of obtaining a full indication of the implementation of all types of actions: interception, routing, technical analysis and processing.

For other conditions REE, there are regimes of gaining an association with an increase in the total resource and normatively distributed resource for possible sources without a detailed calculation of their IAs, taking into account the time costs and the authenticity of the detection. The purposefulness of the search for these conditions from the point of view of the REE detection cycle is low primarily due to the lack of reliable predictive estimates of sources of IAs and the general methodology for evaluating the capabilities of the RAI system by source IAs [3, 6].

In order to calculate objects and sources, the IA is evaluated basically qualitatively (whether or not) in the form of electromagnetic availability (EMA) for regulatory distances for typical frequency ranges, excluding the radiated power of radio emission sources, the nature of the terrain and the type of waves.

The evaluation of the effectiveness of facilities and complexes that are developed for solving the problems of detecting a control system (CS) and radio technical provision (RTR) of an eventual opponent is carried out on separate indicators of the IA – EMA and partially hardware.

The question of formalization, and even more so, the automation of the basic processes of IA evaluations

© Yakhno I., Malyk O., Hatsenko S., Shyshatskyi A., Pikul O., 2019

for various conditions of the REE and individual stages of the conduct of hostilities are not resolved. The causes of the main shortcomings in the practice of assessing the IA are the disadvantages of the theory. The urgency of the research topic is stipulated [5, 7]:

the lack of a common methodology for assessing the capabilities of REI forces and devices for informing (intelligence) availability of REI sources suitable for the use in the automation tools of various management units, linking individual IA indicators to a generalization based on the use of modern intelligence-information models (IIM);

the account of optimal topologies (combat orders) of the elements of the REI system, its operational and technical characteristics for the analysis of the interrelationships between components of the IA in the interests of quantitative generalized evaluation of both for the sources of radio inquiries (PI) and radio engineering intelligence (REI);

low criticality to the solvable problem of the used private indicators of the IA in the form of qualitative assessments, the lack of a quantitative description of the most of them, the mistaken orientation of qualitative assessments on the organization of management and communication of traditional systems 80-90-th, which prevents reliable estimates of the IA and on their basis to form an optimal (suboptimal) plan for resource allocation;

low indicators of adequacy apply models, especially in perspective communication systems, for groups of "modular forces", their control systems based on complex automated systems and low-structural availability public communication systems using networks with self-organization and satellite communication systems (WIN-T program). The modern communication system is in line with the concept of the NNEC (NATO Network Enabled Capability), which is based on the American concept of NCW (Network-Centric Warfare) [3, 4].

Without solving these problems, the quality of the task of assessing the capabilities of the REI forces and devices of information (intelligence) availability of REI sources in the interests of the first division of forces and resources in the REI planning and, therefore, the execution of tasks for the purpose, will steadily decrease.

The purpose of this article is to develop a methodology for assessing the availability of radio emission sources by devices of radio-electronic intelligence.

Presentation of the main material

The method of estimating the capabilities of REI forces and devices of information (intelligence) availability of REI sources is an element of the general methodology for the distribution of forces and devices of reconnaissance and presents a set of elements (methods, operations) of the traditional and proposed scientific and methodical apparatus, based on which is a combination of statistical and logical methods calculation, applied in a certain logical sequence for the formation of adequate components: the potential, technical and real sources of REI sources.

The method makes it possible to evaluate REI sources from the point of view of the expediency of including in the initial plan distribution of forces and devices for different conditions of the situation (stages of battle or operation), effectively manage the forces and devices of extraction and processing in the interests of solving the problems of REI and assess the degree of efficiency.

The basis of the developed methodology is the structural-spatial models of the location of objects and sources on the ground for each group activity, the model of the combat forces and REI devices [7, 9]. They describe the classes of classes of activity, their interrelation with objects and sources, the characteristics of the latter from information groups, the distribution of depth and manifestation in the objects of the REI, as well as the optimal military units of the REI unit (military unit or connection) for different conditions of the situation. The structure of the proposed method is presented in Fig. 1.

The most important elements of it are three partial methods: formation and maintenance of the database of the characteristics of communication systems (CS) and radiocommunication grouping [8, 11]; formation of

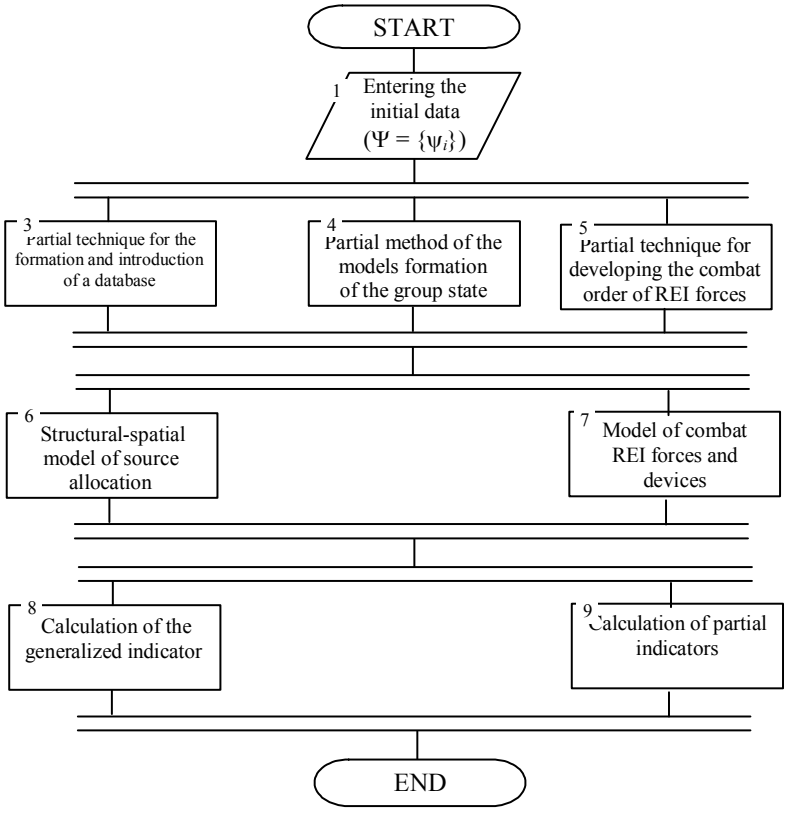


Fig. 1. Algorithm for implementing the proposed methodology

models of manifestation of the states of the grouping through the sources (objects) of the REI and their reconnaissance features (RF) of varying degrees of similarity [7]; the development of combat forces and REI forces [7].

The source for data evaluation are: intelligence-information models of groups of states (hypothetical, reference and working) [7, 10]; combat and numerical composition of the faction of an eventual enemy; reference data on the military use of the Armed Forces, the CS and the RTS (statutes, concepts and av.); the composition of the REI forces and devices and their operational characteristics.

In this methodology, while solving the problems of assessing the capabilities of the forces and devices of the REI, the following restrictions and assumptions are imposed on the sources of the REI's data:

the apparent availability of REI sources is determined from the point of view of solving problems of recognition of operational-tactical appointment (OTA) sources, the disclosure of objects through them;

the assessment of the IA capabilities is carried out primarily in the interests of the distribution of forces and devices, while this assessment is an essential component in calculating the importance (informative) of the source of intelligence, which is determined by the probability of information availability of the P_{av} source, the importance of the objects that are part of the source, the amount objects in the network;

the resource is distributed for all types of posts: existing complexes and prospective complex [2], management and processing posts are taken into account while calculating the intelligence (sign) availability [6];

the search and observation organization model is consistent, the search is conducted in terms of frequency, space and sources.

As a method for solving the problem of estimation, as shown by the analysis of its dimension and an analysis of the calculating individual indicators methods, the integration of statistical and logical calculation methods [6] can be used, which allows for the introduction to restrict on the computing space.

Models are formed for three levels of their similarity: hypothetical (absolute similarity), reference and work (full similarity).

To evaluate the availability of REI sources, we introduce generalized and partial indicators based on the following considerations:

The generalized indicator should evaluate the possibility of the IA as a whole, and partial (individual elements): the potential accessibility [10], technical, authenticity of detection time. Based on the requirements of the system approach, the theory of similarity of the model and the real system, as well as using the basic requirements for intelligence as characteristics: completeness, timeliness and reliability, we will conduct the synthesis of indicators.

A generalized indicator of the IA will be determined to take into account the following components of the evaluation as real intelligence availability based on the statistical model [6]:

the probability of potential accessibility (P_{pav}) consisting of partial indexes of IAs: semantic probability (P_{sav}), sign (P_{sign}) and structural (P_{str}) accessibility. It implements basically its own characteristics of the security of intelligence control systems (levels of information processes of the interaction of open systems model) [8, 10];

the probability of technical availability (P_{tav}), consisting of partial indicators of the IA: the probabilities of electromagnetic (P_{pre}), spatial (P_{spat}), hardware (P_{har}) availability. It characterizes basically its own capabilities of the REI system to detect communication processes at different levels of the model of open systems interaction (physical, data transmission and network levels).

Then the generalized indicator of the capabilities of the forces and devices of radio intelligence on the *i*-th IA source will look

$$P_{iavi} = P_{tavi} P_{pavi},$$

where i is the serial number of the REI source; P_{tavi} is the probability of technical availability of the first REI source; P_{pavi} is the probability of potential informational accessibility of the first REI source.

The probability of potential availability (P_{pav}) of the sources of radio inquiries will be determined by the implementation of at least one event the possibility of its constituent elements and is calculated by the formula

$$P_{pav} = 1 - \left(1 - P_{savi}\right)\left(1 - P_{signi}\right)\left(1 - P_{stri}\right).$$

The probability of technical availability (P_{tech}) of the sources of radio inquiries will be calculated as the intersection of the events of the implementation of its constituent elements:

$$P_{techi} = P_{prei} P_{spati} P_{hari.}.$$

In order to make a decision to include the REI source in the outline of the distribution of forces according to the indicator of information accessibility (without taking into account the comprehensiveness of object coverage), it is expedient to select the following criteria: when $P_{iav} < 0,2$ (low), it is inappropriate to plan the source for inclusion in the outline of the distribution of forces and devices for REI conducting; when $P_{iav} = 0,2 - 0,5$ (average), it is possible to plan a source for REI conducting; when $P_{iav} > 0,5$ (high) - the source is appropriate to plan for conducting intelligence.

Consider separate indicators of information accessibility, synthesizing them in a probabilistic form.

The semantic availability of the control system is determined by the degree of the use in it of the individual and group linear encryption equipment, the use of structural encryption, the stability of the methods used by radio control methods of the secret control of troops (card coding, formalization of messages, improvement of protocols and services model of interaction of open networks), language barrier, manifestation of semantic radio transmitter to recognize objects and states.

To calculate the capabilities of forces and devices of radio intelligence on the semantic availability of the source it seems logical to calculate the proportion of open, encoded, encrypted and formalized messages in his work and taking into account the availability of each type of message to determine their total probability as a measure of generalized availability.

In this case, the probability of the semantic availability of the *i*-th source will be calculated according to the formula

$$P_{savi} = K_{oi}P_{stri} + K_{ki}P_{stri} + K_{ei}P_{savi} + K_{fi}P_{savfi},$$

where $K_{o(c,e,f)}$ is the coefficient, taking into account the share of open (coded, encrypted, formalized) messages in the work of sources, calculated as the ratio of the number of open (coded, encrypted, formalized) messages to the total, respectively;

$P_{sav(c,e,f)}$ is the probability of semantic accessibility of open (coded, encrypted, formalized) messages, which is expressed as the ratio of accessible and inaccessible messages of this type from the point of view of the manifestation devices of semantic intelligence for the recognition of objects and states.

The significance of accessibility is determined by the stability of the manifestation of the intelligence of the system of communication and radio engineering, as well as the cost of the forces and devices to detect or confirm them [11, 12].

As a result of the analysis, it was found that the most expedient to assess the sign availability on the stability of manifestation (informative) of structural-statistical (logical) reconnaissance signs of recognition: operative-tactical assignment of the REI sources; operational-tactical affiliation (OTA) of objects through the REI sources; states of activity through the REI sources.

It is obvious that the capabilities of REI forces and devices for the apparent availability of sources will be expressed in terms of the probability of the apparent availability of the sources (P_{sign}), which in this case will be calculated according to the formula

$$P_{signi} = 1 - \left(1 - P_{avri}P_{spati}\right)\left(1 - P_{avsi}\right),$$

where $P_{avri(spat,avs)}$ is the probability of recognition of the *i*-th source (objects, states of activity), the calculation of which is carried out in accordance with the statistical recognition theory (the Bayes scheme for sources, recognition through the main and subordinate sources of sources for the objects, on the basis of the logical method by analyzing and deciding on the manifestation of intelligence attributes through sources for the object states of activity (0 or 1) [5, 12].

The structural availability of the communication system is determined by the degree of correspondence of the structure of the communication system and radio technical support to the structure of the control system of troops and weapons.

The capabilities of the REI forces and devices of structural accessibility are logically expressed due to the probability of structural accessibility, the size of which will be affected by the degree of compliance of the structure (spatial and managerial) of the communication system structure control system, the accuracy of the location of sources of radio emission, as well as to detect a change in the location of sources (objects) while changing the state of the group.

Given the high cost of time and the complexity of calculating the accuracy of the location for each correspondent network, determining the quantitative assessment of the correspondence degree of the communication system management system, it is advisable to analyze the probability of structural accessibility on the basis of average estimates by the types of communication systems and graduation distance from line of forces collision: $P_{str} = 0,5 - 0,75$ for team communication; $P_{str} = 0,1 - 0,3$ for general communications systems.

The electromagnetic availability of intelligence sources is quantified by the maximum distance between the points (areas) of the REI facilities and sources of radio-emission location, in which sources of detection are ensured. The magnitude of electromagnetic availability is influenced by various factors, the main of which are:

parameters of the radio-emitting radiation sources (frequency range, power, type of radiation, antenna gain, taking into account losses in the antenna feeder path);

parameters of the REI devices (sensitivity of receiving devices and the gain of the antenna-feeder path);

conditions for the radio waves propagation for frequency ranges.

The content of the traditional indicator is described in detail in [12].

While assessing the capabilities of REI forces and devices of electromagnetic availability of REI sources, consisting of several sources of radio emission, there are different options for calculations: the main station network, network area, the most distant correspondent network (in theory, this is not defined).

The indicator of the location of objects (sources of radio emission) in the estimation of the P_{pre} sources can be synthesized in the following form: while placing objects (sources of radio emission) belonging to the *i*-th source, for the full depth of operative construction in all zones, we accept $P_{pre} = 0,7$; when placed in several zones - $P_{pre} = 0,8$, when located only in one zone (in the 1-st echelon, in the 2-nd or in the reserve) - $P_{pre} = 1$.

Spatial accessibility is determined by the assessment of the capabilities of the REI system to ensure the availability of electromagnetic access from the Earth, flight-lifting, space and floating devices for all sources of radio emission.

It is logical to conduct a calculation for maximum electromagnetic availability, and the probability of spatial availability to be determined as the ratio of the time spent in the radio emission source in the area of a maximum electromagnetic availability for the appropriate location of the installation of REI facilities to the cycle of intelligence:

$$P_{spati} = t_f / T_c ,$$

t_f is the total time of finding the source in the zone of maximal electromagnetic availability; T_c is the total time of the intelligence cycle.

Hardware availability is determined by the degree of the forces and devices expenditure of the REI to detect, beam and intercept signals from emitters entering the communication system (radio equipment).

It is logical to count on the availability of hardware on the most important of its characteristics, expressed in a probabilistic form: by frequency (P_{avf}); in the form of a signal (P_{avs}); in the form of used gears (P_{avg}).

Thus, the probability of hardware availability, based on the analysis, will be calculated as the intersection of all three characteristics (events):

$$P_{har} = P_{avf} + P_{avs} + P_{avg} .$$

At the same time, the probability of availability of hardware by frequency, taking into account a rather long cycle of intelligence, will be determined:

$$P_{avf} = \Delta F_{pi} / \Delta F_i ,$$

where ΔF_{pi} is the frequency bug of the source in which signal reception by the intelligence devices is possible;

ΔF_i is the frequency range in which the operation of the indicated source is possible.

The probability of hardware availability by the type of signal obviously needs to be considered as the ratio of the number of types of signals that can use the source and available to the REI devices - K_{di} (by the demodulation, registration, etc.) to the total number of signal types on which the K_{si} source can function

$$P_{hari} = K_{di} / K_{si}.$$

The probability of hardware availability according to the type of used transmissions can be calculated as the ratio of the gear types number on which the source operates and the forces and devices of intelligence capable of intercepting them are K_{ii} to the total number of transmissions types in which the K_{souri} source operates:

$$P_{hari} = K_{ii} / K_{souri}.$$

Consequently, in the general form, the probability of the hardware availability of the *i*-th source will be calculated as

$$P_{hari} = P_{prei}\left(\Delta F_{pi} / \Delta F_i\right)\left(K_{di} / K_{si}\right)\left(K_{ii} / K_{souri}\right).$$

Thus, the probability of information availability of the REI source will be calculated according to the following expanded formula:

$$P_{hari} = \left(\Delta F_{pi} / \Delta F_i\right)\left(K_{di} / K_{si}\right)\left(K_{ii} / K_{souri}\right)\times$$
$$\times\left\{\begin{array}{l}1-\left[1-\left(K_{oi}P_{stri}+K_{ki}P_{stri}+K_{ni}P_{ni}+K_{fi}P_{fi}\right)\right]\times \\ \left[1-\left(1-\left(1-P_{ii}P_{spati}\right)\left(1-P_{spati}\right)\right)\right]\left[1-P_{stri}\right]\end{array}\right\}.$$

The conclusion from the article

The method developed in the article allows to estimate the sources of the REI in terms of the expediency of including in the outline distribution of forces and devices for different conditions of the situation (the stages of the battle or operation), effectively managing the forces and devices of extraction and processing in the interests of solving the REI problems and assessing the degree of this efficiency.

This method, which is an integral part of the general methodology for the distribution of forces and devices of reconnaissance, can be applied at command posts (grouping, military unit and subunit), and will increase the efficiency of conducting the search for the REI sources and objects, as well as the forces and devices distribution for tasks, objects and sources. In addition, it can be used to assess the effectiveness of existing and promising tools and REI and RES complexes.

Taking into account the above, the direction of further research should be considered the development of scientific and methodical apparatus for improving the efficiency of conducting radio-electronic intelligence.

REFERENCES

1. Alimpiyev, A.M. and Pevtsov, G.V. (2017), "Features of the hybrid war against the Russian Federation. Experience gained by the Air Forces of the Armed Forces of Ukraine", *Science and Technology of the Air Forces of the Armed Forces of Ukraine*, No. 2(27), pp. 19-25, DOI: https://doi.org/10.30748/nitps.2017.27.03
2. Bogdanovich, V.Yu., Svida, I.Yu. and Syrotenko, A.M. (2018), "The concept of the integrated use of military and non-military forces and means to ensure a sufficient level of military security of the state", *Science and Technology of the Air Forces of the Armed Forces of Ukraine*, No. 2(31), pp. 16-29, DOI: https://doi.org/10.30748/nitps.2018.31.02
3. Radiyevskiy, A. G. and Sirota, A. A (2004), *Theoretical foundations of electronic intelligence*, Nauka, Moscow, 329 p.
4. Shyshatskiy, A.V., Bashkirov, O.M. and Kostina, O.M. (2015), "Development of integrated systems and data for Armed Forces", *Arms and military equipment*, No. 1(5), pp. 35–40.
5. Hatsenko, S.S. (2017), "Methodology for assessing the operational situation in automated control systems of troops under uncertainty", *Science and Technology of the Air Forces of the Armed Forces of Ukraine*, No. 1(26), pp. 101-105, DOI: https://doi.org/10.30748/nitps.2017.26.21
6. Kalantaievska, S., Pievtsov, H., Kuvshynov, O., Shyshatskyi, A., Yarosh, S., Gatsenko, S., Zubrytskyi, H., Zhyvotovskyi, R., Petruk S. and Zuiko V. (2018), "Method of integral estimation of channel state in the multiantenna radio communication systems.", *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 5, No. 9 (95): pp 60–76, DOI: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.144085
7. Zhuk, O.G., Shyshatskiy, A.V., Zhuk, P.V. and Zhyvotovskyi, R.M (2017), "Methodological substances of management of the radio-resource managing systems of military radio communication", *Information Processing Systems*, Vol. 5(151), pp. 16-25.

8. Babul, V.A. and Sverbut, A.M (2014), *Control systems and radio engineering foreign armed forces*, Tutorial. Part 1, Minsk, 263 p.
9. Kuvshinov, O.V., Shyshatskiy, A.V., Lyutov, V.V and Zhuk, O.G. (2017), "Analysis of ways for increasing the secrecy of broadband radiocommunication systems", *Scientific works of Kharkiv National University of Air Forces*, No. 1(50), pp. 24-28.
10. Popov, A.O. and Tverdokhlibov, V.V. (2014), "General tendencies of development of means of electronic warfare", *Arms and military equipment*, No. 4 (4), pp. 4–10.
11. Serhiienko, V.D., Popov, A.O., Zibin, S.D., Bychkov, A.N. and Pidhorodetskyi, M.M. (2017), "Analysis of the state of the art of multifunctional electronic warfare means and complexes", *Modern Information Technologies In the sphere of security and defence*, No.1(28), pp. 135–143.
12. Romanenko, I. and Shyshatskyi, A. (2017), "Analysis of modern condition of military radiocommunication system", *Advanced Information Systems*, Vol. 1, No. 1, pp. 28–33, DOI: https://doi.org/10.20998/2522-9052.2017.1.05

Надійшла (received) 08.01.2019
Прийнята до друку (accepted for publication) 12.03.2019

Методика оцінки інформаційної доступності джерел радіовипромінювання засобами радіоелектронної розвідки

І. Ю. Яхно, О. С. Малик, С. С. Гаценко, А. В. Шишацький, О. І. Пікуль

Забезпечення інформаційної переваги над противником на сьогодні стає основною умовою для ведення воєнних операцій. Основним видом інформаційного забезпечення є воєнна розвідка, а її основою – радіоелектронна розвідка. В ході проведення аналізу відомих наукових досягнень в обраному авторами дослідження напрямку встановлено, що на даний час відсутня загальна методика оцінки можливостей сил і засобів радіоелектронної розвідки по інформаційній (розвідувальній) доступності джерел радіоелектронної розвідки, що є придатною для використання в засобах автоматизації різних ланок управління, що зв'язує окремі показники інформаційної доступності в узагальнений на основі використання сучасних розвідувально-інформаційних моделей. Авторами зазначеного дослідження було проведено розробку методики оцінки інформаційної доступності джерел радіовипромінювання засобами радіоелектронної розвідки. В ході дослідження авторами були використані основні положення теорії радіоелектронної розвідки, теорії зв'язку, теорії радіоелектронної боротьби, теорії сигналів та загальнонаукові методи аналізу та синтезу. Розроблена авторами методика дозволяє оцінювати джерела радіоелектронної розвідки з точки зору доцільності включення в вихідний план розподілу сил та засобів для різних умов обстановки (етапів бою або операції), ефективно управляти силами і засобами добування і обробки в інтересах вирішення задач радіоелектронної розвідки та оцінювати ступінь цієї ефективності. Дана методика, що є складовою частиною загальної методики розподілу сил і засобів розвідки, може бути застосована на командних пунктах (угруповання військ, військової частини і підрозділу) радіоелектронної розвідки і підвищить ефективність ведення пошуку джерел і об'єктів радіоелектронної розвідки, а також розподілу сил і засобів за завданнями, об'єктами і джерелами. Крім того, вона може бути використана для оцінки ефективності існуючих та перспективних засобів і комплексів радіоелектронної розвідки і радіоелектронної боротьби. Враховуючи зазначене, напрямком подальших досліджень слід вважати розробку науково-методичного апарату підвищення ефективності ведення радіоелектронної розвідки.

Ключові слова: система радіозв'язку; радіоресурс; завадозахищеність; радіелектронне подавлення; радіоелектронна розвідка; скритність.

Методика оценки информационной доступности источников радиоизлучения средствами радиоэлектронной разведки

И. Ю. Яхно, О. С. Малык, С. С. Гаценко, А. В. Шишацкий, О. И. Пикуль

Обеспечение информационного превосходства над противником на сегодня становится основным условием для ведения военных операций. Основным видом информационного обеспечения является военная разведка, а ее основой – радиоэлектронная разведка. В ходе проведённого анализа известных научных достижений в выбранном авторами исследования направлении установлено, что в настоящее время отсутствует общая методика оценки возможностей сил и средств радиоэлектронной разведки по информационной (разведывательной) доступности источников радиоэлектронной разведки, пригодной для использования в средствах автоматизации различных звеньев управления, связывающей отдельные показатели информационной доступности в обобщенный на основе использования современных разведывательно-информационных моделей. Авторами указанного исследования была проведена разработка методики оценки информационной доступности источников радиоизлучения средствами радиоэлектронной разведки. В ходе исследования авторами были использованы основные положения теории радиоэлектронной разведки, теории связи, теории радиоэлектронной борьбы, теории сигналов и общенаучные методы анализа и синтеза. Разработанная авторами методика позволяет оценивать источники радиоэлектронной разведки с точки зрения целесообразности включения в исходный план распределения сил и средств для различных условий обстановки (этапов боя или операции), эффективно управлять силами и средствами добычи и обработки в интересах решения задач радиоэлектронной разведки и оценивать степень этой эффективности. Данная методика, которая является составной частью общей методики распределения сил и средств разведки, может быть применена на командных пунктах (группировка войск, воинской части и подразделения) радиоэлектронной разведки и повысит эффективность ведения поиска источников и объектов радиоэлектронной разведки, а также распределения сил и средств по задачам, объектам и источникам. Кроме того, она может быть использована для оценки эффективности существующих и перспективных средств и комплексов радиоэлектронной разведки и радиоэлектронной борьбы. Учитывая указанное, направлением дальнейших исследований следует считать разработку научно-методического аппарата повышения эффективности ведения радиоэлектронной разведки.

Ключевые слова: система радиосвязи; радиоресурс; помехозащищенность; радиоэлектронное подавление; радиоэлектронная разведка; скрытность.

Intelligent information systems

UDC 621.384 **doi: 10.20998/2522-9052.2019.1.17**

E. Gryshmanov[1], T. Kalimulin[2], I. Zakharchenko[2]

[1] Flight Academy of National Aviation University, Kropyvnytskyi, Ukraine
[2] Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine

PROGNOSIS METHOD OF UNFAVORABLE AIRBORNE EVENTS DURING FLIGHT BASED ON CONVOLUTIONAL AND RECURRENT NEURAL NETWORKS

This paper contains formal problem definition of predicting unfavorable airborne events during flight. Restrictions and assumptions are put into the prognosis method of unfavorable airborne events during flight. Mathematical apparatus used to build prognosis method is suggested. As a basic mathematical apparatus it is suggested to use, recurrent neural networks (RNN) based on LSTM modules and convolutional neural networks (CNN). Analysis of these neural networks has shown that RNN based on LSTM modules are mostly effective when analyzing structured text, such as report of investigation of airborne accidents. In its turn, CNN are effective when analyzing unstructured text, such as text messages about the flight situation based on the information from external sources. Prognosis method of unfavorable airborne events during flight based on convolutional and recurrent neural networks is developed. In case of solving the task of prediction of unfavorable airborne events during flight RNN are used for initial setup of the Embedding layer of the structured training data in the process of hybrid neural network training. CNN are used during the direct operation of hybrid neural network model of prediction of unfavorable airborne events during flight.

Keywords: deep neural network; convolutional neural network; recurrent neural network; prognosis; unfavorable airborne event; hyperparameter; accuracy factor.

Introduction

Problem statement. From different reports and researches on airborne events it is clear that civil aviation flight's safety is unsatisfactory [1–3]. Automatization of the prognosis of unfavorable airborne events during flight based both at the ground control post and at the aircraft is one of the modern approaches to solve the problem how to increase flight's security. With this, emphasis is made on use of right processes of methods and models of artificial intelligence for formalization of these reports, especially with methods and models based on deep neural networks.

Among other things, this paper recommends to use convolutional and recurrent neural networks within the framework of deep neural network to formally represent the processes of solving the task of prognosis of unfavorable airborne events during flight [4–9]. The prognosis of the rapid emergence of airborne event of some class is recommended to be examined as an analysis of text messages, being formed on results of data, gathered from different sources during air traffic control. Learning pattern and function of deep neural network has special meaning for quality prognosis. Simultaneously, usage of networks of this class to predict unfavorable airborne events during flight are underexamined. At this context, the paper introduces the prognosis method of unfavorable airborne events during flight based on convolutional and recurrent neural networks.

Actual scientific researches and issues analysis. The problem of automatization of solving the task of preventing airborne events is mentioned in literature quite often and many works are dedicated to it [10–12]. For example, paper [13] examines in detail question of designing the system that predicts and prevents airborne events during organization and process of air traffic. With this, question of usage of deep neural networks to solve the task of prognosis and prevention of unfavorable airborne events during flight are underexamined and require further researches.

Purpose of the article. Development of prognosis method of unfavorable airborne events during flight based on convolutional and recurrent neural networks.

Main part

Formally, the task of prognosis of unfavorable airborne events can be represented as follows. It is required to create a N classifier, which will predict the initiation of airborne accident of some class K_S. The analysis, made in paper [13], shows that the chain that leads to the airborne event includes next main elements:

- exposure of factors (H_i), which are an initiating event for the airborne accident;
- an intermediate event (E_ℓ);
- escalation, that leads to the end-state event (I_j) of the airborne accident.

In this case, the result of the prognosis can be depicted as

$$F_{acc} : \{K_s\} \to \left(\{H_i\}, \{E_\ell\}, \{I_j\}\right). \quad (1)$$

The process of prognosis of unfavorable airborne event of some class itself in this work recommended to be examined as an analysis of text messages, being formed on results of data, gathered from different sources during air traffic control. In this setting, analysis of text messages consists of picking up key words which describe elements H_i, E_ℓ, I_j, followed by automatic definition of possibility of initiation of airborne event of defined class K_S.

© Gryshmanov E., Kalimulin T., Zakharchenko I., 2019

The airborne event is formally depicted as following finite sequence

$$ACC_k = \left\langle \begin{array}{c} K_s, Date_k, Time_k, Country_k, Place_k, \\ TypeAir_k, Reg_k, Airline_k, Flight_k, \\ \left(\{H_i\} \cup \{E_\ell\} \cup \{I_j\}\right) \end{array} \right\rangle, \quad (2)$$

where K_s – class of an airborne event; $Date_k$ – date of an airborne event; $Time_k$ – time of an airborne event; $Country_k$ – country, where airborne event happened; $Place_k$ – place of an airborne event; $TypeAir_k$ – type of aircraft; Reg_k – aircraft registration; $Airline_k$ – airline, which was operating aircraft; $Flight_k$ – flight number; $\{H_i\} \cup \{E_\ell\} \cup \{I_j\}$ – description of an airborne event.

Restrictions and assumptions adopted during the development of prognosis method of unfavorable airborne events during flight:

- questions of gathering, processing and forming text messages for prognosis of unfavorable airborne events during flight are taken as solved and are not examined in this work;
- this work takes as a text message both unstructured and structured set of data organized as short sentences with a big number of learning examples;
- developed prognosis model can be used either during situational air traffic control $\left(\{H_i\} \cup \{E_k\}\right)$, or for classification of unfavorable airborne events during flight that have already happened, during their investigation $\left(\{H_i\} \cup \{E_k\} \cup \{I_j\}\right)$.

Deep neural networks (convolutional neural network (CNN) and recurrent neural network (RNN) with LSTM blocks) are used as methods to develop a model of prognosis of unfavorable airborne events during flight based on the analysis of text messages.

Nowadays, CNN are considered highly effective when analyzing unstructured text. In the context of solving the problem of prognosis of unfavorable airborne events during flight this type of network is effective when using it in function of hybrid neural network model of prognosis of unfavorable airborne events during flight when unstructured data is the input data. With this, trained beforehand layer Embedding, based on structured learning data as a vector layer.

RNN based on LSTM modules are considered mostly effective first of all when analyzing structured text. In the context of solving the problem of prognosis of unfavorable airborne events during flight these networks are effective for initial setup of Embedding layer based on learning data when training hybrid neural network model of prognosis of unfavorable airborne events during flight. Common structure of method of prognosis of unfavorable events during flight based on hybrid neural network model with use of convolutional and recurrent neural networks is presented on the Fig. 1. This method includes next main procedures and methods:

1) Procedure of defining basic architecture of neural network model used for prognosis of unfavorable events during flight. The result of this procedure is fully determined by the results of the research of mathematical apparatus to develop a model of prognosis of unfavorable events during flight. According to the results of the research the architecture of the model for prognosis of unfavorable events during flight is based on hybrid model on the basis of CNN, used for functioning of hybrid neural networking model of prognosis of unfavorable events during flight and LSTM, used for training hybrid neural networking model for prognosis;

2) Procedure of defining of hyperparameters for hybrid neural networking model for prognosis of unfavorable airborne events with use of CNN and LSTM;

3) Procedure of training of hybrid neural networking model and forming weight values for Embedding layer for prognosis of unfavorable airborne events during flight with learning data, received after use of method of learning data (this method is presented in [14]). With that, LSTM topology is used as base topology of neural network;

4) Procedure of building vector model of text messages from external sources during prognosis of unfavorable airborne events in flight. This procedure is similar to the procedure of building vector model of text messages on learning examples, which is executed when forming learning data [14];

5) Procedure of prognosis of unfavorable airborne events during flight based on function of trained hybrid neural network model with use of CNN and pre-trained layer of LSTM.

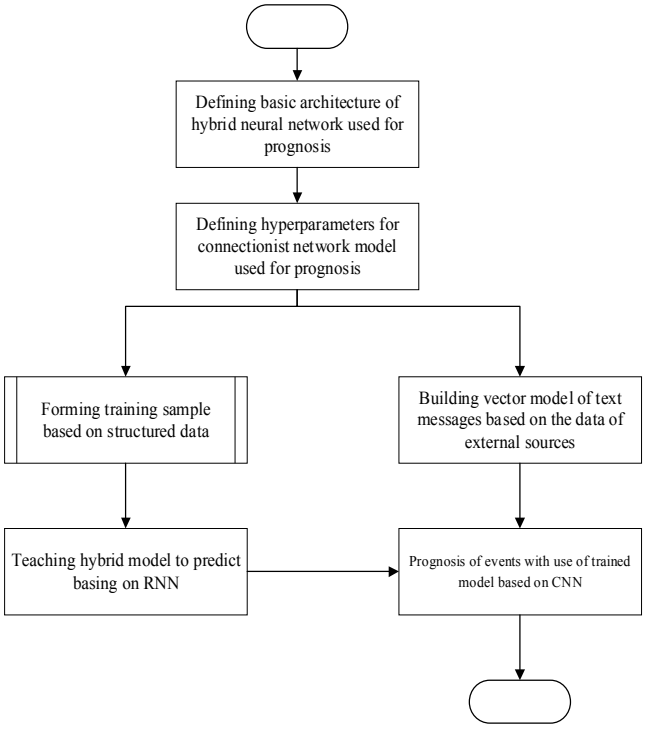


Fig. 1. Common structure of method of prognosis of unfavorable events during flight based on hybrid neural network model

It is recommended to consider next indicators as accuracy factors of prognosis:

1. Index of precision – ratio of t_p to $\left(t_p + f_p\right)$, where t_p – number of true positive values and f_p – number of false positive values. This means that index of precision characterizes how many of received positive answers from the prognosis model are correct;

2. Index of completeness – ratio of t_p to $\left(t_p + f_n\right)$, where f_n – number of false positive values. Index of completeness defines prognosis model's capability to predict as many positive true answers as possible;

3. Support of measure — number of data for each of classes or smallest closed array, which this measure is focused on.

Let us look upon most complex and important procedures of training hybrid neural networking model for prognosis of unfavorable airborne events during flight with use of trained hybrid neural network model in details.

Training procedure for hybrid neuro networking model for prognosis of unfavorable airborne events is fully determined by training algorithm for neural network based on LSTM module. Structured data in a form of reports on results of investigation of unfavorable airborne events during flight (many training examples include 100 to 5000 learning examples) is used as learning data. Thereafter, based on transfer learning technology, to predict unfavorable airborne events during flight, Embedding layer, prepared beforehand is sent to CNN input. CNN continues to learn with use of learning data given as unstructured data about current situation during flight (in this case an array of learning examples may consist of 100 to 500 learning examples). The scheme of this procedure is presented as Fig. 2.

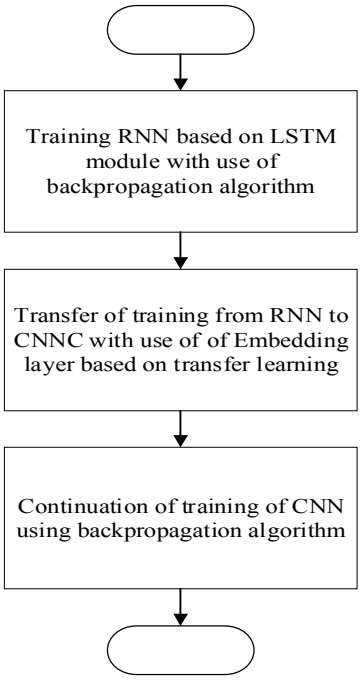


Fig. 2. Structural chart of realization of hybrid neural networking model for prognosis of unfavorable airborne events during flights

Training of RNN based on LSTM modules is similar to training classical neural network [6]. Thereby, as a basic training algorithm is used back propagation algorithm [4, 6]. This algorithm is based on a principle, which allows calculating vector of partial derivatives (gradient) of the error function of network. Error function is a difference between current neural network's output value and wanted value, which has to be received. During training process, cascade compensations of weight quotients takes place and error function decreases stepwise.

The value of error function is weighed sum L between localization error L_{loc} (for example, error Smooth L) and trust error L_{conf} (for example, error softmax).

In RNN, because same parameters are used for all periods of time in the network, each gradient on the output depends not only from calculations of current step, but also from previous time steps. For example, to find gradient with t=4, the error has to be spread over 3 steps and these gradients have to be summarized. This algorithm is known as Back propagation Through Time (BPTT).

What has also to be taken into account is that recurrent neural networks trained with BPTT have difficulties with training of longtime dependencies (for example when defining dependencies between steps, which are far away from each other) because of gradient dying-away.

Function and training of RNN based on LSTM modules are beased on realization of next stages:

- layer of vector representation of words Embedding converts each input (tensor of k works) in tensor k N – dimensional vector representations of words (N – size of representation);

- each word, typical for messages about the results of investigation on airborne events, is associated with weight vector, that has to be learned while training neural network;

– creation of tensor, that represents the message about the results of investigation on airborne events;

– immediate setup of LSTM wages is executed with use of RNN layers based on blocks of LSTM modules (with use of Dropout layer) while learning with use of BPTT. RNN layer is opening dynamically, receiving at the input of k – vector representations and gives M –dimensional vectors, where M – is a number of LSTM modules per block, in general case;

– vector Softmax is realizing output of RNN layer with averaging through k time steps. Tensor with M dimensions is formed to calculate possibilities for prognosis of unfavorable airborne events during flight.

Procedure of prognosis of unfavorable airborne events during flight with use of hybrid neural networking model is realized through execution of next operations (Fig. 3):

1) conversion of input words at the data layer as a three-dimensional array (tensor) $W_{pict} \times H_{pict} \times D_{pict}$, vector representation of words (vector model of text messages)based on the data from external sources;

2) realization of forward pass of CONV and ReLU layers. Number of CONV and ReLU layers is defined

by architecture of CNN used for prognosis of unfavorable airborne events during flight;

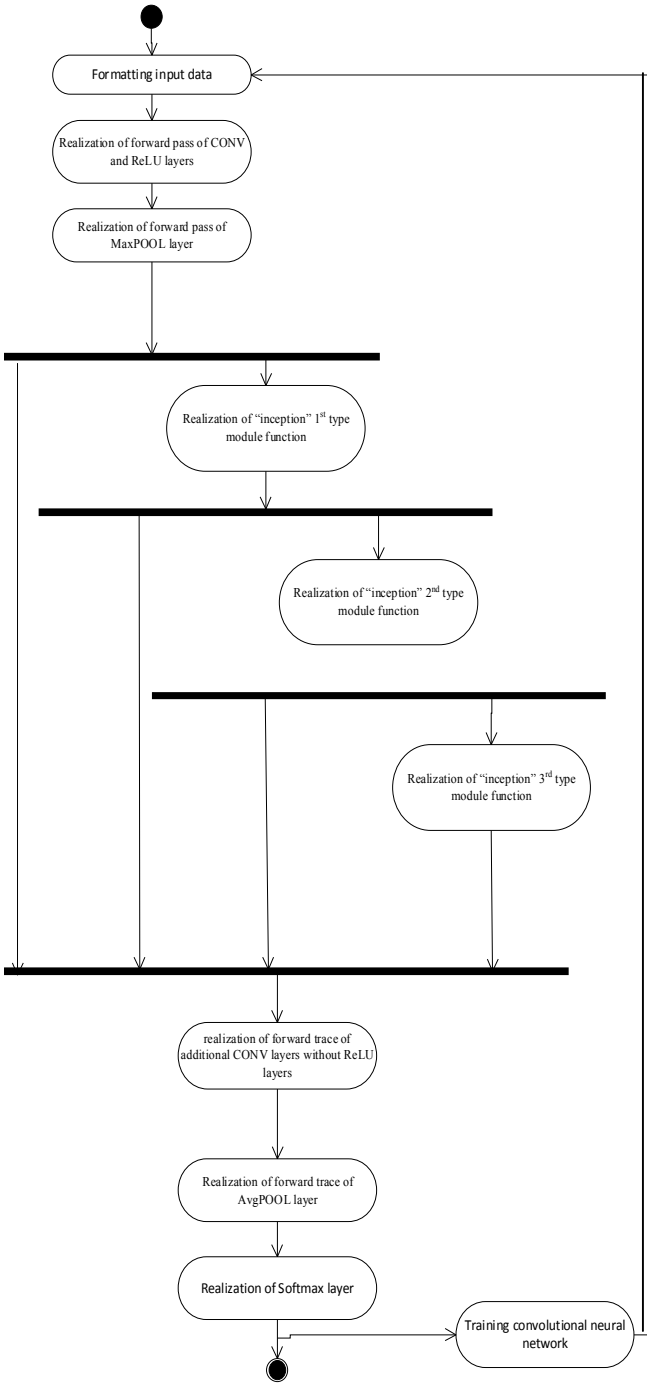


Fig. 3. Structural chart of prognosis of unfavorable airborne events during flight procedure

3) realization of forward pass of MaxPOOL layer in accordance to the architecture of CNN used for prognosis of unfavorable airborne events during flight;

4) realization of "inception" 1st type module function which represents "network in network". Number of layers in "inception" 1st type module is determined in accordance with CNN architecture;

5) realization of "inception" 2nd type module function which represents "network in network". Number of layers in "inception" 2nd type module is determined in accordance with CNN architecture;

6) realization of "inception" 3rd type module function which represents "network in network". Number of layers in "inception" 3rd type module is determined in accordance with CNN architecture;

7) realization of forward trace of additional CONV layers without ReLU layers. Number of CONV layers is defined by features extraction subnet Fuzzy Inception-SSD;

8) realization of forward trace of AvgPOOL layer in accordance to CNN architecture;

9) feature maps, calculated on the output of AvgPOOL layer, are joined in one general layer of identifiers. It goes to input of hidden directly connected layer and then to the neural network output layer Softmax where resulting class markers for prognosis of unfavorable airborne events during flight are calculated.

Conclusions

Formal problem definition of prognosis of unfavorable airborne events during flight is completed. The process of prognosis of unfavorable airborne events during flight of some class is recommended to be examined as an analysis of text messages, being formed on results of data, gathered from different sources during air traffic control.

The analysis of text messages itself involves picking up key words followed by automatic definition of possibility of initiation of airborne event of defined class. Restrictions and assumptions adopted during the development of prognosis method of unfavorable airborne events during flight.

Use of developed method allows to provide effective prognosis of unfavorable airborne events during flight in future based on use of hybrid neural network.

Development of proposals to use computer facilities to realize process of prognosis of unfavorable airborne events during flight directly on the aircraft can be a direction for future research.

REFERENCES

1. Interstate Aviation Committee (2018), *State of safety in civil aviation of the States Parties to the agreement on civil aviation and the use of airspace in the first half of 2018*, Moscow, 29 p., available at: https://mak-iac.org/upload/iblock/5b0/bp-18-1.pdf.
2. Joyce A. (2014), *Safety Report 2013*, IATA, Montreal-Geneva, 60 p., available at: https://www.iata.org/about/documents/iata-annual-review-2013-en.pdf
3. BCA (2009), *Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents*, Worldwide Operations 1959–2008, Boeing Commercial Airplanes, Seattle, Washington 98124-2207, USA.
4. Britz, D. (2017*), Understanding convolutional neural networks for NLP*, available at: http://www.wildml.com/2015/11/ understanding-convolutional-neural-networks-for-nlp
5. Manning, C. and Socher, R. (2018), *Natural language processing with deep learning*, available at: http://web. stanford.edu/class/cs224n

6. Olah, C. (2017), *Neural networks, recurrent neural networks, convolutional neural networks*, available at: http://colah.github.io
7. Sivaram, M., Porkodi, V., Mohammed, A.S. and Manikandan V. (2019), "Detection of Accurate Facial Detection Using Hybrid Deep Convolutional Recurrent Neural Network", *ICTACT Journal on Soft Computing*, Vol. 09, Issue 02, pp.1844-1850, DOI: http://doi.org/10.21917/ijsc.2019.0256
8. Sivaram, M., Batri, K., Amin Salih, Mohammed and Porkodi V. (2019), "Exploiting the Local Optima in Genetic Algorithm using Tabu Search", *Indian Journal of Science and Technology*, Volume 12, Issue 1, doi: http://doi.org/10.17485/ijst/2019/v12i1/139577
9. Sivaram, M., Yuvaraj, D., Amin Salih, Mohammed, Porkodi, V. and Manikandan V. (2018), "The Real Problem Through a Selection Making an Algorithm that Minimizes the Computational Complexity", *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, Vol. 8, Iss. 2, 2018, pp. 95-100.
10. Kuklev, E.A. (2003), "Evaluation of the level of safety of flights in civil aviation in risky situations based on chains of random events", *Science and technology of transport*, No. 2, pp. 4–14.
11. Sharov, V.D. (2011), "Methodology of application of the combined FMEA-FTA method for analyzing the risk of an aviation event", *Scientific Herald of MSTU GA*, *series "Air Transport Operation. Safety of flights"*, No. 174, pp. 18–24.
12. Zubkov, B.V. (2010), *Theory and practice of determining risks in airlines when developing a safety management system*, MGTU GA, Moscow, 196 p.
13. Sharov, V.D. (2007), "Methodology for estimating the probability of aircraft rolling out of the runway during landing", *Scientific Herald of MSTU GA*, *Series "Operation of air transport and repair of aviation equipment. Flight safety"*, No. 122, pp. 61–66.
14. Pavlenko, M., Shilo, S., Borosenets, I. and Dmitriev O. (2018), "Directions of development of intellectual models and methods of information processing for management of the information support process for decision-making in automated air traffic control", *Control, navigation and communication systems*, PNTU, Poltava, Vol. 5 (51), pp. 24–28.

Received (Надійшла) 16.01.2019
Accepted for publication (Прийнята до друку) 20.03.2019

Метод прогнозування несприятливих авіаційних подій в польоті на основі згорткових і рекурентних нейронних мереж

Є. О. Гришманов, Т. Калімулін, І. В. Захарченко

У даній роботі виконана формальна постановка задачі прогнозування несприятливих авіаційних подій в польоті. Введено обмеження і допущення при розробці методу прогнозування несприятливих авіаційних подій в польоті. Запропоновано математичний апарат для побудови моделі прогнозування несприятливих авіаційних подій в польоті. В якості базового математичного апарату запропоновано використовувати рекурентні нейронні мережі RNN на базі модулів LSTM і згорткової нейронної мережі CNN. Аналіз можливостей мереж показав, що RNN на базі модулів LSTM ефективні, насамперед, при аналізі структурованого тексту, в якості якого розглядаються звіти про результати розслідування авіаційних подій. У свою чергу CNN ефективні при аналізі неструктурованого тексту, в якості якого в роботі розглядаються текстові повідомлення про ситуації в польоті за даними від зовнішніх джерел. Розроблено метод прогнозування несприятливих авіаційних подій в польоті на основі згорткових і рекурентних нейронних мереж RNN в контексті вирішення завдання прогнозування несприятливих авіаційних подій в польоті використовуються для початкового налаштування прихованого шару на структурованих навчальних прикладах в процесі навчання гібридної нейромережевої моделі, CNN використовуються в процесі безпосереднього функціонування гібридної нейромережевої моделі прогнозування несприятливих авіаційних подій в польоті.

Ключові слова: глибока нейронна мережа; згорткова нейронна мережа; рекурентна нейронна мережа; прогнозування; несприятлива авіаційна подія; гіперпараметр; показник точності.

Метод прогнозирования неблагоприятных авиационных событий в полете на основе сверточных и рекуррентных нейронных сетей

Е. О. Гришманов, Т. Калимулин, И. В. Захарченко

В данной работе выполнена формальная постановка задачи прогнозирования неблагоприятных авиационных событий в полете. Введены ограничения и допущения при разработке метода прогнозирования неблагоприятных авиационных событий в полете. Предложен математический аппарат для построения модели прогнозирования неблагоприятных авиационных событий в полете. В качестве базового математического аппарата предложено использовать рекуррентные нейронные сети RNN на базе модулей LSTM и сверточные нейронные сети CNN. Анализ возможностей сетей показал, что RNN на базе модулей LSTM эффективны, прежде всего, при анализе структурированного текста, в качестве которого рассматриваются отчеты о результатах расследования авиационных происшествий. В свою очередь CNN эффективны при анализе неструктурированного текста, в качестве которого в работе рассматриваются текстовые сообщения о складывающейся ситуации в полете по данным от внешних источников. Разработан метод прогнозирования неблагоприятных авиационных событий в полете на основе сверточных и рекуррентных нейронных сетей. RNN в контексте решения задачи прогнозирования неблагоприятных авиационных событий в полете используются для первоначальной настройки скрытого слоя на структурированных обучающих данных в процессе обучения гибридной нейросетевой модели, CNN используются в процессе непосредственного функционирования гибридной нейросетевой модели прогнозирования неблагоприятных авиационных событий в полете.

Ключевые слова: глубокая нейронная сеть; сверточная нейронная сеть; рекуррентная нейронная сеть; прогнозирование; неблагоприятное авиационное событие; гиперпараметр; показатель точности.

UDC 004.8:005.7 **doi: 10.20998/2522-9052.2019.1.18**

O. Shmatko[1], Liang Dong[1], A. Havrylova[2], V. Aleksiyev[2]

[1] National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine
[2] Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics, Kharkiv, Ukraine

A NEW FRAMEWORK DESIGNED FOR KNOWLEDGE MANAGEMENT IN DISTRIBUTED SOFTWARE DEVELOPMENT

The software development with distributed teams becomes a critical popular nowadays. Not only for the efficiency and effectiveness the distributed teams provide, but also the distributed teams can supply whole-day works with lower costs. Software development is a kind of knowledge-driven industry which depends on the expertise of employees. Although many scholars have long investigated knowledge management as well as distributed software development, the combination that knowledge management in distributed software development is not a enough explored topic in the past decade's years. In this paper, a review of relevant extant literature on knowledge management in distributed software development is provided. The relationship between two objects and the factors on knowledge sharing are summarized. By analysis of the characteristics and features of knowledge management, the social media-based framework of knowledge management for distributed software development is proposed.

Keywords: distributed software development; knowledge management; knowledge sharing; knowledge transfer; systematic literature review.

Introduction

Nowadays, more and more software development teams move towards distributed software development. Distributed software development is a tendency for that it extends the work day by different time zone and obtains highly specialized talent as well as more diverse labor with lower cost in a different place [1]. Software development is a kind of knowledge-oriented activity. For distributed software development, creativity is a primary factor that is used to satisfy the rapidly changed requirement. Creativity is both survivals as well as a competitive competency that improve the performance of software development team [4].

To obtain a competitive advantage, a software development team should consider the knowledge in the correct location to activate appropriate action [2]. Dutta [3] proposed that effective knowledge management is beneficial to create products with high quality and increase the innovative capacity of teams. Knowledge management (KM) is a method that simplifies the process for knowledge creation, sharing, distributing and understanding.

Knowledge management enables knowledge creation, knowledge communication, knowledge application and disciplined actions to achieve business goals. By KM, the knowledge of critical technology is transformed from personal knowledge to team knowledge. It is conveniently for new members to study and share. For organizations, knowledge management deals with strategies, methods, processes, tools as well as technologies. In early time, the processes of knowledge management in distributed software development can be divided into four parts: searching existing knowledge, creating new knowledge, packaging knowledge and externally using knowledge.

Then the theory of knowledge management process evolves into new four processes: knowledge creation, knowledge storage and retrieve, knowledge transferring and knowledge application. As an original part, organizational knowledge creation always appears accompanying with a new component included and old component substituted. As there is adequate useful knowledge in the organization, the technology for knowledge storage and knowledge retrieval is necessary.

Organization's memory is a carrier of knowledge, which includes knowledge stored in the electronic database, articulated organizational procedure and tacit knowledge among individuals [13]. Knowledge distribution involves in three elementary units: sender, receiver and knowledge flow in the channel. The quality of knowledge distribution depends on the interpreting ability of receiver, the effectiveness of knowledge flow and the expressing ability of the sender. With the support of knowledge management, knowledge application can be achieved by embedding knowledge into organizational routines.

Organizational routine is in accordance with the distributed software development process, which contains the development of tasks, process specification and helps team member to integrate project. The knowledge management system can enhance knowledge integration by capturing, updating access to organizational directives.

Extant knowledge model

According to the characteristics of knowledge management, the literature draws an abstract concept on subject presenting three models for knowledge management: the Japanese approach [6], the resource-based approach and the process-based approach [11]. Especially, the Japanese approach based on knowledge spiral is future-oriented.

The combination with two forms of knowledge (tacit knowledge and explicit knowledge) [5], four modes for demonstrating the management of knowledge are proposed by Nonaka [6]. Four modes in knowledge management are illustrated as Fig. 1. As Fig. 1 shows, knowledge management process includes socialization, externalization, internalization, and combination. Socialization represents tacit knowledge flow from person to person.

© Shmatko O., Liang Dong, Havrylova A., Aleksiyev V., 2019

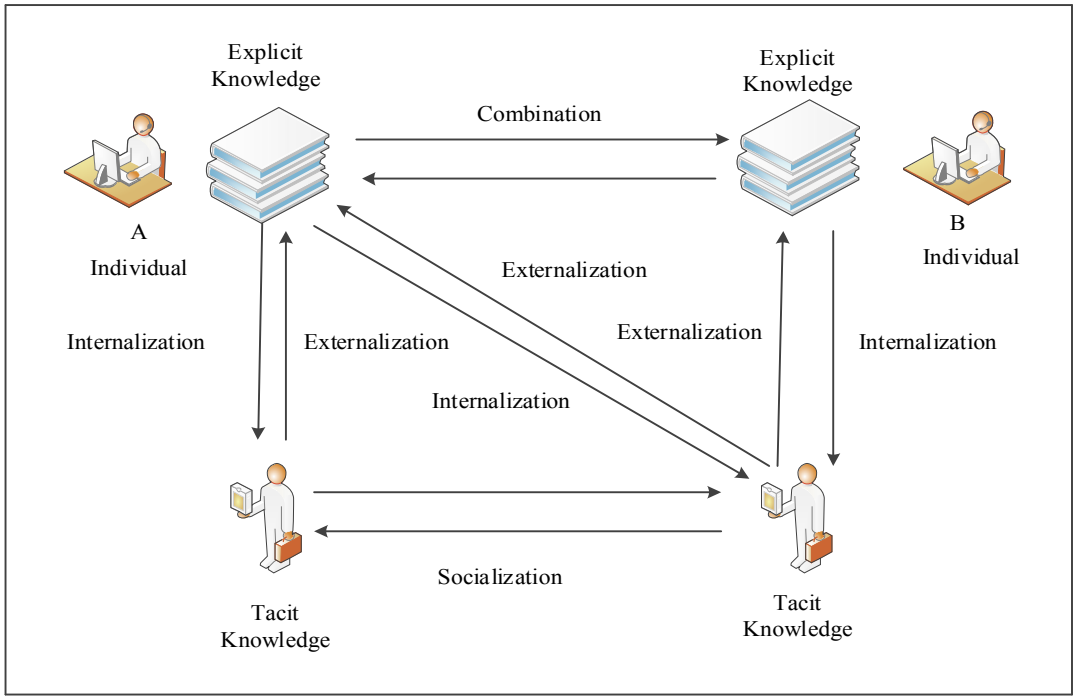


Fig. 1. Four modes for knowledge creation

Team members share their experience with others through social conversation [7]. In this process, new knowledge always appears when an individual is triggered by interaction with others. The process of combination usually just integrates and synthesizes existed knowledge without new knowledge appearance. This process, in fact, consists of two small processes: internalization and externalization. By internalization, team members learn tacit knowledge from explicit knowledge. Then new explicit knowledge is obtained by tacit knowledge using externalization. In the internalization process, team members create new tacit knowledge by reading existed explicit knowledge. And externalization has inverse meaning. Team members transfer their tacit knowledge to explicit knowledge by documentation [7].

Media-based knowledge sharing

Because creativity is rather a social process than an individual process, networks and interactions play an important role in idea creation [19]. Some literature particularly emphasizes the importance of knowledge sharing in the project [8-11, 16]. In the process of knowledge management, the same mistakes can be avoided by knowledge sharing and the dependency on individuals is reduced [15]. Knowledge sharing provides task information to team members so that team members can collaborate for solving problems and creating new ideas [17]. Considering the method of knowledge sharing, face-to-face is regarded as one of the most effective communicative approach [14]. However, for distributed software development teams, the limitation caused by geography, time-zone, and linguistics disallows the communication in face-to-face.

Synchronous communication brings much time cost and reduces the chance of an informal meeting between co-located team members. To overcome the challenges brought by distributed software development, some scholars think highly of the importance of social media for knowledge sharing. Nearly 50% of organizations have applied social media to increase the speed of knowledge acquirement [20]. Data confirmed that the creativity of employees is positively associated with their participation in social networks. The usage of social media includes searching, reading and storing information; discussing, sharing and creating information [21]. In [22], Hinds find that the individuals are apt to share their identity when they are in socially bond. Zahedi [23] point out that in distributed software development email is the dominant communication medium which is followed by a telephone/audio conference, an instant message as well as Skype.

Social media provide a chance to make 4 operations like creation, debate, dissemination, and storage of knowledge. It gives an open knowledge distribution mechanism that expands the boundary of distributed software development and strengthens the interaction between team members. In [18], a forum named DIALOGOI is constructed which contains 4 above mentioned elementary operations for knowledge management. Besides, the forum can enhance and transform opinions of individuals, thought exchange and understanding the background of various topics.

Expert knowledge is a key fortune for software development. Many software development teams can hardly catch the expert knowledge residing in team members' mind, which is called tacit knowledge. Therefore, they cannot utilize extant knowledge resource which disturbs the creation of team members.

However, Ryan [25] points that the more social interaction in the development team, the more tacit knowledge is shared. Cabrera [26] assured that there is a positive relationship between knowledge exchange and extrinsic rewards. On the contrary, Foss [27] have a different opinion that external monetary rewards are negatively associated with attitudes of knowledge sharing. Forum as a social instrument constructs a more rational and healthier atmosphere for knowledge sharing. It is a kind of non-monetary encouragement for distributed team members to self-motivated share their own knowledge to others.

Meanwhile, the process of the match before knowledge sharing should be considered at first. A team member cannot possess the whole knowledge from the software development process [24]. Thus, it seems that different positions have different knowledge. Thus, knowledge sharing process more likely occurs among team members at the same aspect. The knowledge management framework should provide a mechanism that team members can search others with similar education, skills, and professional aspect to share knowledge appropriately and precisely.

The process for the literature search, based on the choice of method and statistics to analyze the research on knowledge management. The match model and knowledge management framework are designed, and accordingly considered its limitation are discussed.

Method and a search strategy

Systematic Literature Review (SLR) method [28] is used to make summaries, analysis on collected published primary researches. According to the method SLR, the specified research questions should be proposed at first and then search process including search string and other criteria is indicated. After that, the standards on inclusion and exclusion are defined. Finally, data is extracted, and the conclusion is drawn.

As the background of knowledge management has been discussed above, there are several addressed questions:

1) what kind of factors that influence knowledge management in distributed software development?

2) what kind of factors that influence knowledge sharing?

For searching appropriate publications, Boolean operation “OR” and “AND” is applied. Synonymous vocabulary is considered to promise to obtain datum as more as possible. The searching string includes “software development”, “distributed software development”, “global software development”, “knowledge management”, “knowledge sharing”, “knowledge exchange”, “knowledge creation”, “distributed team for software development”, “software development in multisite” and “knowledge management in distributed software development”. Among searching string with similar expression (for example “global software development” and “distributed software development”) the Boolean operation “OR” is adopted while for a searching string in different expression (like “software development” and “knowledge management”) the Boolean operation “AND” is applied. In order to get datum with high quality, only recently published articles with a high cited number are considered. And for every selected article, its references are also considered.

Publication selection

The inclusion criteria are: for publication date within 3 years, the cited number is no less than 10; if the publications are published for 3 to 5 years, the cited number should be larger than 30; if the time is more 5 years, the cited number is 50 at least. The selected papers should have a close correlation with the proposed research question. And the papers are published in English. The paper which cannot satisfy any above-mentioned criterion will be excluded.

Initial results

There are so many articles from the journal, conference, transaction, but the quality and relevance to a topic in this paper are limited. In order to answer the research questions, 15 articles with high quality are selected from corresponding datasets, which are shown in Table 1.

Table 1 – **Selected articles for the SLR**

Reference	Publish date	Resource	Cited number
[1]	2014	IEEE Xplore	34
[2]	2015	European Journal of Social Sciences	56
[4]	2012	Academy of Management Journal	389
[8]	2016	Technology Analysis & Strategic Management	12
[9]	2016	Conference	14
[10]	2016	ACM	67
[14]	2007	IEEE Xplore	67
[15]	2002	Wiley	65
[17]	2015	Springer	40
[19]	2013	Taylor & Francis	96
[21]	2015	Elsevier	95
[22]	2006	ACM	187
[23]	2016	ACM	47
[24]	2003	IEEE Xplore	165
[25]	2013	Elsevier	94
[28]	2007	ACM	4004

The factors that influence knowledge management and knowledge sharing is summarized in Table 2.

Table 2 – **The factors and corresponding frequency as well as the percentage**

Factors	Frequency	Percentage (%)
Temporal, geographic and different culture	8	53.33
Communication	13	86.67
Social culture	11	73.33
Networks	11	73.33
Common interests	9	60
The size of the project	5	33.33
Infrastructure	10	66.67
Physical environment	3	20
Cost	7	46.67

As a result of the analysis, it can be found that the most relevant factor is "communication" (nearly 86.67 %).

However, for distributed software development, communication becomes a big challenge. The knowledge management framework should provide adequate tools for communication, such as email, instant message.

The second highest frequently referred is "Social culture" and "Networks" (73.33 %) while the social culture corresponds to the procedure "Socialization" in the SECI model [6]. A healthy social culture encourages team members communicating with each other and fostering knowledge sharing.

Meanwhile, the network provides a physical environment to construct a social culture. "Common interest" with a 60 % rate is another key factor. It requires that team members have common interests which are also a prerequisite for communication and knowledge sharing. Especially, factor "Temporal, geographic and different culture" in 53.33 % also plays an important role in knowledge management. The different time zone, physical location, and culture disturb knowledge management in distributed software development. Almost 46.67% articles emphasize the importance of cost. For distributed software development, the primary aim is to low labor cost. Reversely, distributed distance also increases the cost of communication.

Similarity evaluation model

Because knowledge sharing often occurs among team members on common interests, the model for evaluating the similarity between two team members is proposed. Besides, as communication and social culture, network are three main factors that influence knowledge management, a web-based forum framework is constructed.

In knowledge management, a team member does not need to connect with all the others. It only should connect with the team member which behavior similarly to it. The mathematical formulation to calculate the similarity between two team members is:

$$KN_{sim}(X,Y) = \sum_i sim\left(a_{Xi}, a_{Yi}\right) \Big/ \left(|X| \cdot |Y|\right),$$

where $KN_{sim}(X,Y)$ – the formulation is the similarity between team membes X and Y;

$sim\left(a_{Xi}, a_{Yi}\right)$ – the formulation is the similarity of i-th feature;

$|X|, |Y|$ – the numbers of features in X and Y respectively.

These features can be software development language, position etc. As the numbers of features in two team members are different, the similarity needs the process of formalization, so the result is divided by $|X| \cdot |Y|$ in last. On the same time, $sim\left(a_{Xi}, a_{Yi}\right)$ is described as:

$$sim\left(a_{Xi}, a_{Yi}\right) = \sum_j w_{ij} \cdot bina\left(a_{Xji}, a_{Yji}\right) \Big/ \sum_j w_{ij},$$

where w_{ij} is the weight of j-th selection in feature i; $bina\left(a_{Xji}, a_{Yji}\right)$ – calculates the binary distance of knowledge features between two knowledge nodes.

The web-based knowledge management framework

The structure of the knowledge management framework includes function structure and data structure. Structure of the knowledge management system indicates the form of data which is deposited in the database.

A complete knowledge management framework should satisfy the elementary requirement of distributed software development. It can edit, deposit, search and integrate knowledge. Besides, a practical system have to certainty obey the software development modes (such as Agile, Waterfall, RUP etc.). But for a knowledge management framework in modern software development mode, these functions are not enough. To enhance the competitiveness of the company, a knowledge sharing culture should be constructed within the organization.

The knowledge management system should act as a convenient and direct knowledge sharing the medium. Team members exchange their thoughts and learn new knowledge through the system. In view of characteristics of distributed software development, the communications among team members are not ideal. For that different location and time zone, the communications are often asynchronous. The system designs a synchronous mechanism that team members can contact to others by sending instant messages. This mechanism can highly reduce communication cost and save time expense.

The framework of the knowledge management system is shown on Fig. 2.

In modern conditions, software development is conducted in the direction of developing web-based systems. This is due to the global nature of the software ussng and the cloud computing technologies development . In turn, web-based systems have two distinct architectural solutions: monolithic systems and microservices.

For the first case, the knowledge and experience of the teams on interaction and system development in accordance with the object-oriented approach are relevant.

The second direction focuses more on distributed systems and their interaction via API (Application Program Interface). In any case, the work of distributed development teams is optimized at the level of the proposed framework and the corresponding development management.

From Fig. 2, the knowledge management system is composed of five parts: product development, documentation, project, roles, and forum. The forum is a kind of electronic community, which is desired to encourage knowledge sharing and transformation from tacit knowledge to explicit knowledge. Like "Quora", it provides a bulletin for team members to online edit; modify their questions.

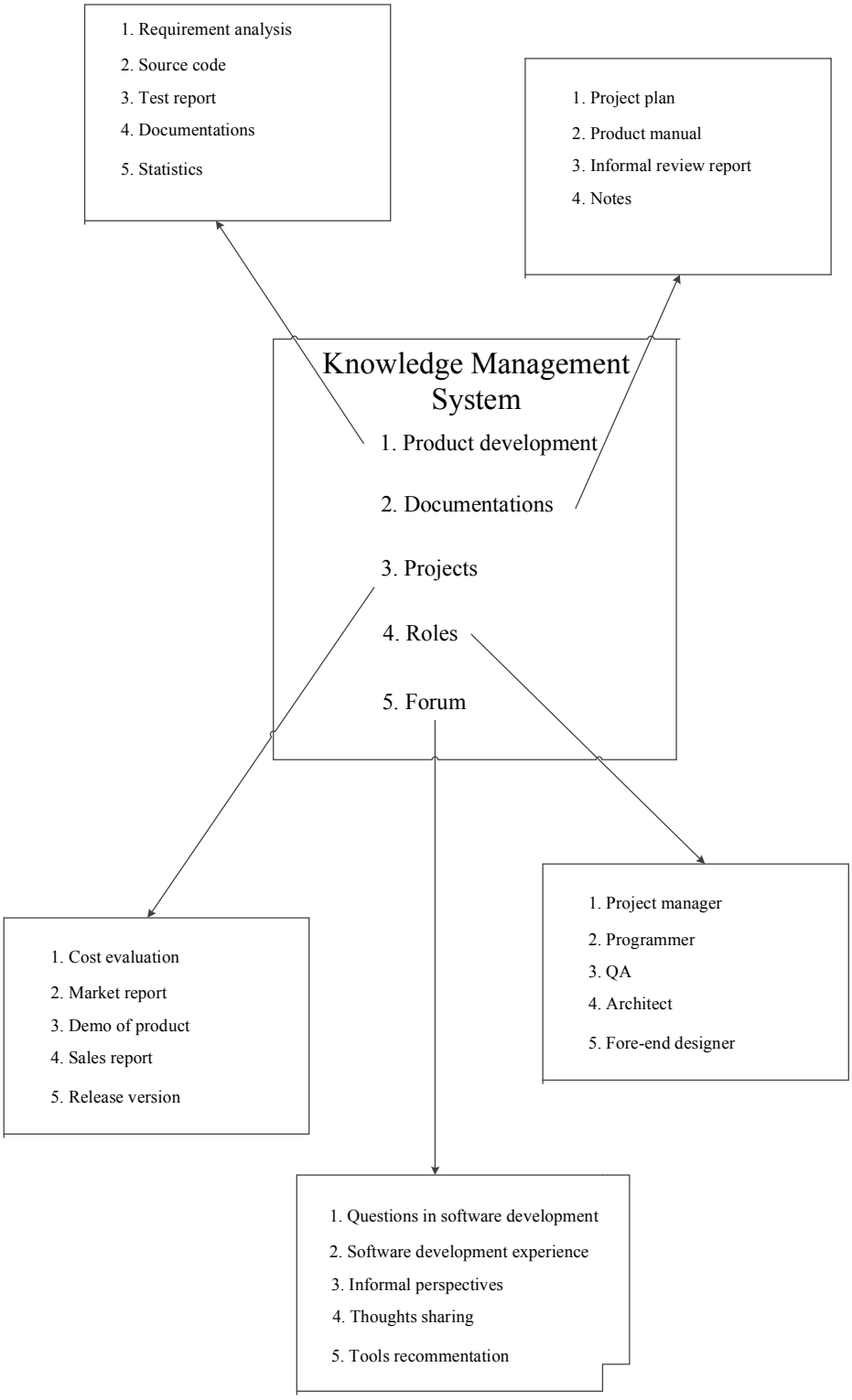


Fig. 2. The framework of the knowledge management system

It is a kind of knowledge market letting team members sharing, learning and presenting. Team members can share the software development tools that they think are effective and efficient on the forum.

The advantage of the forum is based on considering a specific problem, where the distributed development team gets a record in the knowledge base about the received direction or reception of the development, etc. In turn, for communication in today's environment in the space of distributed development teams, is a more suitable approach based on the exchange of instant or short messages, such as Skype, Slack, Telegram and then some. Such a decision should be considered rather as a management method, in turn of the thread of instant messages, which is aimed at solving a problem nature, should be transferred to the forum, which will give a long-term archive of knowledge in the relevant topic. In fact, this contributes

to the synergy between tacit knowledge and explicit knowledge in the frame model.

Limitation

The selected articles in this paper are created within a specific period. To purse the quality of articles, only a small number of articles are selected. Thus, the research in this paper is improper.

The technologies applied in this paper exist in current time. With the development of technology, the more convenient and rational framework will be designed. Nevertheless, the results of the analysis in this paper can still cover the most popular and advanced opinions.

Conclusion

Distributed software development has become a popular paradigm for that it offers whole-time workspace, a wide labor pool with lower cost.

However, it also brings some difficulties. Knowledge is a great fortune for modern software development firms. Thus, knowledge management should be considered seriously. The contribution of this paper can be divided into two parts: theoretical and practical. Based on a systematic literature review, the paper draws the conclusion that factors "communication", "social culture" and "network" are most mentioned for knowledge sharing and management. Based on these characteristics and features, a similar evaluation model and web-based knowledge management framework are proposed, which can help to design a rational application for practice.

In further research, the proposed model and framework could be validated in the real software industry. According to the statistics from the application, the parameter of the model and the structure of the framework can be revised and improved.

References

1. Dingsøyr, T. and Smite D. (2014), "Managing knowledge in global software development projects", *IT Professional*, No. 16 (1), Jan.-Feb 2014, pp. 22–29.
2. Hajir, J.A., Obeidat, B.Y., Al-dalahmeh, M.A. and Masa'deh, R. (2015), "The role of knowledge management infrastructure in enhancing innovation at mobile telecommunication companies in Jordan", *European Journal of Social Science*, No. 50 (3), Dec 2015, pp. 313 – 330.
3. Dutta, B. and Madalli, P. (2004), "Trends in knowledge modeling and knowledge management: an editorial", *Journal of Manufacturing Technology Management*, No. 15 (5), DOI: https://doi.org/10.1108/JKM-10-2014-0442
4. Shin, S. J., Kim, T. Y., Lee J. Y. and Bian L. (2012), "Cognitive team diversity and individual team member creativity: a cross-level interaction", *Acad. Manag. J.*, No. 55 (1), pp. 197–212.
5. Polanyi M. (1996), "The tacit dimension", *Routledge & Kegan*, pp. 204–221.
6. Nonaka I. (1994), "A dynamic theory of organizational knowledge creation", *Organization Science*, No. 5(1), pp. 14 – 37.
7. Zack M. H. (1993), "Interactivity and communication mode choice in ongoing management groups", *Information System*, No. 4 (3), pp. 207–239.
8. Chen, X. H., Zhou, Y., Probert, D. and Su, J. (2016), "Managing knowledge sharing in distributed innovation from the perspective of developers: empirical study of open source software projects in China", *Technology Analysis & Strategic Management*, No. 29 (1), pp. 1–22.
9. Kucharska, W. and Kowalczyk R. (2016), "Trust, collaborative culture and tacit knowledge sharing in project management – a relationship model", *Proceedings of the 13th International Conference on Intellectual Capital*, Knowledge Management & Organizational Learning: ICICKM, pp. 159–166.
10. Lee, J.C., Shiue, Y.C. and Chen, C.Y. (2016), "Examining the impacts of organizational culture and top management support of knowledge sharing on the success of software process improvement", *Computers in Human Behavior*, No. 54, pp. 462–474, DOI: https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.08.030
11. Koriat, N. and Gelbard, R. (2014), "Knowledge sharing motivation among IT personnel: Integrated model and implications of employment contracts", *International Journal of Information Management*, No. 34 (5), pp. 577–591, DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2014.04.009
12. Janasz, W. and Janasz, K. (2018), "Knowledge management in a modern organization", *Studies and Research of the FEM of the SU*, No. 52 (2), pp. 25–39.
13. Walsh, J.P. and Ungson. G.R. (1991), "Organizational memory", *Academy of Management Review*, No. 16 (1), pp. 57–91.
14. Crowston, K., Howinson, J. and Masango C. (2007), "The role of face-to-face meetings in technology-supported self-organizing distributed teams" *IEEE Trans. Prof. Commun.*, No. 50 (3), pp. 185–203.
15. Meehan, B. and Richardson I. (2002), "Identification of software process knowledge management", *Software Process: Improvement and Practice*, No.7(2), pp. 47–55.
16. Khan, S.U., Niazi, M. and Ahmad, R. (2009), "Critical success factors for offshore software development outsourcing vendors: a systematic literature review", *Fourth IEEE International Conference in Global Software Engineering*, ICGSE, pp. 207–216, doi: http://doi.org/10.1109/ICGSE.2009.28
17. Santos, V., Goldman, A. and C.R. de Souza (2014), "Fostering effective inter-team knowledge sharing in Agile software development", *Empirical Software Engineering*, pp. 1–46.
18. Chalkiti, K. and Sigala M. (2008), "Information sharing and knowledge creation in online forums: the case of the Greek online forum DIALOGOI", *Curr. Issues Tour.*, No. 11 (5), Dec 2008, pp. 381–406.
19. Hemsley, J. and Mason, R. (2012), "The nature of knowledge in the social media age: implications for knowledge management models", *45th Hawaii International Conference on System Sciences* (HICSS 2012), IEEE Computer Society, DOI: http://doi.org/10.1109/HICSS.2012.580

20. Bughin, J., Chui, M. and Manyika, J. (2012), “Capturing business value with social technologies”, *McKinsey on business technologies*, No. 28, pp. 72–80.
21. Sigala, M. and Chalkiti, K. (2015), “Knowledge management, social media and employee creativity”, *International Journal of Hospitality Management*, No. 45, pp. 44–58.
22. Hinds, P. and McGrath, C. (2006), “Structures that work: social structure, work structure and coordination ease in geographically distributed teams”, *Proceedings of the 2006 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work*, CSCW 2006, Banff, Alberta, Canada, November 4-8, pp. 343–352, DOI: http://doi.org/10.1145/1180875.1180928
23. Zahedia, M., Shahin, M. and Babarb, M.A. (2016), “A systematic review of knowledge sharing challenges and practices in global software development”, *International Journal of Information Management*, No. 36 (6), pp. 995–1019, DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2016.06.007
24. Chau, T., Maurer, F. and Melnik, G. (2003), “Knowledge sharing: agile methods vs. Tayloristic methods”, *Proceedings of the IEEE International Workshops on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises*, IEEE Computer Society, DOI: http://doi.org/10.1109/ENABL.2003.1231427
25. Ryan, S. and Connorb, R.V.O. (2013), ”Acquiring and sharing tacit knowledge in software development teams: An empirical study”, *Information and Software Technology*, No. 55 (9), pp. 1614–1624.
26. Cabrera, A., Collins, W.C. and Salgado, J.F. (2006), “Determinants of individual engagement in knowledge sharing”, *The International Journal of Human Resource Management*, No. 17(2), pp. 245–264.
27. Foss, N. J., Minbaeva, D. B., Pedersen, T. and Reinholt, M. (2009), “Encouraging knowledge sharing among employees: How job design matters”, *Human Resource Management*, No. 48, pp. 871–893.
28. Kitchenham, B. and Charters, C. (2007), *Guidelines for performing systematic literarature reviews in software engineering*, Keele University and Durham University Joint Report.
29. Verner, J. M., Brereton, O. P., Kitchenham, B. A., Turner, M. and Niazi, M. (2014), “Risks and risk mitigation in global software development: A tertiary study”, *Information and Software Technology*, No. 56 (1), pp. 54–78.

Received (Надійшла) 02.01.2019
Accepted for publication (Прийнята до друку) 11.02.2019

Новий фреймворк для управління знаннями
у ході розробки розподіленого програмного забезпечення

О. В. Шматко, Ліанг Донг, А. А. Гаврилова, В. О. Алексієв

Розробка програмного забезпечення з розподіленими командами стає критично популярною в наші дні. Не тільки для забезпечення ефективності та результативності розподілених команд, але й безпосередньо для розподілених команд, можна забезпечити цілодобові роботи з меншими витратами. Розробка програмного забезпечення є своєрідною галуззю, керованою знаннями, яка залежить від досвіду співробітників. Хоча багато дослідників вже досліджували управління знаннями, а також розробку розподіленого програмного забезпечення, комбінація того, що управління знаннями в розподіленій розробці програмного забезпечення не є достатньо вивченою темою в останні десятиліття. У роботі наведено огляд відповідних літературних джерел з управління знаннями в розробці розподіленого програмного забезпечення. Узагальнено взаємозв'язок між двома об'єктами та факторами обміну знаннями. На основі аналізу характеристик та особливостей управління знаннями, пропонується соціальна медіа-основа управління знаннями для розробки розподіленого програмного забезпечення. Пропонується модель оцінки і мережева структура управління знаннями, яка може допомогти в розробці раціонального застосування для практики. У майбутніх дослідженнях запропонована модель оцінки і структура управління знаннями можуть бути перевірені в реальній індустрії програмного забезпечення.

Ключові слова: розробка програмного забезпечення; управління знаннями; обмін знаннями; передача знань; системний огляд літератури.

Новый фреймворк для управления знаниями
при разработке распределенного программного обеспечения

А. В. Шматко., Лианг Донг, А. А. Гаврилова, В. О. Алексиев

Разработка программного обеспечения с распределенными командами становится критически популярной в наше время. Распределенные группы разработчиков обеспечивают не только эффективность и результативность проекта, но и для самих распределенных разработчиков можно обеспечить возможность выполнения работ в течение всего дня с меньшими затратами. Разработка программного обеспечения – это отрасль, основанная на знаниях, которая зависит от опыта сотрудников. Хотя многие ученые давно изучали вопросы управления знаниями, а также разработки распределенного программного обеспечения, можно утверждать, что сочетание того, что управление знаниями в разработке распределенного программного обеспеченияб не является достаточно изученной темой в последние десятилетия. В этой статье представлен системный обзор современной литературы по управлению знаниями в области разработки распределенного программного обеспечения. Связь между двумя объектами и факторами обмена знаниями суммируется. На основе анализа характеристик и особенностей управления знаниями предложен фреймворк управления знаниями для разработки распределенного программного обеспечения, который фактически основан на структуре социальных сетей. Предлагается модель оценки и сетевая структура управления знаниями, которая может помочь в разработке рационального приложения для практики. В последующих исследованиях предлагаемая модель оценки и структура управления знаниями могут быть проверены в реальной индустрии программного обеспечения.

Ключевые слова: разработка распределенного программного обеспечения; управление знаниями; обмен знаниями; передача знаний; системный обзор литературы.

UDC 004.032.26:004.85+528.854 **doi: 10.20998/2522-9052.2019.1.19**

V. Yaloveha, D. Hlavcheva, A. Podorozhniak

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine

USAGE OF CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK FOR MULTISPECTRAL IMAGE PROCESSING APPLIED TO THE PROBLEM OF DETECTING FIRE HAZARDOUS FOREST AREAS

Neural networks are intensively developed and used in all spheres of human activity in the modern world. Their use to determine the fire hazardous forest areas can begin to solve the problem of preventing wildfires. In recent years, wildfires have acquired enormous proportions. Wildfires are difficult to control and, if they occur, require a large amount of resources to eliminate them. The paper is devoted to solve the problem of identifying fire hazardous forest areas. The Camp Fire (California, USA) areas are considered. **The purpose** of the paper is to research the possibility of using convolutional neural networks for the detection fire hazardous forest areas using multispectral images obtained from Landsat 8. **The tasks** of research are finding the territories where the largest fires occurred in recent time; analyzing economic and ecologic losses from wildfires; receiving and processing multispectral images of wildfire areas from satellite Landsat 8; calculation of spectral indices (NDVI, NDWI, PSRI); developing convolutional neural network and analyzing results. **The object** of the research is the process of detecting fire hazardous forest areas using convolutional neural network. **The subject** of the research is the process of recognition multispectral images using deep learning neural network. **The scientific novelty** of the research is the recognition method of multispectral images by using convolutional neural network has been improved. The theory of deep learning neural networks, the theory of recognition multispectral images and mathematical statistics **methods** are used. The spectral indices for allocating the object under research (green vegetation, humidity, dry carbon) were calculated. It is obtained that the classification accuracy for a convolutional neural network on the test data is 94.27%.

Keywords: deep learning; convolutional neural networks; multispectral images; spectral indices; fire hazardous forest areas.

Introduction

An artificial neural network (ANN) is an information-processing paradigm that is inspired by the way biological nervous systems [1]. An ANN is configured for a specific application, such as data classification or recognition. The first artificial neuron was produced in 1943 by the neurophysiologist Warren McCulloch and the logician Walter Pits [2].

Artificial neural networks are used in different spheres for making decisions. In medicine neural networks are recognizing diseases from various scans. Neural network application would fit into financial analysis. There is a strong potential for using neural networks for database mining. Neural networks have been applied successfully to problems like derivative securities pricing, exchange rate forecasting and etc.

In the research, convolutional neural networks are used for detecting fire hazardous forest areas. Fire problems are increasing. Many millions of hectares have burnt in the last three decades, affecting health and livelihoods for tens of millions of people costing billions of dollars [3].

One of the largest wildfire happened in California (USA) in July 2018. It was called Mendocino Complex. The total area of the fire was almost 460 thousand acres. In less than six months in this state, a wildfire called the Camp Fire took place again. The total area of the Camp Fire was over 150 thousand acres [4].

In Fig. 1 the total largest forest areas (from 1960 to 2017) is presented [5]. The largest forest areas were burned in 2015 and 2017 (more than 10 million acres). In five years, with the total largest fire area, there was no one year less than 2006, which suggests that the problem of forest fires causes more losses than in the XX century.

According to the USA statistics, [6] compared to the 1980s, now, the number of burned acres have increased almost twice, while the number of wildfires has decreased. The losses from a large number of forest fires are human lives and natural resources. The fires cause economic costs to overcome and eliminate them (Fig. 2).

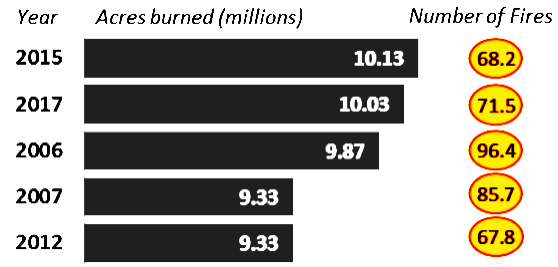


Fig. 1. The Total Largest Fire Area in Millions of Acres, 1960 – 2017, USA

The purpose of the paper is to research the possibility of using convolutional neural networks for the detection of fire hazardous forest areas using multispectral images of the Earth remote sensing.

In the paper, the convolutional neural network is used to solve the problem of detecting fire hazardous forest areas. The multispectral images from the Landsat 8 will be received [7]. The spectral indices that are able to detect arid vegetation, moisture content and carbon are calculated. Such an approach can lead to solve the problem of preventing wildfires.

Multispectral Images and Spectral Indices

Earth remote sensing it is an approach, which use data from satellites for receiving actual information about Earth surface. Earth remote sensing data provided in form of multispectral images.

© Yaloveha V., Hlavcheva D., Podorozhniak A., 2019

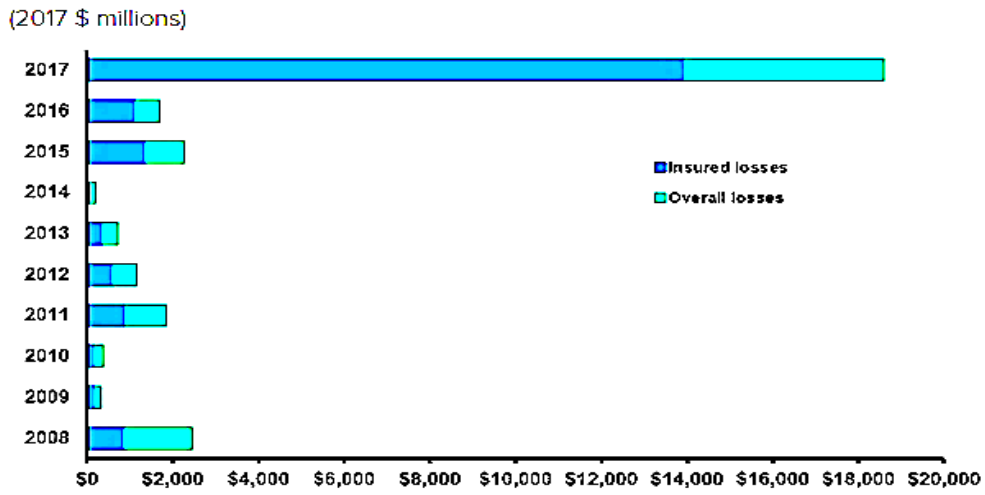


Fig. 2. Wildfire Losses in the USA, 2008-2017

The relevant data of the Earth remote sensing are obtained from the satellite Landsat 8 [8].

The mission of the Landsat Project is to provide repetitive acquisition of moderate-resolution multispectral data of the Earth's surface on a global basis. Landsat represents the only source of global, calibrated, moderate spatial resolution measurements of the Earth's surface that are preserved in a national archive and freely available to the public.

The data from the Landsat spacecraft constitute the longest record of the Earth's continental surfaces as seen from space [7].

As input data, the Camp Fire area of October 7, 2018 was taken. The fire began on 8th of November, 2018. The coordinates of Camp Fire are 39°50′51′′N, 121°23′42′′W [9].

To work with spectral data, index images are used. An image is constructed corresponding to the index value in each pixel based on a combination of brightness values in certain channels. This can allocate the object under research.

Index PSRI [10] is used to find the total amount of "dry" carbon presenting by lignin and cellulose. Such carbon in large quantities is present in wood, dead or dry plant tissues.

The index is calculated by next equtation:

$$I_{PSRI} = \frac{\rho_{RED} - \rho_{GREEN}}{\rho_{NIR}}, \quad (1)$$

where ρ_{GREEN} – reflectance in the green band, ρ_{RED} – reflectance in the red spectral band, ρ_{NIR} – reflectance in the near infrared spectral band.

NDVI is the vegetation index. It is used to detect green vegetation in multispectral images.

The index is calculated by next formula [11]:

$$I_{NDVI} = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}}. \quad (2)$$

NDWI [12] estimates the water content. Healthy vegetation, which grows faster and more resistant to fire, has high humidity.

The index is calculated by next equtation:

$$I_{NDWI} = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{SWIR}}{\rho_{NIR} + \rho_{SWIR}}, \quad (3)$$

where ρ_{SWIR} – reflectance in the short wave infrared band.

The Camp Fire area after calculation and merging of three indecies as RGB channels (red channel is responsible for PSRI, green – for NDVI, blue – for NDWI) is presented in Fig. 3.

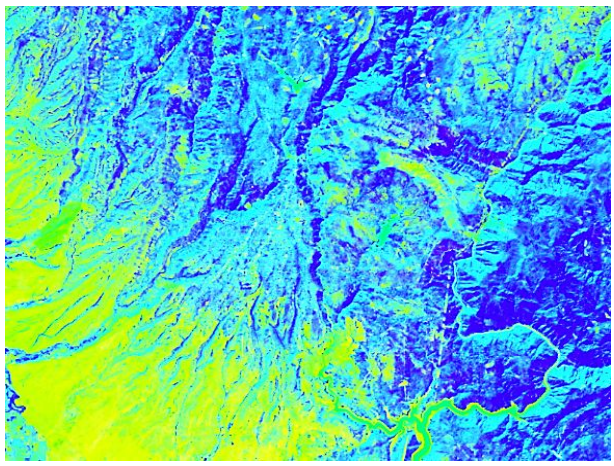


Fig. 3. The Merged Index Image of The Camp Fire Area

Merged image will be used by convolutional neural network for detecting fire hazardous forest areas.

Convolutional Neural Networks

The Deep Learning concept was introduced in 2006. It is as a new field of research within machine learning. Deep Learning concept was first known as hierarchical learning at the [13]. Deep Learning considers nonlinear processing in multiple layers and supervised or unsupervised learning [14]. Deep Learning can be understood as a method to improve results and optimize processing times in several computing processes [15]. Recent researches have applied deep learning as the main tool for digital image processing [16].

Convolutional neural network (ConvNet) was developed by Yann LeCun in 1988. Productivity of

image recognizing by convolutional neural networks [17] caused their using by the largest technological companies (Google, Facebook, Microsoft, IBM and etc). Convolutional neural networks were created on the basis of "simple cells" in human brain. Such cells were discovered in 1960s by Torsten Nils Wiesel and David Habel [18].

Convolution is a mathematic operation (kind of integral conversion) on two functions $f(x)$ and $g(x)$ that produces a third function.

Convolution preserves the spatial relationship between pixels by learning image features using small squares of input data.

The simple architecture of ConvNet for image recognizing by z classes can be divided into two parts: a sequence of convolutional or alternating pooling layers and several fully-connected layers. On the output layer of the neural network, the neuron activation function is used.

The activation function can be, for instance, ReLU [19]. In the process of training the neural network, a problem of overfitting could appear. To solve this problem the Dropout layer could be added in the convolutional neural network [20-22].

Implementation

The total amount of prepared images were 40,000. Half with fire hazardous area and half with area without fire hazardous. All images were separated into three sets: training (28,000 images), validation (6,000 images) and test (6,000 images) data (Fig. 4).

The size of each image is (32×32) pixels in three RGB channels. Sample images for both groups are shown in Fig. 5.

As a programming environment, we used Spyder IDE and Python 3.6 as a programming language. The frameworks were Tensorflow 1.6 and Keras 2.2.4.

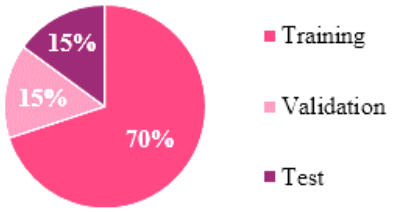
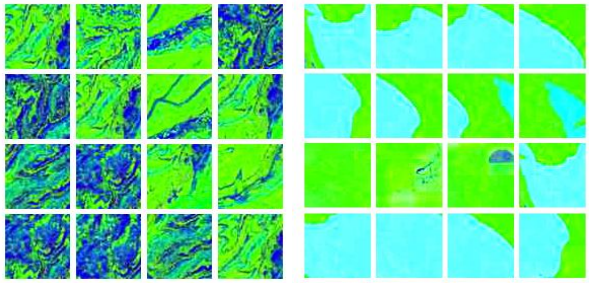


Fig. 4. Training, validation and test datasets



a b

Fig. 5. Examples of images for neural network: a) fire hazardous area; b) area without fire hazardous

For training, we used an ASUS laptop. The laptop has 16Gb of RAM, one Nvidia GeForce 940MX GPU and an Intel Core i7 extreme 7th generation CPU (up to 3.5 GHz).

Convolutional neural network architecture is presented in Fig. 6. The total amount of parameters in convolutional neural network is 45,153.

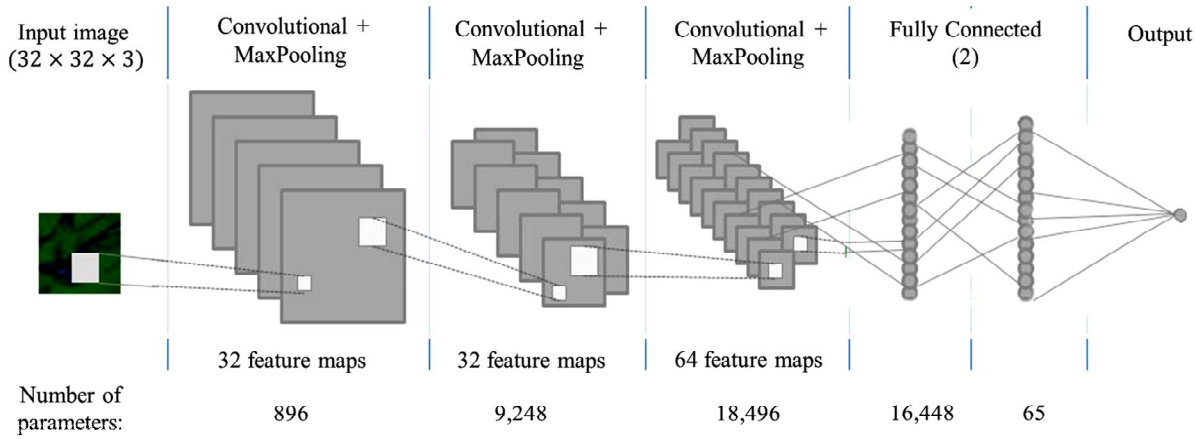


Fig. 6. Convolutional neural network architecture

Results and Conclusions

The convolutional neural network was trained during 50 epochs. The total training time was 60 minutes. The graphs of the accuracy classification and loss on the number of epochs for the training and validation data are shown in Fig. 7, 8.

The accuracy of classification on test data for convolutional neural network is 94.27%. The maximum value of classification accuracy is 99% on training (38th epoch) and validation (32nd epoch) data. The minimum value is 95% on training dataset and 92% on validation dataset.

The maximum and minimum loss values are 14% and 0.2% on training data. For validation dataset, these values are 24% (43rd epoch) and 3% (27th epoch).

The scientific and practical problem of detecting fire hazardous forest areas by using convolutional neural network applied to the Camp Fire is solved in the paper.

The spectral indices were calculated using multispectral images from Landsat 8. It is obtained that convolutional neural networks can effectively classify objects belonging to two classes from our dataset. Such approach can begin to solve the problem of preventing wildfires.

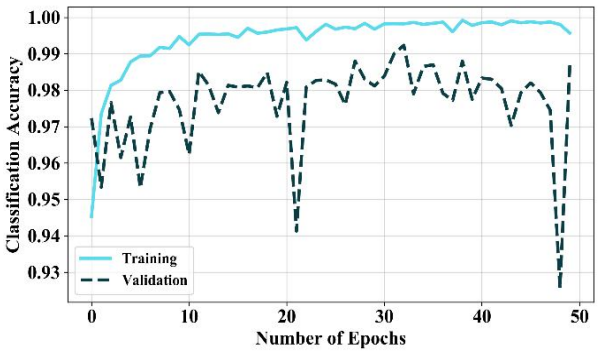


Fig. 7. The classification accuracy dependence on the number of epochs on training and validation data

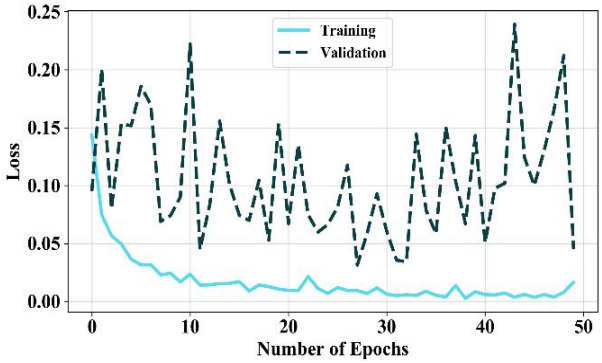


Fig. 8. The loss dependence on the number of epochs on training and validation data

REFERENCES

1. Nahar, K. (2012), "Artificial neural network", *COMPUSOFT, An international journal of advanced computer technology,* Vol. 1, No. 2, pp. 25-27, available at: https://ijact.in/index.php/ijact/article/view/421/366 (last accessed December 9, 2018).
2. McCulloch, W. S. and Pitts, W. (1943), "A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity", *The bulletin of mathematical biophysics,* Vol. 5, No. 5, pp. 115-133, available at: www.fao.org/docrep/article/wfc/xii/0829-b3.htm (last accessed December 12, 2018).
3. Moore, P., Hardesty, J., Kelleher, S., Maginnis, S. and Myers, R. (2003), "Forests and wildfires: fixing the future by avoiding the past", *XII World Forestry Congress*, Quebec, Canada, available at: https://doi.org/10.1007/BF02478259 (last accessed December 11, 2018).
4. *The Departmant of Forestry and Fire Protection of California: Top 20 Largest California Wildfires* (2017), available at: https://www.fire.ca.gov/communications/downloads/fact_sheets/Top20_Acres.pdf (last accessed December 15, 2018).
5. Hoover, K. (2018), *Wildfire Statistics Congressional Research Service, a*vailable at: https://fas.org/sgp/crs/misc/IF10244.pdf (last accessed December 10, 2018).
6. *Insurance Information Institute: Facts & Statistics: Wildfires: Wildfire Losses In The United States* (2017), available at: https://www.iii.org/fact-statistic/facts-statistics-wildfires (last accessed December 9, 2018).
7. *Department of the Interior. U.S. Geological Survey. LANDSAT 8 (L8) DATA USERS HANDBOOK,* (2018), available at: https://landsat.usgs.gov/sites/default/files/documents/LSDS-1574_L8_Data_Users_Handbook.pdf (last accessed December 10, 2018).
8. *U.S. GeologicalSurvey* (2018), available at: https://earthexplorer.usgs.gov (last accessed December 10, 2018).
9. *The Departmant of Forestry and Fire Protection of California: Public Information Map,* (2018), available at: http://cdfdata.fire.ca.gov/pub/cdf/images/incidentfile2277_4287.pdf (last accessed December 11, 2018).
10. Merzlyak, M. N., Gitelson, A. A., Chivkunova, O. B. and Rakitin, V. Y. (1999) 'Non-destructive optical detection of pigment changes during leaf senescence and fruit ripening', *Physiologia plantarum,* Vol. 106, pp. 135-141, available at: https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.1999.106119.x (last accessed December 12, 2018).
11. Bardysh, B. and Burshtynskaya, Kh. (2014), "Using vegetation indices to identify objects on the earth surface", *Modern achievements in geodetic science and production,* No. 2, pp. 82-88, available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/sdgn_2014_2_21 (last accessed December 9, 2018).
12. Jackson, T. J., Chen, D., Cosh, M., Li, F., Anderson, M., Walthall, C., Doriaswamy, P. and Hunt, E. R. (2004), "Vegetation water content mapping using Landsat data derived normalized difference water index for corn and soybeans", *Remote Sensing of Environment,* Vol. 92, No. 4, pp. 475-482, available at: https://doi.org/10.1016/j.rse.2003.10.021 (last accessed December 11, 2018).
13. Mosavi, A. and Varkonyi-Koczy, A. R. (2017), "Integration of machine learning and optimization for robot learning", *Recent Global Research and Education: Technological Challenges*: Springer, pp. 349-355, available at: https://doi.org/10.1007/978-3-319-46490-9_47 (last accessed December 11, 2018).
14. Bengio, Y. (2009), "Learning deep architectures for AI", *Foundations and trends in Machine Learning,* Vol. 2, No. 1, pp. 1-127, available at: https://doi.org/10.1561/2200000006 (last accessed December 10, 2018).
15. Vargas, R., Mosavi, A. and Ruiz, R. (2018), "Deep learning: a review", *Advances in Intelligent Systems and Computing,* available at: https://doi.org/10.20944/preprints201810.0218.v1 (last accessed December 12, 2018).
16. Lee, T. S. and Mumford, D. (2003), "Hierarchical Bayesian inference in the visual cortex", *Journal of the Optical Society of America A,* Vol. 20, No. 7, pp. 1434-1448, available at: https://doi.org/10.1364/JOSAA.20.001434 (last accessed December 10, 2018).
17. LeCun, Y., Bengio, Y. and Hinton, G. (2015), "Deep learning", *Nature,* No. 521 (7553), pp. 436-444, available at: https://doi.org/10.1038/nature14539 (last accessed December 9, 2018).

18. Hubel, D. H. and Wiesel, T. N. (1962), "Receptive fields, binocular interaction and functional architecture in the cat's visual cortex", *The Journal of physiology,* Vol. 160, No. 1, pp. 106-154, available at: https://doi.org/10.1113/jphysiol.1962.sp006837 (last accessed December 11, 2018).
19. Hlavcheva, D. and Yaloveha, V. (2018), "Capsule neural networks", *Control, Navigation and Communication Systems,* Vol. 5, No. 51, pp. 132-135, available at: https://doi.org/10.26906/SUNZ.2018.5.132 (last accessed December 12, 2018).
20. Liubchenko, N., Podorozhniak, A. and Bondarchuk, V. (2017), "Neural network method of intellectual processing of multispectral images", *Advanced information System,* Vol. 1, No. 2, pp. 39-44, available at: https://doi.org/10.20998/2522-9052.2017.2.07 (last accessed December 9, 2018).
21. Podorozhniak, A., Lubchenko, N., Balenko, O. and Zhuikov, D. (2018), "Neural network approach for multispectral image processing". *Advanced Trends in Radioelecrtronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET-2018), 14th International Conference on*: IEEE, pp. 978-981, available at: http://dx.doi.org/10.1109/TCSET.2018.8336357 (last accessed December 10, 2018).
22. Hlavcheva, D. and Yaloveha, V. (2018), "CapsNet versus ConvNet", *Computer sciences, control and artificial intelligence, 5th International Conference,* Kharkiv, Ukraine, pp. 22-23, available at: http://pim.net.ua/arch_f/tez_iyii_2018.pdf (last accessed December 10, 2018).

Надійшла (received) 30.01.2019
Прийнята до друку (accepted for publication) 13.03.2019

Використання згорткової нейронної мережі для обробки мультиспектральних зображень, застосованої до проблеми виявлення пожежонебезпечних лісових територій

В. А. Яловега, Д. М. Главчева, А. О. Подорожняк

У сучасному світі нейронні мережі інтенсивно розвиваються і використовуються в усіх сферах людської діяльності. Їх застосування для визначення пожежонебезпечності лісових територій може розпочати вирішення проблеми попередження лісових пожеж. Лісові пожежі важко контролюються та, у разі виникнення, вимагають великої кількості ресурсів для їх усунення. Робота присвячена вирішенню задачі визначення пожежонебезпечності лісових територій. Розглядається територія пожежі «Camp Fire», що сталася у Каліфорнії (США). **Метою роботи** є дослідження можливості застосування згорткових нейронних мереж для визначення пожежонебезпечності лісових територій на основі мультиспектральних зображень, отриманих з супутника Landsat 8. Поставлена мета передбачає вирішення таких **завдань**: огляд територій, на яких відбулися наймасштабніші лісові пожежі за останній час, аналіз економічних та екологічних збитків від лісових пожеж; отримання та обробка мультиспектральних зображень території пожежі з супутника Landsat 8; розрахунок спектральних індексів (NDVI, NDWI, PSRI); реалізація згорткової нейронної мережі та аналіз результатів роботи. **Об'єктом** дослідження є процес визначення пожежонебезпечних лісових територій з використанням згорткової нейронної мережі. **Предметом** дослідження є процес розпізнавання мультиспектральних зображень з використанням нейронних мереж глибокого навчання. **Наукова новизна** полягає в удосконаленні методу розпізнавання мультиспектральних зображень за рахунок використання згорткових нейронних мереж. **Методами досліджень** є теорія нейронних мереж глибокого навчання, теорія розпізнавання мультиспектральних зображень, методи математичної статистики. Обчислено спектральні індекси для виділення характеристик досліджуваної території (зеленої рослинності, кількості вологи, сухого вуглецю). Отримана точність класифікації для згорткової нейронної мережі на тестовій вибірці склала 94.27%.

Ключові слова: глибоке навчання; згорткові нейронні мережі; мультиспектральні зображення; спектральні індекси; пожежонебезпечні лісові території.

Использование сверточной нейронной сети для обработки мультиспектральных изображений применимо к проблеме обнаружения пожароопасных лесных территорий

В. А. Яловега, Д. М. Главчева, А. А. Подорожняк

В современном мире нейронные сети интенсивно развиваются и используются во всех сферах человеческой деятельности. Их применение для определения пожароопасности лесных территорий может начать решение проблемы предупреждения лесных пожаров. Лесные пожары трудно контролируются и, в случае возникновения, требуют большого количества ресурсов для их устранения. Работа посвящена решению задачи определения пожароопасности лесных территорий. Рассматривается территория пожара «Camp Fire», которая произошла в Калифорнии (США). **Целью** работы является исследование возможности применения сверточных нейронных сетей для определения пожароопасности лесных территорий на основе мультиспектральных изображений, полученных со спутника Landsat 8. Поставленная цель предполагает решение таких **задач**: рассмотрение территорий, на которых произошли масштабные лесные пожары за последнее время, анализ экономических и экологических убытков от лесных пожаров; получение и обработка мультиспектральных изображений территории пожара со спутника Landsat 8; расчет спектральных индексов (NDVI, NDWI, PSRI); реализация сверточной нейронной сети и анализ результатов работы. **Объектом** исследования является процесс определения пожароопасных лесных территорий с использованием сверточной нейронной сети. **Предметом** исследования является процесс распознавания мультиспектральных изображений с использованием нейронных сетей глубокого обучения. **Научная новизна** заключается в усовершенствовании метода распознавания мультиспектральных изображений за счет использования сверточных нейронных сетей. **Методами исследований** является теория нейронных сетей глубокого обучения, теория распознавания мультиспектральных изображений, методы математической статистики. Вычислены спектральные индексы для выделения характеристик исследуемой территории (зеленой растительности, количества влаги, сухого углерода). Точность классификации для сверточной нейронной сети на тестовой выборке составила 94.27%.

Ключевые слова: глубокое обучение; сверточные нейронные сети; мультиспектральные изображения; спектральные индексы; пожароопасные лесные территории.

Methods of information systems protection

УДК 004.056:378.1(477) **doi: 10.20998/2522-9052.2019.1.20**

Ю. Г. Даник[1], П. П. Воробієнко[2]

[1] Національний університет оборони України ім. Івана Черняховського, Київ, Україна
[2] Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова, Одеса, Україна

МЕТОДОЛОГІЧНІ ТА ЗМІСТОВНІ ОСОБЛИВОСТІ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ КІБЕРБЕЗПЕКИ ДЛЯ ДІЙ В УМОВАХ КОМПЛЕКСНИХ КІБЕРВПЛИВІВ

Предметом дослідження є методологічні та змістовні основи з кібербезпеки та захисту інформації в телекомунікаційних системах. **Метою** статті є формування змісту та методології підготовки фахівців кібербезпеки до дій в умовах комплексних кібервпливів. **Результати.** Деструктивні кібервпливи стають все більш складними, системними і комплексними та супроводжуються ланцюговими та синергетичними ефектами. Практика доводить, що ключовим елементом для забезпечення ефективної кібербезпеки та кібероборони держави в таких умовах є наявність ефективних, адекватних, виконуваних концепцій, стратегій, планів і програм, а також організаційних заходів, сучасного якісного обладнання і особливо підготовлених фахівців у необхідній кількості. Їх наявність потребує подальшого розвитку методології їх підготовки. У статті розглянуті кібератаки на різні об'єкти критичної інфраструктури держави, а також особливості підготовки фахівців сектору безпеки і оборони тактичного рівня за високотехнологічними напрямами безпосередньо пов'язаними з застосуванням ІКТ та управління. **Висновок** зводиться до того, що запропоновані методологічні та змістовні основи освіти з питань, які є подальшим розвитком теоретичних основ і практики кіберосвіти, надають можливість поетапно та безперервно формувати і підтримувати компетентності випускників з питань кібербезпеки і кібероборони для виконання завдань за призначенням в сучасних і прогнозованих умовах.

Ключові слова: національна безпека і оборона; кіберзагрози; комплексні кібервпливи; кібербезпека; кібероборона; кіберосвіта.

Вступ

Процеси глобальної інформатизації, розвиток кібер- та інформаційних технологій призвели до того, щоб кіберінформаційна інфраструктура держав стала об'єктом різноманітних деструктивних кібервпливів. Кіберзброю за наслідками її застосування більшість фахівців асоціюють зі зброєю масового ураження [1]. Безпека держави суттєвим чином залежить від стійкості та стану об'єктів критичної інфраструктури держави, від їх захищеності, як від звичайних кібервпливів, так і від комплексних і системних розподілено-зосереджених впливів з ланцюговими ефектами [2]. Недостатня стійкість та нестабільна робота об'єктів критичної інфраструктури наносять колосальні збитки державі та населенню. Наприклад, відключення електроенергії в результаті здійснення кібервпливів з великою ймовірністю може призвести як до значних економічних втрат, так і до хаосу у великих містах. Такі кіберзагрози можуть бути реалізовані шляхом впливу як на весь енергетичний комплекс в цілому, так і на окремі його або пов'язані з ним елементи. Вплив може проводитись комплексно, одночасно, послідовно або змішано. Протягом 2014-2018 років об'єкти критичної інфраструктури держави неодноразово піддавалися різноманітним комплексним деструктивним кібервпливам.

Збої у функціонуванні транспортної, телекомунікаційної, фінансової систем, системи життєзабезпечення, безпеки населення можуть призвести до глобальних екологічних та техногенних наслідків. Усі галузі та об'єкти в сучасних умовах пов'язані між собою, тобто створений так званий «ланцюг». Виведення з ладу або порушення функціонування критичних елементів взаємопов'язаних систем, як правило, призводить до ланцюгових ефектів розповсюдження збоїв і порушень, наслідком яких можуть стати надзвичайні ситуації, аварії, катастрофи тощо [2]. Проблема забезпечення кібербезпеки та кібероборони держави постійно ускладнюється і є надважливою для забезпечення безпеки і оборони держави, її економічного та соціального розвитку, і потребує системних, комплексних підходів для свого вирішення. Для протидії таким кібервпливам, що несуть в собі найбільш важкі наслідки для населення та держави в цілому, необхідно мати відповідно підготовлених фахівців [3, 4] .

Аналіз досліджень і публікацій. Журнал Cyber Education, що видається Cyber Innovation Center USA, констатує: "Сьогодні наша країна наражається на нестачу робітників у сфері кібербезпеки. Фактично, на даний час у нас більш 380 000 робочих місць у сфері кібербезпеки. Їх кількість зросте до 1 мільйона у 2020 році. Нестача кваліфікованих фахівців у галузі кібербезпеки представляє великий ризик не тільки для національній безпеки нашої країни, але і для нашої економічної безпеки".

Найбільш інтенсивно в цій сфері діють КНР, Ізраїль, Японія, РФ, США та країни-члени НАТО. Питання кіберосвіти є невід'ємною складовою забезпечення кібербезпеки і кібероборони будь-якої держави [5–14].Але, як свідчить проведений аналіз відомих публікацій, єдина базова методологія та зміст навчання з питань підготовки фахівців у галузі кібербезпеки і загальної кіберосвіти так само, як термінологія, загальновизнана і загальноприйнята система стандартів у цій галузі досі не сформувалися [2]. Тому **метою статті** є формування змісту та методології підготовки фахівців кібербезпеки до дій в умовах комплексних кібервпливів.

© Даник Ю. Г., Воробієнко П. П., 2019

Виклад основного матеріалу

Для реалізації комплексного і гнучкого підходу до підготовки фахівців кібербезпеки і кібероборони, здатних ефективно діяти в умовах комплексних деструктивних кібервпливів, на основі методів індукції та дедукції, системного аналізу та аналогій, віртуальної реальності, інформаційного моделювання та інформаційного підходу, дослідження формування самоосвітньої компетентності та фахових, психолого-педагогічних і дидактичних чинників освіти була розроблена та апробована система їх підготовки, а також зміст навчання із загальної кіберосвіти у непрофільних закладах вищої освіти [5].

З цією метою запропоновано здійснення розподілу на підготовку фахівців за високотехнологічними напрямами та підготовку всіх інших фахівців. Таким чином, створюються умови щоб фахівці, які не мають технічної освіти, отримали більш повне уявлення про технологічні аспекти кібербезпеки і у достатній мірі розумілися щодо особливостей реалізації політики кібербезпеки як у сфері оборони держави, так і на міжнародному рівні, а фахівці з високотехнологічних напрямів отримали повні і всебічні сучасні знання з питань кібербезпеки і кібероборони, їх організації і управління ними із врахуванням кращих практик країн-членів НАТО.

Розглянемо особливості підготовки фахівців сектору безпеки і оборони тактичного рівня за високотехнологічними напрямами безпосередньо пов’язаними з застосуванням ІКТ та управління. Для цих спеціальностей і спеціалізацій доцільно ввести у нормативну частину базовий курс з питань кібербезпеки та у варіативну частину спеціалізовані курси за складовими кібербезпеки, які охоплюють питання загальної, соціальної, технічної та військової кібернетики, кіберпростір та його особливості, загрози і ризики у кібернетичній сфері; основи інформаційної кібербезпеки і кібероборони, технологічні, соціотехнічні, інформаційні та інші аспекти кібербезпеки і кібероборони; особливості організації та стандарти у сфері кібербезпеки і кібероборони у світі та в Україні; управління кібербезпекою в сфері національної безпеки та оборони. Особливу увагу слід приділити захисту інформації в телекомунікаційних системах (ТКС) як найбільш привабливого об’єкта для комплексних кібервпливів. Для комплексного вирішення задачі кіберзахисту ТКС використовують еталонну модель відкритих систем (МВС), яка розроблена Міжнародною організацією із стандартизації (МОС) в 1984 році. Ця модель відіграла виключну роль в побудові глобальної інформаційної інфраструктури. З розвитком технологій модель ВОС вже не змогла вирішувати нових задач у зв’язку з багатофункціональністю процесів, які відбуваються в мережі. В 2001 році була запропонована узагальнена модель ВОС, де крім рівнів введено площини (підплощини) за їх функціональним призначенням [6]. Таких площин на початку було 7, а напів-площин – 11. Назвемо декілька площин: Користувача, Маршрутизації, Сигналізації, Управління, Синхронізації. В кожну площину доцільно ввести напів-площину, яка забезпечить кіберзахист процесів за їх функціональним призначенням: передача інформації користувачеві, встановлення з’єднання (маршрутизація, сигналізація), синхронізація роботи пристроїв, забезпечення якості послуг та інше.

Кіберзахист ТКС можливо відносно легко систематизувати, тому що в [7] наведена математична модель телекомунікаційних систем.

Слід також вказати на майбутні ризики та загрози, які пов’язані з майбутнім впровадженням квантових комп’ютерів та хмарних обчислень. Запобіжником цих загроз є квантовий захист інформації, постквантова криптографія тощо [8, 9, 15].

Методичні основи та практика проведення аналізу загроз, ризиків і уразливостей є базовими для формування навичок розробки стратегії та архітектури кібербезпеки, запобігання, обмеження та нейтралізації відомих і невідомих уразливостей та загроз, управління кібернетичними ризиками з метою їх зниження. Огляд уразливостей, характерних для кіберпростору, форм, способів, засобів використання таких уразливостей, основний спектр різноманітних сценаріїв та технологій кіберрозвідки, кіберзахисту або активного впливу (несанкціонованого проникнення, отримання інформації, зміни алгоритмів діяльності тощо) сформує у тих, хто навчається, вміння оцінювати ризики деструктивних впливів, в тому числі і пов'язаних з використанням мобільних приладів (гаджетів), інших технологій і систем, що пов’язані з мобільністю.

Важливою складовою підготовки фахівців з питань кібербезпеки є вивчення ними світового і вітчизняного досвіду створення і розвитку систем кібербезпеки та їх складових; вирішення питань забезпечення кібербезпеки на різних етапах її становлення; розподілу сфер відповідальності, задач, функцій, організації взаємодії з питань кібербезпеки і кібероборони між складовими національної безпеки та оборони; міжнародних та національних стандартів у галузі кібербезпеки; особливості формування національної політики з кібербезпеки, найкращих світових практик у вирішенні зазначених питань та тенденцій їх розвитку; загальної системи та структури міжнародних і національних організацій у сфері кібербезпеки, їх завдання, організаційна структура, повноваження, задачі, функції, розподіл повноважень між ними; організація та характер взаємодії з національними організаціями з кібербезпеки; міжнародні та національні правові аспекти забезпечення кібербезпеки та відповідальності за здійснення деструктивних впливів у кібернетичному просторі та їх наслідки, основ медіакультури (знань та вмінь здійснення соціальних комунікацій в електронному медіасередовищі).

Підготовка фахівців за високотехнологічними напрямами, фахівців кібербезпеки та всіх інших військових фахівців з вищенаведених базових питань кібербезпеки відрізняється лише шириною та глибиною їх подання, але охоплює їх всі без винятку.

Компетентності з питань кібербезпеки, необхідні для виконання завдань за посадами випускниками військових ЗВО – фахівцями з кібербезпеки,

будуть закладатися при вивченні управління кібербезпекою у сфері національної безпеки і оборони у рамках варіативних дисциплін. На основі попередньо засвоєних базових знань з кібербезпеки здійснюється їх підготовка до виконання завдань за посадою командира підрозділу військової частини кібербезпеки або офіцера з кібербезпеки органу військового управління. Для цього вони вивчають основні кіберзагрози у сфері національної безпеки і оборони, відомчі нормативні акти з кібербезпеки і кібероборони, зміст, завдання та складові частин кібероборони, сили та засоби кібероборони, форми і способи бойового застосування підрозділів кібервійськ та вимоги до їх спроможностей, досвід їх підготовки і застосування. Крім цього, вивчають досвід провідних країн світу, методи роботи посадових осіб та методики планування застосування підрозділів кібернетичного захисту у мирний час і в особливий період, усвідомлюють розподіл повноважень з питань кібербезпеки і кібероборони між суб'єктами забезпечення кібербезпеки, засвоюють особливості підготовки і проведення навчань з кібероборони, аудиту та оцінки кібербезпеки на рівні військової частини та органу військового управління.

Особливу увагу слід приділяти практичній складовій підготовки на розробленому, наближеному до реального, тактичному або оперативному фоні із використанням кіберполігонів та засобів дистанційного проведення кібернавчань. Подальше нарощування циклу розглянутих питань надасть можливість сформувати зміст навчання для підготовки фахівця з кібербезпеки тактичного рівня з необхідними компетенціями.

Аналіз стандартів підготовки фахівців тактичного рівня Сектору національної безпеки і оборони України СНБОУ всіх галузей знань (крім високотехнологічних спеціальностей та спеціалізацій) виявив наявність компетенцій щодо застосування ІКТ за профілем діяльності та відсутність системних компетенцій випускника з питань кібербезпеки і кібероборони. Доцільно доповнити нормативну частину навчання базовим курсом (дисципліною, блоком у дисципліні) основ кібербезпеки з урахуванням подальшого посадового призначення випускника. Змістом навчання будуть такі питання: загальна і військова кібернетика, кіберпростір та його особливості, загрози і ризики у кібернетичній сфері, основи інформаційної, кібербезпеки і кібероборони, технологічні, соціо-технічні, інформаційні та інші аспекти кібербезпеки і кібероборони, основні заходи кіберзахисту під час виконання обов'язків за посадою.

Фахівці з кібербезпеки та кібероборони, які отримали освіту цих рівнів, повинні отримати знання та бути здатними практично здійснювати: формування та реалізацію державної політики з питань інформаційної, кібербезпеки та кібероборони; формування та реалізацію політики Міністерства оборони (МО) України та Збройних Сил (ЗС) України щодо дій у кіберпросторі; виконання заходів зі створення та розвитку інформаційних систем та ресурсів у ЗС України; координацію дій суб'єктів інформаційної, кібербезпеки та кібероборони МО та ЗС України; розробку стандартів підготовки фахівців з інформаційної, кібербезпеки та кібероборони; організацію взаємодії та проведення заходів (в т.ч. щодо підготовки держави до кібероборони) зі структурними підрозділами інших центральних органів виконавчої влади та міжнародними партнерами; організовувати та підтримувати взаємодію з системою відомчих команд реагування на комп'ютерні інциденти (CERT/CSIRT); планування та узгоджене управління діяльністю суб'єктів у кіберпросторі за єдиним замислом і планом, контроль та координацію їх дій; моніторинг та аналіз кіберінцидентів, деструктивних інформаційних та когнітивних дій у кіберпросторі; ефективності дій системи кібербезпеки і кібероборони, виявлення уразливостей в інформаційних та кібернетичних системах своїх і противника; планування, організацію та координацію розвідувальних (Cyber Warfare Intelligence), оборонних (Defensive Cyber Warfare) і наступальних (Offensive Cyber Warfare) операцій в кіберпросторі (Cyberspace Operation) та кібероперацій (Cyber Operation); організацію та координацію кібернетичних, електронних, мережевих, інформаційних, когнітивних і психологічних дій у кіберпросторі (включаючи соціальні мережі).

Особливістю підготовки фахівців оперативного рівня на цей час, у тому числі фахівців з кібербезпеки, які закінчили військові ЗВО за галуззю знань 12 "Інформаційні технології" та спеціальністю 125 Кібербезпека", є їх підготовка у межах галузі знань 25 "Воєнні науки, національна безпека, безпека державного кордону". Спеціальність "Кібербезпека" у цій галузі знань відсутня. Найбільш споріднена підготовка проводиться за спеціалізацією "Управління інформаційною безпекою у військовій сфері" у межах спеціальності 254 – "Забезпечення військ (сил)", де проводиться підготовка всіх спеціалізацій за напрямком ІТ. Такий підхід не є раціональним для формування фахівця ІТ оперативного рівня. Вважається за доцільне інтегрувати підготовку у межах окремої спеціальності з подальшим поділом на спеціалізації.

Аналіз професійних стандартів та освітньо-професійних програм усіх спеціальностей та спеціалізацій офіцера оперативно рівня показав наявність компетенції з володіння інформаційними технологіями під час вирішення професійних завдань. При цьому, у компетенціях, відсутнє згадування питань кібербезпеки і кібероборони. В сучасних умовах таке нехтування питаннями кібербезпеки і кібероборони не є прийнятним та потребує виправлення. Це викликає необхідність введення базового курсу основ кібербезпеки і кібероборони у військовій сфері для всіх спеціальностей та поглиблений курс для фахівців ІТ і кібербезпеки.

Для фахівців ІТ та кібербезпеки доцільно запропонувати поглиблений курс кібербезпеки у сфері безпеки і оборони за спеціалізаціями з урахуванням подальшого посадового призначення. Змістом навчання буде: вивчення міжнародних та відомчих стандартів у сфері кібербезпеки і кібероборони; зміст, завдання, форми організації кібероборони

держави; критична кібер- та інформаційна інфраструктура держави; структура і принципи управління глобальною мережею Інтернет, телекомунікаційними мережами, соціальними мережами; склад сил і засобів кібербезпеки та кібероборони держави, їх завдання, можливості; основи підготовки і ведення кібероборони держави та кібернетичної операції Збройних Сил України; форми та способи застосування військових частин і підрозділів кібербезпеки під час здійснення кібероборони держави, кібернетичної та інших операцій Збройних Сил України і угруповань військ; методи роботи посадових осіб з кібербезпеки органів військового управління, командирів військових частин та установ кібербезпеки під час виконання завдань у мирний час, в особливий період і за воєнного стану.

Висновки

Деструктивні кібервпливи стають все більш складними, системними і комплексними та супроводжуються ланцюговими та синергетичними ефектами. Практика доводить, що ключовим елементом для забезпечення ефективної кібербезпеки та кібероборони держави в таких умовах є наявність ефективних, адекватних, виконуваних концепцій, стратегій, планів і програм, а також організаційних заходів, сучасного якісного обладнання і особливо підготовлених фахівців у необхідній кількості. Їх наявність потребує подальшого розвитку методології їх підготовки. Слід зазначити, що кібербезпека вже кваліфікується як самостійний напрям фундаментальних наук, який поєднує в собі, як природньонаукові, так і гуманітарні аспекти, а використання її методів дозволяє отримувати принципово нові фундаментальні знання.

Запропоновані методологічні та змістовні основи освіти з питань кібербезпеки та система для підготовки фахівців СНБОУ які є подальшим розвитком теоретичних основ і практики кіберосвіти надають можливість поетапно та безперервно формувати і підтримувати компетентності випускників з питань кібербезпеки і кібероборони для виконання завдань за призначенням в сучасних і прогнозованих, перспективних умовах.

Список літератури

1. Присяжнюк М. М., Цифра Є. І. Особливості забезпечення кібербезпеки. *Реєстрація, зберігання та обробка даних*, 2017. Т. 19, № 2. С. 61–68.
2. Даник Ю. Г., Грищук Р. В. Основи кібернетичної безпеки: монографія. Житомир: ЖНАЕУ, 2016. 636 с.
3. Діордиця І. Кваліфікаційні вимоги до фахівців із кібербезпеки. *Підприємництво, господарство і право*. 2017. № 2. С. 215–219.
4. Бистрова Б. В. Особливості формування системи професійної підготовки бакалаврів з кібербезпеки у ВНЗ США. *Вісник Черкаського університету*. 2017. № 6. С. 15–18.
5. Даник Ю. Г., Телелим В. М., Радецький В. Г. Питання трансформації оборонних структур держави та удосконалення системи військової освіти. *Наука і оборона*. 2009. №1. С. 15–16.
6. Воробиенко П. П. Концепция обобщенной эталонной модели взаимодействия открытых систем. *Электросвязь*. 2001. № 10. С. 14-15.
7. Воробиенко П. П., Струкало М. И. Обобщенная математическая модель взаимодействия телекоммуникационных систем. *Электросвязь*. 2003. № 11. С.44-46.
8. Кучук Г.А. Метод оценки характеристик АТМ-трафика. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2003. .№ 6. .С. 44-48.
9. Amin Salih M., Yuvaraj D., Sivaram M., Porkodi V. Detection And Removal Of Black Hole Attack In Mobile Ad Hoc Networks Using Grp Protocol. *International Journal of Advanced Research in Computer Science*. Vol. 9, No 6. P. 1–6, DOI: http://dx.doi.org/10.26483/ijarcs.v9i6.6335
10. Amin Salih M., Potrus M.Y. A Method for Compensation of TCP Throughput Degrading During Movement Of Mobile Node. *ZANCO Journal of Pure and Applied Sciences*. Vol. 27, No 6. P. 59-68.
11. Saravanan S., Hailu M., Gouse G.M., Lavanya M., Vijaysai R. Optimized Secure Scan Flip Flop to Thwart Side Channel Attack in Crypto-Chip. International Conference on Advances of Science and Technology, ICAST 2018. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering. Vol. 274. Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-15357-1_34
12. Коваленко А.А., Кучук Г.А. Сучасний стан та тенденції розвитку комп'ютерних систем об'єктів критичного застосування. *Системи управління, навігації та зв'язку*. Полтава: ПНТУ, 2018. Вип. 1(47). С. 110–113.
13. Кучук Г.А., Можаєв О.О., Воробйов О.В. Метод агрегування фрактального трафіка. *Радіоелектронні та комп'ютерні системи*. 2006. № 6 (18). С. 181–188.
14. Porkodi V., Sivaram M., Mohammed A.S., Manikandan V. Survey on White-Box Attacks and Solutions. Asian Journal of Computer Science and Technology. Vol. 7, Is. 3. pp. 28–32.
15. Горбенко Ю. І., Ганзя Р. С. Аналіз стійкості постквантових криптосистем. *Прикладная электроника*. 2014. Т. 13, № 3. С. 268–274.

References

1. Prysyazhnyuk, M. M. and Tsifra, E. I. (2017), “Features of providing cyber security”, *Registration, storage and processing of data*, Vol. 19, No. 2, pp. 61–68.
2. Danik, Yu. G. and Grischuk, R. V. (2016), *Fundamentals of Cybernetic Security*, ZNAMEU, Zhytomyr, 636 p.
3. Dioritsa, I. (2017), “Qualification Requirements for Cybersecurity Specialists”, *Entrepreneurship, Economy and Law*, No. 2, pp. 215-219.
4. Bystrov, B. V. (2017), “Features of the formation of the system of professional training of bachelors of cyber security in US universities”, *Herald of Cherkasy University*, No. 6, pp. 15–18.

5. Danik, Yu. G., Teleim, V. M. and Radetsky, V.G. (2009), “The Problems of Transformation of State Defense Structures and Improvement of the System of Military Education”, *Science and defense*, No. 1, pp. 15–16.
6. Vorobiyenko, P. P. (2001), “Concept of the generalized reference model of the interaction of open systems”, *Electrosvyaz*, No. 10, pp. 14–15.
7. Vorobiyenko, P. P. and Strukalo, M. I. (2003), “A Generalized Mathematical Model for the Interaction of Telecommunication Systems”, *Electrosvyaz*, No. 11. pp. 44–46.
8. Kuchuk, G.A. (2003), "Method of estimation of characteristics of ATM traffic", *Information and control systems in the railway transport*, No. 6, pp. 44-48.
9. Amin Salih, M., Yuvaraj, D., Sivaram, M. and Porkodi, V. (2018), “Detection And Removal Of Black Hole Attack In Mobile Ad Hoc Networks Using Grp Protocol”, *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, Vol. 9, No 6, pp. 1–6, DOI: http://dx.doi.org/10.26483/ijarcs.v9i6.6335
10. Amin Salih M. and Potrus M.Y. (2015), “A Method for Compensation of Tcp Throughput Degrading During Movement Of Mobile Node”, *ZANCO Journal of Pure and Applied Sciences*, Vol. 27, No 6, pp. 59-68.
11. Saravanan, S., Hailu, M., Gouse, G.M., Lavanya, M. and Vijaysai, R. (2019), “Optimized Secure Scan Flip Flop to Thwart Side Channel Attack in Crypto-Chip”, *International Conference on Advances of Science and Technology*, ICAST 2018. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering, Vol 274, Springer, Cham, DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-15357-1_34
12. Kovalenko, A.A. and Kuchuk, G.A. (2018), “The current state and trends of the development of computer systems of objects of critical application”, *Systems of control, navigation and communication*, PNTU, Poltava, No. 1 (47), pp. 110–113.
13. Kuchuk, G.A., Mozhaev, O.O. and Vorobyov, O.V. (2006), “The method of aggregation of fractal traffic”, *Radioelectronic and computer systems*, No. 6 (18), pp. 181–188.
14. Porkodi, V., Sivaram, M., Mohammed, A.S. and Manikandan, V. (2018), “Survey on White-Box Attacks and Solutions”, *Asian Journal of Computer Science and Technology*, Vol. 7, Issue 3, 2018, pp. 28–32.
15. Gorbenko, Yu. I. and Hansa, R. S. (2014), “Analysis of stability of post-quantum cryptosystems”, *Applied electronics*, Vol. 13, No. 3, pp. 268–274.

Received (Надійшла) 29.01.2019
Accepted for publication (Прийнята до друку) 20.03.2019

Методологические и содержательные особенности подготовки специалистов для действий в условиях комплексных кибервоздействий

Ю. Г. Данык, П. П. Воробиенко

Предметом исследования является методологические и содержательные основы по кибербезопасности и защиты информации в телекоммуникационных системах. **Целью** статьи является формирование содержания и методологии подготовки специалистов по кибербезопасности к действиям в условиях комплексных кибервлияний. **Результаты**. Деструктивные кибервлияния становятся все более сложными, системными и комплексными и сопровождаются цепными и синергетическими эффектами. Практика показывает, что ключевым элементом для обеспечения эффективной кибербезопасности и кибероборони государства в таких условиях является наличие эффективных, адекватных, выполняемых концепций, стратегий, планов и программ, а также организационных мероприятий, современного качественного оборудования и особенно подготовленных специалистов в необходимом количестве. Их наличие требует дальнейшего развития методологии их подготовки. В статье рассмотрены кибератаки на различные объекты критической инфраструктуры государства, а также особенности подготовки специалистов сектора безопасности и обороны тактического уровня за высокотехнологичными направлениями, непосредственно связанными с применением ИКТ и систем управления. **Вывод** сводится к тому, что предложенные методологические и содержательные основы образования по вопросам кибербезопасности, которые являются дальнейшим развитием теоретических основ и практики киберобразования, предоставляют возможность поэтапно и непрерывно формировать и поддерживать компетентности выпускников по вопросам кибербезопасности и кибероборони для выполнения задач по назначению в современных и прогнозируемых условиях.

Ключевые слова: национальная безопасность и оборона; киберопасность; комплексные кибервлияния; кибербезопасность; кибероборона; киберобразование.

Methodological and substantive features of training specialists for actions in conditions complex cyber influences

Yu. Danyk, P. Vorobiyenko

The subject of the study is the methodological and substantive basis of telecommunication systems cybersecurity and information security. **The purpose** of the article is to formulate the content and methodology of training specialists in cybersecurity to operate under conditions of complex cyber factors. **Results**. Destructive cyber-impacts become more complex, systemic and complex, and are accompanied by chain and synergistic effects. Practice proves that the key to effective cyber security and the state's cyber defense is the availability of effective, adequate, implemented concepts, strategies, plans and programs, as well as organizational measures, modern high-quality equipment and especially trained specialists in the required quantity. Their presence needs further development of the methodology of their preparation. The article deals with cyber attacks on various objects of critical state infrastructure, as well as personnel specific training in the security sector and tactical level defense in high-tech areas directly related to the use of ICTs and management systems. **The conclusion** is that the proposed methodological and substantive foundations of cybersecurity education, which are the further development of the theoretical foundations and practices of cyber education, provide the opportunity to gradual and continuous development and maintain the competence of cybersecurity and cyber defense graduates to perform assignments under current and expected conditions.

Keywords: national security and defense; cyber threats; integrated cyber attacks; cyber security; cyber defense; cyber education.

UDC 621.391 **doi: 10.20998/2522-9052.2019.1.21**

Qasim Abbood Mahdi

AL Taff University College Iraq, Karbala, Iraq

THE METHOD OF INCREASING THE IMMUNITY OF COMMUNICATION SYSTEMS

Nowadays, due to a severe shortage of radio resources of communication systems, which is caused by an increase in the number of subscribers of cellular communication systems, an increase in demand for information resources, which in turn leads to the search for new technological approaches to its solution. The analysis of well-known scientific works carried out in the article showed that the technology of orthogonal frequency multiplexing almost completely exhausted the possibility of its improvement. One of the ways to improve the efficiency of radio resource use of communication systems is using spectrally effective signals. This article has developed a methodology for improving the noise immunity of communication systems. The essence of this method is to switch the modes of communication in the session mode, depending on the signal-interference situation in the channel, with the subsequent adjustment of the parameters of the communication channel by selecting the optimal signal-code structures. In the course of the research, the main provisions of the theory of communication, the theory of signal-code structures, the theory of noise immunity, as well as general scientific methods such as analysis and synthesis were used. A distinctive feature of this method from the known, which determines its novelty are: the possibility of changing the mode of operation in the session mode; the modes of operation of this technique are signals with orthogonal frequency multiplexing and spectral-effective signals. The proposed technique provides 15–18% more noise immunity compared with the known methods of generating spectral-effective signals, but 10–12% less noise immunity compared to the orthogonal signals.

Keywords: communication system; radio resource; noise immunity; spectral-effective signals; orthogonal frequency multiplexing.

Introduction

Nowadays, the issue of increasing the efficiency of radio resource use of radio communication systems in the context of the acute shortage of the frequency resources is very important.

One of the ways to increase the efficiency of using the frequency range of communication equipment is the use of signals with orthogonal frequency multiplexing (OFDM). The signals from OFDM are very widely used in such systems as Wi-Fi, WiMAX, LTE, DVB-T2, DAB, DRM and in the downlink 4G LTE [1-3].

But nowadays, OFDM technology has actually exhausted its possibilities in terms of the possibility of improving technological efficiency [4].

Based on the above, multi-frequency signals with non-orthogonal compaction (Spectrally Efficient FDM signals) are considered as the most promising alternative to OFDM technology in these networks [5, 6].

Such signals are formed from OFDM signals by reducing the guard interval between subcarriers, thereby significantly increasing the spectral efficiency of signals [1, 2]. Despite its significant advantages in terms of ensuring high spectral efficiency, the SEFDM technology has several disadvantages, namely [4]: high peak-factor and, as a result, significant under-utilization of output amplifiers for power; low noise immunity; nonlinear distortions in the radio path; synchronization errors.

Based on the above, ***goal of the article*** is a development of a methodology for improving the noise immunity of communication systems with SEFDM technology.

Presentation of the main research material

Let`s consider the formation of SEFDM signals. From the analysis of sources [5, 6], it becomes clear that the main characteristic of SEFDM signals is the compression ratio: $a = \Delta fT = \Delta f / \Delta f_{opt}$, where Δf_{opt} is the separation of frequency subcarriers in the frequency domain for orthogonal signals.

For OFDM signals, the $\alpha = 1$ multiplication factor. SEFDM signals occupy a much smaller frequency band than OFDM signals, i.e. for $\Delta f < \Delta f_{opt}$ $\alpha < 1.$ is a compaction factor

For a $s_{N(i)}$ finite discrete signal, the corresponding expression from an *N*-sample FDM symbol is executed:

$$S_N(i) = \frac{1}{N}\sum_{k=0}^{N-1} C_N(k) e^{j2\pi\frac{k_i}{N}}, i = 1,...,(N-1), \quad (1)$$

where $C_N(k)$ are the manipulation symbols (in this case, *N* indicates the length of the character). The signal is formed by the *N*-point inverse discrete Fourier transform (IDFT) from the $C_N(k)$ manipulation symbols (Fig. 1).

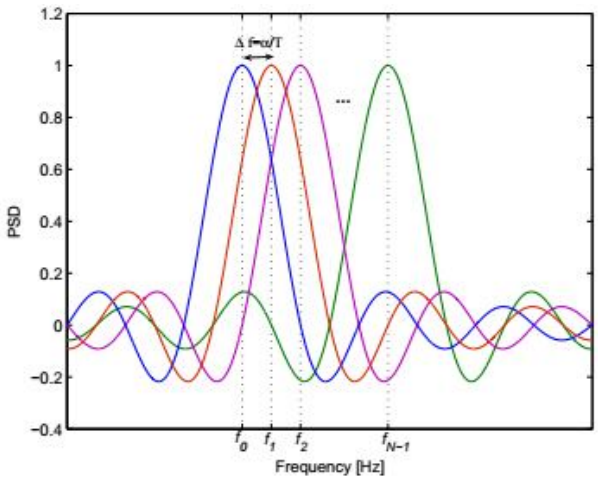


Fig. 1. SEFDM signal spectrum [5, 6]

© Qasim Abbood Mahdi, 2019

As it is indicated at the beginning of the article, the P peak factor of the SEFDM signal is the ratio of the highest (peak) power to the average P_{aver} of the $s(t)$ signal for the time duration of one T symbol:

$$G = \max_{t\in[0;T]} \left\{ |s(t)|^2 \right\} \Big/ P_{aver},$$
$$P_{aver} = \frac{1}{T}\int_0^T |s(t)|^2 dt. \quad (2)$$

The analysis of the influence of peak factors on communication systems with SEFDM technology was carried out in [7], but the influence of peak factors is taken into account without taking into account the influence of other destabilizing factors, such as intentional interference and signal fading.

All this leads to the development of methods for improving the noise immunity of communication systems with spectral-effective signals.

The method of improving the noise immunity of communication systems, the algorithm for the implementation of which is shown in Fig. 2, consists of the following steps.

1. An input of an initial data (action 1 in the Fig. 2). At this stage, the input data is entered, namely the parameters of the transmitting device and the $\Psi = \{\text{щ}_i\}$ communication channel, as well as the values of the permissible value of the probability of erroneous reception of $P_{error\ prob}$ signals, the minimum required $v_{i\ don}$ information transfer rate, as well as the maximum peak pickup factor of the transmitting device.

2. Assessment of the communication channel state (step 2 in the Fig. 2).

At this stage, the state of the communication channel is assessed using the method of integrated assessment of the state of the communication channel based on the neural network. The essence of this method consists of estimating the state of the channel by several indicators, namely the probability of bit error, frequency and impulse characteristics of the communication channel [8].

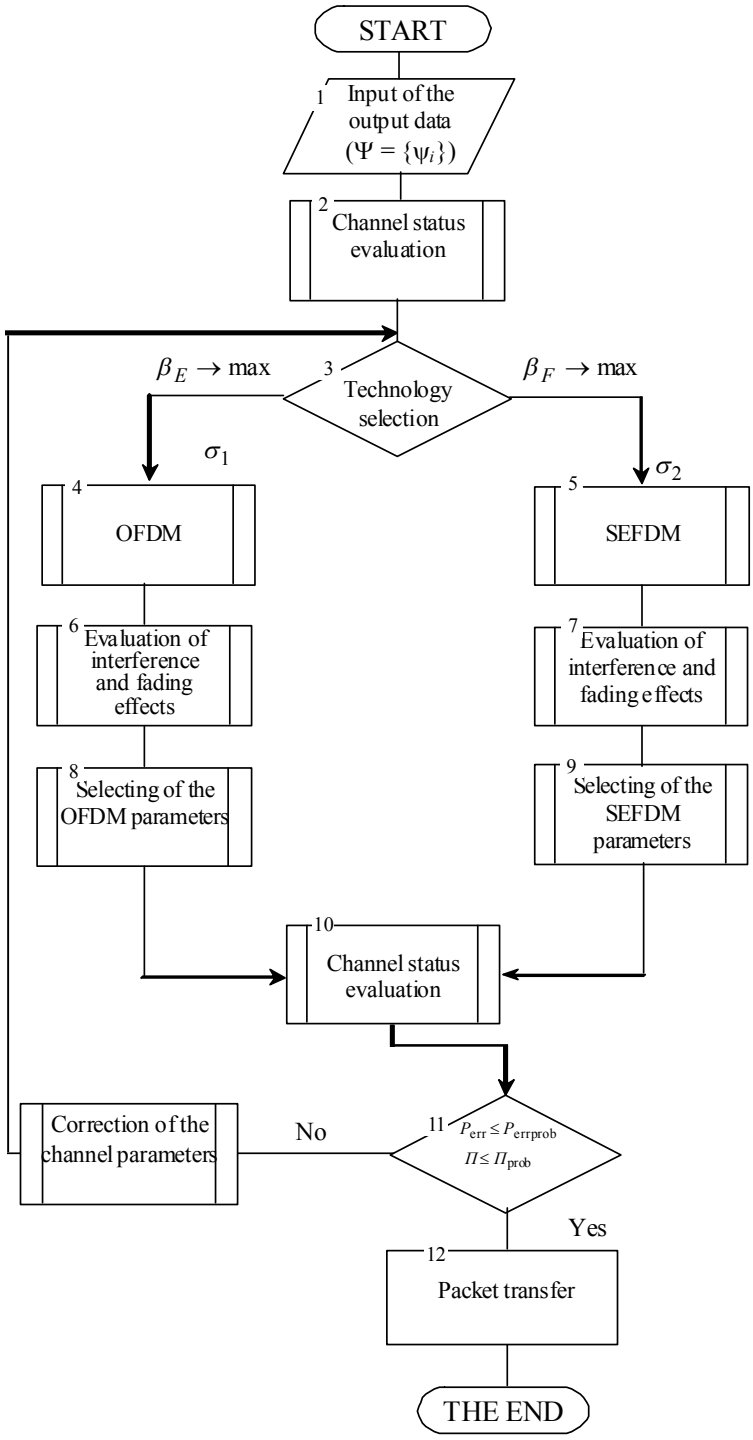


Fig. 2. Algorithm for the implementation of methods for improving the noise immunity of communication systems

3. Selection of the operation mode (steps 3-5 in the Fig. 2).

I would like to draw attention to the fact that communication systems are characterized by two classical indicators of their evaluation, namely, β_E energy and β_F spectral efficiencies.

As it was mentioned earlier, the advantage of SEFDM signals over OFDM signals lies precisely in the β_F increase, which in turn leads to a decrease in the energy of the β_E communication channel (energy efficiency). The relationship of energy and spectral efficiencies induced in the formula [9]

$$в_E = \frac{в_F}{2^{в_F} - 1}. \quad (3)$$

From the source [9] it follows that this ratio is equally 1.443. Therefore, in this method it is proposed to change the operation modes of communication equipment from two options: OFDM signals and SEFDM

signals, with subsequent correction of their parameters depending on the state of the communication channel.

The criterion for changing the mode of robots is the probability of a bit error in the $P_{\delta\,\partial on}$ communication channel.

In [1, 3, 4, 10], the research was conducted on the immunity of communication systems with OFDM signals. As a result of the analysis performed, it can be concluded that communication systems with orthogonal frequency multiplexing provide stable communication in the presence of errors in the communication channel at the $P_{error\ prob} = 1 \times 10^{-5}$ level.

As the experience of the practical operation of communication systems shows, the best quality level of the channel was achieved at the $P_{error\ prob} = 1 \times 10^{-10}$ level. Based on the above, the system of inequalities, which will describe the change of operating σ modes of the communication system

$$\sigma = \begin{cases} \sigma_1 \ at\ 10^{-5} \le P_{error\ OFDM} \le 10^{-7}. \\ \sigma_2 \ at\ 10^{-8} \le P_{error\ SEFDM} \le 10^{-10}. \end{cases} \quad (4)$$

4. Evaluation of the influence of interference for each of the operation modes (action 6.7 and 10 in the Fig. 2).

After a general assessment of the quality of the communication channel, to develop measures for improving energy efficiency, it is necessary to conduct an additional assessment of the quality of the communication channel. One of the key requirements for such an assessment is acceptable computational complexity [11].

It is proposed to use the methodology developed [11] without reference to the quality of the communication channel.

5. Selection of the optimal channel parameters for each of the modes (steps 8, 9 in the Fig. 2).

The regime change is not a panacea for increasing the efficiency of systems. Therefore, for each of the modes of the communication facility operation, the selection of the optimal set of parameters should be carried out for maximum use of the available radio resource. The optimization problem for solving this problem is given in the following expression

$$\begin{cases} \beta_E = F_1(v_i, \Delta F, M, n, R, d, P_c, N_A, Q_i^2, \sigma) \to \max; \\ v_i = F_2(M, R, N_A, \Delta F, d, Q_i^2, \sigma) \ge v_{i\,prob}, \end{cases} \quad (5)$$

where M is the dimension of the signal ensemble, R is the correction code rate ($R = k/n$), k is the number of information bits in a code combination of length n, N_A is the number of active subcarriers channel, d is the code distance value, ΔF is the channel frequency band, P_s is the signal power, v_i is the channel transfer rate, Q_i^2 is the signal-to-noise ratio on each of the subcarriers.

Let`s separately dwell on the consideration of the choice of the number of subcarriers in the frequency range available for the operation. The selection of the number of subcarriers is directly related to the compression ratio of spectral-effective signals and is selected depending on the following parameters:

Doppler spectrum dispersion;

the minimum delay time of the rays (multiply reflected copies of the signal);

maximum possible symbol duration (channel coherence time).

Through the Doppler scattering, as well as errors in estimating the frequency of the transmitter at the receiving side, the signal frequency is shifted.

In a number of researches were carried out that the equivalent loss in the required signal-to-noise ratio for a given Doppler scattering, as well as on the error in estimating the carrier at the reception [4]. For short-wave (SW) and ultrashort-wave (USW) communication channels with an equivalent loss in terms of signal/interference not more than 0.5 dB, Doppler spreading should not exceed 2-3% of the distance between the subcarrier. A frequency offset of 7-8% of the distance between the subcarrier results in an equivalent decrease in the signal-to-interference ratio of the order of 1 dB. After determining the minimum distance between the subcarrier, the duration of the $T_c = 1/\Delta F$ symbol can be calculated.

The minimum delay time between the beams determines the degree of irregularity of the amplitude-frequency characteristic (AFC) of the channel. So, a greater delay between the beams corresponds to a longer period of non-uniformity of the AFC frequency response. With a maximum delay between the rays of 4 ms, the period of non-uniformity of the AFC frequency response is 250 Hz. Thus, the distance between the subcarriers should be selected on the assumption that the AFC frequency response on each of them will be a channel with additive white Gaussian noise (AWGN). Accordingly, the distance between the subcarriers should be significantly less than the period of uneven frequency response of the AFC channel. That is, from this point of view, the distance between the subcarrier should be minimized.

For an SW channel, a distance of 50 Hz is the maximum allowed, since large values of the distance between the carriers cause a significant distortion of the channel parameters, resulting in increased distortion of the symbol [1-4]. Another limitation on the duration of a symbol is the assumption that the channel parameters must be constant for the duration of the symbol.

This makes it possible to use a simple method for estimating and compensating the AFC frequency response of a channel in the frequency domain on each symbol. Restrictions on the duration of a character in the SW range can be taken in the order of hundreds of milliseconds. The determination of the number of the N subcarriers should be based on the information (technical) speed of the group signal, taking into account the necessary reservation of the part of the channel capacity for various overhead information.

Also, one of the important parameters of the channel is signal-code constructions. In the overwhelming majority of cases, it is possible to distinguish several possible states of the communication channel [2, 4]. These types of scenarios can correspond to

different types of signal-code constructions, which are advisable to choose based on the efficiency parameters of radio communications at various levels of signal fading with SEFDM in the communication channel.

The rational parameters of the signal-code constructions for different levels of signal fading and intentional interference in the subchannel are selected at the design stage. Optimization of the considered variant in terms of speed at a limited average signal power at the channel input is reduced to taking into account the strategy of electronic suppression system, optimal sub-channel splitting into groups with the same speed, optimal choice of positionality of signals with the *M* positional quadrature amplitude modulation (QAM-*M*) and *M* positional phase modulation (PM-*M*) and the minimum size *d* in them. In the channels with a low signal-to-interference ratio, the use of turbo codes is the most effective [1-11].

6. Verification of requirements for the noise immunity of the communication channel (step 11 in the Fig. 2).

In this action, the state of the communication channel is checked to those requirements that are put forward to the information that is currently being transmitted through the channel. In the case of meeting the requirements of the channel, the information that is transmitted through it, then the packet is transmitted. If a discrepancy is detected, the packet is also transmitted and a management team is formed to carry out the adjustment of the channel parameters and/or change the mode of operation of the communication device, which will significantly reduce the decision time for subsequent correction of the operation mode (parameters) of the communication device.

We will assess the effectiveness of the proposed method. Evaluation of the effectiveness of the proposed methods in comparison with the known was carried out with the following parameters of communication:

Transmitter power - 1W;

10 MHz bandwidth;

The number of subcarriers - 52;

Radiation frequency - 5 GHz;

Signal type - 4 position phase shift keying;

Type of correction codes - turbo codes.

Fig. 3 shows the dependence of the signal-to-noise ratio on the bit error probability for the known methods that use spectrally effective signals and the proposed method.

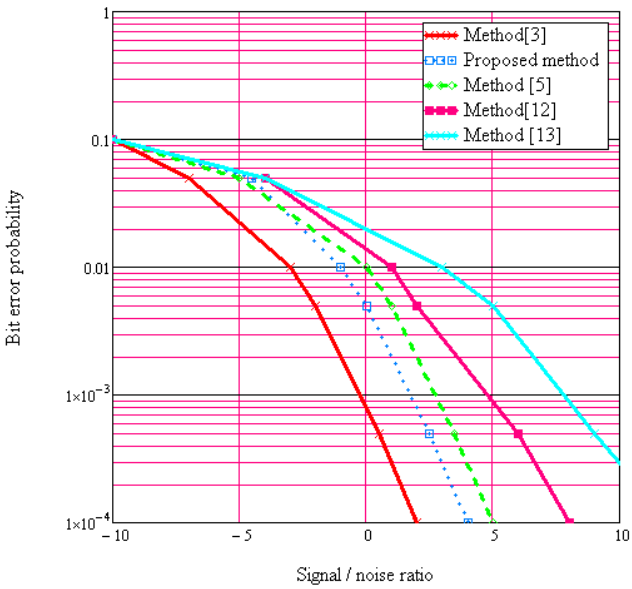


Fig. 3. Comparison of known methods with the proposed

From the graph in Fig. 2, we can conclude that the proposed method provides 15–18% more noise immunity compared to the known methods of generating spectral-effective signals, but 10–12% less noise immunity compared to orthogonal signals.

Conclusions

This article has developed a technique for improving the noise immunity of communication systems.

The essence of this method consists in switching the modes of communication equipment in a session mode depending on the signal-interfering situation with the subsequent adjustment of the quality of the communication channel due to the optimal choice of signal-code structures.

A distinctive feature of this method from the known, which determines its novelty are:

- the possibility of changing the mode of operation in the communication mode;

- the modes of the method operation are signals with orthogonal frequency multiplexing and spectral-effective signals.

The direction of further research should be considered the development of methods for predicting the state of the communication channel using neural networks.

References

1. Shyshatskyi, A.V., Lyutov, V. V., Boroznyuk, M.V. and Rubtsov, I.Yu (2016), “Mathematical model of signal distortion in radio communication systems with orthogonal frequency multiplexing under the influence of deliberate disturbances”, *Information processing systems*, No. 3, pp. 181–186.
2. Slyusar V.I. (2010), “A processing of OFDM signals from UAV on digital antenna array of base station in conditions of jammers”, *Information Systems Technology Panel Symposium* (IST-091/RSY-021) “Information Assurance and Cyber Defence”, Antalya, Turkey, 26–27 April 2010.
3. Shyshatskyi, A.V (2015), “Method of formation of signal-code structures of an OFDM signal under the conditions of deliberate interference and selective fading”, *Information processing systems*, No.7 (132), pp. 71–77.
4. Shyshatskyi, A.V., Zhuk, O.G. and Lyutov, V.V. (2015), “Conducting analysis of directions for increasing the efficiency of radio communication systems with orthogonal frequency multiplexing”, *Armament and military equipment*, No. 4(9), pp. 35–40.
5. Slyusar, V.I. and Smolyar, V.G. (2004), “Method of non-orthogonal discrete frequency modulation of signals for narrow-band communication channels”, *Proceedings of higher educational institutions. Radio electronics*, Vol. 47, No. 4, pp. 53–59, available at: radio.kpi.ua/article/view/S0021347004040089.

6. Slyusar, V.I., Vasiliev, K.A., (2008), "Potential boundaries of the frequency multiplexing of N-OFDM signals based on Hartley basis functions", *Proceedings of higher educational institutions. Radio electronics*, Vol. 51, No. 3, pp. 21–27, available at: radio.kpi.ua/article/view/S0021347008030035.
7. Rainnie, D., Feng, Y., Bajcsy, J. (2015), "On capacity merits of spectrally efficient FDM", *Military Communications Conference MILCOM 2015*, pp. 581–586.
8. Kalantaievska, S., Pievtsov, H., Kuvshynov, O., Shyshatskyi, A., Yarosh, S., Gatsenko, S., Zubrytskyi, H., Zhyvotovskyi, R., Petruk, S. and Zuiko, V. (2018), "Method of integral estimation of channel state in the multiantenna radio communication systems", *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol 5, No 9 (95), pp 60–76, DOI: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.144085.
9. Banket, V.L. (2009). *Signal code designs in telecommunication systems*, Fenix, Odessa,180 p.
10. Kuvshynov, O.V., Gursky, T.G. and Radzivilov, G.D (2009), "Ensuring the noise immunity of the radio link with the use of OFDM technology under the influence of organized noise", *Communication*, No. 1, pp. 66–69.
11. Shyshatskyi, A.V., Zhuk, O.G., Lyutov, V.V. and Zhyvotovskyi, R.M. (2016), "An improved method for evaluating the signal parameters with digital modulation types", *Science and Technology of the Air Forces of the Armed Forces of Ukraine*, No 4 (25), pp. 117–121.
12. Zavjalov, S.V., Makarov, S.B., Volvenko, S.V. and Balashova, A.A. (2015), "Efficiency of coherent detection algorithms nonorthogonal multifrequency signals based on modified decision diagram", *15-th International Conference on Next-Generation Wired/Wireless Advanced Networks and Systems* (NEW2AN 2015) and 8th Conference on Internet of Things and Smart Spaces (ruSMART 2015), pp 599-604.
13. Ahmed, S., Darwazeh, I. (2011), "Inverse discrete Fourier transform-discrete Fourier transform techniques for generating and receiving spectrally efficient frequency division multiplexing signals". *American Journal of Engineering and Applied Sciences*, Vol. 4, pp. 598–606.

Надійшла (received) 30.01.2019
Прийнята до друку (accepted for publication) 13.03.2019

Методика підвищення завадозахищеності систем зв'язку

Касім Аббуд Махді

На даний час у зв'язку спостерігається жорсткий дефіцит радіоресурсу систем зв'язку, який викликаний збільшенням кількості абонентів систем стільникового зв'язку, зростанням попиту на інформаційні ресурси, що в свою чергу призводить до пошуку нових технологічних підходів до її вирішення. Проведений в статті аналіз відомих наукових праць показав, що технологія ортогонального частотного мультиплексування фактично повністю вичерпала можливість свого поліпшення. Одним із шляхів підвищення ефективності використання радіоресурсу систем зв'язку є перехід до використання спектрально-ефективних сигналів. В даній статті проведено розробку методики підвищення завадозахищеності систем зв'язку. Сутність даної методики полягає в перемиканні режимів роботи засобів зв'язку в режимі ведення сеансу зв'язку в залежності від сигнально-завадової обстановки в каналі, з подальшим корегуванням параметрів каналу зв'язку за рахунок вибору оптимальних сигнально-кодових конструкцій. В ході проведеного дослідження були використані основні положення теорії зв'язку, теорії сигнально-кодових конструкцій, теорії завадозахищеності, а також загальнонаукові методи, такі як аналіз і синтез. Відмінними особливостями даної методики від відомих, що визначають її новизну, є такі: можливість зміни режиму роботи в режимі сеансу зв'язку; режимами роботи даної методики є сигнали з ортогональним частотним мультипексуванням і спектрально-ефективні сигнали. Запропонована методика забезпечує на 15-18% більшу завадозахищеність в порівнянні з відомими методиками формування спектрально-ефективних сигналів, але на 10-12% меншу завадозахищеність в порівнянні з ортогональними сигналами.

Ключові слова: система зв'язку; радіоресурс; завадозахищеність; спектрально-ефективні сигнали; ортогональне частотне мультиплексування.

Методика повышения помехозащищённости систем связи

Касим Аббуд Махди

В данное время в связи наблюдается жесткий дефицит радиоресурса систем связи, который вызван увеличением количества абонентов систем сотовой связи, ростом спроса на информационные ресурсы, что в свою очередь приводит к поиску новых технологических подходов к её решению. Проведённый в статье анализ известных научных трудов показал, что технология ортогонального частотного мультиплексирования фактически полностью исчерпала возможность своего улучшения. Одним из путей повышения эффективности использования радиоресурса систем связи является переход к использованию спектрально-эффективных сигналов. В данной статье проведена разработка методики повышения помехозащищённости систем связи. Сущность данной методики состоит в переключении режимов работы средств связи в режиме сеанса связи в зависимости от сигнально-помеховой обстановки в канале, с последующей корректировкой параметров канала связи за счёт выбора оптимальных сигнально-кодовых конструкций. В ходе проведённого исследования были использованы основные положения теории связи, теории сигнально-кодовых конструкций, теории помехозащищённости, а также общенаучные методы, такие как анализ и синтез. Отличительной особенностью данной методики от известных, что определяет её новизну, является возможность смены режима работы в режиме сеанса связи. Режимами работы данной методики есть сигналы с ортогональным частотным мультиплексированием и спектрально-эффективные сигналы. Предложенная методика обеспечивает на 15-18% большую помехозащищённость по сравнению с известными методиками формирования спектрально-эффективных сигналов, но на 10-12% меньшую помехозащищённость по сравнению с ортогональными сигналами.

Ключевые слова: система связи; радиоресурс; помехозащищённость; спектрально-эффективные сигналы; ортогональное частотное мультиплексирование.

UDC 004.056 **doi: 10.20998/2522-9052.2019.1.22**

O. Milov

Simon Kuznets Kharkiv National Univrsity of Economics, Kharkiv, Ukraine

ADAPTIVE DECISION SUPPORT SYSTEMS FOR CYBER SECURITY

The subject of the research is the principles and models of adaptive decision support systems in cyber security. **The purpose** is to develop basic principles and models underlying the operation of adaptive decision support systems in the field of cybersecurity. **The methods of research** are methods of system analysis, control theory, decision theory, and artificial intelligence. **The result of the study.** The basic principles and models are proposed, the consideration and use of which in decision support systems will allow the formation of adaptive properties of the described systems. It is shown that the properties of adaptability can be formulated as a learning task. Presents optimization algorithms that underlie learning processes. **Conclusion.** The combined use of mathematical modeling methods, the theory of adaptation and artificial intelligence methods (training, pattern recognition and problem solving planning) with the corresponding creation of ontologies of cybersecurity systems that ensure the filling of databases, models and knowledge will allow you to implement an effective adaptive decision support system that will be useful a tool for managers at any level at all stages of decision making and implementation. The presented approaches can be used as a basis for building and operating decision support systems, increasing the area of application of such systems due to the formation of their adaptability properties.

Keywords: adaptability; decision support systems; cybersecurity; information security; learning; search for solutions.

Introduction

Nowadays it is almost impossible to find a branch of human activity where there is no information technology (IT).

Due to the rapid growth of IT technologies, companies often face the need to increase information security. However, information security is a complex system that is very difficult to manage. As a result, in most organizations there is a risk of information system security.

Modern decision-making for most people and organizations depends on online information. In addition, the professional, individual and social life of many ordinary people is connected with networks and the information available in them. The infrastructure for these networks is usually the Internet. Such dependence on an open source of information creates new opportunities for opponents. Cyber incidents, when opponents affect or control communication and information systems to influence human behavior, have become commonplace.

As a rule, malware, such as viruses, worms, trojans and botnets, are used to attack:

• accessibility: reduce communication / computing power or prevent the availability of information and communication systems;

• confidentiality: compromise confidential information;

• confidentiality: get detailed information about individuals and organizations;

• integrity: creating uncertainty about information.

It should be noted that the task of improving the security of information systems and technologies in modern conditions is characterized by complexity and uncertainty associated with a large number of internal and external factors affecting information security. To solve the problem of information security, it is especially important to identify assets and establish the initial level of information system security. The identification process should take into account the basic characteristics of information assets: the value of information, the sensitivity of assets to threats, the presence of protective measures.

The carrier of knowledge about this subject area, which allows to form various databases (data, models, scenarios, knowledge) is the ontology of cybersecurity. It is the ontology that reflects the domain-specific knowledge in a form that a computer can use to work effectively [1, 2].

The ontology of the DSS should contain the following concepts as basic ones:

• threat - a potential cause of an unwanted incident that could harm the system or organization;

• vulnerability - physical, technical or administrative weakness that can be exploited by threats.

• management control is used to mitigate vulnerabilities by implementing organizational or physical measures.

• asset - all that matters to the organization.

An ontology should also reflect:

• problem area of complex security tasks;

• concepts that define the essence of cybersecurity and the relationship between them;

• external and internal objective factors, external and internal subjective factors;

• measures and technologies to ensure integrated security of information systems;

• heuristic knowledge of the security status of information systems, integrated security strategies;

• identification of information system assets, determination of criteria and safety indicators, development of procedures for evaluating criteria and indicators for developing an integrated information security support model, etc.

• principles of integrated information security (consistency, adaptability, transparency and confidentiality, continuity, training and experience, etc.).

© Milov O., 2019

Thus, the solution of the problem area provides comprehensive security (a set of basic concepts that define the nature of the research and the relationship between them), including:

the subject area,

the purpose of the research,

the tasks, the possible tactics, the strategies used to achieve this goal.

It should be noted that among the factors affecting safety, a special place is occupied by subjective factors that are potentially the most dangerous [3].

Cyber attacks primarily affect human behavior, creating confusion and information overload, stimulating irrational behavior.

However, the issues of modeling the impact of cyber attacks on human behavior has not been adequately reflected in the literature.

Instead, most research focuses on modeling attacks and technical solutions, as well as measures to prevent, detect, and recover from an attack.

Taxonomies are provided for attacks, attackers and human effects of cyber attacks, as well as simulating the relationship between cyber attacks and the decision-making process [4–6].

It should be recognized that effective opposition to cyber-attacks cannot be performed exclusively by people or machines working individually. Rather, they should cooperate. In particular, these tasks not only require computing power to cope with the complexity of the information that is generated during various kinds of incidents, but also require a person to understand the situation that unfolds, which allows them to prioritize tasks and monitor the operation of autonomous objects [7–14].

Under these conditions, a possible solution is the creation and use of a decision support system (DSS), which allows for:

• collection and integration of information about the facility and management environment;

• processing and storage of this information with acceptable degrees of aggregation;

• assessment of the state of the object and the control environment with the prediction of a possible change of states;

• search for management solutions initiated by assessments of the state of the object and the management environment or unfavorable forecasts of the development trends of the controlled processes;

• optimization of found and recommended solutions;

• decision making with challenge capabilities to analyze both the data underlying the search for recommended solutions, and the logic and mathematical methods used, on which the search for proposed solutions was based.

Methods and Approaches

The current approaches to automating decision-making in the management of complex objects are based on game-theoretic, semiotic principles and methods of the theory of identification and experiment design.

In the first case, a scheme is studied in which the control body Y always knows a set of mutually exclusive solutions

$$R = \{r_1, r_2, \ldots, r_m\}.$$

He needs to take one of them; the environment and the control object are in one of the mutually exclusive states

$$Z=\{z_1, z_2, \ldots, z_n\},$$

when Y at the moment of making decisions not all the information is known; there is always an evaluation functional $F=\{f_{ik}\}$, which characterizes the assessment of the degree of acceptability of the decisions made in terms of "winning" or "losing" Y in the event that he chooses a solution $r_k \in R$ for the state $z_j \in Z$. When implementing such a scheme, the quantitative side of the decision-making procedure in the conditions when the object and the environment "behave" antagonistically with respect to decision-making by the governing body implement methods of game theory [15, 16].

In the case of "passive" object and control environment, about which the control body knows the probability distribution $P=\{p_1, p_2, \ldots, p_n\}$ on $Z=\{z_1, z_2, \ldots, z_n\}$, they implement the methods of the theory of statistical solutions. The disadvantage of this approach in relation to decision-making systems is the laboriousness of the a priori study of all relationship options, taking into account the power of their sets, determined by the dynamic world of complex control objects. The resulting selection problem is difficult to implement on modern computers, especially for real-time control processes [17].

In the semiotic approach, a scheme is studied in which the control body knows: not always a certain set of parameters $\{x\}$ characterizing the current state of the object and the control environment; many ways of splitting $\{x\}$ into classes of states that require decisions; a set of models for finding solutions $\{M\}$; a set of mechanisms for finding solutions on models $\{\varphi\}$.

When such a scheme is implemented, the sets $\{k\}$ and $\{M\}$ are dynamically formed, their capabilities allow us to obtain the necessary solutions in an acceptable time, but the nature of the solutions obtained is qualitative [18].

Methods of the theory of identification and an experiment design can be applied only to the extent that statistics can be collected on the response of the control object to control actions in the mode of its operation. This makes it difficult to use them directly in the systems under consideration.

Taking into account the many functions assigned to the system, existing approaches to automating decision-making processes, as well as the presence of decision-makers, it is necessary to develop the concept of human-machine control [19].

Such systems possessing "own knowledge" and allowing automatically or by communicating with a person to find control solutions or to develop and substantiate logical facts that are not laid a priori, to engage in dialogue with decision makers will be

referred to as a class of decision-making systems with intelligent automatic search engines.

Rapid changes in the organizational environment require that the DSS not only plays an active role in the management process, but also be able to adapt to changes in the environment.

We will refer to the class of adaptive decision-making systems systems that have knowledge of management technology, allow automatically or by communicating with a person to find management decisions, to develop and substantiate decision-making logic, not laid down a priori, to automatically select the necessary mathematical model to model the management process, and also to carry out adaptation (parametric, functional, structural) to changing conditions. Such systems will be considered as software and hardware and information and analytical technologies designed specifically to assist in solving problems of search, analysis and selection of the best possible options. In this case, the decision maker (DM) must be provided not only information and computing, but first of all technological and intellectual support of the procedure for choosing the best solution.

Results of studies

Currently, there is no complete general theory of systems of this class, and therefore there is no general model of such systems that have management knowledge and can use it to organize support for the targeted behavior of the management system in order to achieve specified quality criteria.

At the same time, an analysis of the tasks to be solved in decision-making systems with intelligent automatic search mechanisms shows that:

a formal apparatus describing the processes of recognizing situations, developing and making decisions in a rapidly changing situation with elements of uncertainty, must be extremely flexible;

decision-making and decision-making processes are based not only on quantitative characteristics, but also on factors that do not always have quantitative measures (psychological, moral, etc.) [20];

Special attention should be paid to the decision-making procedure itself, i.e. It is important to know which components of the decision-making and decision-making process should be controlled by the decision maker and which can be performed by computers;

an important place is occupied by the problem of human and machine communication;

the problem of learning or adapting the developed system to the subject area of management requires the development of a special procedure that allows the release of information presented formally (algorithmically) and informally (expertly);

the problem of designing and generating software implementation of different versions of mathematical models requires the development of a special design technology within this class of systems.

Adaptive support systems should be considered as intelligent systems. The model of an adaptive decision support system should be based primarily on the ideas of structural adaptation, learning theory, methods of pattern recognition (situations), and problem solving planning [21].

Management tasks are characterized by incomplete specifications. This suggests that the learning process should be the basic process that provides adaptation in the DSS, since it is the learning theory that deals with similar tasks and provides a tool for solving them.

Learning as a mathematical problem can be assigned to the class of *optimization problems of descriptions searching*. Optimization problem L is a quintuple

$$\langle X_L, Y_L, \rho_L, F_L, J_L \rangle$$

where X_L and Y_L – a set of input and output records; $\rho_L \subseteq X_L \times Y_L$ - relation (or function $\rho : X_L \to Y_L$); F_L – a set of relations ($f_L \subseteq X_L \times Y_L$ for all $f_L \in F_L$), called descriptions; J_L - quality operator for F_L, showing for each $f_L \in F_L$ the degree of its proximity to ρ_L. The task is to find an optimal J_L description f_L^* from F_L.

Depending on the method of specifying problems, the type of algorithms allowed, the class of problems studied, the criterion for evaluating synthesis, etc., the teaching methods in the DSS can be implemented in three approaches:

1) *the theory of statistical hypotheses* considering the set M of realizations of a random object with a probability distribution $p(x)$ on M. Let W be an arbitrary subset of M and $\{H\}$ be a set of fixed-type hypotheses associated with probability $p(x \in W)$ and characterizing it. It is required, based on a sample of M obtained in accordance with $p(x)$, to choose the most appropriate hypothesis from $\{H\}$. Statistical methods for random variables reveal their specific, statistical characteristics, which are often symptomatic with respect to the basic deep-seated patterns of the phenomena studied;

2) *the theory of parametric adaptation*, assuming that the set F of descriptions among which it is searched f_L^* for can be characterized by a vector of parameters and the choice is reduced to the search f_L^* for the extremum of the quality operator specified by the functional of the form

$$J(c) = \int_x Q(x,c)\, p(x)\, dx = Mx\{Q(x,c)\}$$

Here $x = (x_1, ..., x_l)$ is the vector of a discrete or continuous random process with a distribution density $p(x)$; $c = (c_1, ..., c_m)$ - vector, the components of which characterize the selected solution (description); $Q(x,c)$ is a functional of c depending on x; Mx is the mathematical expectation. The extremum $J(c)$ is found from the equation grad $J(c)=0$, or from the difference equation

$$c[t] = c[t-1] - \Gamma[t]\, grad_c L(c[t-1]),$$

where Γ – matrix $m \times m$, elements of which, generally speaking, depend on the current value $c[t\text{-}1]$, elements of which, generally speaking, depend on the current value of $c[t\text{-}1]$. Proper selection of the matrix Γ should ensure the convergence of $c[t]$ to the optimal value of c^*.

If $p(x)$ is unknown and it cannot be pre-reconstructed, and also in the absence of an explicitly given functional $J(c)$, one passes to another difference equation, which, using the observed values of x, c and $\text{grad}_c\ Q(x,c)$, allows determining the change in the vector $c[t]$:

$$c[t] = c[t-1] - \Gamma[t]\, grad_c Q\left(x[t], c[t-1]\right).$$

In this case, the corresponding iterative algorithms are called *adaptive* or *learning*;

3) *the theory of inductive inference*, which is a discrete mathematical model of learning by examples. The sets X and Y are countable, the desired description of ρ is generally specified by (potentially infinite) sequences of triples of the form

$$\left(x_1, y_1, \alpha_1\right), \left(x_2, y_2, \alpha_2\right), \ldots$$

such as if $\alpha_i \in \{0,1\}$ and $x_i \rho y_i$ only if $\alpha_i = 1$ (i.e., triples $\left(x_i, y_i, \alpha_i\right)$ represent examples and counterexamples ρ).

For real cases of using DSS, an approximate (partial) structured description of the situation is typical. This is a fundamental property of the situation, which allows us to consider it as an image.

The main purpose of pattern recognition is to build on the basis of systematic theoretical and experimental research effective computational tools for classifying formalized descriptions of situations to the corresponding classes.

The basis of such an assignment (recognition, classification) is to obtain some aggregated assessment of the situation from its description.

Provided that a correspondence is established between equivalence classes defined on a set of decisions and a set of situations, the automation of recognition procedures becomes an element of the automation of decision-making processes.

In adaptive cyber security DSS, various recognition tasks can be implemented, the relevance of which is determined by the fact that there can be many different situations corresponding to the implemented attacks, especially considering the emergence of new types, and the number of effective countermeasures is limited and determined largely by the class of attack.

Based on this, classes of recognition tasks have the following typification:

1) training with a teacher, which consists in classifying the situation according to its formalized description to one of the specified classes;

2) learning without a teacher (taxonomy, cluster analysis), which implements automatic classification of situations according to their formalized descriptions into a system of non-overlapping classes;

3) the formation of the information space describing the recognizable situation and reducing its dimension;

4) reduction of the initial data to a form suitable for recognition (construction of a formalized description of a recognizable situation).

Conclusion

The combined use of mathematical modeling methods, the theory of adaptation and artificial intelligence methods (training, pattern recognition and problem solving planning) with the corresponding creation of ontologies of cybersecurity systems that ensure the filling of databases, models and knowledge will allow you to implement an effective adaptive decision support system that will be useful a tool for managers at any level at all stages of decision making and implementation.

REFERENCES

1. Adiel, Aviad, Krzysztof, Węcel and Witold, Abramowicz (2018), "A Concept for Ontology-Based Value of Cybersecurity Knowledge", *International Journal of Management and Economics*, No. 54 (1), pp. 50–57.
2. Md Mehedi Hassan Onik, Nasr Al-Zaben, Hung Phan Hoo and Chul-Soo Kim (2018), "A Novel Approach for Network Attack Classification Based on Sequential Questions", *Annals of Emerging Technologies in Computing*, Vol. 2, No. 2, pp. 1–14, available at: http://aetic.theiaer.org/archive/v2n2/p1.html.
3. Atymtayeva, L., Kozhakhmet, K. and Bortsova, G. (2014), "Building a Knowledge Base for Expert System in Information Security", *Chapter Soft Computing in Artificial Intelligence,* Vol. 270, pp. 57–76, DOI: http://doi.org/10.1007/978-3-319-05515-2_7
4. Bezerra, S., Cherruault, Y., Fourcade, Y. and Verron, G. (1996), "A Mathematical Model for the Human Decision-Making Process", *Elsevier Mathematical and Computer Modelling*, No. 24 (10), pp. 21–26.
5. Kotenko, I.V. (2005), "Agent Based Modelling and Simulation of Cyber Warfare between Malefactors and Security Agents in Internet", *Proceedings of 19th European Simulation Multiconference.*
6. Stytz, M.R. and Banks S.B. (2010), "Addressing Simulation Issues Posed by Cyber Warfare Technologies", *SCSM&S Magazine,* No. 3.
7. Sarvapali, D. (2016), "A Disaster Response System based on Human-Agent Collectives", *Journal of Artificial Intelligence Research*, No. 57, pp. 661–708.
8. Kulikova, O., Heil, R., Berg, J. and Pieters W. (2012), "Cyber Crisis Management: A decision-support framework for disclosing security incident information", *2012 International Conference on Cyber Security*, IEEE Society, pp.103–112.
9. Gabriela del Rocío Roldán Molina (2017), *A Decision Support System for Corporations Cyber Security Risk Management*, Dissertation Master´s Degree in Computer Engineering, Leiria, September 2017, 101 p.
10. Amin Salih, M., Yuvaraj, D., Sivaram, M. and Porkodi, V. (2018), "Detection And Removal Of Black Hole Attack In Mobile Ad Hoc Networks Using Grp Protocol", *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, Vol. 9, No 6, pp. 1–6, DOI: http://dx.doi.org/10.26483/ijarcs.v9i6.6335

11. Roldan, G., Almache, M., Rabadao, C., Yevseyeva I. and Fernandes V. (2017), "A Decision Support System for Corporations Cybersecurity Management", *12th Iberian Conference on Information Systems and Technologies*, Lisboa.
12. Amin Salih M. and Potrus M.Y. (2015), "A Method for Compensation of Tcp Throughput Degrading During Movement Of Mobile Node", *ZANCO Journal of Pure and Applied Sciences*, Vol. 27, No 6, pp. 59-68.
13. Saravanan, S., Hailu, M., Gouse, G.M., Lavanya, M. and Vijaysai, R. (2019), "Optimized Secure Scan Flip Flop to Thwart Side Channel Attack in Crypto-Chip", *International Conference on Advances of Science and Technology*, ICAST 2018. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering, vol 274, Springer, Cham, DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-15357-1_34
14. Porkodi, V., Sivaram, M., Mohammed, A.S. and Manikandan, V. (2018), "Survey on White-Box Attacks and Solutions", *Asian Journal of Computer Science and Technology*, Vol. 7, Issue 3, 2018, pp. 28–32.
15. Ravishankar, M., Rao, D.V. and Kumar, C.R.S. (2018), "A Game Theoretic Software Test-bed for Cyber Security Analysis of Critical Infrastructure", *Defence Science Journal*, Vol. 68, No. 1, pp. 54-63, DOI: https://doi.org/10.14429/dsj.68.11402
16. Ibidunmoy, E.O., Alese, B.K. and Ogundele, O.S. (2014), "A Game-theoretic Scenario for Modelling the Attacker-Defender Interaction", *J. of Comp. Eng. and Information Technology*, Vol. 2, No. 1, DOI: https://doi.org/10.4172/2324-9307.1000103
17. Konkarikoski, K. and Ritala, R. (2009), "Elements of Statistical Decision Making", *XIX IMEKO World Congress Fundamental and Applied Metrology 11*, Lisabon, Portugal, September 6, pp. 1042–1047.
18. Massel, L.V. and Massel, A.G. (2017), "Intelligent system of semiotic type for decisionmaking support in Russia energy sector based on situational management conception", *Advances in Computer Science Research* (ACSR), Vol. 72, pp. 423–429.
19. Gachet, A. and Haettenschwiler, P. (2003), "Distributed Decision Support Systems - A Federalis Model of Cooperation", *Human Centered Processes - Distributed Decisio Making and Man-Machine Cooperation*, proceedings of the 14th MINI EURO Conference, Luxembourg, pp. 211–216.
20. Akhmetov, B., Lakhno, V., Boiko, Y. and Mishchenko A. (2017), "Designing a Decision Support System for the Weakly Formalized Problems in the Provision of Cybersecurity", *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, No. 1/2 (85), pp. 4–15.
21. Lakhno, V.A. (2017), "Development of a System for Supporting Solutions for Managing Cyber Security", *Radio Electronics, Computer Science, Control,* No. 2, pp. 109–116.

Received (Надійшла) 11.01.2019
Accepted for publication (Прийнята до друку) 13.03.2019

Адаптивні системи підтримки прийняття рішень в кібербезпеці

О. В. Мілов

Предмет дослідження - принципи і моделі адаптивних систем підтримки прийняття рішень в кібербезпеці. **Мета** - розробка базових принципів і моделей, що лежать в основі функціонування адаптивних систем підтримки прийняття рішень в області кібербезпеки. **Методи дослідження.** В якості методів дослідження виступають методи системного аналізу, теорії управління, теорії прийняття рішень і штучного інтелекту. **Результат вивчення**. Запропоновано базові принципи і моделі, облік і використання яких в системах підтримки прийняття рішень дозволить сформувати адаптивні властивості описуваних систем. Показано, що властивості адаптивності можуть бути сформульовані як завдання навченості. Представлені алгоритми оптимізації, які лежать в основі процесів навчання. **Висновок.** Комбіноване використання методів математичного моделювання, теорії адаптації та методів штучного інтелекту (навчання, розпізнавання образів та планування завдань) з відповідним створенням онтологій систем кібербезпеки, що забезпечують заповнення баз даних, моделей та знань, дозволить реалізувати ефективна адаптивна система підтримки прийняття рішень, яка буде корисною інструментом для керівників будь-якого рівня на всіх етапах прийняття та впровадження рішень. Представлені підходи можуть бути покладені в основу побудови і функціонування систем підтримки прийняття рішень, збільшуючи область застосування таких систем за рахунок формування у них властивостей адаптивності.

Ключові слова: адаптивність; системи підтримки прийняття рішень; кібербезпека; інформаційна безпека; навчання; пошук рішень; простір ситуацій; простір завдань.

Адаптивные системы поддержки принятия решений в кибербезопасности

А. В. Милов

Предмет исследования – принципы и модели адаптивных систем поддержки принятия решений в кибербезопасности. **Цель** – разработка базовых принципов и моделей, лежащих в основе функционирования адаптивных систем поддержки принятия решений в области кибербезопасности. **Методы исследования.** В качестве методов исследования выступают методы системного анализа, теории управления, теории принятия решений и искусственного интеллекта. **Результат изучения.** Предложены базовые принципы и модели, учет и использование которых в системах поддержки принятия решений позволит сформировать адаптивные свойства описываемых систем. Показано, что свойства адаптивности могут быть сформулированы как задача обучаемости. Представлены алгоритмы оптимизации, которые лежат в основе процессов обучаемости. **Заключение.** Совместное использование методов математического моделирования, теории адаптации и методов искусственного интеллекта (обучение, распознавание образов и планирование решения проблем) с соответствующим созданием онтологий систем кибербезопасности, обеспечивающих наполнение баз данных, моделей и знаний, позволит реализовать эффективная адаптивная система поддержки принятия решений, которая будет полезным инструментом для руководителей на любом уровне на всех этапах принятия решений и их реализации. Представленные подходы могут быть положены в основу построения и функционирования систем поддержки принятия решений, увеличивая область применения таких систем за счет формирования у них свойств адаптивности.

Ключевые слова: адаптивность; системы поддержки принятия решений; кибербезопасность; информационная безопасность; обучение; поиск решений; пространство ситуаций; пространство задач.

UDC 621.373.54 **doi: 10.20998/2522-9052.2019.1.23**

A. Serkov[1], V. Kravets[1], O. Kasilov[1], B. Lazurenko[1], A. Mickus[2]

[1] National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine
[2] Vytautas Magnus University, Kaunas, Lithuania

THE CONCEPT OF INFORMATION SECURITY IN THE IOT SYSTEM

The subject of the study are the processes of securing information in wireless control and communication channels of the Internet of Things (IoT) system. **The goal** is to develop the concept of broadband Internet access and the implementation of key security competencies in the implementation of IoT projects. **The task** is to ensure stable and secure operation of the IoT system. **The model** is based on the reference model DigComp 2.0, created within the framework of a system of digital competence of citizens. Moreover, the main area of competence of this model is **security**. **The method** used: methods of analytical, simulation modeling and temporal position-pulse coding. **The following results are obtained**: A security concept has been developed in the wireless control and communication channels of the IoT system. It is shown, that to obtain high noise immunity of control and communication channels and to protect information from interception, wireless ultra-wideband communication technology should be used, which allows for large volumes and speeds of information transfer. The possibility of joint interference-free operation in the same frequency range of both traditional narrow-band communication systems and systems using ultra-wideband signals is substantiated. A technical solution for the design of an ultra-wideband receiving - transmitting antenna system is proposed. **Conclusions.** The use of channels with an ultra-wide frequency band allows for an increase in the number of control and communication channels of the IoT system. Pre-distribution between the channels of orthogonal codes implements the process of control and communication without interception of information and mutual interference. Moreover, the application of the method of temporal position-pulse coding prevents inter symbol distortions of ultrashort pulses coding. It also reduces the level of distortion of information signals caused by its multipath propagation, which guarantees the security of information in the IoT system.

Keywords: IoT system; security; competence; expertise; wireless channel of wireless control and communication channel.

Introduction

The digitalization of our society requires citizens to be competent in the field of digital technologies for their effective use. Digitalization should provide every citizen with equal access to services, information and knowledge that are provided on the basis of information, communication and digital technologies. In order to overcome the existing different levels of access to services, information and to knowledge, it is necessary to focus on the development of broadband fixed and mobile telecommunications infrastructure, technological infrastructure for IoT projects (Internet of Things) and the development of broadband Internet access [1]. Thus, the main way to implement and effectively use information and communication and digital technologies is the ***digital competence approach***.

System of digital competence

The system of digital competence of citizens (DigComp) is an effective tool for improving the level of digital competence of specific target groups. In this case, under the ***competence*** we understand the possession by a person of a relevant competence, including his personal attitude to it and the subject of activity. This is the potential willingness to solve arising tasks competently and includes substantive and procedural components. It presupposes knowledge of the nature of the problem, the ability to solve it, experience and theoretical and applied preparation for the use of knowledge. This requires constant updating of knowledge, possession of new information for the success of application of this knowledge in specific conditions. Thus, ***competence*** is a category that characterizes the degree to which a particular person masters one's *scopes*, i.e. knowledge and experience of their own activities, allowing them to make judgments and make decisions. Therefore, *competence* is the basis for the formation and development of ***expertise.***

By the *competence* one should understand the ability of a person to perform actions and functions of a particular type of activity, which are based on the necessary knowledge, skills, personal qualities and value orientations. These are objective requirements for the professional - personal level of a person performing a certain type of activity. Thus, the category of ***competence*** is inherent in the position, and ***expertise*** - the employee.

In the framework of the developed reference, model (DigComp 2.0) for the system of digital competence of citizens, the main area of competence is ***security*** [2]. In this case, the following four groups of competencies are distinguished:

- ***Protection of devices*** and security of digital content, understanding of risks and threats in digital environments. Knowledge about safety and security measures. Proper consideration of issues of reliability and individuality.

- ***Protection of personal data and identity*** in digital environments. Understanding how to use and share information that allows you to establish an identity, providing the opportunity to protect yourself and others from harm. Understand that digital services use the "Identity Policy" to understand how personal data is used.

- ***Protection of health and well-being.*** Ability to avoid risks to health and threats to physical and psychological well-being when using digital technologies. Be able to protect yourself and others from possible threats in digital environments (for example, from cyber threats). Know about digital technologies to ensure social well-being and social integration.

 © Serkov A., Kravets V., Kasilov O., Lazurenko B., Mickus A., 2019

- ***Environmental protection.*** Awareness of the impact of digital technologies and their influence on the environment.

These competences in the structure of the general digital competence of citizens are closely interrelated. Therefore, each of them can influence the development of others. Thus, the implementation of these core competencies in the implementation of Internet of Things projects and the organization of broadband Internet access will ensure equal and secure access of citizens to services, information and knowledge.

Task solution

The concept of the Internet of Things (IoT) allows you to improve the quality of life and human activity, the efficiency of production, government services and utilities. IoT is a series of physical devices placed in a limited space, interconnected by the Internet and a user of wireless communication channels. It involves the creation of an apartment and office management system that integrates all the engineering systems of fire alarm, security, power supply and lighting. The goal of this concept is to provide flexible management, economical use of resources, as well as creating a comfortable and safe indoor environment. This area also includes software that allows the interaction of physical things with computer systems and networks, including the Internet. The system makes it possible at the household level to remotely control these physical devices, as well as to accumulate, extract and transmit information. Moreover, the control algorithms, in general, are defined by the user in an arbitrary way.

Thus, the integration of individual devices into an IoT system turns it into a complex dynamic system that functions under conditions of substantial a priori uncertainty and randomly organizes the interaction of its heterogeneous constituent elements. The distinctive ability of these systems is the concentration in a limited, usually closed space of a large number of sources of electromagnetic radiation having a different amplitude-frequency range. The presence of such a complex electromagnetic environment in a closed confined space complicates the high-quality operation of the elements of the IoT system, causing failures in control systems and communication channels. In this case, there is a real possibility of unauthorized access to information circulating in the system and the probability of unauthorized interception of the control channel of individual elements of the system increases.

Thus, ensuring sustainable and secure operation of the IoT system is *an urgent task.*

By noise, immunity of the control system and / or communication channel is meant the maximum level of electromagnetic interference at which it maintains the required quality of work. The encoding of information in the channels of information and control can increase noise immunity. In the presence of external influencing factors, the use of well-known algebraic, iterative, cascade convolutional and other codes, as well as methods for their decoding [5], require redundancy, which leads to a decrease in the speed of information transmission. At the same time, the need to increase the speed of transmission of control signals in wireless channels requires the use of the widest possible frequency range. Thus, the known methods of information encoding in wireless control and communication channels do not provide the necessary noise immunity level, which means that further development requires the creation of new approaches to solving this problem. The physical limitation of the frequency spectrum has led to the need to apply ultra-wideband technologies (UWBS).

In wireless control and communication channels, the transmission medium is the physical path between the transmitter and the receiver. However, when determining the characteristics of information transfer, the medium itself is not a more important factor, but the bandwidth of the emitted signal. The most common and optimal range for wireless control and communication systems is from 1 to 10 GHz. [6]. This is due to the fact that at frequencies below 1 GHz there is significant interference from various electronic devices. At the same time, at frequencies above 10 GHz, signal absorption by the transmission medium is large.

When using broadband transmission, a deliberate conversion of relatively narrowband information signals with an efficiently transmitted spectrum width Δf in to a wideband signal with a broad bandwidth ΔF while maintaining total energy E of a signal. In this case, the spectral energy density of the channel signal is intentionally reduced by $\Delta F/\Delta f$ times, and which will make $\Delta E/\Delta F$, and the base of the channel signal will increase by $\Delta F/\Delta f$ times. The basis of the ultrashort pulse of UWBS is the product of the signal duration and the width of its spectrum. The simplest and most convenient method for expanding the base of a signal is direct expansion of the frequency spectrum. Moreover, the higher the frequency used, the higher the potential data transfer rate. Thus, UWBS technology consists in transmitting low-power coded pulses in a very wide frequency band without a carrier frequency. In this case, not a harmonic oscillation is emitted, but an ultrashort pulse, the duration of which lies in the range of 0.2–2.0 nS, and the period of the pulse sequence is 10–100 nS. Typically, such signals have the form of idealized Gaussian monocycles, the main part of the emission spectrum of which is in the frequency range from 1 to 10 GHz [6]. Therefore, if we use as a coding pulse Gauss monocycle with a duration of Δt from 2.0 nS up to 0.1 nS and the power spectrum bandwidth will be respectively from 500 MHz to 10 GHz. And the spectrum of the signal will occupy the entire frequency band from 0 to $\Delta F \approx 1/\Delta t$.

In the control and communication channel, information is encoded by means of temporal position-pulse modulation [7]. So the pulse offset relative to the reference forward position in the sequence sets the “zero” bit, and backward - sets “one”. The offset time does not exceed a quarter of the pulse duration, and, one information bit is encoded by a sequence of many pulses per bit. To separate information communication channels, the position of each pulse is shifted by a time proportional to the current value of a certain pseudo-random sequence. Moreover, the shift time is one to two

orders of magnitude higher than the shift during time modulation. Each channel is assigned its own spreading code combination, the elements of which constitute the orthogonal basis and specify the channel code. And the decoding of the information message is carried out only if the receiver and transmitter use the same channel code, which increases the noise immunity of signals in a wireless control and communication system.

The selection of the useful signal in the background noise is carried out by the correlation of the received and reference signals. The correlator performs a convolution of the received signal from the reference one. It is an ideal detector for determining the time shifts of received pulses relative to the reference. So when receiving a unit, the correlation function is + 1, and when receiving 0, it takes the value - 1. In all other cases, the correlation function is 0. And since the information bit is represented, for example, by 200 ultrashort pulses, then if the code coincides, they accumulate in the integrator receiver and the bit will be detected correctly, even if 99 pulses out of 200 will be spoiled. The useful signal stands out from the noise level, significantly exceeding its signal-to-noise ratio. In this case, the coding of the information bit by a series of ultrashort pulses eliminates the problem of multipath propagation of the signal, since the signal arriving with a time shift due to different paths will be discarded as an interfering signal. At the same time, the use of a series of ultrashort pulses to encode the information bit makes it possible to eliminate intersymbolic interference. This is due to the fact that before the passage of the next ultrashort pulse from the coding series, the energy of the previous pulse has time to completely dissipate.

Due to the fact that coded pulse signals are to be transmitted in a very wide frequency band without a carrier frequency, fulfilling the requirements for broadband receiving and transmitting antennas is critical. The technical characteristics of the most acceptable is the antenna element [8], which is an antenna with an expanding slot (Tapered Slot Antenna - TSA). The shape of the open slit determines the frequency band, and the energy pattern of the antenna is characterized by a narrow main beam and almost no side lobes. However, the preliminary formation of an UWBS (Gaussian monocycle) that is fed to the antenna system causes coordination difficulties in a wide frequency range. This is manifested in the form of the reflections of individual components of UWBS that distort the shape of the Gaussian monocycle.

In the proposed technical solution [9]. information monopulse signal is divided in half. One part of the signal is successively inverted and delayed by a time equal to half the duration of the single pulse. Then, using both monopulse signals, excite respectively two adjacent TSA antennas on a single dielectric base. The electromagnetic fields of two unipolar pulses - the main and inverted - interfere in the equivalent common space of the aperture of the antennas, creating in it the electromagnetic field of the bipolar pulse, which is an ultra-wideband pulse signal. This eliminates the time interval between the two parts of the radiated field, which is typical of a single-pulse TSA antenna.

Analysis

It should also be noted that the ultra-wideband pulsed antenna is capable of emitting both an ultrashort unipolar mono-pulse and a bipolar-pulsed information signal. Moreover, the proposed technical solution can significantly increase the range of propagation of pulsed electromagnetic signals. So, compared to the radiation level of a unipolar pulse signal, the propagation distance of a bipolar pulse generated in the aperture of the antenna increases by 9.5 times, and compared to the monochromatic signal - by 2.37 times [8].

Conclusions

The use of technology of ultra-wideband signals in the control and communication channels makes it possible to obtain a number of advantages that cannot be achieved by traditional methods. In particular, this refers to improving the quality indicators of the control channels. The expansion of the communication channel bandwidth and the transition to channels with an ultra-wide bandwidth allows for an increase in the number of communication channels. Distributing modulation codes between channels in advance, they are controlled without interception of control and mutual interference.

The most important criterion characterizing the effectiveness of wireless communication systems is the high potential specific data transfer density. It is defined as the value of the achievable total data transfer rate per square meter of the working area and has today the value of this indicator - about 1 Mbit / s / m^2. The use of short pulses prevents intersymbol distortions, since the energy of a received pulse usually has time to almost completely fade before the next pulse arrives. This also reduces the level of distortion of information signals caused by its multipath propagation. A major feature inherent in control and communication systems based on ultra-wideband signals is the low probability of detecting both the fact of the temporary establishment of a communication channel and the impossibility of intercepting a control channel. Simultaneous noise-free operation in the same frequency range of both traditional narrow-band communication systems and UWBS systems is due to the fact that the level of the control signal does not exceed the noise level in the working frequency range. At the same time, the reduction in power and radiation level of electromagnetic fields makes it possible to guarantee that the requirements of electromagnetic compatibility are met at all stages of the development and implementation of control and communication systems.

Acknowledgment

This work was partially funded by the European Union in the context of the “dComFra - Digital competence framework for Ukrainian teachers and other citizens” project (Project Number: 598236-EPP-1-2018-1-LT-EPPKA2-CBHE-SP) under the ERASMUS + program. The European Commission’s support for the creation of this work is not an endorsement of the content that reflects only the views of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use of the information contained in this work.

REFERENCES

1. Vuorikari, R., Punie, Y., Carretero Gomes S. and Van den Brande, G. (2016), *DigComp 2.0: The Digital Competence Framework for Citizens*, Update Phase 1: The Conceptual Reference Model. Luxembourg Publication Office of the European Union, EUR 27948 EN, DOI: https://doi.org/10.2791/11517
2. CMU (2018), *The Concept of the Development of the Digital Economy and Society of Ukraine for 2018-2020*, Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated January 17, 2018 p. № 67-p., available at: https://www.kmu.gov.ua
3. Digital Agenda of Ukraine - 2020 (2016), *Conceptual foundations. Priority areas, initiatives, projects of "digitalization" of Ukraine up to 2020*, available at: https://ucci.org.ua/uploads/files/58e78ee3c3922.pdf
4. *International Standard IEC* 1000-4-92 (1992), Immunity tests. Resistant to interference. Level of noise immunity.
5. Gallager, R.G. (1974), *Information Theory and Reliable Communication*, Soviet Radio, Moscow, 720 p.
6. Harmuth, H.F. (1981), "Non sinusoidal Waves for Radar and Radio Communication", *Academic Press*, New York, London, Toronto, Sydney, San Francisco, 376 p.
7. Serkov, A., Breslavets, V., Tolkachov, M. and Kravets V. (2018), "Method of coding information distributed by wireless communication lines under conditions of interference", *Advanced Information Systems*, Vol. 2, No.2, pp. 145-148, DOI: https://doi.org/10.20998/2522-9052.2018.2.25
8. Serkov, O., Breslavets, V., Tolkachov, M. and Churyumov G. (2018), "The Wideband Pulsed Antenna and its Application", *9-th Inter. Conf. on Ultrawideband and Ultrashort Impulse Signals* (UWBUSIS-2018)], Odessa, pp. 340–343.
9. Serkov, O.A., Breslavets, V.S., Tolkachov, M.Yu. and Churyumov G.I. (2018), "Method of Generation the Wideband Impulse Signals and Antenna for his Realization", Patent of Ukraine No. 2018/03104.

Received (Надійшла) 19.01.2019
Accepted for publication (Прийнята до друку) 27.02.2019

Концепція безпеки інформації в системі IoT

О. А. Серков, В. О. Кравець, О. В. Касілов, Б. О. Лазуренко, Артурас Міцкус

Предметом вивчення є процеси забезпечення безпеки інформації в безпроводових каналах управління та зв'язку системи Internet of Things (IoT). **Мета** – розробка концепції організації широкосмугового доступу до Інтернету та реалізація ключових компетенцій безпеки під час виконання проектів IoT. В основу **моделі** покладено еталонну модель DigComp 2.0, яку створено в рамках системи цифрової компетентності громадян. Причому, основною сферою компетентності цієї моделі є безпека. **Задача** – забезпечення усталеної та безпечної роботи системи IoT. Використані **методи**: методи аналітичного, імітаційного моделювання та часового позиційно-імпульсного кодування. Отримані наступні **результати**. Розроблена концепція забезпечення безпеки в безпроводових каналах управління та зв'язку системи IoT. Показано, що для отримання високої завадостійкості каналів управління і зв'язку та захисту інформації від перехоплення слід застосовувати технологію безпроводового надширокосмугового зв'язку, яка дозволяє забезпечити великі обсяги та швидкості передачі інформації. Обґрунтовано можливість сумісної беззавадової роботи в одному частотному діапазоні як традиційних вузькосмугових систем зв'язку, так і систем, які використовують надширокосмугові сигнали. Запропоновано технічне рішення щодо конструкції надширокосмугової приймально-передавальної антенної системи. **Висновки.** Використання каналів із надширокою смугою частот дає можливість практично необмеженого збільшення кількості каналів управління та зв'язку системи IoT. Попередній розподіл між каналами ортогональних кодів реалізує процес управління та зв'язку без перехоплення інформації та взаємних завад. Причому, використання методу часового позиційно-імпульсного кодування запобігає виникненню міжсимвольних спотворень кодуючих надкоротких імпульсів. При цьому також знижується рівень спотворень інформаційних сигналів, які викликані його багатопроменевим розповсюдженням, що гарантує безпеку інформації в системі IoT.

Ключові слова: система IoT; безпека; компетенція; компетентність; безпроводовий канал управління та зв'язку.

Концепция безопасности информации в системе IoT

А. А. Серков, В. А. Кравец, О. В. Касилов, Б. А. Лазуренко, Артурас Мицкус

Предметом изучения являются процессы обеспечения безопасности информации в беспроводных каналах управления и связи системы Internet of Things (IoT). **Цель** - разработка концепции организации широкополосного доступа к Интернету и реализация ключевых компетенций безопасности при выполнении проектов IoT. В основу **модели** положена эталонная модель DigComp 2.0, созданная в рамках системы цифровой компетентности граждан. Причем, основной сферой компетентности этой модели является безопасность. **Задача** - обеспечение устойчивой и безопасной работы системы IoT. Используемые **методы**: методы аналитического, имитационного моделирования и временного позиционно-импульсного кодирования. Получены следующие **результаты**. Разработана концепция обеспечения безопасности в беспроводных каналах управления и связи системы IoT. Показано, что для получения высокой помехоустойчивости каналов управления и связи и защиты информации от перехвата следует применять технологию беспроводной сверхширокополосной связи, которая позволяет обеспечить большие объемы и скорости передачи информации. Обоснована возможность совместной безпомеховой работы в одном частотном диапазоне как традиционных узкополосных систем связи, так и систем, использующих сверхширокополосные сигналы. Предложено техническое решение по конструкции сверхширокополосной приемо-передающей антенной системы. **Выводы**. Использование каналов со сверхширокой полосой частот дает возможность практически неограниченного увеличения числа каналов управления и связи системы IoT. Предварительное распределение между каналами ортогональных кодов реализует процесс управления и связи без перехвата информации и взаимных помех. Причем, применение метода временного позиционно-импульсного кодирования предотвращает межсимвольные искажения кодирующих сверхкоротких импульсов. При этом также снижается уровень искажений информационных сигналов, вызванных его многолучевым распространением, что гарантирует безопасность информации в системе IoT.

Ключевые слова: система IoT; безопасность; компетенция; компетентность; беспроводной канал управления и связи.

Applied problems of information systems operation

УДК 656.132.658 **doi: 10.20998/2522-9052.2019.1.24**

С. М. Андрєєв, В. А. Жилін

Національний аерокосмічний університет імені М.Є. Жуковського «ХАІ», Харків, Україна

МЕТОДИКА РОЗРОБКИ ЗЕМЕЛЬНО-КАДАСТРОВОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ ДІЛЯНКИ ПІД ЗАБУДОВУ ОБ'ЄКТУ МЕДИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Предметом дослідження є методика розробки земельно-кадастрової документації ділянки під забудову амбулаторії в сільській місцевості на основі результатів інженерно-геодезичних вишукувань. **Об'єктом дослідження** є процес створювання проектів землеустрою щодо відведення земельних ділянок під забудову закладів медичного призначення із використанням сучасного спеціалізованого програмного забезпечення. **Метою роботи** є підвищення оперативності та якості розробки земельно-кадастрової документації для будівництва нових амбулаторій в об'єднаних територіальних громадах, що, в свою чергу, сприятиме підвищенню якості медичного обслуговування населення у сільській місцевості. Задля досягнення поставленої мети вирішено такі часткові задачі: створення документації під забудову амбулаторії; проведення інженерно-геодезичних вишукувань; складання технічного звіту; створення детального плану території під забудову; складання пояснювальної записки та графічних матеріалів до детального плану території під забудову. **Висновки.** Сформульовано методику розробки земельно-кадастрової документації ділянки під забудову об'єкту медичного призначення в сільській місцевості. Методика передбачає на підставі вихідної документації (завдання на виконання топографо-геодезичних робіт для розроблення детального плану території), результатів топографо-геодезичних робіт із використанням аеро- і космознімків об'єкту, а також створеної на підставі цього електронної цифрової карти об'єкту, проведення інженерно-геодезичних вишукувань із застосуванням спеціалізованого програмного забезпечення "Digitals". На основі кінцевого електронного документа, отриманого після обробки даних польового етапу геодезичних вишукувань, створюється детальний план території під забудову амбулаторії загальної практики сімейної медицини. Отриманий детальний план території містить усі необхідні текстові та картографічні матеріали, що забезпечують можливість будь-яких потрібних будівельних та землевпорядкувальних робіт для забудови закладів медичного призначення на означеній ділянці. Запропонована методика є універсальною і може застосовуватись для розробки земельно-кадастрової документації ділянки під забудову об'єкту будь-якого призначення.

Ключові слова: сільська медицина; земельно-кадастрова документація; інженерно-геодезичні вишукування; детальний план території.

Вступ

Сьогодення нашої держави характеризується пожвавленням динаміки розвитку сільської місцевості в територіальному напрямку, а саме, в оптимізації використання земельного фонду. Зокрема, це пов'язано із проведенням медичної реформи в Україні. Згідно концепції медичної реформи одним з пріоритетних напрямків є збільшення кількості амбулаторій загальної практики сімейної медицини в сільській місцевості та підвищення якості їх функціонування. Для побудови та устаткування сільських амбулаторій згідно вимогам діючого законодавства необхідно виконувати розробку земельно-кадастрової документації, що передбачає проведення топографо-геодезичної зйомки та розробку детального плану території під забудову [1–7].

В даній статті представлено методику розробки земельно-кадастрової документації ділянки під забудову об'єкту медичного призначення на базі території, обмеженої вулицею Пушкінською, проїздом до вулиці Лікарняної та заїздом до комунального закладу «Балаклійський районний центр первинної медико-санітарної допомоги», амбулаторія загальної практики сімейної медицини в смт Савинці Балаклійського району Харківської області. **Метою** (у якості ілюстрації можливостей) практичного застосування наведеної методики є розміщення на зазначеній ділянці амбулаторії загальної практики сімейної медицини. Під час розробки запропонованої методики детально вивчено та враховано основні природні, правові, екологічні, соціально-економічні умови, що впливають на формування землекористування в межах населеного пункту в сільській місцевості [8, 9].

Аналіз стану та найближчих перспектив розвитку сільської медицини в Україні. 14 листопада 2017 року Верховною Радою України ухвалено Закон України «Про підвищення доступності та якості медичного обслуговування у сільській місцевості», який є частиною медичної реформи і дає можливість покращити доступність медичного обслуговування для населення, що проживає у сільській місцевості, збільшити результативність та ефективність використання коштів, що виділяються на розвиток охорони здоров'я на селі, привести у відповідність мережі закладів охорони здоров'я у сільській місцевості та їх матеріально-технічного забезпечення до потреб населення.

Основні напрямки реформування сільської медицини в Україні приведені на рис. 1.

Більше 13 млн українців мешкають у селах. Лікарі ж не хочуть туди їхати, бо сільська медицина фінансується за залишковим принципом, а у сільських амбулаторіях та фельдшерсько-акушерських пунктах (ФАП) немає навіть найнеобхідніших умов. Так, у 71% українських ФАПів взагалі відсутнє водопостачання, у 75% — немає водовідведення, а в 82% сільських амбулаторій відсутні санвузли.

© Андрєєв С. М., Жилін В. А., 2019

Рис. 1. Основні напрямки реформування сільської медицини в Україні

23 тис. сіл та селищ мають 4 тис. амбулаторій та 12 700 ФАПів. Зараз вони, зазвичай, перенаправляють пацієнтів «у район» або «в область», де є кваліфікована допомога. Для порівняння: в усьому світі первинна ланка в сільській місцевості ефективно працює і вирішує на місці до 80% медичних звернень.

В деяких областях України понад 60% населення — сільське. В середньому 35% населення України проживає в сільській місцевості, проте маємо сім областей, в яких 50% та більше — це сільське населення, вісім областей, де цей показник близько 40% та більше. Так, наприклад, у Львівській області показник сільського населення за даними на 1 грудня 2017 р. становив 987846 жителів (39,04%). Та лише у п'яти регіонах України сільське населення становить менше 30%.

Крім того, згідно концепції адміністративної реформи в Україні вже створено 665 об'єднаних територіальних громад (ОТГ). Це 26% території країни, де мешкають 5,7 млн. людей. Причому переважна більшість — сільське населення (3,6 млн. мешканців, понад 8 тис. сіл та селищ, що об'єднані в ОТГ). Інформація про сільські громади приведена на рис. 2 та 3.

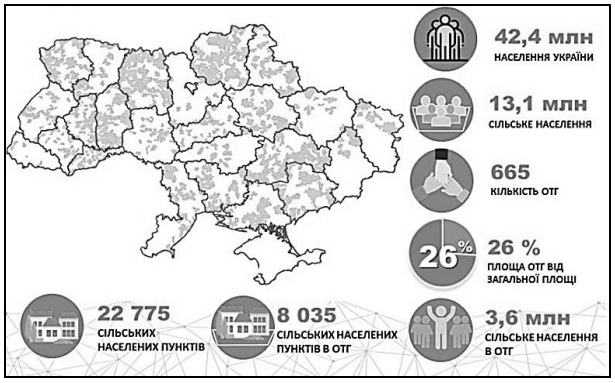


Рис. 2. Карта розташування ОТГ в Україні

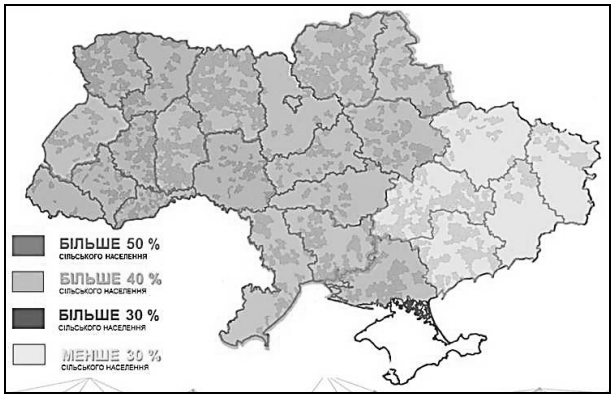


Рис. 3. Картограма населення ОТГ

Непривабливі умови праці, низький рівень заробітної плати, відсутність сучасного обладнання для надання медичної допомоги не сприяють залученню до роботи у сільській місцевості кваліфікованих спеціалістів, а також випускників навчальних закладів з медичних та фармацевтичних спеціальностей. Нестача медичних працівників належної кваліфікації є одним з вагомих чинників зниження якості та доступності медичного обслуговування для населення у сільській місцевості, погіршення стану його здоров'я. Основні проблеми сільської медицини наведено на рис. 4.

Законом України «Про підвищення доступності та якості медичного обслуговування у сільській місцевості» створено дієву модель первинної медицини. Насамперед через формування амбулаторних дільниць — мережі первинної ланки сільських медичних закладів, впровадження сучасних технічних рішень і мотиваційних переваг для лікарів. Наразі спільно з Міністерством охорони здоров'я та місцевим самоврядуванням і лікарями розроблено методику формування дієвої мережі амбулаторних дільниць, а також забезпечення в сільській місцевості медиків службовим житлом і транспортом, створення можливостей для здобуття освіти та підвищення кваліфікації.

Рис. 4. Основні проблеми сільської медицини

Крім того, у селах потрібно будувати або дообладнувати амбулаторії. Майже всюди треба вирішувати питання громадського транспорту та доставки пацієнтів до лікарів. Прийнятий законопроект №7117, внесений на розгляд парламенту Президентом, забезпечить 5 млрд. грн. на підсилення інфра-

структури на селі протягом двох років. Витрати з цих інвестицій в сільських громадах планується спрямувати, зокрема, на: забудову нових амбулаторій з можливістю проживання родини лікаря, закупівлю автомобілів для вільного пересування лікарів між селами, оновлення обладнання амбулаторій, забезпечення високошвидкісного Internet-зв'язку.

Фінансовий ресурс, передбачений у держбюджеті на розбудову мережі сільської медицини, становить 4 млрд. грн. Типову проектну мережу закладів первинної медицини у картографічному вигляді наведено на рис. 5.

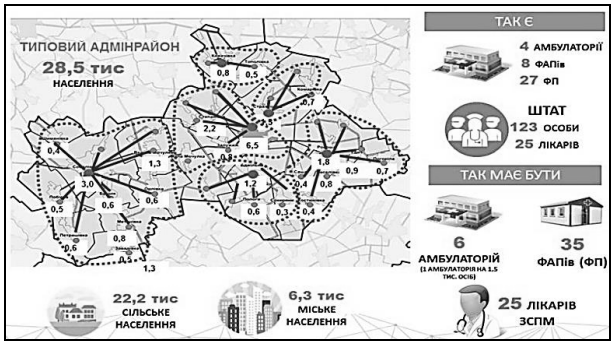


Рис. 5. Типова проектна мережа закладів первинної медицини

Реалізація медичної реформи сприятиме забезпеченню максимальної доступності медичного обслуговування, територіального наближення та сучасного матеріально-технічного оснащення закладів охорони здоров'я у сільській місцевості. Доступ до отримання якісної медичної допомоги дасть змогу забезпечити поліпшення, збереження і відновлення здоров'я населення у сільській місцевості.

Зокрема, у 2018 році в Харківській області планувалось збудувати близько 50 медичних амбулаторій. При визначенні місць розташування перевагу надавалось вже сформованим об'єднаним територіальним громадам (яких на сьогодні в області налічується 12), а також враховувались пропозиції керівництва місцевих адміністрацій та органів самоврядування, медичної спільноти з районів області. На сьогодні створена та рішенням обласної ради затверджена карта 7-ми госпітальних округів області. Карту розміщення нових амбулаторій на Харківщині наведено на рис 6.

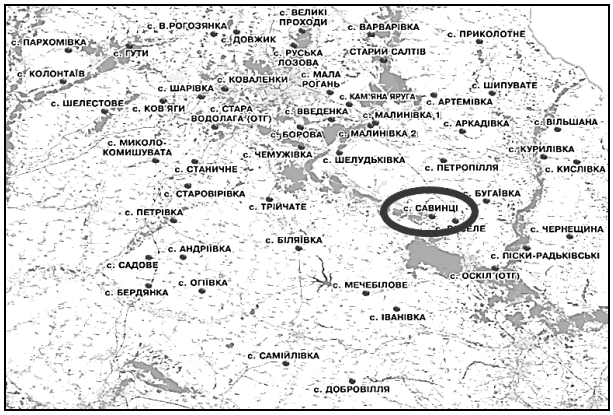


Рис. 6. Карта розміщення нових амбулаторій на Харківщині

Для будівництва амбулаторії загальної практики сімейної медицини на території Савинської селищної ради Балаклійського району Харківської області виконавчим комітетом 4 січня 2018 року прийнято рішення щодо розроблення проекту детального плану території, обмеженої вулицею Пушкінською, проїздом до вулиці Больничної та заїздом до комунального закладу «Балаклійський районний центр первинної медико-санітарної допомоги», амбулаторія загальної практики сімейної медицини в смт Савинці Балаклійського району Харківської області (рис. 6).

Постановка задачі

Предметом дослідження є методика розробки земельно-кадастрової документації ділянки під забудову амбулаторії в сільській місцевості на основі результатів інженерно-геодезичних вишукувань.

Об'єктом дослідження є процес створювання проектів землеустрою щодо відведення земельних ділянок під забудову закладів медичного призначення із використанням сучасного спеціалізованого програмного забезпечення.

Метою дослідження є підвищення оперативності та якості розробки земельно-кадастрової документації для будівництва нових амбулаторій в об'єднаних територіальних громадах, що, в свою чергу, сприятиме підвищенню якості медичного обслуговування населення у сільській місцевості.

Задля досягнення поставленої мети вирішено такі часткові задачі: створення документації під забудову амбулаторії; проведення інженерно-геодезичних вишукувань; складання технічного звіту; створення детально плану території під забудову; складання пояснювальної записки та графічних матеріалів до детального плану території під забудову.

Структурну схему методики розробки земельно-кадастрової документації ділянки під забудову об'єкту медичного призначення (на прикладі смт Савинці Балаклійського району Харківської області) наведено на рис. 7.

Результати досліджень

1. Практична реалізація процесу інженерно-геодезичних вишукувань Основні етапи геодезичних вишукувань зображені на рис. 8. На ***підготовчому етапі*** необхідно виконати такі процедури: отримання завдання, збирання і аналіз матеріалів вишукувань минулих років, обстеження території об'єкту з метою розробки проекту виконання робіт. У розгляданому в даній статті прикладі завданням є виконання топографо-геодезичних робіт для розроблення детального плану території «Балаклійського районного центру первинної медико-санітарної допомоги», амбулаторії загальної практики сімейної медицини. Зміст технічного завдання містить такі позиції: найменування об'єкту, місце розташування району робіт, опції замовника, технічна характеристика проектованого об'єкта та стадії проектування, детальність і повнота відображення ситуації об'єкта, точність визначення просторового положення елементів ситуації, картографічний масштаб.

Рис. 7. Структурна схема методики розробки земельно-кадастрової документації ділянки під забудову об'єкту медичного призначення

Рис. 8. Основні етапи геодезичних вишукувань

Отримане згідно підготовчому етапу завдання містить схему розміщення ділянки топографо-геодезичних робіт у масштабі 1:10 000. На дану територію для створення плану масштабу 1:500 від ТОВ «ТВіС-ІНФО» згідно договору одержані космічні знімки (приклад на рис. 9), що виконані космічною апаратурою Geo EYE-1 (DigitalGlobe Inc. USA). Просторова роздільна здатність продукту в середньому становить 0,50 м/піксель. Для прив'язки знімків до потрібної системи координат використовувались координати 7-ми місцевих об'єктів, отримані в процесі виконання планово-висотної прив'язки [10]. Координати даних розпізнавальних знаків слугували вихідними для прив'язки знімків і нарізки планів масштабу 1:500 у системі координат МСК-63, вихідними для прокладки знімальних геодезичних ходів при зйомці. В результаті вивчення, аналізу та польового обстеження топографо-геодезичних матеріалів минулих років, виконаних на території об'єкту та поблизу від нього встановлено, що на район робіт план потрібного масштабу (1:500) відсутній.

Польовий етап геодезичних вишукувань містить такі структурні елементи: рекогносцировка території, ведення абрису, організація планово-висотної мережі, проведення топографічної зйомки.

В результаті рекогносцировки було встановлено, що на території об'єкту знаходяться школа, амбулаторія, інші споруди, а також проходять газопровід, водопровід, мережа водовідведення, теплотраса, лінія електропередач та лінія зв'язку.

Планово-висотна мережа для топографо-геодезичних робіт складається з планової і висотної геодезичної основи та знімальної мережі. Для створення планово-висотної основи (після аналізу геодезичної вивченості району робіт) було прийнято рішення використати у якості вихідних (опорних) пунктів NGC NET CHUG (Чугуїв). Для виконання топографічної зйомки було запроектовано знімальну мережу з двох точок планової основи (GPS-точок згущення знімальної геодезичної мережі). Пункти знімальної мережі позначалися металевими трубками, вкопаними на глибину до 0,3 м. Координати, визначені GPS-спостереженням на основі пунктів, що мають координати в державній референтній системі координат УСК 2000 та в системі МСК-63.

Ця частина роботи була проведена з використанням приймача Trimble R7/5700, антени ZEPHYR GEODETIC та приймача Trimble R6 model 3 за програмою спостережень 2-го розряду. Для визначення координат пунктів використано статистичний супутниковий метод із застосуванням двохчастотних приймачів, що приймають C/A і P коди і міряють псевдовідстані до супутників кодовим і фазовим методами. Визначення векторів виконувалось статистичним методом з протяжністю сесій не менше 0,5 години [9] (рис. 10). Відомості обробки супутникових геодезичних спостережень виконано за допомогою програмно-методичного комплексу Trimble Business Center. В результаті обробки супутникових геодезичних спостережень були одержані значення векторів-баз з оцінкою точності. Врешті було створено схему геодезичних робіт з виконання GPS-спостережень (рис. 11).

Заголовок - Х-40-70-а-а-3;

Предмет – Аерофотозйомка, Фотомоніторинг Землі, ДЗЗ;

Опис- Аерофотозйомка смт. Савинці, Балаклійського району, Харківської області;

Дата – 17.06.2017;

Тип - Зображення;

Формат – TIF;

Об'єм файлу – 350 МБ;

Розмір – 9250 x 9442;

Горизонтальний дозвіл – 2030 точок на дюйм;

Дозвіл по вертикалі – 2030 точок на дюйм;

Глибина кольору – 24;

Час зйомки – 13 год. 45 хвил.

Рис. 9. Метадані аерофотознімку смт Савинці Балаклійського району Харківської області

Рис. 10. Виконання топографічної зйомки з використанням приймача Trimble R7/5700, антени ZEPHYR GEODETIC та приймача Trimble R6 model 3

Топографо-геодезична зйомка проводилась за допомогою електронного тахеометру TOPCON GTS 105N (рис. 12) відповідно технології, що передбачає кутові нев'язки, які не перевищують допустиму величину $20''\cdot\sqrt{n}$, де n – кількість кутів у геодезичному ході. Знімання окремих контурів ситуації, елементів благоустрою виконано методом перпендикулярів з обміром будівель та споруд, а також методом лінійних зарубок від твердих контурів ситуації, розпізнаних на плані та на місцевості, при цьому інженерні підземні комунікації були дообстежені та (за необхідності) переприв'зані. При зніманні підземних і надземних комунікацій уточнено призначення комунікацій, спосіб подачі, напрямок з'єднань, матеріал і діаметр труб, кількість електрокабелів, глибину їх закладки, робочу напругу, тощо. По результатах топографо-геодезичної зйомки виконується абрис (рис. 12), де зображено план місцевості з веденням пікетажу в умовних знаках. Цей абрис в подальшому використовується для опрацювання його із застосуванням обчислювальної техніки за допомогою відповідного спеціалізованого програмного забезпечення.

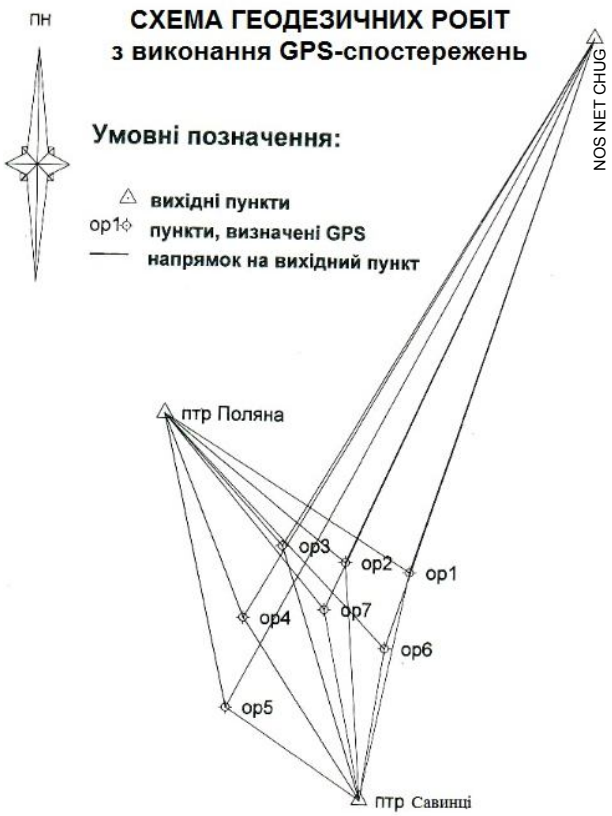


Рис. 11. Схема геодезичних робіт з виконання GPS-спостережень

Крім того, по матеріалах технічної документації, що надається експлуатуючими організаціями, складається план підземних комунікацій у масштабі 1:500, сумісний з отриманим топографічним планом ділянки. Повнота плану підземних і надземних комунікацій підтверджується експлуатуючими ці комунікації службами, про що свідчать відповідні завірені підписами та мокрими печатками записи на матеріалах топографо-геодезичної зйомки.

Камеральний етап геодезичних вишукувань містить такі структурні елементи: остаточне опрацювання даних польових вимірювань; складання технічного звіту (оформлення та здавання вишукувальних матеріалів масштабу 1:500 до Департаменту містобудування, передавання технічного звіту замовнику); оформлення вишукувальних матеріалів у відповідності із чинними нормативними документами.

Оформлення матеріалів зйомки в цифрову, електронну і графічну форму було проведене за допомогою програмного забезпечення "Digitals" (формат dmf), що містить готовий класифікатор інформації [8–10]. Переваги цього програмного продукту підтверджуються такими робочими характеристиками: універсальність платформи із великим набором функцій, потужне картографічне ядро, можливість вставки в карту та зшивання у мозаїку растрових елементів, розвинені засоби редагування карт та планів, наявність потужного функціонального модулю "Geodesy", невелика ціна.

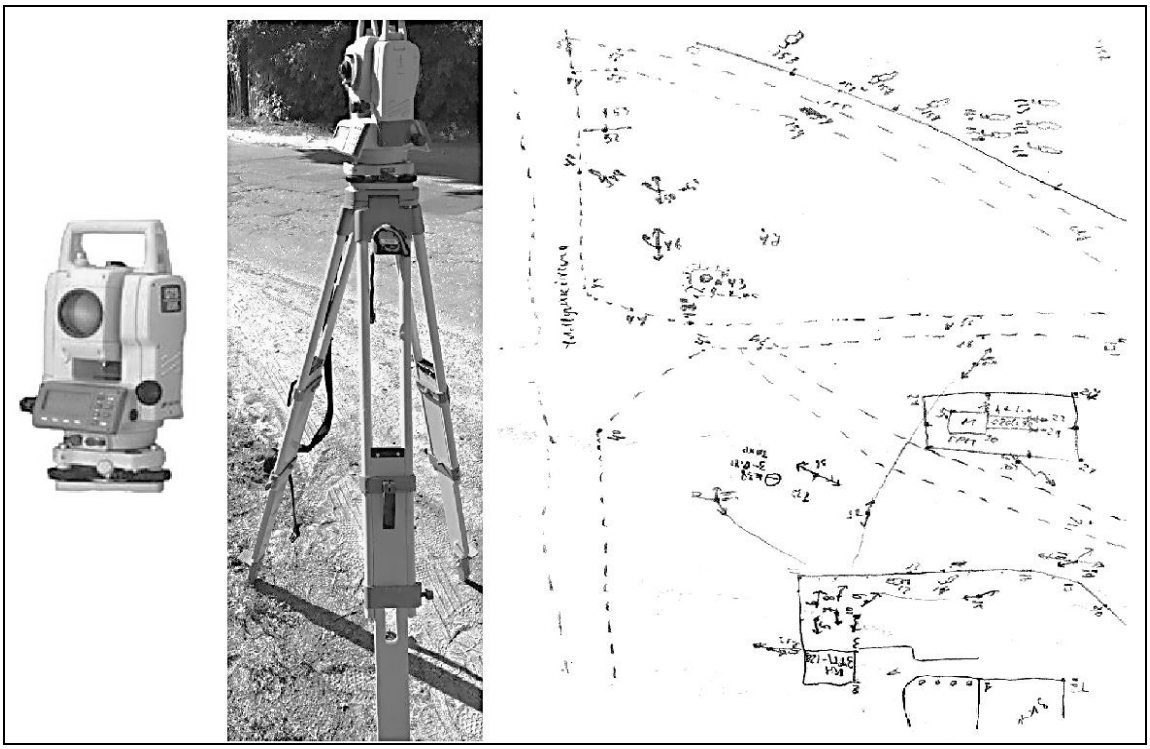


Рис. 12. Електронний тахеометр Topcon GTS-105N у робочому положенні та робочий абрис плану місцевості, отриманий по результатах топографо-геодезичної зйомки

Для виконання камерального етапу геодезичних вишукувань потрібно завантажити дані з тахеометру до комп'ютера. Сам процес роботи у програмі "Digitals" (рис. 13) відбувається шляхом специфічної обробки завантажених до персонального комп'ютеру координат та робочого абрису плану місцевості [11–14]. На цифровій топографічній карті ділянки під забудову мають міститись такі елементи: опорні пункти, географічні назви, рельєф, рослинний покрив, гідрографічні та гідротехнічні об'єкти, промис-

лові, сільськогосподарські та соціально-культурні об'єкти, дорожня мережа та дорожні споруди. Отже, необхідно забезпечити створення відповідних шарів картографічної моделі. Результатом оформлення матеріалів топографо-геодезичної зйомки в електронному вигляді є файл у форматі dmf (рис. 14).

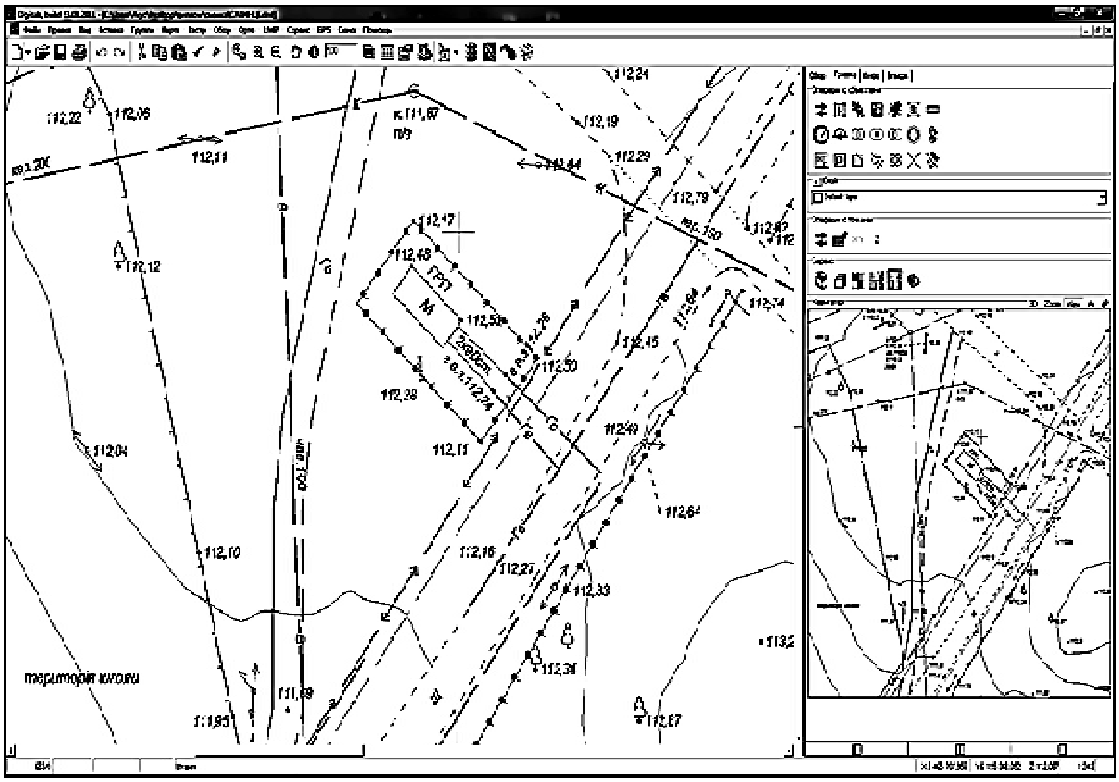


Рис. 13. Обробка матеріалів польового етапу геодезичних вишукувань в системі "Digitals"

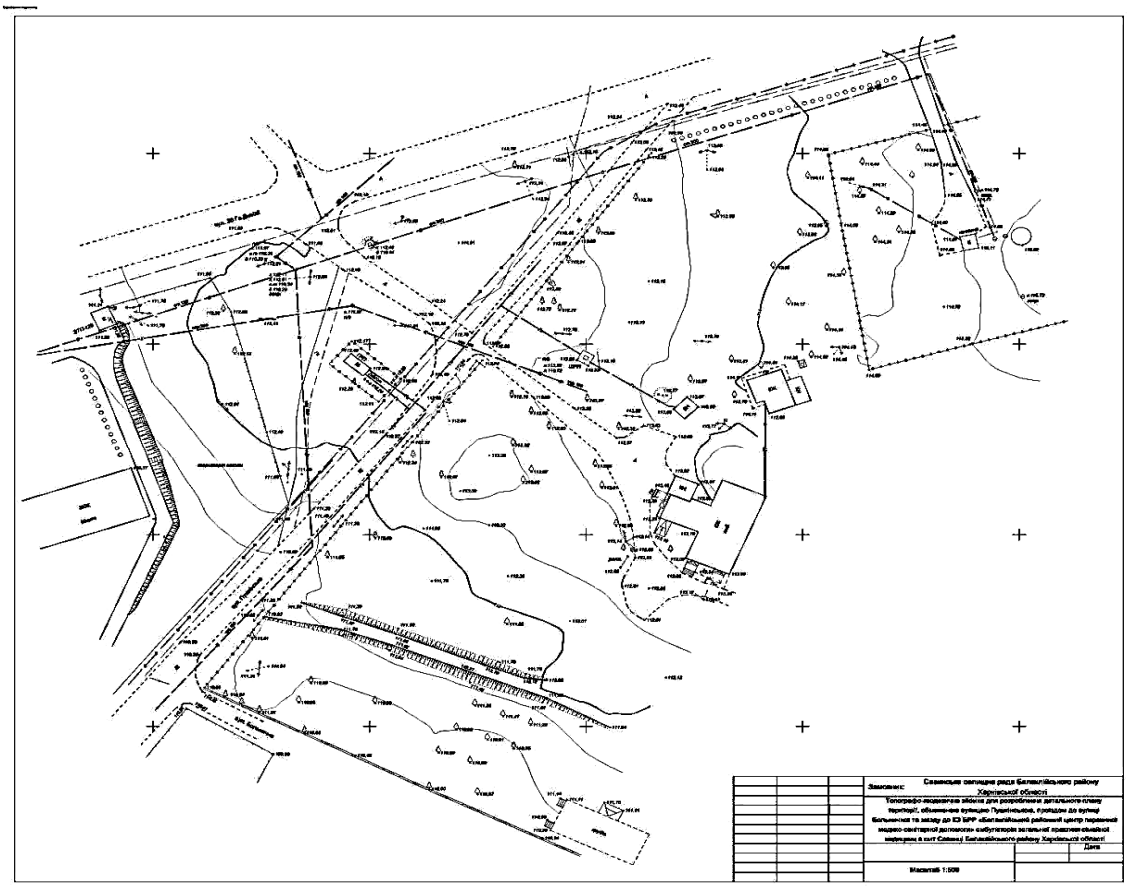


Рис. 14. Кінцевий електронний документ, отриманий після обробки даних польового етапу геодезичних вишукувань в системі "Digitals"

Для надання більш детальної інформації на готовий варіант цифрової карти можна добавити космічний знімок і, таким чином, отримати гібридну цифрову карту (рис. 15).

Рис. 15. Варіант цифрової топографічної карти ділянки під забудову із накладеним аерофотознімком

Після отримання результатів остаточного опрацювання даних польових вимірювань у електронному вигляді можна переходити до складання технічного звіту. Технічний звіт має містити такі складові: загальні відомості, коротка фізико-географічна характеристика району, відомості про топографо-геодезичну вивченість району (майданчику) інженерних вишукувань, а також відомості про методику і технологію виконання робіт.

Загальні відомості повинні містити підстави для проведення робіт, завдання на інженерно-геодезичні вишукування, дані про місцезнаходження та адміністративну приналежність району (майданчика, траси), дані стосовно особливостей природокористування та землевласників, відомості про об'єкт будівництва, систему координат і висот, види і обсяги виконаних робіт, терміни та інші відомості стосовно їх виконання. Коротка фізико-географічна характеристика району (майданчика) робіт — це характеристика рельєфу (у тому числі кути нахилу поверхні), геоморфологічні та гідрографічні дані, відомості про наявність небезпечних природних і техногенних процесів. Топографо-геодезична вивченість району (майданчику) інженерних вишукувань характеризує забезпеченість території топографічними картами, спеціальними (землевпорядними, лісовпорядними, тощо) планами відповідних масштабів, даними про кадастри, відомостями про геодезичні мережі і можливості їх використання на підставі результатів їх оцінки, даними про назви організацій-виконавців карт (планів), часу і методів їх створення, технічні характеристики геодезичних, картографічних і топографічних матеріалів.

Відомості про методику і технологію виконання робіт – це дані про створення (розвиток) опорних і знімальних геодезичних мереж або геодезичних мереж спеціального призначення для будівництва, виконання топографічної зйомки і складання інженерно-топографічних планів, виконання інженерно-гідрографічних робіт, трасування лінійних споруд, геодезичне забезпечення, виконання інших видів інженерних вишукувань, виконання геодезичних спостережень та досліджень (у тому числі в районах розвитку небезпечних природних і техногенних процесів), а також дані про характеристику точності та детальності вишукувальних робіт. Отже, отримані матеріали є достатніми для створення детального плану території під забудову амбулаторії.

2. Розробка детального плану території з метою розміщення амбулаторії загальної практики сімейної медицини. Положенням статті 1 Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності» від 17 лютого 2011 року № 3038-VI визначено, що детальний план території — це містобудівна документація, що визначає планувальну організацію та розвиток території.

Розроблення детального плану території смт Савинці (частини населеного пункту) викликано потребами місцевої громади в планувальній документації, що регламентуватиме розвиток і забудову селища в сучасних умовах, необхідністю врахування змін у соціально-політичній та економічній сферах, що відбуваються в країні за останні роки.

На замовлення Виконавчого комітету Савинської селищної ради Балаклійського району Харківської області розроблено детальний план території для можливості розміщення на ній об'єкту будівництва, а саме амбулаторії загальної практики сімейної медицини. Структуру детального плану наведено на рис. 16.

Підставами для виконання детального плану території в смт Савинці Балаклійського району Харківської області під забудову амбулаторії є: договір на виготовлення проектно-містобудівної документації між замовником та виконавцем, завдання на проектування та державні вимоги, надані департаментом містобудування та архітектури Харківської ОДА.

Зважаючи на те, що об'єктом дослідження є сам процес створювання проектів землеустрою щодо відведення земельних ділянок під забудову закладів медичного призначення, тут лише перерахуємо елементи пояснювальної записки до детального плану території під забудову: 1) вступ; 2) загальні положення; 3) природні, соціально-економічні та містобудівні умови; 4) характеристика місця розташування об'єкту (території); 5) розподіл території за функціональним використанням, розміщення забудови, структура забудови, яка пропонується; 6) характеристика видів використання території; 7) містобудівні умови і обмеження забудови території; 8) основні принципи планувально-просторової організації території; 9) вулично-дорожня мережа, транспортне обслуговування, організація руху транспорту і пішоходів; 10) інженерне забезпечення території, розміщення інженерних мереж; 11) інженерна підготовка та інженерний захист території; 12) комплексний благоустрій та озеленення території; 13) містобудівні заходи щодо поліпшення стану навколишнього середовища; 14) техногенна та протипожежна безпека; 15) заходи щодо реалізації детального плану.

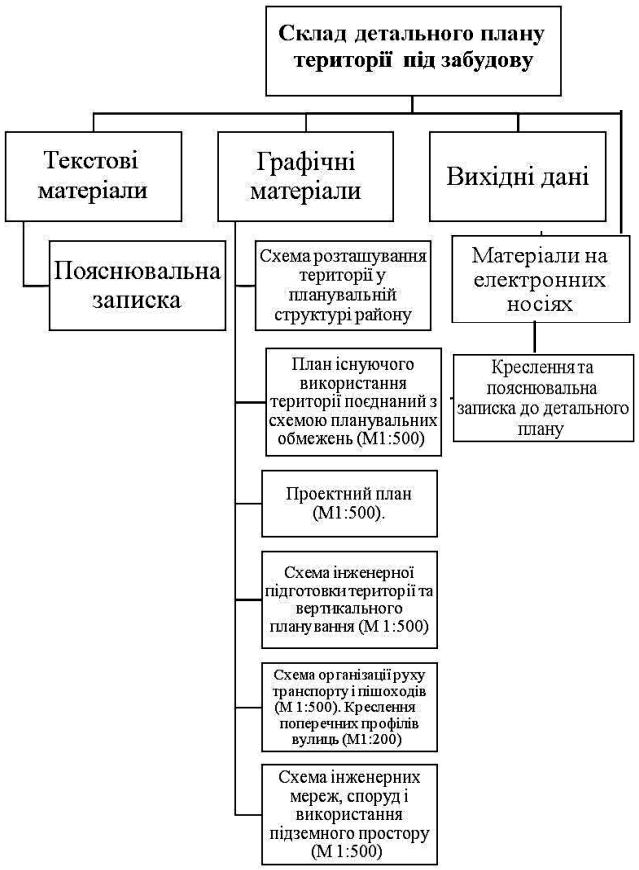


Рис. 16. Структура детального плану території під забудову

Наведений перелік свідчить про те, що комплекс паперової документації детального плану території під забудову складає всебічний опис розгляданої земельної ділянки як з позиції територіального планування щодо майбутнього об'єкту, так і з точки зору подальшої його експлуатації. Здійснення забудови обґрунтовується спеціальними техніко-економічними розрахунками, містобудівними і санітарно-гігієнічними вимогами.

Виходячи з вимог Закону «Про регулювання містобудівної діяльності», з метою організації комплексної забудови території, яка є засобом забезпечення громадських та приватних інтересів, детальним планом розгорнуто уточнюється функціональне та цільове використання території щодо необхідності організації проведення робіт та спрямування фінансування на ефективне використання наявної території.

Розрахунковий термін реалізації детального плану території становить 7 років.

Детальний план території не підлягає експертизі. Після розгляду детального плану території архітектурно-містобудівною радою при Департаменті містобудування та архітектури обласної державної адміністрації, в разі надання нею пропозицій щодо можливості затвердження детального плану та після проведення громадських слухань, детальний план подається на розгляд в сільську (селищну) раду та затверджується нею протягом 30 днів з дня його подання.

Порядок проведення громадських слухань щодо врахування громадських інтересів під час розроблення проектів містобудівної документації на місцевому рівні затверджений постановою Кабінету Міністрів України.

Затверджений детальний план є підставою для оформлення вихідних даних на проектування об'єктів.

Режим забудови ділянок, визначених для містобудівних потреб, обов'язковий для врахування під час розроблення землевпорядної документації.

Важливим результатом об'єднання усієї інформації, отриманої із використанням наведеної тут методики розробки земельно-кадастрової документації ділянки під забудову амбулаторії в сільській місцевості, є, зокрема, такі графічні матеріали детального плану під забудову:

– схема розташування території у планувальній структурі району (рис. 17);

– план існуючого використання території, поєднаний із схемою планувальних обмежень [М 1:500] (рис. 18);

– проектний план території [М 1:500] (рис. 19).

Отримані матеріали є достатніми для подальших будівельних та будь-яких землевпорядкувальних робіт на означеній ділянці.

На цьому можна вважати завершеною розробку детального плану території під забудову амбулаторії загальної практики сімейної медицини в сільській місцевості на прикладі території в смт Савинці Балаклійського району Харківської області.

Висновки

Таким чином, сформульовано методику розробки земельно-кадастрової документації ділянки під забудову об'єкту медичного призначення в сільській місцевості.

Методика передбачає на підставі вихідної документації (завдання на виконання топографо-геодезичних робіт для розроблення детального плану території), результатів топографо-геодезичних робіт із використанням аеро- і космознімків об'єкту, а також створеної на підставі цього електронної цифрової карти об'єкту, проведення інженерно-геодезичних вишукувань із застосуванням спеціалізованого програмного забезпечення "Digitals". На основі кінцевого електронного документа, отриманого після обробки даних польового етапу геодезичних вишукувань, створюється детальний план території під забудову амбулаторії загальної практики сімейної медицини.

Отриманий детальний план території містить усі необхідні текстові та картографічні матеріали, що забезпечують можливість будь-яких потрібних будівельних та землевпорядкувальних робіт для забудови закладів медичного призначення на означеній ділянці.

Запропонована методика є універсальною і може застосовуватись для розробки земельно-кадастрової документації ділянки під забудову об'єкту будь-якого призначення.

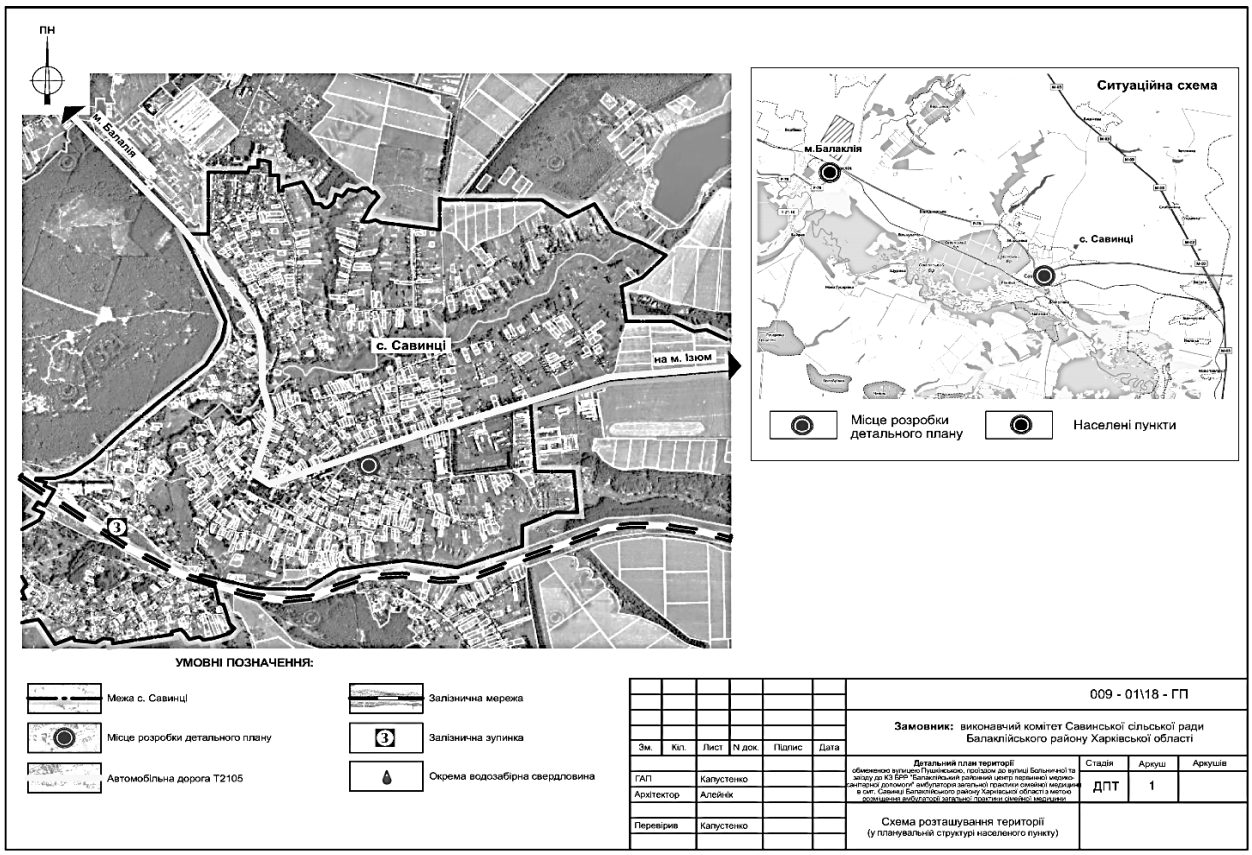


Рис. 17. Схема розташування території у планувальній структурі району

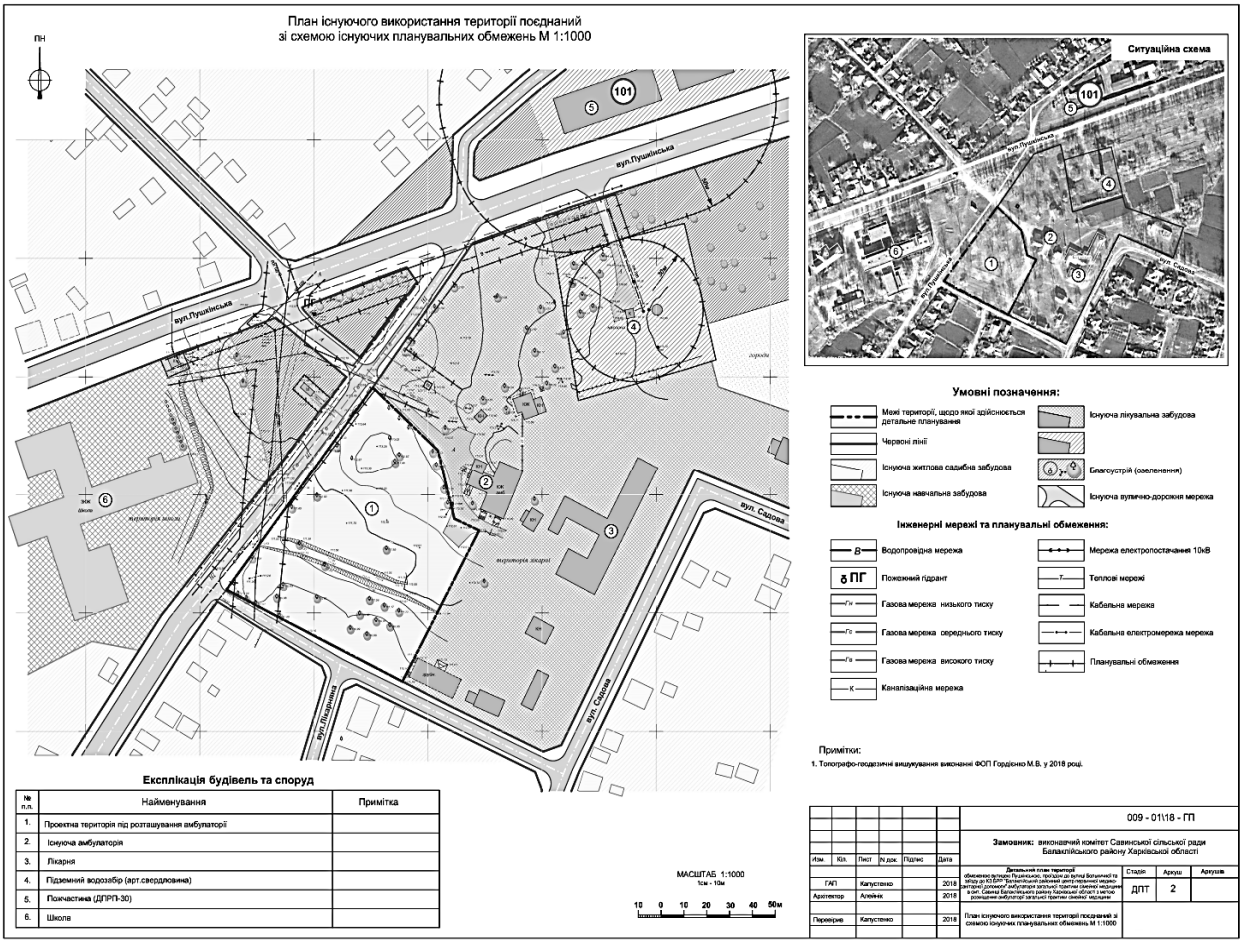


Рис. 18. План існуючого використання території, поєднаний зі схемою планувальних обмежень

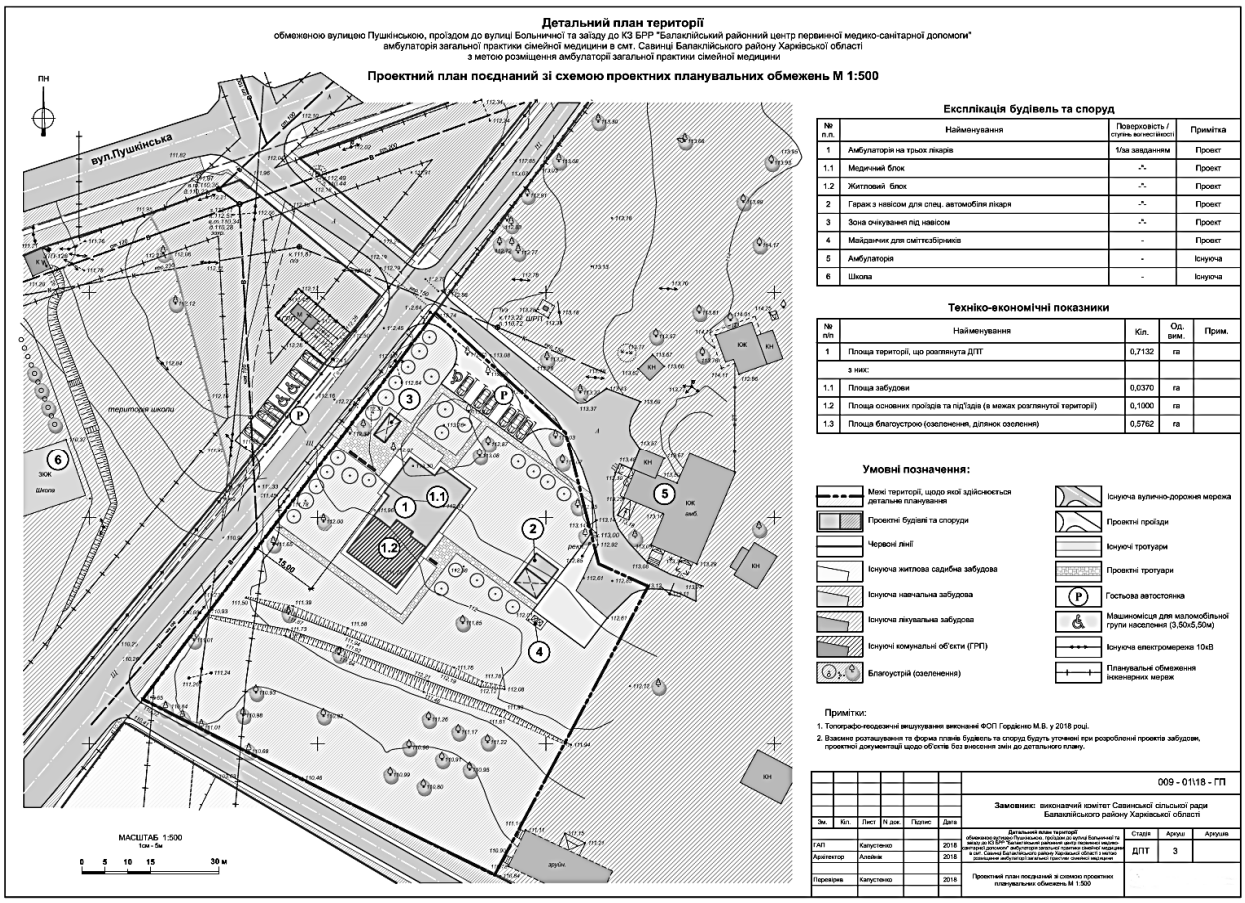


Рис. 19. Проектний план території для розміщення об'єкту медичного призначення

Список літератури

1. ДБН А.2.1-1-2014 «Інженерні вишукування для будівництва», Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2014. 128 с.
2. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000 - 1:500. (ГКНТА-2.04-02-98).
3. Інструкція про порядок контролю і приймання топографо-геодезичних та картографічних робіт. Укргеодезкартографія, №19 від 17.02.2000 р.
4. Положення про порядок організації контролю при виготовленні цифрових карт, Укргеодезкартографія, 1997 р.
5. Умовні знаки для топографічних планів масштабів 1:5000 - 1:500. Міністерство екології. № 295, 2001 р.
6. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпекою».
7. ДБН В.2.3-5-2001 «Вулиці та дороги населених пунктів».
8. Коваленко А.А. Сучасний стан та тенденції розвитку комп'ютерних систем об'єктів критичного застосування / А.А. Коваленко, Г.А. Кучук // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава . ПНТУ, 2018. – Вип. 1(47). – С. 110-113.
9. Федоров. Д. Digitals. Использование в геодезии, картографии и землеустройстве. ООО "Аналитика", 2015. 354 с.
10. Кучук Г.А. Метод оценки характеристик АТМ-трафика / Г.А. Кучук // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті, – 2003. – № 6. – С. 44-48.
11. Amin Salih M., Potrus M.Y. A Method for Compensation of TCP Throughput Degrading During Movement Of Mobile Node. *ZANCO Journal of Pure and Applied Sciences*. Vol. 27, No 6. P. 59-68.
12. Kuchuk, G., Nechausov, S., Kharchenko, V. Two-stage optimization of resource allocation for hybrid cloud data store. *Int. Conf. on Information and Digital Technologies*. 2015. P. 266-271. DOI: http://dx.doi.org/10.1109/DT.2015.7222982
13. Mohammed, A. S. Optimal Forecast Model for Erbil Traffic Road Data. ZANCO Journal of Pure and Applied Sciences. 2017. Vol. 29, No 5. P. 137–145. DOI: https://doi.org/10.21271/ZJPAS.29.5.15
14. Андреєв С. М., Жилін В. А., Топчий А. С. Методика застосування бібліотек комп'ютерного зору для побудови картографічних моделей. *Системи управління, навігації та зв'язку*. Полтава: ПНТУ, 2018. Вип. 1(47). С. 3–7.

References

1. DBN A.2.1-1-2014 ("Engineering surveys for construction", Kyiv, 128 p.
2. Instruction on topographic scaling from 1: 5000 to 1: 500 (1998). (GKNTA-2.04-02-98).
3. Instruction on the procedure for control and acceptance of topographic and geodetic and cartographic works (February 17, 2000). Ukrgeodezkartografija, No. 19.
4. Regulations on the procedure for organizing control in the manufacture of digital maps (1997), Ukrgeodezkartografiya.
5. Symbols for topographical plans of scale 1: 5000 - 1: 500 (2001). Ministry of Ecology. No. 295.
6. DSTU B V.1.1-36: 2016 «Determination of categories of premises, buildings and external installations for explosion and fire safety».

7. DBN V.2.3-5-2001 "Streets and roads of settlements".
8. Kovalenko, A.A. and Kuchuk, G.A. (2018), "The current state and trends of the development of computer systems of objects of critical application", *Systems of control, navigation and communication*, PNTU, Poltava, No. 1 (47), pp. 110–113.
9. Fedorov, D. (2015), Digitals. Use in geodesy, cartography and land management, LLC Analytica, 354 p.
10. Kuchuk, G.A. (2003), "Method of estimation of characteristics of ATM traffic", *Information and control systems in the railway transport*, No. 6, pp. 44–48.
11. Amin Salih M. and Potrus M.Y. (2015), "A Method for Compensation of Tcp Throughput Degrading During Movement Of Mobile Node", *ZANCO Journal of Pure and Applied Sciences*, Vol. 27, No 6, pp. 59-68.
12. Kuchuk, G., Nechausov, S. and Kharchenko, V. (2015), "Two-stage optimization of resource allocation for hybrid cloud data store", *Int. Conf. on Information and Digital Technologies*, pp. 266-271, DOI: http://dx.doi.org/10.1109/DT.2015.7222982
13. Mohammed, A. S. (2017), "Optimal Forecast Model for Erbil Traffic Road Data", *ZANCO Journal of Pure and Applied Sciences*, Vol. 29, No 5, pp. 137–145, DOI: https://doi.org/10.21271/ZJPAS.29.5.15
14. Andreev, S.M., Zhilin, V.A. and Topchiy, A.S. (2018), "Method of using computer vision libraries for constructing cartographic models", *Systems of control, navigation and communication*, No. 1 (47), PNTU, Poltava, pp. 3-7.

Received (Надійшла) 12.01.2019
Accepted for publication (Прийнята до друку) 06.03.2019

Методика разработки земельно-кадастровой документации участка под застройку объекта медицинского назначения

С. М. Андреев, В. А. Жилин

Предметом исследования является методика разработки земельно-кадастровой документации участка под застройку амбулатории в сельской местности на основе результатов инженерно-геодезических изысканий. **Объектом исследования** является процесс создания проектов землеустройства по отводу земельных участков под застройку учреждений медицинского назначения с использованием современного специализированного программного обеспечения. Целью работы является повышение оперативности и качества разработки земельно-кадастровой документации для строительства новых амбулаторий в объединенных территориальных общинах, что, в свою очередь, будет способствовать повышению качества медицинского обслуживания населения в сельской местности. Для достижения поставленной цели решены следующие частные задачи: создание документации под застройку амбулатории; проведение инженерно-геодезических изысканий; составление технического отчета; создание детального плана территории под застройку; составление пояснительной записки и графических материалов к детальному плану территории под застройку. **Выводы.** Сформулирована методика разработки земельно-кадастровой документации участка под застройку объекта медицинского назначения в сельской местности. Методика предусматривает на основании исходной документации (задание на выполнение топографо-геодезических работ для разработки детального плана территории), результатов топографо-геодезических работ с использованием аэро- и космоснимков объекта, а также созданной на основе этого электронной цифровой карты объекта, проведение инженерно-геодезических изысканий с применением специализированного программного обеспечения "Digitals". На основе конечного электронного документа, полученного после обработки данных полевого этапа геодезических изысканий, создается детальный план территории под застройку амбулатории общей практики семейной медицины. Полученный детальный план территории содержит все необходимые текстовые и картографические материалы, обеспечивающие возможность любых нужных строительных и землеустроительных работ для застройки заведений медицинского назначения на означенном участке. Предложенная методика является универсальной и может применяться для разработки земельно-кадастровой документации участка под застройку объекта любого назначения.

Ключевые слова: сельская медицина; земельно-кадастровая документация; инженерно-геодезические изыскания; детальный план территории.

Method of land and cadastral documentation preparation of a land plot for building an object of medical appointment

S. Andrieiev, V. Zhilin

The subject of the research is a method for the development of land cadastral documentation of a land plot for building an ambulatory clinic in rural areas based on the results of engineering and geodetic surveys. **The object of research** is a process of creating land management projects of land allocation for construction of medical facilities using modern specialized software. Major objective of the work is to increase the efficiency and quality level of creation process of the land cadastral documentation for the new outpatient clinics construction in the united territorial communities, which, in turn, will contribute in improvement of the quality of medical services for the population in rural areas. To achieve this goal, the following particular tasks were solved: documentation for the outpatient clinic building creation; carrying out engineering and geodetic surveys; a technical report compilation; detailed plan of the territory under construction creation; an explanatory note and graphic materials to the detailed plan of the territory under construction preparation. **Conclusions.** Methodology for development of land cadastral documentation of the land plot for construction of a medical facility in rural areas formulated. The methodology involves conducting engineering surveys using specialized software "Digitals" on the basis of the initial documentation (task for performing topographic and geodetic works to develop a detailed plan of the territory), results of topographic and geodetic works using aerial and satellite images of the object, as well as based on those images electronic digital object map. On the basis of the final electronic document obtained after processing the data of the field geodesic surveys stage, a detailed plan of the territory for building the outpatient clinic of family medicine general practice is created. The obtained detailed plan of the territory contains all the necessary textual and cartographic materials, providing the possibility of any necessary construction and land management works for the building of medical establishments in the designated area. The proposed method is universal and can be used for the development of land cadastral documentation of a land plot for building a facility for any purpose.

Keywords: rural medicine; land cadastral documentation; engineering and geodetic surveys; detailed plan of the territory.

UDC 355.47; 912.64 **doi: 10.20998/2522-9052.2019.1.25**

A. A. Bayramov, E. G. Hashimov

Armed Forces War College of the Azerbaijan Republic, Baku, Azerbaijan

DEVELOPMENT OF UAV SOS FLIGHT COMBAT RECONNAISSANCE MISSION PROGRAM

System of systems (SoS) conception for dynamic objects group have been become a very important direction in various areas on science and industry, including military. SoS is consisted of components which solve one task and on the whole jointing own properties and possibilities these components creat the complex system with new qualities. SoS is such system which during various operations combines and joints itself a synergetics of comands, control functions, network and feedback information change. In given paper, development of the combat task program of Unmanned Aerial Vehicles System of Systems offered version has been presented. Usually, the land control center manage UAVs by using of radio wireless. But it has shortcomings: 1) a radio wireless can be destroy, and in the best case UAV does not emplement task and self returns base; 2) an enemy taps the radio wireless and carry out UAVs control. The creation of SoS on the basis of UAVs eliminates these flaws. In accordance with written in memory software program, UAVs SoS is self-controlled by infra-red (IR) wireless using "feedback" principle and it implement combat task independently. If some of UAVs loss IR-wireless then it (or they) return land control center independently. If some of UAVs is destroyed under enemy fire then other UAVs continue to implement a combat task. The Hamilton equations of motion of the given system has been obtained. The IR wireless between UAVs, radio wireless between UAVs and land control post, and UAVs flight control conditions have been offered. It is shown that Unmanned Aerial Vehicle System-of-System complex can implement in various military reconnaissance tasks.

Keywords: UAV, System of Systems; control system; reconnaissance task; infrared wireless.

Introduction

Recently the system of systems (SoS) conception for dynamic objects group have been become a very interesting and important direction in various areas on science and industry, including military. Since 1990s the posibilities and advantages of SoS ideology are very interesting and this ideology finds wide application to dynamic groups control and solution of various tasks [1, 2]. The SoS components are systems too. In technical area the SoS definition can be divided on two groups:

1) SoS is consisted of components which solve one task and on the whole jointing own properties and possibilities these components creat the complex system with new qualities;

2) SoS is such system which during various operations combines and joints itself a synergetics of comands, control functions, network and feedback information change.

In the previous paper development of Unmanned Aerial Vehicle System-of-System (UAVs SoS) complex and the opportunity of military application had been considered. The characteristic of developed 6-rotors Unmanned Aerial Vehicle had been presented [1–3]. It was shown that UAVs SoS complex can implement various military tactic and reconnaissance tasks.

Presented paper is devoted development of the combat task program of UAVs SoS and development of complex control algorithm.

"State of Art"

There are many articles devoted UAVs and SoS [4-6]. Let us observe some of published works concerning UAVs SoS architecture conception. In order to obtain optimized flight vehicle concepts which meet SoS operation requirements, designers have to pay high attention to the impact of SoS at conceptual design stage. Perspectives and progresses of SoS oriented flight vehicle conceptual design are reviewed in paper [7]. Such basic concepts of SoS as definition, characteristics, differences between systems engineering and SoS engineering, as well as SoS design process are introduced in this article. SoS engineering process model for research and development of flight vehicles and SoS design wheel model for conceptual design are proposed.

The use of UAVs in the military environments is predicted to grow significantly. The availability of more robust and capable vehicles that can perform multiple mission types will be needed. Militaries continue to demand more UAV capabilities for diverse operations around the world. Significant research has been performed and continues to progress in the areas of autonomous UAV control, as for example results presented in article [8].

Interesting results concerning interpreting development of unmanned aerial vehicles using systems thinking are presented in [9]. Starting from general systems theory authors formulate classification of UAVs that properly groups diverse produced UAVs, along with their currently unproduced. Authors have structured the context of applications of UAVs using systems thinking. Then they divide UAVs according to their function in environment: transfer of mass, energy and information. At last, they have analyse possible types of UAVs and divide them based on the structure of their lift-creating element, on their regulating programmes, and on the type of their power-plant.

UAVs SoS flight combat task program

In accordance of offered program, on the base of UAVs the development of SMART SoS of dynamic flight objects, making and testing will been carried out.

© Bayramov A.A., Hashimov E.G., 2019

Usually, the land control center manage UAVs by using of radio wireless. But it has shortcomings: 1) a radio wireless can be destroy, and in the best case UAV does not emplement task and self returns base; 2) an enemy taps the radio wireless and carry out UAVs control. The creation of SoS on the basis of UAVs eliminates these flaws.

The most important distinctive property of UAVs SoS complex in our case is a radio wireless break down intentionally on the line of land control center after UAVs take off. In accordance with written in memory software program, UAVs SoS is self-controlled by infra-red (IR) wireless using "feedback" principle and it implement combat task independently. If some of UAVs loss IR-wireless then it (or they) return land control center independently. If some of UAVs is destroyed under enemy fire then other UAVs continue to implement a combat task.

One UAV can execute next combat tasks: battle, reconnaissance, control, communication facility, for example as booster converter in mountainous conditions. The tactical activities are offence, defence, encounter battle, march, posture of forces. The battle activities are offence, defence, encounter battle.

Let us assume that there are three reconnaissance UAVs in one UAVs SoS complex:

- UAVs flight on the prescribed altitude ($H \geq 300$ m, UAVs are painted blue colour, so at this height UAVs aren't seen by unaided eye [10]) and the distance between each other is varied from 50 m to 200 m;
- UAVs are provided of radio wireless in "signal-output" mode for connection with land control center and IR- wireless in "signal-input-output" mode for interconnection between UAVs.

This UAVs SoS complex can execute combat and control tasks.

Combat tasks:

- air support of offence battle;
- terrain monitoring during defence;
- interconnection between troops and units during battle activities, especially in mountans where there are many zones of radio silence;
- reconnaissance tasks implementation during offence or defence activities;
- electronic warfare, radio countermeasures, radio reconnaissance tasks.

Control tasks:

- interconnection between troops and units on the large area, especially in mountans where there are many zones of "radio silence";
- interconnection between troops and units during march especially in mountans where there are many zones of "radio silence";
- interconnection between troops and units during offence especially in mountans where there are many zones of "radio silence".

UAVs SoS management architecture

The general UAVs SoS control (management) architecture has been defined for proposed autonomous complex system and has five primary functions (see Fig. 1): mission control, UAV control, sensors control, communications control and safety control. These five areas provide the sufficient framework for offered system, regardless of mission and UAV type. The advantage of this UAVs SoS complex is that it provides a modular functionality architecture that can be adjusted for specific UAVs or any numerous vehicle types. The UAVs SoS algorithms will reside within the mission control functionality and will be dependent upon common interfaces and architecture.

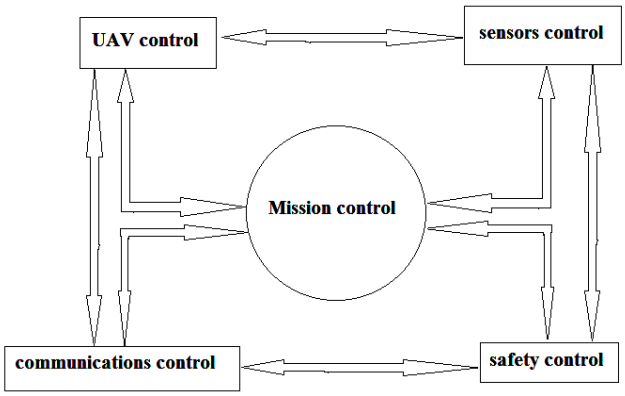


Fig. 1. The general UAVs SoS control (management) architecture

Infra-red radio communication system between UAVs

Infra-red radio communication system (IR-wireless transmission) is an equipment which provides information transfer between UAVs in optic IR range [11, 12]. Infrared band of the electromagnet corresponds to 300 GHz and a wavelength of 980 nm [13]. Usually, during IR-wireless the LEDs (Light Emitting Diodes) are used for IR-waves transmission. As opposed to radio wireless, the IR-wireless isn't sensible to electromagnetic interference, has low power, doesn't demand a communication channels reservation, provides signal hiding and high intercept security of information transfer.

In line of sight conditions the IR channel can provide communication in the distance up to several kilometers. In present, there are information-transferred modules in IR range capable 1 Gbit/sec. rate. The propagation of light waves in this band can be used for a communication system (for transmission and reception) of data. This communication can be between two portable devices or between a portable device and a fixed device.

IR-wireless system includes IR radiator, IR transmitter, IR source and IR receiver (Fig. 2). IR transmitter is a device, which transforms information to electrical signal for IR source modulating. IR source is infra-red source for signals transfer. IR radiator is a device for transformation of input electrical signal to infra-red radiation. IR receiver is a device with infra-red detector and signal processing which transforms or recodes input signal (information) for remote control.

For porpose of providing signal hiding and high intercept security of information transfer and control mission between UAVs the especial IR wireless system is offered in given program (see Fig. 3).

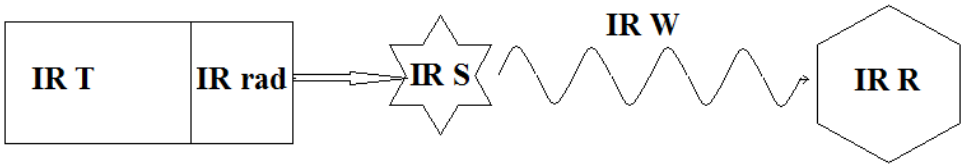


Fig. 2. IR-wireless system: IR T – infra-red transmitter, IR rad – infra-red radiator, IR S – infra-red source, IR W – infra-red wave, IR R – infra-red receiver.

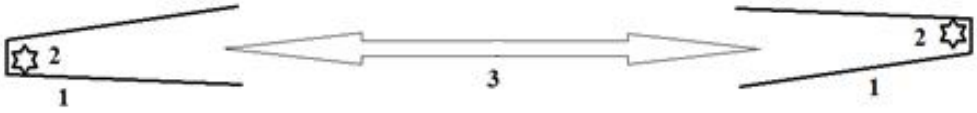


Fig. 3. The chart of IR wireless between UAVs:
1 – IR input-output radiation flux tubes in UAVs with screened waveguide;
2 – the sources of IR emission and lIR light receivers; 3 – IR light

Let us consider IR wireless IR-transmitter and IR-receiver between two UAVs as tubes form.

The tube form with screened waveguide provides a signal hiding and a high intercept security of information transfer. Morever, this form of IR wireless system doesn't allowed to execute a control from the enemy's side. IR-control signal is propagated directly in a line sight between UAVs. Some radio- or infra-red signal from ground cannot impact to this IR wireless system. Also, UAVs have radio wireless for send output-signal to ground control post center (UAVs takeoff point). UAVs have screened electronic blocks and therefore cannot be controlled by ground enemy posts.

UAVs' main characteristics

There are developed UAVs' main technical characteristics descripted below [2, 3]:

- takeoff weight: 10-15 kg;
- load capacity: 5 kg;
- flight range: 20 km;
- cruising speed: 80 km/h;
- flight time: 1 hour.

UAVs SoS mission program

The UAVs SoS mission program includes next stages.

1. 3 UAVs are considered: UAV1, UAV2 and UAV3. These UAVs have a reconnaissance mission.

2. After takeoff all UAVs are controled off-line by themselves, the ground center hasn't possibilities to control UAVs.

3. UAVs are provided by radio (only in output mode) and IR wireless (both input and output mode for information exchange only between UAVs) systems.

4. UAVs are provided by high-precision digital electronic-optical photographic camera systems: Full Frame DSLRLike Camera a7R EMount Compact Camera | Sony US, 36 MP. Obtained by this camera photographies are sent to ground control center. In result of the test on proving ground obtained one image of land, as the example, is shown in the photography 1, the flight height is 200 m.

5. After UAVs takeoff, on a regular basis UAVs are exanged control IR signals, it is necessary for handshaking. If for some reason the handshaking is broken, then information about it is sent to ground center by radio wireless and this UAV comes back to ground center.

6. After takeoff UAVs flight jointly in triangular form (see Fig. 4).

For testing of the IR communication reliable performance, the size of this triangle is changed cyclically: from 50 m to 200 m and then again to 50 m (see Fig. 5):

- in moment t_1, l_1=100 m;
- in moment t_2, l_2=200 m;
- in moment t_3, l_3=100 m.
- in moment t_4, l_4=50 m.

Photography 1

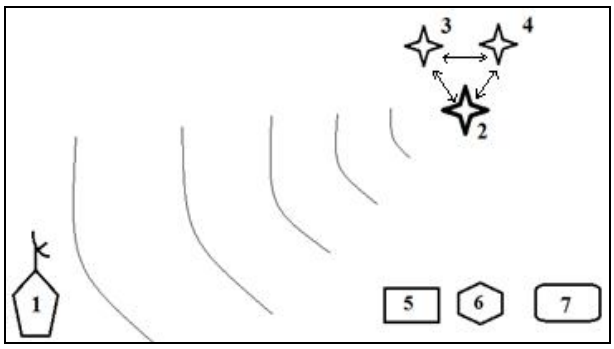


Fig. 4. The chart of UAVs SoS reconnaissance flight.
1 – ground control center; 2, 3 and 4 – UAVs;
5, 6 and 7 – investigated enemy objects

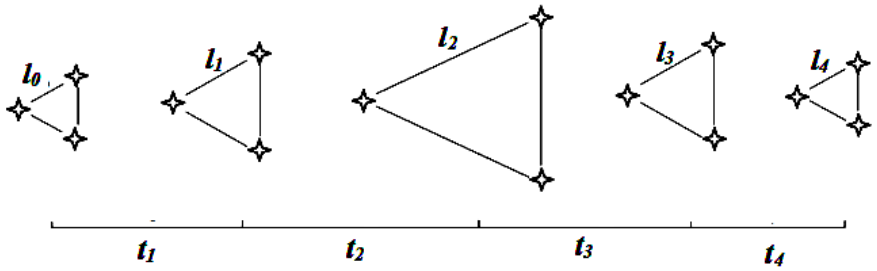


Fig. 5. The chart of UAVs flight conditions: l_0, l_1, l_2, l_3 and l_4 are the distances between UAVs; t_1, t_2, t_3 and t_4 are the flight time slots

7. After UAVs takeoff in 5 minutes IR-transmitter of UAV1 is cut off; it goes on mission: flight, shoot images of land and sends this information to ground center. It will check the UAV autonomy.

The simplified chart of flight program of UAVs SoS is shown in Fig. 6. Let us take UAV1 as "commander" one. UAV1 gives flight speed (V), flight height (h) and distance (S_1 and S_2) between UAVs (in our case S_1=S_2 = S∈[50,200] m). UAV1 sends İR signal f to both UAV2 and UAV3. If there is IR handshaking (f≠0 - "yes"), then UAVs continue flight. If there isn't IR handshaking (f=0 – "no"), then UAVs come back to ground conrol center.

It should be noted that this only for UAVs flight testing program.

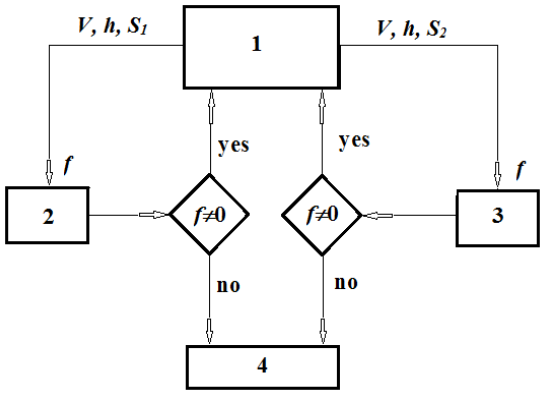


Fig. 6. The chart of flight program of UAVs SoS: 1 –"commander's" UAV; 2 and 3 – UAVs; 4 – return ground control center.

The SoS UAVs dynamic motion equation

Let us consider UAVs SoS flight as a motion of material points system. Hamilton equations is one of main equations of Newtonian mechanics for the investigated dynamic system, which in overall view describe a temporal change of the points coordinates of system [14]. Let write these canonical equations of motion as:

$$\frac{dp_i}{dt} = -\frac{\partial H}{\partial q_i}; \quad \frac{dq_i}{dt} = \frac{\partial H}{\partial p_i}. \qquad (1)$$

It seems, that system is consisted of 2N first-order differential equations (j = 1, 2, …, N) for the dynamic system described by N generalized coordinates which are system motion. Here:

$H \equiv H(q_1, q_2, \ldots, q_N, p_1, p_2, \ldots, p_N, t)$ is a Hamilton function (Hamiltonian),

t is time, q_i are generalized coordinates,

p_i are generalized momentums.

These generalized coordinates and momentums determine a state of system in phase space.

Since, a rectilinear flight of UAVs SoS (a material points system) is planar, then for simplicity, we assume that Hamiltonian H can be presented as a sum of kinetic $T(p)$ and potential $V(q)$ energies of UAVs SoS system:

$$T(p) = p^2/2m;$$

$$V(q) = V(x).$$

In our case, $x = h$ – is a flight high of SoS PUAs.

Let all UAVs are of the same mass that is

$$m_1 = m_2 = \ldots m_N = m.$$

Then, Hamilton equation can written as:

$$H = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{N} p_i^2 + N \cdot m \cdot g \cdot h, \qquad (2)$$

where: g is the gravitational acceleration, g = 9,8 m/s^2.

Therefore, by using (1) and (2) equations it is possible to describe of motion of UAVs SoS system. If it is necessary to take into account of rotational motion of UAVs then the equations system described in previously work [2] can used.

Conlusion

So, in paper the development of UAV SoS flight combat reconnaissance mission program has been presented. The general UAVs SoS management (control) architecture has been defined for proposed autonomous smart complex system. IR communication has been considered and offered for information exchange between UAVs. UAVs preliminary flight testing program has been offered. The Hamilton equations of motion of the given system has been obtained.

REFERENCES

1. Bayramov, A.A. and Hashimov E.G. (2017), "The numerical estimation method of a task success of UAV reconnaissance flight in mountainous battle condition", *Advanced Information Systems*, Vol. 1, No. 2, pp. 70–73, DOI: http://dx.doi.org/10.20998/2522-9052.2017.2.12
2. Hashimov, E.G., Bayramov, A.A., Abdullayev, F. and Mammadli, A. (2017), "Development of the multirotor Unmanned Aerial Vehicle", *National security and military sciences*, Vol. 3, No. 4, pp. 21–31.

3. Bayramov, A.A., Hashimov, E.G., Hasanov, A.H., Pashayev, A.B. and Sabziev E.N. (2018), “SMART control system of systems for dynamic objects group”, *Bulgarska Voenna Misal*, Sofia, Is. 2.
4. Jamshidi M. (2009), *Systems of systems engineering. Principles and Applications*, CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton London, 111 p.
5. (2010), *Systems Engineering Guide for Systems of Systems: Essentials*, Washington, D.C.: Office of the Director, Defense Research and Engineering, Director of Systems Engineering.
6. Pashayev, A.B. and Sabziev, E.N. (2013), “Description of fluid flow as a system of systems”, *Proceedings of 2013 8th International Conference on System of Systems Engineering*, Maui, Hawaii, USA, June 2-6, 2013, pp. 28–33.
7. Liu, Hu, Tian, Yongliang, Gao, Yuan, Bai, Jinpeng and Zheng, Jiangan (2015), “System of systems oriented flight vehicle conceptual design: Perspectives and progresses”, *Chinese Journal of Aeronautics*, No. 28(3), pp. 617–635.
8. Eaton, C.M., Chong, E.K.P. and Maciejewski A.A. (2016), “Multiple-Scenario Unmanned Aerial System Control: A Systems Engineering Approach and Review of Existing Control Methods”, Aerospace, Vol. 3, No. 1, pp. 2-26, DOI: http://dx.doi.org/10.3390/aerospace3010001
9. Ćosić, J., Ćurković, P., Kasać, J. and Stepanić J. (2013), “Interpreting development of unmanned aerial vehicles using systems thinking”, *Interdisciplinary Description of Complex Systems*, No. 11(1), pp. 143–152.
10. Yanoff, M. and Duker, Jay S. (2009), *Ophthalmology*, MOSBY, Elsevier, 54 p.
11. Luftner, T., Kropl, C., Hagelauer, R., Huemer, M., Weigel, R. and Hausner J. (2003), “Wireless infrared communications with edge position modulation for mobile devices”, *IEEE Wireless Communications*, Vol. 10, Is. 2, pp. 15–21.
12. Carruthers J.B. (2002), “Wireless Infrared Communications”, *Wiley Encyclopedia of telecommunications*, Department of Electrical and Computer Engineering Boston University, Boston, MA, 10 p.
13. (2015), *State Standard Specification IEC 61603-1-2014. Transmission of audio and/or video and related signals using infrared radiation*, Part 1, Moscow, 25 p.
14. Zwillinger, D. (1997), *Handbook of Differential Equations*, Academic Press, Boston MA, 870 p.

Received (Надійшла) 18.12.2018
Accepted for publication (Прийнята до друку) 20.02.2019

Розробка програми бойового розвідувального завдання польоту безпілотних літальних апаратів SoS

А. А. Байрамов, Е. Г. Гашимов

Концепція "System of Systems" (SoS) для динамічних об'єктів стала дуже важливим напрямком в різних областях науки і промисловості, включаючи військову. SoS складається з компонентів, які вирішують одну задачу і в цілому, об'єднуючи власні властивості і можливості створюють комплексну систему з новими якостями. SoS – це така система, яка під час різних дій комбінує і об'єднує в собі синергетику команд, функцій управління, мережу і обмін інформацією зі зворотним зв'язком. У даній статті представлена розроблена програма бойового завдання польоту безпілотних літальних апаратів (БПЛА) SoS. Зазвичай, наземний центр управління БПЛА використовує радіозв'язок. Але це має свої недоліки: 1) радіозв'язок може порушитися, БПЛА не виконає завдання і в кращому випадку повернеться на базу; 2) ворог може порушити радіозв'язок і перехопити управління БПЛА. Створення БПЛА SoS комплексу обмежує ці недоліки. Відповідно до записаної в пам'ять програмного забезпечення, БПЛА SoS, використовуючи інфрачервоний радіозв'язок, є самоврядною системою, котра використовує принцип "feedback" і незалежно виконує бойове завдання. Якщо якийсь БПЛА втратить інфрачервоний радіозв'язок, тоді він (або вони) незалежно повернуться на базу. Якщо якийсь БПЛА буде збитий, інші продовжать свою місію. Отримано рівняння Гамільтона для руху даної системи. Запропоновано ІК зв'язок між БПЛА і радіозв'язок між БПЛА і наземним постом управління, а також умови управління польотом БПЛА. Показано, що комплекс БПЛА SoS може виконувати різні військові розвідувальні завдання.

Ключові слова: безпілотний літальний апарат; "System of Systems"; керуюча програма; розвідувальне завдання; інфрачервоний зв'язок.

Разработка программы боевой разведывательной задачи полета беспилотных летательных аппаратов SoS

А. А. Байрамов, Э. Г. Гашимов

Концепция “System of Systems” (SoS) для динамических объектов стала очень важным направлением в различных областях науки и промышленности, включая военную. SoS состоит из компонентов, которые решают одну задачу и в целом, объединяя собственные свойства и возможности, создают комплексную систему с новыми качествами. SoS – это такая система, которая во время различных действий комбинирует и объединяет в себе синергетику команд, функций управления, сеть и обмен информацией с обратной связью. В данной статье представлена разработанная программа боевой задачи полета беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) SoS. Обычно, наземный центр управления БПЛА использует радиосвязь. Но это имеет свои недостатки: 1) радиосвязь может нарушиться, БПЛА не выполнит задания и в лучшем случае вернется на базу; 2) враг может нарушить радиосвязь и перехватить управление БПЛА. Создание БПЛА SoS комплекса ограничивает эти недостатки. В соответствии с записанным в память программным обеспечением, БПЛА SoS, используя инфракрасную радиосвязь, является самоуправляющейся системой, использующей принцип “feedback” и независимо выполняющей боевую задачу. Если какой-то БПЛА потеряет инфракрасную радиосвязь, тогда он (или они) независимо вернутся на базу. Если какой-то БПЛА будет сбит, остальные продолжат свою миссию. Получены уравнения Гамильтона для движения данной системы. Предложены ИК связь между БПЛА и радиосвязь между БПЛА и наземным постом управления, а также условия управления полетом БПЛА. Показано, что комплекс БПЛА SoS может выполнять различные военные разведывательные задачи.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат; “System of Systems”; управляющая программа; разведывательная задача; инфракрасная связь.

УДК 004.932 **doi: 10.20998/2522-9052.2019.1.26**

В. О. Павлій

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, Україна

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ БОРТОВИХ СИСТЕМ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОГО СПОСТЕРЕЖЕННЯ В УМОВАХ РОЗФОКУСУВАННЯ ТА ЗМАЗУВАННЯ

Предметом вивчення в статті є інформаційна технологія обробки зображень бортових систем оптико-електронного спостереження в умовах розфокусування та змазування. **Метою** є розробка інформаційної технології обробки зображень бортових систем оптико-електронного спостереження в умовах розфокусування та змазування. **Завдання:** аналіз особливостей зображень бортових систем оптико-електронного спостереження, формулювання вимог до інформаційних технологій обробки зображень бортових систем оптико-електронного спостереження в умовах розфокусування та змазування, аналіз відомих методів обробки зображень бортових систем оптико-електронного спостереження в умовах розфокусування та змазування, розробка інформаційної технології обробки зображень бортових систем оптико-електронного спостереження в умовах розфокусування та змазування. Використовуваними **методами** є: методи теорії імовірності, математичної статистики, методи оптимізації, математичного моделювання та цифрової обробки зображень, аналітичні та емпіричні методи порівняльного дослідження. Отримані такі **результати.** Встановлено, що методологія IDEF0 заснована на методі структурного аналізу та проектування SADT. У відповідності до синтаксису та семантики IDEF0 інформаційна технологія обробки зображень бортових систем оптико-електронного спостереження в умовах розфокусування та змазування може бути представлена у вигляді: кортежу, верхньої дочірньої діаграми, дочірніх діаграм. **Висновки.** Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному: розроблена прикладна інформаційна технологія обробки зображень бортових систем оптико-електронного спостереження в умовах розфокусування та змазування, в якій, на відміну від відомих, використовується методологія системного моделювання IDEF0, що заснована на методі структурного аналізу та проектування SADT.

Ключові слова: бортова систем спостереження; оптико-електронне зображення; роз фокусування; змазування; інформаційна технологія; методологія системного моделювання; метод структурного аналізу та проектування.

Вступ

Постановка проблеми у загальному вигляді. Відомо, що задача обробки оптико-електронних зображень в умовах розфокусування та змазування виникає при спостереженні та реєстрації зображень бортових систем оптико-електронного спостереження [1, 2].

До інформаційних технологій обробки зображень бортових систем оптико-електронного спостереження в умовах розфокусування та змазування висуваються наступні вимоги [3]:

– висока швидкодія при обробці великих масивів даних;

– можливість сумісного використання спектральних та текстурних ознак.

При цьому вибір конкретної інформаційної технології обробки зображень залежить від задач, що вирішуються, та вимог, що висуваються до результату обробки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо [4–7], що для обробки оптико-електронних зображень в умовах розфукусування та змазування використовують такі методи:

«несліпої» деконволюції, коли відома функція розмиття точки (ФРТ);

сліпої деконволюції при невідомій ФРТ.

При невідомій ФРТ використовують основні наступні методи обробки оптико-електронних зображень в умовах розфокусування і змазування:

- ітеративний метод Ван Кіттерта [3, 7];
- ітеративний метод сліпої деконволюції [3, 7];
- ітеративний метод Люсі-Річардсона [4-5];
- модифікований метод Люсі-Річардсона [4, 5];
- ітеративний метод Ландвебера [6].

Встановлено, що найбільш ефективним з точки зору якості відновленого зображення є ітеративний метод Ландвебера, який знижує вплив шумів на якість зображення, однак при цьому виникають обрамляючи ефекти на краях зображення [6]. Наявність обрамляючих ефектів впливає на якість подальшої прив’язки оптико-електронного зображення та проведення дешифрування оптико-електронного зображення [6].

Мета статті – розробити інформаційну технологію обробки зображень бортових систем оптико-електронного спостереження в умовах розфокусування та змазування.

Постановка задачі та викладення матеріалів дослідження

Інформаційну технологію обробки зображень бортових систем оптико-електронного спостереження в умовах розфокусування та змазування будемо розглядати у вигляді деякої сукупності функцій, які певним чином пов’язані одна з одною і реалізують прийоми, способи і методи, що забезпечують отримання, зберігання, обробку, передачу та використання оптико-електронних зображень. Для візуалізації та подальшого формального представлення структури і складу інформаційної технології обробки зображень бортових систем оптико-електронного спостереження в умовах розфокусування та змазування будемо використовувати методологію системного моделювання IDEF0 (ICAM (Integrated Computer Aided Manufacturing) Definition) [8, 9].

© В. О. Павлій, 2019

У загальному випадку методологія IDEF0 використовується для створення функціональної моделі, що відображає структуру та функції системи, а також потоки інформації і матеріальних об'єктів, що зв'язують ці функції.

Методологія IDEF0 заснована на методі структурного аналізу та проектування SADT (Structured Analysis & Design Technique). Основу методології IDEF0 складає стандартизована графічна мова опису (моделювання) систем [8].

У відповідності до синтаксису та семантики IDEF0 формально представимо інформаційну технологію обробки зображень бортових систем оптико-електронного спостереження в умовах розфокусування та змазування (IT) у вигляді:

– кортежу T^{IT} – вираз (1);

– множини D_l^{IT} – вираз (2);

– множини $\left\{L_j^l\right\}$ – вираз (3):

$$T^{IT} = \left\langle In^{IT}, \left\{D_l^{IT}\right\}\right\rangle, \quad (1)$$

$$D_l^{IT} = \left\{\left\{F_i^l\right\}, \left\{L_j^l\right\}\right\}, \quad (2)$$

$$L_j^l = \left\{\left\{V_j^l\right\}, \left\{C_s^l\right\}, \left\{I_m^l\right\}, \left\{O_n^l\right\}, \left\{M_r^l\right\}\right\}, \quad (3)$$

де In^{IT} – формулювання поставленої цілі, в даному випадку це розробка системи пов'язаних функцій, що реалізують прийоми, способи та методи збору, зберігання, обробки, передачі та використання знань (даних) щодо обробки зображень бортових систем оптико-електронного спостереження в умовах розфокусування та змазування як інформаційної технології;

$\left\{D_l^{IT}\right\}$ – множина рівнів деталізації представлення інформаційної технології; l=0,…,3, де при l=0 формується контекстна діаграма (модель) верхнього рівня, при l=1 – верхня дочірня діаграма, при l=2, l=3 – дочірні діаграми;

$\left\{F_i^l\right\}$ – множина функцій, що реалізують прийоми, способи та методи роботи зі знаннями (даними) на $\left\{D_l^{IT}\right\}$ рівні деталізації представлення інформаційної технології.

У якості функцій при l=0 розглядається (в термінології IDEF0) узагальнена "діяльність" (функція-діяльність).

У якості функцій при l=1 розглядаються основні "процеси" (функції-процеси) роботи зі знаннями (даними), що реалізуються в інформаційній технології.

У якості функцій при l=2 розглядаються "підпроцеси" (функції-підпроцеси) роботи зі знаннями (даними) в рамках відповідного "процесу" на етапах розробки та експлуатації підсистеми обробки зображень бортових систем оптико-електронного спостереження в умовах розфокусування та змазування.

У якості функцій при l=3 розглядаються "операції" (функції-операції) роботи зі знаннями (даними) в ході розробки та експлуатації підсистеми обробки зображень бортових систем оптико-електронного спостереження в умовах розфокусування та змазування в рамках відповідного "процесу" на етапах розробки та експлуатації підсистеми обробки зображень бортових систем оптико-електронного спостереження в умовах розфокусування та змазування;

$\left\{L_j^l\right\}$ – множина внутрішніх та граничних взаємодій елементів системи;

$\left\{V_j^l\right\} \subseteq \left\{L_j^l\right\}$ – множина внутрішніх взаємодій між функціями з множини $\left\{F_i^l\right\}$;

$\left\{C_j^l\right\} \subseteq \left\{L_j^l\right\}$ – множина керуючих граничних взаємодій програмних та технічних засобів, що реалізують інформаційну технологію;

$\left\{I_j^l\right\} \subseteq \left\{L_j^l\right\}$ – множина вхідних керуючих граничних взаємодій, що відображають дані (інформацію, знання), які перетворюються функцією;

$\left\{O_j^l\right\} \subseteq \left\{L_j^l\right\}$ – множина вихідних керуючих граничних взаємодій, що відображають дані (знання) про об'єкти, що виробляються функцією;

$\left\{M_j^l\right\} \subseteq \left\{L_j^l\right\}$ – множина граничних взаємодій, що відображають математичний апарат, що використовується для формалізації знань щодо обробки зображень бортових систем оптико-електронного спостереження в умовах розфокусування та змазування.

На рис. 1 представлена контекстна діаграма верхнього рівня, що описує область та границі представлення технології обробки зображень бортових систем оптико-електронного спостереження в умовах розфокусування та змазування у відповідності з виразом (4):

$$D_0^{IT} = \left\{\left\{F_1^0\right\}, \left\{C_1^0, I_1^0, O_1^0, O_2^0, M_1^0\right\}\right\}. \quad (4)$$

На рис. 2 наведена верхня дочірня діаграма, що описує функції-процеси інформаційної технології обробки зображень бортових систем оптико-електронного спостереження в умовах розфокусування та змазування у відповідності з наступним виразом:

$$D_1^{IT} = \left\{\left\{F_i^1\right\}, \left\{C_1^0, I_1^0, O_1^0, O_2^0, M_1^0, \left\{V_t^1\right\}\right\}\right\}, \quad (5)$$

де t=1,2,…7.

У якості функцій з множини $\left\{F_i^1\right\}$ верхньої дочірньої діаграми рівня D_1^{IT}, що створюється при декомпозиції діаграми рівня D_0^{IT}, розглядаються функції процеси, що реалізують прийоми, способи та методи:

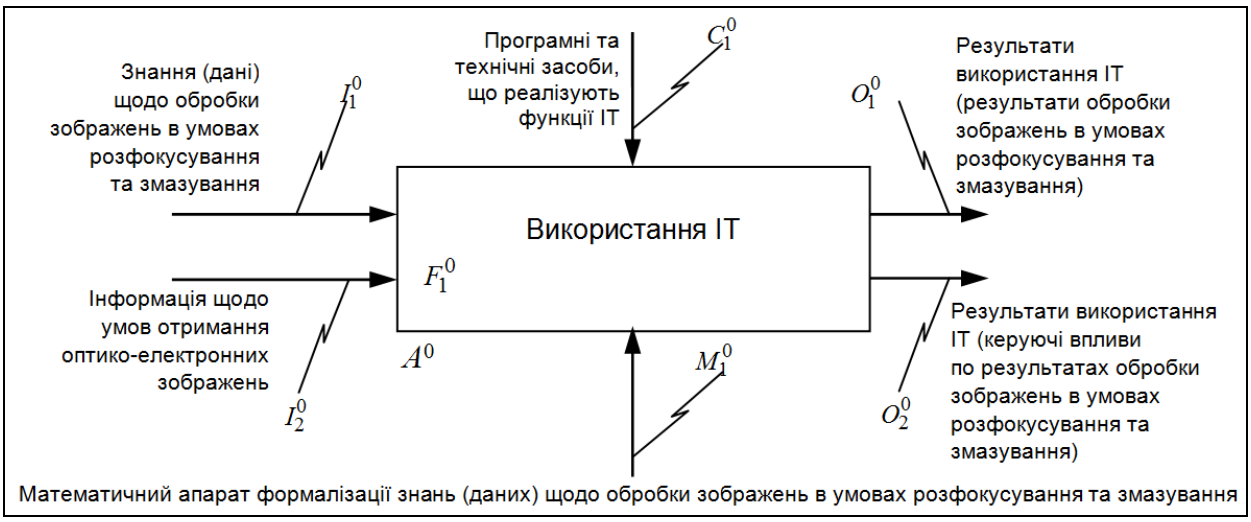


Рис. 1. Контекстна діаграма верхнього рівня,
що описує область та границі представлення інформаційної технології ІТ

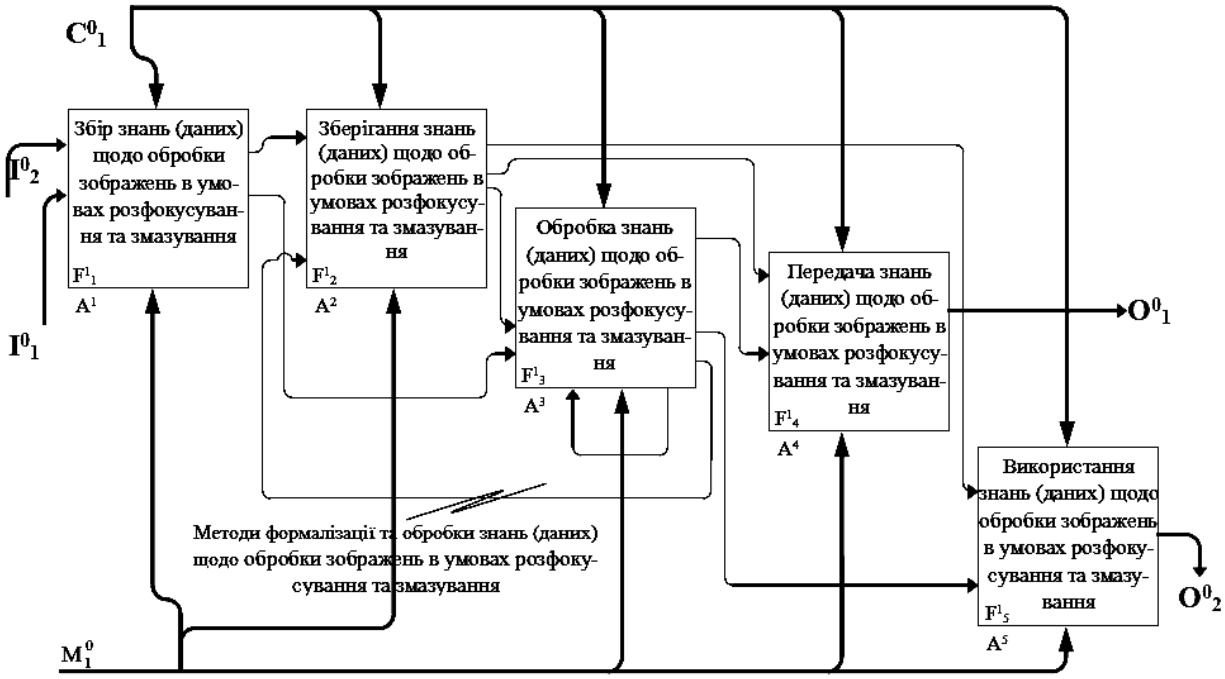


Рис. 2. Верхня дочірня діаграма,
що описує функції-процеси інформаційної технології ІТ

– збору знань (даних) щодо обробки зображень бортових систем оптико-електронного спостереження в умовах розфокусування та змазування, тобто

$$F_1^1 \in \left\{F_i^1\right\};$$

– зберігання знань (даних) щодо обробки зображень бортових систем оптико-електронного спостереження в умовах розфокусування та змазування, тобто

$$F_2^1 \in \left\{F_i^1\right\};$$

– обробки знань (даних) щодо обробки зображень бортових систем оптико-електронного спостереження в умовах розфокусування та змазування, тобто

$$F_3^1 \in \left\{F_i^1\right\};$$

– передачі знань (даних) щодо обробки зображень бортових систем оптико-електронного спостереження в умовах розфокусування та змазування, тобто

$$F_4^1 \in \left\{F_i^1\right\};$$

– використання знань (даних) щодо обробки зображень бортових систем оптико-електронного спостереження в умовах розфокусування та змазування, тобто

$$F_5^1 \in \left\{F_i^1\right\}.$$

У якості функцій з множини $\left\{F_i^1\right\}$ верхньої дочірньої діаграми рівня D_1^{IT}, що створюється при декомпозиції діаграми рівня D_0^{IT}, розглядаються функції процеси, що реалізують прийоми, способи та методи:

– збору знань (даних) щодо обробки зображень в умовах розфокусування та змазування, тобто

$$F_1^1 \in \left\{F_i^1\right\};$$

– зберігання знань (даних) щодо обробки зображень в умовах розфокусування та змазування, тобто

$$F_2^1 \in \left\{F_i^1\right\};$$

– обробки знань (даних) щодо обробки зображень в умовах розфокусування та змазування, тобто

$$F_3^1 \in \left\{F_i^1\right\};$$

– передачі знань (даних) щодо обробки зображень в умовах розфокусування та змазування, тобто

$$F_4^1 \in \left\{F_i^1\right\};$$

– використання знань (даних) щодо обробки зображень в умовах розфокусування та змазування, тобто

$$F_5^1 \in \left\{F_i^1\right\}.$$

Розглянемо коротко основні функції-процеси інформаційної технології обробки зображень в умовах розфокусування та змазування. Функція-процес збору знань (даних) щодо обробки зображень в умовах розфокусування та змазування

$$F_1^1 \in \left\{F_i^1\right\}$$

реалізується шляхом виконання наступних функцій-підпроцесів:

– функція-підпроцес

$$F_{11}^2 \in F_1^1$$

збору знань (даних) щодо обробки зображень в умовах розфокусування та змазування, що реалізується при розробці програмно-апаратного комплексу (ПАК) обробки зображень в умовах розфокусування та змазування;

– функція-підпроцес збору

$$F_{12}^2 \in F_1^1$$

знань (даних) щодо обробки зображень в умовах розфокусування та змазування, що реалізується в ході експлуатації ПАК обробки зображень в умовах розфокусування та змазування.

В ході реалізації функції-підпроцеса F_{11}^2 визначається склад знань (даних) (в тому числі, з точки зору виділення декларативних та процедурних знань) щодо обробки зображень в умовах розфокусування та змазування.

В ході реалізації функції-підпроцеса F_{12}^2 виконується, при необхідності, корегування складу існуючих знань (даних) щодо обробки зображень в умовах розфокусування та змазування, а також безпосередньо здійснюється прийом даних (фактів) на поточний момент часу від зовнішніх джерел інформації (наприклад, щодо району спостереження, фоно-об'єктової обстановки тощо).

Функція-процес зберігання знань (даних) щодо обробки зображень в умовах розфокусування та змазування

$$F_2^1 \in \left\{F_i^1\right\}$$

реалізується шляхом виконання наступних функцій-підпроцесів:

– функція-підпроцес

$$F_{21}^2 \in F_2^1$$

розробки бази знань (даних), що реалізується при розробці ПАК обробки зображень в умовах розфокусування та змазування;

– функція-підпроцес

$$F_{22}^2 \in F_2^1$$

реалізації процесу безпосереднього зберігання знань (даних) щодо обробки зображень в умовах розфокусування та змазування, що реалізується при експлуатації ПАК обробки зображень в умовах розфокусування та змазування.

Функція-підпроцес F_{21}^2 реалізується шляхом виконання наступних функцій-операцій:

– розроблюється архітектура ПАК обробки зображень в умовах розфокусування та змазування, що визначає структуру, функції та взаємозв'язок компонентів ПАК;

– визначається склад технічних засобів для реалізації компонентів ПАК обробки зображень в умовах розфокусування та змазування;

– визначається склад програмних засобів для реалізації компонентів ПАК обробки зображень в умовах розфокусування та змазування (операційна система, мова програмування, інструментальні засоби інженерії знань (CASE-засоби (Computer-Aided Software Engineering)) тощо);

– виконується програмна реалізація компонентів ПАК обробки зображень в умовах розфокусування та змазування на основі обраних технічних та програмних засобів реалізації;

– здійснюється наповнення бази правил ПАК обробки зображень в умовах розфокусування та змазування.

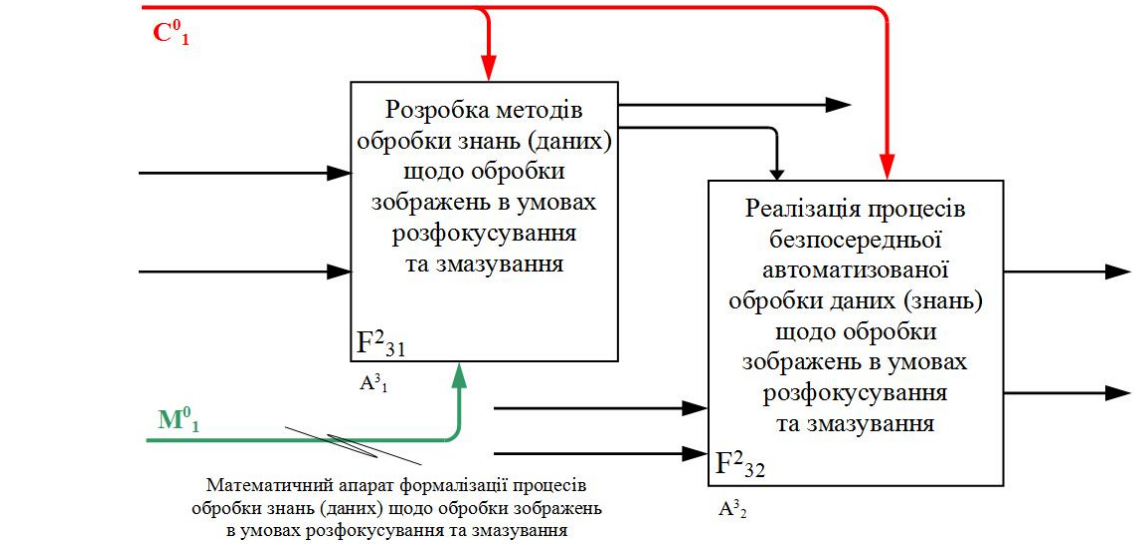
В ході реалізації функції-підпроцеса F_{22}^2 виконується зберігання в базі правил ПАК обробки

зображень в умовах розфокусування та змазування введених або скорегованих на попередньому етапі правил, зберігання в базі фактів програмно-апаратного комплексу обробки зображень в умовах розфокусування та змазування даних щодо умов ведення спостереження, фоно-об'єктової обстановки та результатів обробки знань (даних) щодо обробки зображень в умовах розфокусування та змазування.

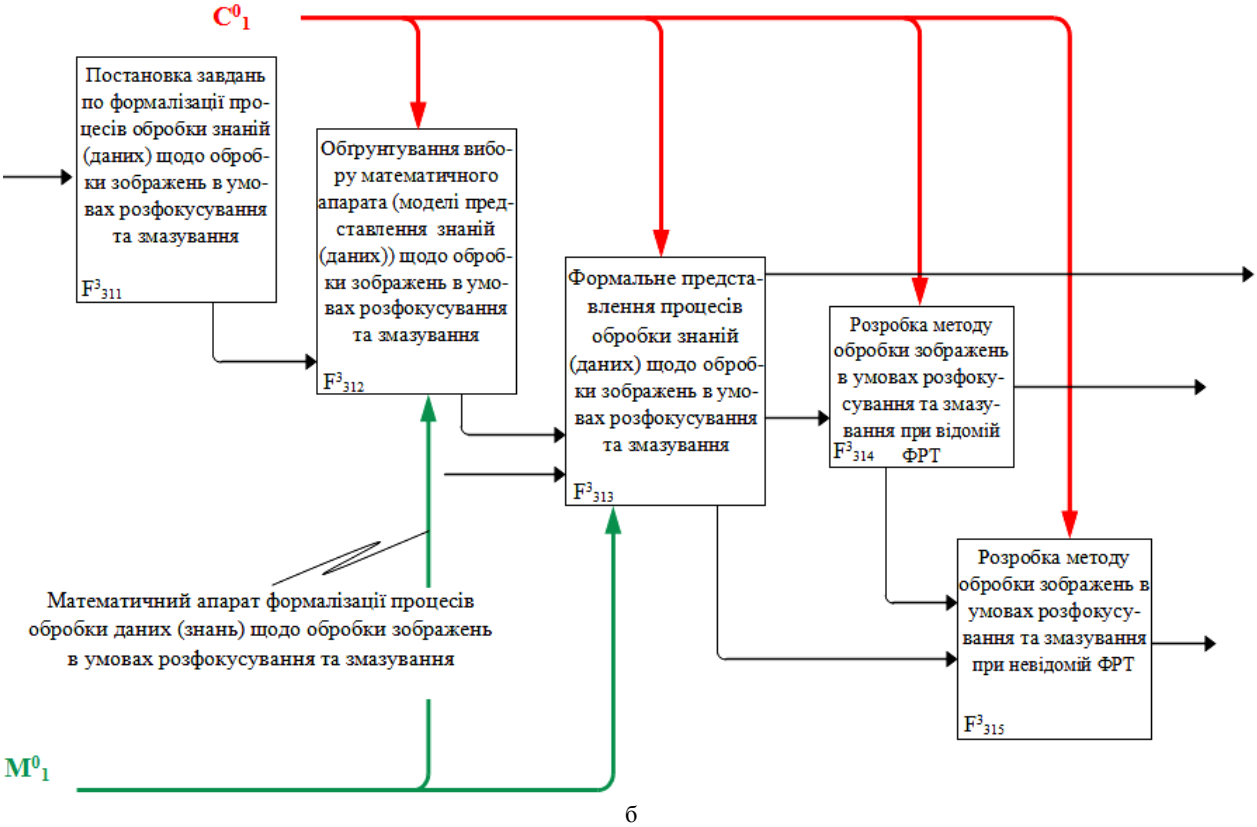
Функція-процес обробки знань (даних) щодо обробки зображень в умовах розфокусування та змазування $F_3^1 \in \{F_i^1\}$ реалізується шляхом виконання наступних функцій-підпроцесів (рис. 3, а):

– функція-підпроцес $F_{31}^2 \in F_3^1$ розробки методів обробки знань (даних) щодо обробки зображень в умовах розфокусування та змазування (реалізується на етапі створення ПАК обробки зображень в умовах розфокусування та змазування);

– функція-підпроцес $F_{31}^2 \in F_3^1$ розробки методів обробки знань (даних) щодо обробки зображень



а



б

Рис. 3. Дочірня діаграма, що описує функції-підпроцеси інформаційної технології для реалізації функції-підпроцесу: а – обробки знань (даних) щодо обробки зображень в умовах розфокусування та змазування б – розробки методів обробки знань (даних) щодо обробки зображень в умовах розфокусування та змазування

в умовах розфокусування та змазування (реалізується на етапі створення ПАК обробки зображень в умовах розфокусування та змазування);

– функція-підпроцес $F_{32}^2 \in F_3^1$ реалізації процесу безпосередньої автоматизованої обробки знань (даних) щодо обробки зображень в умовах розфокусування та змазування в ході експлуатації ПАК обробки зображень в умовах розфокусування та змазування.

Функція-підпроцес F_{31}^2 реалізується шляхом виконання наступних функцій-операцій (рис. 3, б):

– проводиться постановка завдань по формалізації процесу обробки знань (даних) щодо обробки зображень в умовах розфокусування та змазування;

– визначаються способи представлення знань (даних) (обгрунтовується вибір математичного апарату (моделі представлення знань (даних))) щодо обробки зображень в умовах розфокусування та змазування;

– проводиться формальне представлення процесів обробки знань (даних) щодо обробки зображень в умовах розфокусування та змазування, а саме:

а) метод обробки зображень в умовах розфокусування та змазування при відомій ФРТ;

б) метод обробки зображень в умовах розфокусування та змазування при невідомій ФРТ.

Висновки і напрямки подальших досліджень

В роботі розроблена прикладна інформаційна технологія обробки зображень в умовах розфокусування та змазування, в якій, на відміну від відомих, використовується методологія системного моделювання IDEF0, що заснована на методі структурного аналізу та проектування SADT.

В подальших дослідженнях необхідно детально розглянути структуру алгоритму, що реалізує функцію-підпроцес F_{31}^2 та відповідні функції-оператори прикладної інформаційної технології обробки зображень в умовах розфокусування та змазування.

Список літератури

1. Шовенгердт Р. А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений / Р. А. Шовенгердт. – М.: Техносфера, 2010. – 560 с.
2. Новейшие методы обработки изображений / А. А. Потапов, Ю. В. Гуляев, С. А. Никитов, А. А. Пахомов, В. А. Герман, под ред. А. А. Потапова. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 456 с.
3. Павлій В. О. Функція розмиття точки дефокусованих оптико-електронних зображень / В. О. Павлій, Г. В. Худов // Вісник Української академії залізничного транспорту. – 2013. – № 5. – С. 34-38.
4. Lucy L. B. An iterative technique for the rectification of observed distributions / L. B. Lucy // The Astronomical Journal, 1974. – Vol. 79. – № 6. – P. 745–754.
5. Richardson W. H. Bayesian-Based iterative method of image restoration / W. H.Richardson // Journal of Optical Society of America, 1970. – Vol. 62. – № 1. – P. 55–59.
6. Landweber L. An iteration formula for Fredholm integral eguations of the first kind / L.Landweber // Amer. J. Math., 2009. – Vol. 73. – P. 615–624.
7. Павлий В. А. Анализ известных методов восстановления оптико-электронных изображений, искаженных смазом / В. А. Павлий, Г. В. Худов // Системи обробки інформації. – 2013. – Вип. 6 (113). – С. 118–121.
8. Коваленко А.А. Сучасний стан та тенденції розвитку комп'ютерних систем об'єктів критичного застосування / А.А. Коваленко, Г.А. Кучук // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава . ПНТУ, 2018. – Вип. 1(47). – С. 110-113.
9. Кучук Г.А. Метод оценки характеристик АТМ-трафика / Г.А. Кучук // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті, – 2003. – № 6. – С. 44-48.
10. Amin Salih M., Potrus M.Y. A Method for Compensation of TCP Throughput Degrading During Movement Of Mobile Node. *ZANCO Journal of Pure and Applied Sciences*. Vol. 27, No 6. P. 59-68.
11. Kuchuk, G., Nechausov, S., Kharchenko, V. Two-stage optimization of resource allocation for hybrid cloud data store. *Int. Conf. on Information and Digital Technologies*. 2015. P. 266-271. DOI: http://dx.doi.org/10.1109/DT.2015.7222982
12. Mohammed, A. S. Optimal Forecast Model for Erbil Traffic Road Data. ZANCO Journal of Pure and Applied Sciences. 2017. Vol. 29, No 5. P. 137–145. DOI: https://doi.org/10.21271/ZJPAS.29.5.15
13. Dhivakar B., Saravanan S.V., Sivaram M., Krishnan R.A. Statistical Score Calculation of Information Retrieval Systems using Data Fusion Technique". *Computer Science and Engineering*. 2012. Vol. 2, Issue 5. pp.43-45. doi: http://doi.org/10.5923/j.computer.20120205.01
14. Дэвид М. А. Методология структурного анализа и проектирования SADT / М. А. Дэвид, М. Г. Клемент. – М.: Мир, 1993. – 240 с.
15. Худов В. Г. Інформаційна технологія тематичного сегментування зображень бортових систем оптико-електронного спостереження з використанням методології системного моделювання IDEF0 / В. Г. Худов // Сучасні інформаційні системи [Advanced Information Systems]. – 2018. – Vol. 2. – № 4. – P. 64–69.

References

1. Schovengerdt. R.A. (2010), *Remote Sensing. Models and methods of image processing*, Technosphere, Moscow, 560 p.
2. Potapov, A.A., Gulyaev, Yu.V., Nikitov, S.A., Pakhomov, A.A. and German V.A. (2009), *Newest methods of image processing*, FIZMATLIT, Moscow, 456 p.
3. Pavlii, V.O. and Khudov, G.V. (2013), "Functions of the Distribution Point of the Defocusing Optoelectronic Imagery", *Visnick of the Ukrainian Academy of Seating Transport*, No. 5, pp. 34–38.
4. Lucy, L.B. (1974), "An iterative technique for the rectification of observed distributions", *The Astronomical Journal*, Vol. 79, No. 6, pp. 745–754.
5. Richardson, W.H. (1970), "Bayesian-Based iterative method of image restoration", *Journal of Optical Society of America*, Vol. 62, No. 1, pp. 55–59.

6. Landweber, L. (2009), “An iteration formula for Fredholm integral equations’ of the first kind”, *Amer. J. Math*., Vol. 73, pp. 615–624.
7. Pavliy, V.A. and Khudov, G.V. (2013), “Analysis of known methods for the recovery of optoelectronic images distorted by lubricant”, *Information processing systems*, No. 6 (113), pp. 118–121.
8. Kovalenko, A.A. and Kuchuk, G.A. (2018), “The current state and trends of the development of computer systems of objects of critical application”, *Systems of control, navigation and communication*, PNTU, Poltava, No. 1 (47), pp. 110–113.
9. Kuchuk, G.A. (2003), "Method of estimation of characteristics of ATM traffic", *Information and control systems in the railway transport*, No. 6, pp. 44–48.
10. Amin Salih M. and Potrus M.Y. (2015), “A Method for Compensation of Tcp Throughput Degrading During Movement Of Mobile Node”, *ZANCO Journal of Pure and Applied Sciences*, Vol. 27, No 6, pp. 59–68.
11. Kuchuk, G., Nechausov, S. and Kharchenko, V. (2015), “Two-stage optimization of resource allocation for hybrid cloud data store”, *Int. Conf. on Information and Digital Technologies*, pp. 266-271, DOI: http://dx.doi.org/10.1109/DT.2015.7222982
12. Mohammed, A. S. (2017), “Optimal Forecast Model for Erbil Traffic Road Data”, ZANCO Journal of Pure and Applied Sciences, Vol. 29, No 5, pp. 137–145, DOI: https://doi.org/10.21271/ZJPAS.29.5.15
13. Dhivakar, B., Saravanan, S.V., Sivaram, M. and Krishnan R.A. (2012), “Statistical Score Calculation of Information Retrieval Systems using Data Fusion Technique”, *Computer Science and Engineering*, Vol. 2, Issue 5, pp.43-45, DOI: http://doi.org/10.5923/j.computer.20120205.01
14. David, M.A. and Clement, M.G. (1993), *SADT Structural Analysis and Design Methodology*, Mir, Moscow, 240 p.
15. Khudov, V.G. (2018), “Information technology of thematic segmentation of images of airborne optical-electronic systems for monitoring the methodology of system modeling IDEF0”, *Advanced Information Systems*, Vol. 2, No. 4, pp. 64–69.

Received (Надійшла) 15.02.2019
Accepted for publication (Прийнята до друку) 20.03.2019

Информационная технология обработки изображений бортовых систем оптико-электронного наблюдения в условиях расфокусирования и смаза

В. А. Павлий

Предметом изучения в статье является информационная технология обработки изображений бортовых систем оптико-электронного наблюдения в условиях расфокусирования и смаза. **Целью** является разработка информационной технологии обработки изображений бортовых систем оптико-электронного наблюдения в условиях расфокусирования и смаза. **Задачи**: анализ особенностей изображений бортовых систем оптико-электронного наблюдения, формулировка требований к информационным технологиям обработки изображений бортовых систем оптико-электронного наблюдения в условиях расфокусирования и смаза, разработка информационной технологии обработки изображений бортовых систем оптико-электронного наблюдения в условиях расфокусирования и смаза. Используемыми **методами** являются: методы теории вероятности, математической статистики, методы оптимизации, математического моделирования и цифровой обработки изображений, аналитические и эмпирические методы сравнительного исследования. Получены следующие **результаты**. Установлено, что методология IDEF0 основана на методе структурного анализа и проектирования SADT. В соответствие с синтаксисом и семантикой IDEF0 информационная технология обработки изображений бортовых систем оптико-электронного наблюдения в условиях расфокусирования и смаза может быть представлена в виде: кортежа, верхней дочерней диаграммы, дочерних диаграмм. **Выводы.** Научная новизна полученных результатов заключается в следующем: разработана прикладная информационная технология обработки изображений бортовых систем оптико-электронного наблюдения в условиях расфокусирования и смаза, в которой, в отличие от известных, используется методология системного моделирования IDEF0, которая основана на методе структурного анализа и проектирования SADT.

Ключевые слова: бортовая система наблюдения; оптико-электронное изображение; расфокусирование; смаз; информационная технология; методология системного моделирования; метод структурного анализа и проектирования.

Information technology of image processing of airboard optical-electronic observation systems in conditions of defocusing and blurring

V. Pavlii

The **subject matter** of the article is the information technology for image processing of on-board optical-electronic observation systems in conditions of defocusing and blurring. The **goal** is the development of information technology for image processing of on-board optical-electronic observation systems in conditions of defocusing and blurring. The **tasks** are: analysis of features of images of onboard systems of optical-electronic observation, formulation of requirements for information technologies for image processing of on-board optical-electronic observation systems in conditions of defocusing and blurring, the development of information technology for for image processing of on-board optical-electronic observation systems in conditions of defocusing and blurring. The **methods** used are: methods of probability theory, mathematical statistics, optimization methods, mathematical modeling and digital image processing, analytical and empirical methods of comparative research. The following **results** were obtained. It has been established that the IDEF0 methodology is based on the SADT structural analysis and design method. In accordance with the syntax and semantics of IDEF0, the information technology for image processing of on-board optical-electronic observation systems in conditions of defocusing and blurring can be presented in the form of: a tuple, an upper child diagram, and child diagrams. **Conclusions**. The scientific novelty of the results obtained is as follows: an applied information technology has been developed for image processing of on-board optical-electronic observation systems in conditions of defocusing and blurring, in which, unlike the known ones, the system modeling methodology IDEF0 is used, which is based on the SADT structural analysis and design method.

Keywords: onboard surveillance system; optical-electronic image; defocusing; blurring; information technology; system modeling methodology; structured analysis & design technique.

НАШІ АВТОРИ (AUTHORS)

АЛЕКСІЄВ
Володимир Олегович
(*Volodymyr Aleksiyev*)
Харківський національний економічний університет імені С. Кузнеця, Харків, Україна; доктор технічних наук, професор, професор кафедри кібербезпеки та інформаційних технологій; e-mail: aleksiyev@gmail.com; http://orcid.org/0000-0001-6767-7524

АЛЬОШИН
Геннадій Васильович
(*Gennadiy Aloshin*)
Український державний університет залізничного транспорту, Харків, Україна; доктор технічних наук, професор, професор кафедри транспортного зв'язку; e-mail: dr.aloshin@gmail.com; http://orcid.org/0000-0003-1876-7616

АНДРЄЄВ
Сергій Михайлович
(*Sergii Andrieiev*)
Національний аерокосмічний університет імені М. Є. Жуковського «ХАІ», Харків, Україна; кандидат технічних наук, доцент кафедри геоінформаційних технологій та космічного моніторингу Землі; e-mail: andreevsm@gmail.com; http://orcid.org/0000-0003-4256-2637

АРТЕМЕНКО
Артур Миколайович
(*Artur Artemenko*)
Головне управління Генерального штабу Збройних Сил України, Київ, Україна; кандидат технічних наук, начальник Головного управління; e-mail: artemenko.arther@gmail.com; http://orcid.org/0000-0001-7716-0406

БАЙРАМОВ
Азад Агалар огли
(*Azad Agalar ogli Bayramov*)
Військова академія Збройних Сил Азербайджанської Республіки, Баку, Азербайджан; доктор фізико-математичних наук, професор, професор-радник; e-mail: azad.bayramov@yahoo.com; https://orcid.org/0000-0001-6672-2338

ВОРОБІЄНКО
Петро Петрович
(*Petro Vorobiyenko*)
Одеська національна академія зв'язку імені О.С. Попова, Одеса, Україна; доктор технічних наук, професор, ректор; e-mail: vorobiyenko@onat.edu.ua; http://orcid.org/0000-0003-4774-1052

ГАВРИЛОВА
Алла Андріївна
(*Alla Havrylova*)
Харківський національний економічний університет імені С. Кузнеця, Харків, Україна; доктор технічних наук, професор, професор кафедри кібербезпеки та інформаційних технологій; e-mail: sharaya1972@gmail.com; http://orcid.org/0000-0002-2015-8927

ГАЛАГАН
Роман Михайлович
(*Roman Galagan*)
Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна; кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри приладів і систем неруйнівного контролю; e-mail: rgalagan@ukr.net; http://orcid.org/0000-0001-7470-8392

ГАЦЕНКО
Сергій Станіславович
(*Serhiy Hatsenko*)
Національний університет оборони України імені Івана Черняховського, Київ, Україна; кандидат технічних наук, заступник начальника кафедри; e-mail: gans1501@ukr.net; http://orcid.org/0000-0002-0957-6458

ГАШИМОВ
Ельшан Гіяс огли
(*Elshan Giyas oğlu Hashimov*)
Військова академія Збройних Сил Азербайджанської республіки, Баку, Азербайджан; кандидат технічних наук, професор, начальник відділу науки та аспірантури; e-mail: hasimovel@gmail.com; http://orcid.org/0000-0001-8783-1277

ГЛАВЧЕВ
Максим Ігорович
(*Maksym Glavchev*)
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна; кандидат економічних наук, доцент, професор кафедри обчислювальної техніки та програмування; e-mail: mglav@ukr.net; http://orcid.org/0000-0001-9670-9118

ГЛАВЧЕВА
Дар`я Максимівна
(*Daria Hlavcheva*)
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна; студентка кафедри обчислювальної техніки та програмування; e-mail: gafina99@gmail.com; http://orcid.org/0000-0001-6990-6845

ГЛАВЧЕВА
Юлія Миколаївна
(*Yuliia Hlavcheva*)
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна; заступник директора науково-технічної бібліотеки; e-mail: glavcheva@khpi.edu.ua; http://orcid.org/0000-0001-7991-5411

ГРИШМАНОВ
Євгеній Олександрович
(*Evhenii Gryshmanov*)
Льотна академія Національного авіаційного університету, Кропивницький, Україна; старший викладач кафедри інформаційних технологій та обслуговування повітряного руху; e-mail: harasavey25@ukr.net; http://orcid.org/0000-0003-0968-1538

ДАНИК
Юрій Григорович
(*Yurii Danyk*)
Національний університет оборони України імені Івана Черняховського, Київ, Україна; доктор технічних наук, професор, директор інституту інформаційних технологій; e-mail: zhvinau@ukr.net; http://orcid.org/0000-0001-6990-8656

ДЕНИСЕНКО
Олег Васильович
(*Oleh Denysenko*)
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, Україна; кандидат технічних наук, доцент кафедри транспортних систем і логістики; e-mail: denisenko.oleg52@gmail.com; http://orcid.org/0000-0003-4942-4229

ДЕРГАЧОВ
Костянтин Юрійович
(*Kostiantyn Dergachov*)
Національний аерокосмічний університет імені М. Є. Жуковського «ХАІ», Харків, Україна; кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри систем управління літальними апаратами; e-mail: kdergachev@ukr.net; http://orcid.org/0000-0002-6939-3100

ДИЧКО
Олександр Андрійович
(*Aleksandr Dychko*)
Військовий інститут танкових військ НТУ «ХПІ», Харків, Україна;
доцент, доцент кафедри бронетанкового озброєння та військової техніки;
e-mail: alexdychko@yandex.ua; http://orcid.org/0000-0002-3532-6700

ДУМИЧ
Єгор Анатолійович
(*Yehor Dumych*)
Українська інженерно-педагогічна академія, Харків, Україна;
аспірант кафедри інформаційних комп'ютерних технологій і математики;
e-mail: sianotalone@gmail.com; http://orcid.org/0000-0002-4971-8844

ЖИЛІН
Володимир Анатолійович
(*Volodymyr Zhilin*)
Національний аерокосмічний університет імені М. Є. Жуковського «ХАІ», Харків, Україна;
кандидат технічних наук, доцент кафедри геоінформаційних технологій та космічного моніторингу Землі; e-mail: v.zhilin@khai.edu; http://orcid.org/0000-0002-7342-3456

ЗАХАРЧЕНКО
Ірина Вікторівна
(*Irina Zakharchenko*)
Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, Україна; кандидат технічних наук, викладач кафедри математичного та програмного забезпечення АСУ; e-mail: irishka310379@gmail.com; http://orcid.org/0000-0002-8534-1888

КАЛІМУЛІН
Темір
(*Temir Kalimulin*)
Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, Україна; курсант кафедри математичного та програмного забезпечення АСУ;
e-mail: bpgpma@ukr.net; https://orcid.org/0000-0002-7636-7218

КАНІЩЕВА
Ольга Валеріївна
(*Olga Kanishcheva*)
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна; кандидат технічних наук, доцент кафедри інтелектуальних комп'ютерних систем;
e-mail: kanichshevaolga@gmail.com; http://orcid.org/0000-0002-9035-1765

КАРЛОВ
Антон Дмитрович
(*Anton Karlov*)
Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, Україна; начальник групи міжнародного військового співробітництва;
e-mail: karlov_ad@ukr.net; http://orcid.org/0000-0002-0812-7052

КАРЛОВ
Володимир Дмитрович
(*Volodymyr Karlov*)
Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, Україна; доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри фізики та радіоелектроніки; e-mail: karlovvd@ukr.net; http://orcid.org/0000-0002-1043-684X

КАСІЛОВ
Олег Вікторович
(***Oleg Kasilov***)
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна; кандидат технічних наук, професор, професор кафедри систем інформації;
e-mail: o.kasilov@hotmail.com; http://orcid.org/0000-0002-8524-2345

КОВТУН
Анатолій Васильович
(*Anatolii Kovtun*)
Національна академія Національної гвардії України, Харків, Україна; кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри експлуатації та ремонту автомобілів та бойових машин;
e-mail: kav-60@ukr.net; https://orcid.org/0000-0002-8427-1005

КОЛОМІЙЦЕВ
Олексій Володимирович
(*Oleksii Kolomiitsev*)
Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, Україна; доктор технічних наук, провідний науковий співробітник науково-дослідного відділу; e-mail: alexus_k@ukr.net; http://orcid.org/0000-0001-8228-8404

КОРЖОВ
Ігор Михайлович
(*Ihor Korzhov*)
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна; аспірант кафедри інформаційно-вимірювальних технологій та систем;
e-mail: korgiov_igor@ gmail.com; http://orcid.org/0000-0003-2315-2683

КОСЕНКО
Віктор Васильович
(*Viktor Kosenko*)
ДП «Харківський науково-дослідний інститут технології машинобудування», Харків, Україна; доктор технічних наук, доцент, директор інституту;
e-mail: kosvv@ukr.net; http://orcid.org/0000-0002-4905-8508

КРАВЕЦЬ
Валерій Олексійович
(*Valerii Kravets*)
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна; кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри систем інформації;
e-mail: vak@kpi.kharkov.ua; http://orcid.org/0000-0002-7142-6530

КРАСНОВ
Леонід Олександрович
(*Leonid Krasnov*)
Національний аерокосмічний університет імені М. Є. Жуковського «ХАІ», Харків, Україна; кандидат технічних наук, ст. наук. співр., доцент кафедри систем управління літальними апаратами; e-mail: leonid.krasnov.1947@gmail.com; http://orcid.org/0000-0003-2607-8423

КРИЛЕНКО
Іван Михайлович
(*Ivan Krylenko*)
Військовий інститут танкових військ НТУ «ХПІ», Харків, Україна;
кандидат історичних наук, доцент кафедри військової підготовки офіцерів запасу;
e-mail: ivankrylenko@ukr.net; https://orcid.org/0000-0002-5398-3608

КРОПАЧЕК
Ольга Юріївна
(*Olga Kropachek*)
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна; доктор технічних наук, доцент, доцент кафедри теоретичних основ електротехніки; e-mail: kropachek@ukr.net; http://orcid.org/0000-0001-5899-0252

КУЗНЄЦОВ
Олександр Леонідович
(*Oleksandr Kuznietsov*)
Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, Україна; кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри фізики та радіоелектроніки; e-mail: sag2121@ukr.net; http://orcid.org/0000-0002-5915-8107

КУЧУК Георгій Анатолійович (***Heorhii Kuchuk***) Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна; доктор технічних наук, професор, професор кафедри обчислювальної техніки та програмування; e-mail: kuchuk56@ukr.net; http://orcid.org/0000-0002-2862-438X

ЛАЗУРЕНКО Богдан Олександрович (***Bohdan Lazurenko***) Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна; магістрант кафедри систем інформації; e-mail: torroloco789@gmail.com; http://orcid.org/0000-0002-3339-1402

ЛІАНГ Донг (***Liang Dong***) Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна; магістрант; e-mail: liangton@foxmail.com

МАКОГОН Олена Анатоліївна (***Helen Makogon***) Військовий інститут танкових військ НТУ «ХПІ», Харків, Україна; кандидат технічних наук, старший викладач кафедри бронетанкового озброєння та військової техніки; e-mail: helmkg@ukr.net; http://orcid.org/0000-0003-1112-8707

МАКСЮТА Дмитро Вікторович (***Dmytro Maksiuta***) Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, Україна; кандидат технічних наук, доцент кафедри озброєння радіотехнічних військ; e-mail: dmaksyta@ukr.net; http://orcid.org/0000-0002-4882-2498

МАЛИК Олег Станіславович (***Oleg Malyk***) Головне управління Національної гвардії України, Київ, Україна; начальник служби; e-mail: o.malyk@ngu.gov.ua

МАХДІ Касім Аббуд (***Qasim Abbood Mahdi***) Коледж університету Аль Тафф, Карбала, Ірак; кандидат технічних наук, доцент коледжу; e-mail: abbod4karem@gmail.com; https://orcid.org/0000-0001-6612-3511

МЕЛЕШКО Єлизавета Владиславівна (***Yelyzaveta Meleshko***) Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна; кандидат технічних наук, доцент, докторант кафедри кібербезпеки та програмного забезпечення; e-mail: elismeleshko@gmail.com; http://orcid.org/0000-0001-8791-0063

МЕТЕШКІН Костянтин Олександрович (***Kostiantyn Meteshkin***) Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Харків, Україна; доктор технічних наук, професор, професор кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем; e-mail: meteshkin@gmail.com; http://orcid.org/0000-0002-1170-2062

МИГУЩЕНКО Руслан Павлович (***Ruslan Mygushchenko***) Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна; доктор технічних наук, професор, професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій та систем; e-mail: mrp1@ukr.net; http://orcid.org/0000-0002-3287-9772

МІЛОВ Олександр Володимирович (***Oleksandr Milov***) Харківський національний економічний університет імені С. Кузнеця, Харків, Україна; старший викладач кафедри кібербезпеки та інформаційних технологій; e-mail: oleksandr.milov@hneu.net; http://orcid.org/0000-0001-6135-2120

МІЦКУС Артурас (***Arturas Mickus***) Університет Вітаутаса Великого (Vytautas Magnus University), Каунас, Литва; PhD, доцент, доцент кафедри прикладної інформатики; e-mail: arturas.mickus@vdu.lt; http://orcid.org/0000-0001-9148-2532

МОМОТ Андрій Сергійович (***Andrii Momot***) Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна; аспірант кафедри приладів і систем неруйнівного контролю; e-mail: drewmomot@gmail.com; http://orcid.org/0000-0001-9092-6699

МОРОЗОВА Ольга Ігорівна (***Olga Morozova***) Національний аерокосмічний університет імені М.Є. Жуковського «ХАІ», Харків, Україна; кандидат технічних наук, доцент кафедри теоретичної механіки, машинознавства та роботомеханічних систем; e-mail: oligmorozova@gmail.com; http://orcid.org/0000-0001-7706-3155

МУСАЄВ Руслан Гасангусейнович (***Ruslan Musaiev***) Військовий інститут танкових військ НТУ «ХПІ», Харків, Україна; магістрант кафедри бронетанкового озброєння та військової техніки; e-mail: ruslan93musaev@gmail.com; http://orcid.org/0000-0001-8714-5584

НЕСКОРОДЄВА Тетяна Василівна (***Tatiana Neskorodieva***) Донецький національний університет імені Василя Стуса, Вінниця, Україна; кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри математики і математичних методів в економіці; e-mail: t.neskorodieva@donnu.edu.ua; http://orcid.org/0000-0003-2474-7697

ОЧКУРЕНКО Олександр Вікторович (***Aleksandr Ochkurenko***) Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, Україна; кандидат технічних наук, старший викладач кафедри озброєння радіотехнічних військ; e-mail: kolidor@ukr.net; http://orcid.org/0000-0003-3809-5175

ПАВЛІЙ Владислав Олександрович (***Vladyslav Pavlii***) Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, Україна; кандидат технічних наук, доцент кафедри; e-mail: pavlii@ukr.net; http://orcid.org/0000-0003-3992-3884

ПІКУЛЬ
Ольга Ігорівна
(*Olga Pikul*)
Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут, Київ, Україна;
помічник начальника навчальної частини факультету телекомунікаційних систем;
e-mail: gunik187@meta.ua; http://orcid.org/0000-0001-5495-5943

ПЛАХОТНИЙ
Олександр Вікторович
(*Oleksandr Plakhotnyi*)
Національний аерокосмічний університет імені М.Є. Жуковського «ХАІ», Харків, Україна;
аспірант кафедри систем управління літальними апаратами;
e-mail: plahotnyi@gmail.com; http://orcid.org/0000-0002-6406-8501

ПОДОРОЖНЯК
Андрій Олексійович
(*Andrii Podorozhniak*)
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна; кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри обчислювальної техніки та програмування; e-mail: andriipodorozhniak@gmail.com; http://orcid.org/0000-0002-6688-8407

ПОСОХОВ
Віталій Васильович
(*Vitalii Posokhov*)
Національна академія Національної Гвардії України, Харків, Україна;
старший викладач;
e-mail: posohovv@ukr.net; http://orcid.org/0000-0003-2520-3050

СЕРКОВ
Олександр Анатолійович
(*Aleksandr Serkov*)
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна; доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри систем інформації;
e-mail: saa@kpi.kharkov.ua; http://orcid.org/0000-0002-6446-5523

СОТНІКОВ
Олександр Михайлович
(*Alexander Sotnikov*)
Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, Україна; доктор технічних наук, професор, провідний науковий співробітник наукового центру; e-mail: alexsot@ukr.net; http://orcid.org/0000-0001-7303-0401

ТАБУНЕНКО
Володимир Олександрович
(*Volodymyr Tabunenko*)
Національна академія Національної гвардії України, Харків, Україна; кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри експлуатації та ремонту автомобілів та бойових машин;
e-mail: tabunenko55@ukr.net; https://orcid.org/0000-0003-1347-5390

ТАНЦЮРА
Олександр Борисович
(*Alexander Tantsiura*)
Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, Україна; кандидат технічних наук, науковий співробітник наукового центру;
e-mail: shurik.lucky@gmail.com; http://orcid.org/0000-0003-3214-8643

ТКАЧОВ
Андрій Михайлович
(*Andrey Tkachov*)
Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, Україна; кандидат технічних наук, провідний науковий співробітник науково-дослідного відділу; e-mail: snsncps@gmail.com; http://orcid.org/0000-0003-1428-0173

ЧЕЛЯДІН
Олександр Олександрович
(*Oleksandr Cheliadin*)
Національний аерокосмічний університет імені М. Є. Жуковського «ХАІ», Харків, Україна;
аспірант кафедри систем управління літальними апаратами;
e-mail: lorianua33@gmail.com; http://orcid.org/0000-0002-1201-6240

ШЕХОВЦОВ
Сергій Борисович
(*Sergiy Shekhovtsov*)
Харківський національний університет внутрішніх справ, Харків, Україна;
кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри;
e-mail: ep109@ukr.net; http://orcid.org/0000-0003-2381-7999

ШИШАЦЬКИЙ
Андрій Володимирович
(*Andrii Shyshatskyi*)
Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, Київ, Україна; кандидат технічних наук, начальник науково-дослідної лабораторії; e-mail: ierikon12@gmail.com; http://orcid.org/0000-0001-6731-6390

ШМАТКО
Олександр Віталійович
(*Oleksandr Shmatko*)
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна; кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри програмної інженерії та інформаційних технологій управління; e-mail: asu.spios@gmail.com; http://orcid.org/0000-0002-2426-900X

ЩАПОВ
Павел Федорович
(*Pavel Shchapov*)
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна, доктор технічних наук, професор, професор кафедри промислової і біомедичної електроніки, e-mail: shapov.p.f@gmail.com; http://orcid.org/0000-0003-1917-0790

ЯЛОВЕГА
Владислав Анатолійович
(*Vladyslav Yaloveha*)
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна; магістрант кафедри обчислювальної техніки та програмування;
e-mail: vladyslavyaloveha@gmail.com; http://orcid.org/0000-0001-7109-9405

ЯСЕЧКО
Максим Миколайович
(*Maksym Yasechko*)
Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, Україна; кандидат технічних наук, докторант;
e-mail: maxnik8888@gmail.com; http://orcid.org/0000-0001-5643-0059

ЯСЬКОВ
Георгій Миколайович
(*Georgiy Yaskov*)
Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України, Харків, Україна;
кандидат технічних наук, доцент, старший науковий співробітник;
e-mail: yaskov@ukr.net; http://orcid.org/0000-0002-1476-1818

ЯХНО
Ігор Юрійович
(*Ihor Yakhno*)
Головне управління Національної гвардії України, Київ, Україна;
начальник служби;
e-mail: i.yakhno@ngu.gov.ua

АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК

Алексієв В. О. (Volodymyr Aleksiyev) 109
Альошин Г. В. (Gennadiy Aloshin) 23
Андрєєв С. М. (Serhii Andrieiev) 140
Артеменко А. М. (Artur Artemenko) 71
Байрамов А. А. (Azad Agalar ogli Bayramov) 152
Воробієнко П. П. (Petro Vorobiyenko) 121
Гаврилова А. А. (Alla Havrylova) 109
Галаган Р. М. (Roman Galagan) 58
Гаценко С. С. (Serhiy Hatsenko) 98
Гашимов Е. Г. (Elshan Giyas oğlu Hashimov) 152
Главчев М. І. (Maksym Glavchev) 63
Главчева Д. М. (Daria Hlavcheva) 116
Главчева Ю. М. (Yuliia Hlavcheva) 63
Гришманов Є. О. (Evhenii Gryshmanov) 104
Даник Ю. Г. (Yurii Danyk) 121
Денисенко О. В. (Oleh Denysenko) 5
Дергачов К. Ю. (Kostiantyn Dergachov) 29
Дичко О. О. (Aleksandr Dychko) 81
Думич Є. А. (Yehor Dumych) 81
Жилін В. А. (Volodymyr Zhilin) 140
Захарченко І. В. (Irina Zakharchenko) 104
Калімулін Т. (Temir Kalimulin) 104
Каніщева О. В. (Olga Kanishcheva) 63
Карлов А. Д. (Anton Karlov) 71
Карлов В. Д. (Volodymyr Karlov) 71
Касілов О. В. (Oleg Kasilov) 136
Ковтун А. В. (Anatolii Kovtun) 76
Коломійцев О. В. (Oleksii Kolomiitsev) 23
Коржов І. М. (Ihor Korzhov) 9
Косенко В. В. (Viktor Kosenko) 13
Кравець В. О. (Valerii Kravets) 136
Краснов Л. О. (Leonid Krasnov) 29
Криленко І. М. (Ivan Krylenko) 81
Кропачек О. Ю. (Olga Kropachek) 9
Кузнєцов О. Л. (Oleksandr Kuznietsov) 71
Кучук Г. А. (Heorhii Kuchuk) 63
Лазуренко Б. О. (Bohdan Lazurenko) 136
Ліанг Донг (Liang Dong) 109
Макогон О. А. (Helen Makogon) 81
Максюта Д. В. (Dmytro Maksiuta) 91
Малик О. С. (Oleg Malyk) 98
Махді Касім Аббуд (Qasim Abbood Mahdi) . 126
Мелешко Є. В. (Yelyzaveta Meleshko) 43
Метешкін К. О. (Kostiantyn Meteshkin) 19
Мигущенко Р. П. (Ruslan Mygushchenko) 9
Мілов О.В. (Oleksandr Milov) 131
Міцкус А. (Arturas Mickus) 136
Момот А. С. (Andrii Momot) 58
Морозова О. І. (Olga Morozova) 19
Мусаєв Р. Г. (Ruslan Musaiev) 81
Нескородєва Т. В. (Tatiana Neskorodieva) 48
Очкуренко О. В. (Aleksandr Ochkurenko) 91
Павлій В. О. (Vladyslav Pavlii) 157
Пікуль О. І. (Olga Pikul) 98
Плахотний О. В. (Oleksandr Plakhotnyi) 29
Подорожняк А. О. (Andrii Podorozhniak) 116
Посохов В. В. (Vitalii Posokhov) 23
Серков О. А. (Aleksandr Serkov) 136
Сотніков О. М. (Alexander Sotnikov) 91
Табуненко В. О. (Volodymyr Tabunenko) 76
Танцюра О. Б. (Alexander Tantsiura) 91
Ткачов А. М. (Andrey Tkachov) 23
Челядін О. О. (Oleksandr Cheliadin) 29
Шеховцов С. Б. (Sergiy Shekhovtsov) 54
Шишацький А. В. (Andrii Shyshatskyi) 98
Шматко О. В. (Oleksandr Shmatko) 109
Щапов П. Ф. (Pavel Shchapov) 9
Яловега В. А. (Vladyslav Yaloveha) 116
Ясечко М. М. (Maksym Yasechko) 91
Яськов Г. М. (Georgiy Yaskov) 54
Яхно І. Ю. (Ihor Yakhno) 98

Наукове видання

Сучасні інформаційні системи

Advanced Information Systems

Науковий журнал

Том 3, № 1

Відповідальний за випуск *С. Г. Семенов*
Технічний редактор *Д. С. Гребенюк*
Комп`ютерна верстка *Н. Г. Кучук*

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 22522-12422Р від 13.01.2017 р.

Підписано до друку 30.03.2019 Формат 60×84/8. Ум.-друк. арк. 21,0. Тираж 120 прим. Зам. 330-19

Адреса редакції: Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"
Кафедра ОТП, вул. Кирпичова, 2, 61002, м. Харків, Україна, тел. 707-61-65

Віддруковано з готових оригінал-макетів у друкарні ФОП Петров В.В.
Єдиний державний реєстр юридичних осіб та фізичних осіб-підприємців.
Запис № 24800000000106167 від 08.01.2009.

61144, м. Харків, вул. Гв. Широнінців, 79в, к. 137, тел. **(057) 778-60-34**
e-mail: **bookfabrik@mail.ua**