

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний технічний університет
"Харківський політехнічний інститут"

ВІСНИК

НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ "ХПІ"

Серія: Інформатика та моделювання

№ 32 (1141) 2015

Збірник наукових праць

Видання засновано у 1961 році

Харків
НТУ "ХПІ", 2015

Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". Збірник наукових праць. Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПІ". – 2015. – № 32 (1141). – 180 с.

Державне видання

Свідоцтво Держкомітету з інформаційної політики України

КВ № 5256 від 2 липня 2001 року

Збірник виходить українською та російською мовами.

Вісник Національного технічного університету "ХПІ" внесено до "Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук", затвердженого постановою президії ВАК України від 26 травня 2010 р. № 1 – 05/4. (Бюлетень ВАК України № 6, 2010 р., стор. 3, № 20).

Серія "Інформатика та моделювання" Вісника НТУ "ХПІ" включена в наукометричні бази Copernicus (Польща), Elibrary (РІНЦ), DOAJ (Швеція), Google Scholar і базу даних Ulrich's Periodicals Directory (New Jersey, USA).

Координаційна рада:

Л.Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, д-р техн. наук, проф. (**голова**);

К.О. ГОРБУНОВ, канд. техн. наук, доц. (**секретар**);

А.П. МАРЧЕНКО, д-р техн. наук, проф.; Є.І. СОКОЛ, чл.-кор. НАН України, д-р техн.

наук, проф.; А.В. БОЙКО, д-р техн. наук, проф.; Ф.Ф. ГЛАДКИЙ, д-р техн. наук,

проф.; М.Д. ГОДЛЕВСЬКИЙ, д-р техн. наук, проф.; А.І. ГРАБЧЕНКО, д-р техн. наук,

проф.; В.Г. ДАНЬКО, д-р техн. наук, проф.; В.Д. ДМИТРІЄНКО, д-р техн. наук, проф.;

Ю.І. ЗАЙЦЕВ, канд. техн. наук, проф.; П.О. КАЧАНОВ, д-р техн. наук, проф.;

В.Б. КЛЕПІКОВ, д-р техн. наук, проф.; С.І. КОНДРАШОВ, д-р техн. наук, проф.;

В.І. КРАВЧЕНКО, д-р техн. наук, проф.; Г.В. ЛІСАЧУК, д-р техн. наук, проф.;

О.К. МОРАЧКОВСЬКИЙ, д-р техн. наук, проф.; Є.Є. ОЛЕКСАНДРОВ, д-р техн. наук,

проф.; П.Г. ПЕРЕРВА, д-р техн. наук, проф.; В.О. ПУЛЯЄВ, д-р техн. наук, проф.;

М.І. РИЩЕНКО, д-р техн. наук, проф.; В.Б. САМОРОДОВ, д-р техн. наук, проф.

Редакційна колегія серії:

Відповідальний редактор: В.Д. Дмитрієнко, д-р техн. наук, проф.

Відповідальний секретар: С.Ю. Леонов, д-р техн. наук, доц.

Члени редколегії: А.Г. Гурін, д-р техн. наук, проф.; Л.В. Дербунович, д-р техн.

наук, проф.; С.Г. Жилияков, д-р техн. наук, проф.; П.О. Качанов, д-р техн. наук,

проф.; М.І. Корсунов, д-р техн. наук, проф.; О.С. Логунова, д-р техн. наук, проф.;

В.І. Носков, д-р техн. наук, проф.; А.І. Поворознюк, д-р техн. наук, проф.;

Г.А. Самігуліна, д-р техн. наук, проф. (Казахстан); О.А. Серков, д-р техн. наук,

проф.; А.Г. Трифонов, д-р техн. наук, проф. (Білорусь); Ханлар Гамзаєв, д-р техн.

наук, проф. (Азербайджан); Б.А. Худаяров, д-р техн. наук, проф. (Узбекистан);

Ihor Zanevsky, PhD, prof. (Polska).

Рекомендовано до друку Вченою радою НТУ "ХПІ"

Протокол № 5 від 15.05.2015 р.

© Національний технічний університет "ХПІ", 2015

**Розміщення Вісника НТУ "ХПИ",
серія "Інформатика та моделювання"
в міжнародних наукометричних базах, репозитаріях та пошукових
системах**

1. Serial registries: ISSN, Ulrich's Periodical Directory (США).

2. Abstracting systems: Copernicus (Польща), eLibrary (Россия), CiteFactor, SIS (Scientific Indexing Services), Open Academic Journals Index (Россия), UIF (Universal Impact Factor), Directory of Research Journals Indexing (Индия).

3. Web-based search systems: Google Scholar, Academic Index.

4. Electronic Libraries: Cyberleninka (Россия), Bielefeld Academic Search Engine (Германия), Open Journal Systems (Украина), Национальная библиотека им. Вернадского (Украина), Научно-техническая библиотека НТУ "ХПИ" (Украина), Text Archive (Россия).

5. Journal databases: Directory of open access journals (Швеция), OCLC WorldCat (США), Research Bible (Япония), Genamics Journal Seek (США), SHERPA/RoMEO, Academic Database Assessment Tool.

6. University Libraries: *США:* Walden University, Beardsley Library Journals, University at Albany, University of Texas, WRLC Catalogs, University Oregon, Monterey Bay Library, University of Kentucky, University of Georgia, Indiana University, Harvard Library, New York University, Northwestern University, San Jose State University, Library & Technology Services, Mercyhurst College Library System, Poudre River Public Library District, Virtual Science Library, Journal index, Jean and Alexander Heard Library. *Великобританія:* Birmingham Public Library, British Library, Social Services Knowledge Scotland, Linking Service, University of Strathclyde Glasgow, SUPrimo Library, University of Glasgow, Royal Holloway University of London, University of Cambridge, University of Essex, University of Nottingham, One Search, UCL Library Services. *Канада:* University of New Brunswick, Trinity Western University, University of Saskatchewan, University of Ottawa, University of Regina, University of Windsor, Laurentian University. *Австралія:* Latrobe University Library, The Grove Library, State Library, SL On Search, Griffith University, UniSA. *Швеція:* IBRIS - Nationally bibliotheca system, Hogskolan Dalarna, Sodertorns hogskola, Stockholms University Library, Chalmers Bibliotheca. *Нідерланди:* Quality Open Access Market, University of Leiden. *Мексика:* University Mexico, CCG-IBT Bibliotheca. *Інші країни:* Universia (Испания), Vabord+ (Франция), SLU (Швеция), Serge EL (Чехия), VON (Португалия), AUT Library (Новая Зеландия), Polska Bibliografia Naukowa (Польша), Государственная национальная техническая библиотека (Украина), Научная библиотека имени Говорова (Россия, Санкт-Петербург), Universiteits bibliotheek Gent (Бельгия), E-Resources Subject Access (Китай).

Електронна адреса сайта Вісника НТУ "ХПИ" серії "Інформатика та моделювання" www.pim.net.ua

УДК 519.246.8

И.В. АНТОНОВА, канд. техн. наук, доц., НТУ "ХПИ",
Н.А. ЧИКИНА, канд. техн. наук, доц., НТУ "ХПИ"

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА К ИССЛЕДОВАНИЮ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

В работе представлены результаты применения методов фрактального анализа для идентификации временного ряда, характеризующего распространённость различных кожных заболеваний в Украине. Метод основан на вычислении индекса фрактальности и может быть использован для определения фрактальных характеристик временных рядов в медицине и социологии. Ил.: 2. Табл.: 1. Библиогр.: 11 назв.

Ключевые слова: фрактальный анализ, идентификация временного ряда, кожные заболевания, индекс фрактальности.

Постановка проблемы и анализ литературы. На сегодняшний день ВОЗ отмечает рост числа кожных заболеваний во всем мире. В некоторых классах кожных заболеваний время от времени возникают непрогнозируемые вспышки роста заболеваемости. Несмотря на то, что основное число этих заболеваний не относятся к крайне тяжелой патологии, значение их велико в связи с большой распространённостью, общим значительным числом дней нетрудоспособности за их счет. В связи с этим экономический и социальный урон от них весьма ощутим. Поэтому для разработки эффективных мер противодействия им необходимо проводить прогнозирование уровня заболеваемости соответствующими кожными патологиями.

Теория хаоса сегодня остается одним из самых распространенных качественных способов прогнозирования и исследования устойчивости состояний динамических систем. Целью анализа устойчивости системы является выявление всех ее стационарных состояний. Если хотя бы одно из стационарных состояний по каким-либо причинам оказывается угрожающим или нежелательным, то для уменьшения вероятности перехода системы в это состояние медицинским службам необходимо вырабатывать соответствующие меры профилактики.

Как правило, при анализе временных рядов используются методы, дающие количественный прогноз (точечный или интервальный). Для временных рядов, у которых гипотеза о существовании тренда не подтверждается, такие методы не продуктивны. Поэтому для обнаружения общей тенденции поведения временного ряда предлагается использовать синергетические методы, методы теории хаоса, которые

дают качественный анализ исследуемого временного ряда, а именно фрактальный анализ и анализ фазовых траекторий.

Многие проблемные области различных научных теорий формируются как результат действия нелинейных закономерностей, которые имеющаяся "узконаучная" методология распознать, практически, не в состоянии.

Нелинейные динамические системы обычно имеют фрактальные аттракторы, то есть неустойчивые фазовые траектории систем с течением времени стремятся стать фракталами [1]. Как правило, реальные временные ряды как реализации случайного процесса трудно прогнозируемы. Важным моментом во фрактальном подходе является влияние предыстории случайного процесса на поведение системы сегодня. Поэтому этот метод анализа временных рядов вызывает особый интерес у исследователей.

Реально в природе чистых фракталов, как правило, не существует и можно говорить лишь о фрактальных явлениях. Их следует рассматривать только как модели, которые приближенно являются фракталами в статистическом смысле. Многие экспериментальные данные обладают фрактальной статистикой, анализ и моделирование которой могут быть произведены с помощью методов фрактального анализа [2, 3].

Одним из самых востребованных направлений фрактального анализа является изучение динамики во времени такой характеристики, как фрактальная размерность. Этот показатель характеризует повторяемость статистических характеристик естественных временных рядов с изменением масштаба. Фрактальная размерность, введенная Хаусдорфом как D -размерность, является основной характеристикой фрактальных структур [4, 5].

Имеется несколько методов определения фрактальной размерности для временного ряда, рассматриваемого как совокупность наблюдаемых параметров изучаемой динамической системы во времени. Остановимся на двух из них. Во-первых, это классический способ клеточного покрытия графического изображения временного ряда, при котором фрактальная размерность определяется точно так же, как и для геометрических фракталов. Второй способ для исследования фрактальных временных рядов был предложен Бенуа Мандельбротом. Он базируется на исследованиях английского ученого Херста и носит название R/S метода.

Для большинства реальных временных рядов аналитическое нахождение фрактальной размерности невозможно. Поэтому величину D определяют численно, например, через показатель Херста H .

Влияние настоящего на будущее при анализе временного ряда может быть выражено корреляционным соотношением $C = 2^{2H-1} - 1$ [6].

Если в качестве аппроксимации временных рядов рассматривать совокупность плоских геометрических фигур (клеток) с общим геометрическим параметром δ , то по определению Хаусдорфа D -размерность определяется из закона $S(\delta) \sim \delta^{2-D}$ при $\delta \rightarrow 0$, где $S(\delta)$ – площадь всей совокупности клеток с масштабом разбиения δ .

В качестве характеристики реальных временных рядов в [7 – 9] предлагается индекс фрактальности μ . Преимущество этого индекса перед другими фрактальными показателями состоит, в частности, в том, что для его определения с приемлемой точностью достаточно данных на два порядка меньше, чем, например, для определения значения показателя Херста H . Это дает возможность проводить локальный фрактальный анализ временных рядов на основе свойств функции $\mu(t)$.

Цель исследования. Пусть задан скалярный эквидистантный временной ряд $\{x(t_i)\}_{i=1}^N$, измерения которого $x(t_i)$ в моменты наблюдений t_i , $i = 1, N$, характеризуют заболеваемость в Украине некоторым классом кожных патологий. Источником информации о состоянии здоровья населения являются данные, содержащиеся в официальной статистической отчетности МОЗ Украины [10].

Целью настоящих исследований является идентификация реального временного ряда $\{x(t_i)\}_{i=1}^N$ с помощью качественных методов фрактального анализа.

Задача идентификации временного ряда заключается в определении макросостояния системы на основе наблюдаемых реализаций ряда.

Основная часть. Пусть наблюдения временного ряда рассматриваются на интервале $[0, T]$. Разобьем интервал на m частей точками $0 = \tau_0, \tau_1, \dots, \tau_m = T$, где $\tau_i - \tau_{i-1} = \delta$, $\delta = T/m$ ($i = \overline{1, m}$). Обозначим такое равномерное разбиение интервала реализации временного ряда $\{x(t_i)\}_{i=1}^N$ через ω_m . Покроем изображение временного ряда прямоугольниками с основанием δ (масштабом δ). Ясно, что высота прямоугольника на интервале $[\tau_i, \tau_{i-1}]$ будет равна размаху варьирования $A_i(\delta)$ значений временного ряда $x(t_i)$ на этом интервале.

Вычислим величину $V(\delta) = \sum_{i=1}^m A_i(\delta)$. Тогда площадь такого минимального покрытия $S(\delta) = V(\delta) \cdot \delta$. Сравнивая это равенство с определением D -размерности Хаусдорфа, в [9] получают, что $S(\delta) \sim \delta^{2-D}$, а $V(\delta) = \delta^{-\mu}$, где $\mu = D_\mu - 1$. Величину D_μ называют размерностью минимального покрытия, а μ – индексом фрактальности.

При вычислении индекса μ в настоящих исследованиях была использована последовательность n вложенных разбиений ω_m , где $m = 2^n$, $n = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6$. Каждое разбиение состояло из 2^n интервалов, содержащих 2^{6-n} наблюдений $x(t_i)$. При этом из имеющейся в распоряжении авторов реализации временного ряда $\{x(t_i)\}_{i=1}^N$ были отброшены периоды с аномально большими значениями $x(t_i)$.

Для каждого разбиения ω_m вычислялось значение $V(\delta)$. Полученные результаты вычислений представлены ниже в таблице.

Таблица
Значение величины V в зависимости от масштаба разбиения δ

n	0	1	2	3	4	5	6
V	2352,6	798,8	449,5	439,4	434,6	309,9	170
δ	1	2	4	8	16	32	56

На рис. 1 изображен анализируемый временной ряд $\{x(t_i)\}_{i=1}^N$ и построенное для него минимальное покрытие, соответствующее $n = 3$.

На рис. 2 представлен график зависимости $V(\delta)$ в двойном логарифмическом масштабе. Для определения значения индекса фрактальности μ по этим данным методом наименьших квадратов составлялось уравнение линии регрессии $y = kx + b$. Тогда, в соответствии с [8], $\mu = -k$.

В нашем случае уравнение регрессии имеет вид: $y = -0,66x + 7,41$. Следовательно, при уровне надежности $\alpha = 0,90$, индекс фрактальности исследуемого ряда $\mu = 0,66 \pm 0,073$.

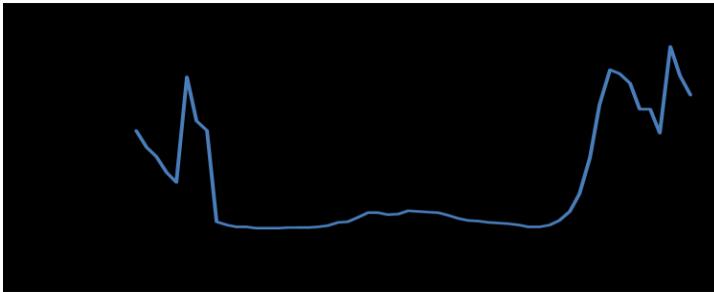


Рис. 1. Минимальное клеточное покрытие для временного ряда, характеризующего заболеваемость некоторыми кожными патологиями в Украине с 1958 года

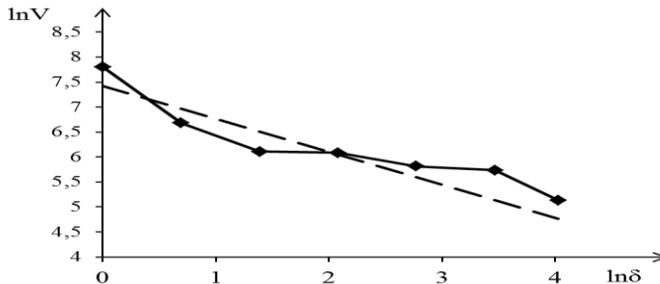


Рис. 2. Зависимость величины $V(\delta)$ в двойном логарифмическом масштабе

Выводы. Индекс фрактальности μ является показателем стабильности исходного временного ряда. Полученное в результате вычислений значение $\mu = 0,66 \pm 0,073$, то есть $\mu > 0,5$, интерпретируется как флэт, что говорит о состоянии относительной стабильности исследуемого процесса. Другими словами, в ближайшее время в Украине не прогнозируется резкое изменение в структуре заболеваемости различными кожными патологиями. Оценка корреляционного соотношения $C \approx -0,08$. Это говорит о практическом отсутствии влияния настоящего на будущее в исследуемом временном ряде.

Опираясь на полученный результат, авторы планируют установить уровень соответствия результатов качественного (фрактальный анализ, восстановление фазового портрета) и количественного анализа этого ряда, характеризующего заболеваемость различными кожными

патологиями на основе выявленной периодической составляющей [11], используя отрезок исследуемого временного ряда за последние 10 лет.

Список литературы: 1. *Малинецкий Г.Г.* Нелинейная динамика. Подходы, результаты, надежды / *Г.Г. Малинецкий, А.В. Потапов, А.В. Подлазов.* – М.: Комкнига, 2006. – 216 с. 2. *Figliola A.* About the effectiveness of different methods for the estimation of the multifractal spectrum of natural series / *A. Figliola, E. Serrano, G. Paccosi* // International Journal of Bifurcation and Chaos. – 2010. – Vol. 20 (2). – P. 331–339. 3. *Delignieres D.* Fractal dynamics of human gait: a reassessment of the 1996 data of Hausdorff et al. / *D. Delignieres, K. Torre* // Journal of Applied Physiology. – 2009. – 106. – P. 1272–1279. 4. *Hausdorff F.* Dimesion und Ausseres Mass / *F. Hausdorff* // *Matematische Annalen.* – 1919. – 79. – P. 157–179. 5. *Федер Е.* Фракталы / *Е. Федер.* – М.: Мир, 1991. – 262 с. 6. *Кроновер Р.* Фракталы и хаос в динамических системах / *Р. Кроновер.* – М.: Постмаркет, 2000. – 352 с. 7. *Безручко Б.П.* Математическое моделирование и хаотические временные ряды / *Б.П. Безручко, Д.А. Смирнов.* – Саратов: ГосУНЦ "Колледж", 2005. – 320 с. 8. *Дубовиков М.М.* Размерность минимального покрытия и локальный анализ фрактальных временных рядов / *М.М. Дубовиков, А.В. Крыанев, Н.В. Старченко* // Вестник РУДН, 2004. – Т. 3. – № 1. – С. 81–95. 9. *Старченко Н.В.* Локальный анализ хаотических временных рядов с помощью индекса фрактальности / *Н.В. Старченко* // Автореф. дисс. на соискание ученой степени кандидата физ.-мат. наук, Москва, 2005. – 22 с. 10. Показники лікувально-профілактичної допомоги хворим шкірними і венеричними захворюваннями в Україні // Відп. за випуск Голубчиків М.В. – Київ: Центр медичної статистики МОЗ України, 2007. – 110 с. 11. *Волкославская В.Н.* О квазипериодичности в динамике заболеваемости сифилисом и основных направлениях организации борьбы с ИППП в Украине / *В.Н. Волкославская, А.Л. Гутнев, Н.А. Чикина* // Труды науч.-практ. конф. "Актуальные проблемы дерматологи и венерологи". – Одесса: ОГМУ. – 2003. – С. 25-26.

Bibliography (transliterated): 1. *Malineckij G.G.* Nelinejnaja dinamika. Podhody, rezul'taty, nadezhdy / *G.G. Malineckij, A.V. Potapov, A.V. Podlazov.* – М.: Komkniga, 2006. – 216 s. 2. *Figliola A.* About the effectiveness of different methods for the estimation of the multifractal spectrum of natural series / *A. Figliola, E. Serrano, G. Paccosi* // International Journal of Bifurcation and Chaos. – 2010. – Vol. 20 (2). – P. 331–339. 3. *Delignieres D.* Fractal dynamics of human gait: a reassessment of the 1996 data of Hausdorff et al. / *D. Delignieres, K. Torre* // Journal of Applied Physiology. – 2009. – 106. – P. 1272–1279. 4. *Hausdorff F.* Dimesion und Ausseres Mass / *F. Hausdorff* // *Matematische Annalen.* – 1919. – 79. – P. 157–179. 5. *Feder E.* Fraktaly / *E. Feder.* – М.: Mir, 1991. – 262 s. 6. *Kronover R.* Fraktaly i haos v dinamicheskikh sistemah / *R. Kronover.* – М.: Postmarket, 2000. – 352 s. 7. *Bezruchko B.P.* Matematicheskoe modelirovanie i haoticheskie vremennye rjady / *B.P. Bezruchko, D.A. Smirnov.* – Saratov: GosUNC "Kolledzh", 2005. – 320 s. 8. *Dubovikov M.M.* Razmernost' minimal'nogo pokrytija i lokal'nyj analiz fraktal'nyh vremennyh rjadov / *M.M. Dubovikov, A.V. Krjanev, N.V. Starchenko* // Vestnik RUDN, 2004. – T. 3. – № 1. – S. 81–95. 9. *Starchenko N.V.* Lokal'nyj analiz haoticheskikh vremennyh rjadov s pomoshh'ju indeksa fraktal'nosti / *N.V. Starchenko* // Avtoref. diss. na soiskanie uchenoj stepeni kandidata fiz.-mat. nauk, Moskva, 2005. – 22 s. 10. Pokazniki likuval'no-profilaktichnoj dopomogi hvorim shkirnimi i venerichnimi zahvorjuvannjami v Ukraїni // Vidp. za vipusk Golubchikov M.V. – Kiїv: Centr medicjnoї statistiki MOZ Ukraїni, 2007. – 110 s. 11. *Volkoslavskaja V.N.* O kvaziperiodichnosti v dinamike zabolevaemosti sifilisom i osnovnyh napravlenijah organizacii bor'by s IPPP v Ukraine / *V.N. Volkoslavskaja, A.L. Gutnev, N.A. Chikina* // Trudy nauch.-prakt. konf. "Aktual'nye problemy dermatologii i venerologii". – Odessa: OGMU. – 2003. – S. 25-26.

Поступила (received) 15.04.2015

Поправлено 05.05.2015

*Статью представил д-р техн. наук, проф. НТУ "ХПИ"
Пиротти Е.Л.*

Antonova Irina, Cand.Sci.Tech, Docent
National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"
Str. Frunze, 21, Kharkov, Ukraine, 61002
Tel.: (057) 707-60-87, e-mail: antonova2601@gmail.com
ORCID ID: 0000-0002-1268-8223

Chikina Natalia, Cand.Sci.Tech, Docent
National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"
Str. Frunze, 21, Kharkov, Ukraine, 61002
Tel.: (057) 707-66-93, e-mail: chikina_na@mail.ru
ORCID ID: 0000-0002-1746-1271

УДК 651.326

Г.І. БАРИЛО, канд. техн. наук, доц., НУ "ЛП", Львів,
В.В. ВІРТ, студент, НУ "ЛП", Львів,
З.Ю. ГОТРА, д-р техн. наук, проф., НУ "ЛП", Львів,
М.С. ІВАХ, канд. техн. наук, асистент, НУ "ЛП", Львів,
О.Т. КОЖУХАР, д-р техн. наук, проф., НУ "ЛП", Львів

СТВОРЕННЯ МОДЕЛІ ІНФОРМАЦІЙНО- ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПРИСТРОЇВ НЕІНВАЗИВНОЇ ДІАГНОСТИКИ

Проведено огляд засобів обчислення та електронних інформаційно-обчислювальних систем неінвазивної діагностики. Розроблено структурну схему моделі, яка передбачає використання аналізу та оброблення значень параметрів вхідних інформаційних сигналів за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення MathCad. Іл.: 2. Бібліогр.: 8 назв.

Ключові слова: модель, інформаційно-обчислювальна система, неінвазивна діагностика, спеціалізоване програмне забезпечення.

Постановка проблеми і аналіз літератури. Розвиток нових лікувально-діагностичних приладів тісно пов'язаний з використанням неінвазивних методів моніторингу впливу лікувального процесу та діагностики [1], основу яких складає порівняльний за пріоритетами аналіз параметрів оптичного випромінювання [2], отриманих при його контролюванні взаємодії з кровонаповненими ділянками біомедичного об'єкта (БО). Використання вище зазначених методів останнім часом стають все більш популярними у лікарській практиці [3]. Проте найновіші з них потребують застосування в них моделі інформаційно-обчислювальної системи.

На основі аналізу стану розвитку засобів реалізації неінвазивних медичних технологій визначено відсутність у сучасних приладах неперервного контролю очікуваних позитивних або непередбачених негативних змін показників пацієнта впродовж лікувальних сеансів та відсутність у них моделі інформаційно-обчислювальної системи.

Відсутність такої моделі інформаційно-обчислювальної системи не дає можливості оперативного прийняття об'єктивного лікарського рішення та подальшої стратегії лікування обраною технологією. Впровадження такої системи дозволило б підвищити інформативність про перебіг лікування через неперервне тестування пацієнта впродовж процедури, дало б можливість прискорення, автоматизації та

© Г.І. Барило, В.В. Вірт, З.Ю. Готра, М.С. Івах, О.Т. Кожухар, 2015

об'єктивності прийняття лікарського рішення, та створило можливість роботи лікаря в інтерактивному форматі.

Для скорочення часу створення таких обчислювальних процесів виникає необхідність побудови математичної моделі. В основу роботи моделі закладено результати тривалих досліджень впливу оптичного випромінювання на БО та розроблено нові алгоритми аналізу, які використовують методи ймовірнісного підходу [4].

У роботі [5] виділено три основних групи сигналів, а саме: сигналів від пройденого крізь БО, відбитого від БО, а також власного випромінювання БО.

За результатами аналізу параметрів цих сигналів, як статичних так і динамічних, проводиться визначення рівня впливу на організм лікувальних процедур, перебігу захворювання та лікування, а також загальної діагностики.

В процесі аналізу та оброблення вхідних даних здійснюються складні математичні обчислення, які ґрунтуються на використанні методів ймовірнісного підходу (метод Байєса) [6] та послідовного статистичного аналізу (метод Вальда).

Мета статті – створення моделі інформаційно-обчислювальної системи для пристроїв неінвазивної діагностики за результатами досліджень впливу оптичного випромінювання на організм та впровадження нових алгоритмів аналізу.

Побудова структури моделі інформаційно обчислювальної системи. У першому наближенні логічні функції можна розглядати як процес оперування з інформацією представленою певними інформаційними сигналами, наприклад, X_1, \dots, X_K . За такого підходу вхідні сигнали є первинними, а логічні міркування – вторинними. За формулою Байєса як міра достовірності висновку про ефективність чи неефективність лікувальної процедури є ймовірність $P(Y_j/X_i)$ для множини сигналів і статистично незалежних ознак

$$P(Y_j / X_1, \dots, X_K) = P(Y_j) \prod_{i=1}^K \frac{P(X_i / Y_j)}{P(X_i)} \quad (1)$$

або в рекурентному варіанті

$$P(Y_j / X_1, \dots, X_K) = P(Y_j / X_1, \dots, X_{K-1}) \frac{P(X_K / Y_j)}{P(X_K)} \quad (2)$$

Вираз (2) дозволяє проводити обчислення в міру надходження параметрів інформаційних сигналів, не чекаючи моменту, коли будуть оцінені всі K сигнали. Тому можна припинити врахування нових параметрів, якщо оцінка ймовірності гіпотези, що аналізується, є досить високою.

У випадку аналізу одного з двох можливих параметрів i , за умови, що $P(Y_1) = P(Y_2)$, справедливим для статистично незалежних ознак є

$$\frac{P(Y_1 / X_1, \dots, X_K)}{P(Y_2 / X_1, \dots, X_K)} = \prod_{i=1}^K \frac{P(X_i / Y_1)}{P(X_i / Y_2)}$$

або, після логарифмування,

$$u_1 = \ln \frac{P(Y_1 / X_1, \dots, X_K)}{P(Y_2 / X_1, \dots, X_K)} = \sum_{i=1}^K \ln \frac{P(X_i / Y_1)}{P(X_i / Y_2)} = \sum_{i=1}^K \ln z_i, \quad (3)$$

та в рекурентній формі:

$$u_K = u_{K-1} + \ln z_K. \quad (4)$$

Розв'язувальне правило в цьому випадку має такий вигляд:

$$\begin{aligned} u_K \geq 0 &\rightarrow X \in Y_1, \\ u_K < 0 &\rightarrow X \in Y_2. \end{aligned} \quad (5)$$

Разом із виразом (4) розв'язувальне правило (5) трактується так: якщо після врахування чергового значення параметра досліджуваного сигналу знак величини u_K не змінився, є підстави для припинення процесу аналізу. Однак, для впевненості можна розглянути ще декілька значень цього параметра і переконатися, що величина u_K дійсно продовжує віддалятися від граничного значення, тобто є підстави для прийняття відповідного тестового повідомлення.

У випадку обмеження значень параметра тестового сигналу певними рамками використовується метод послідовного аналізу Вальда, в результаті чого можна запропонувати, замість виразу (5), розв'язувальне правило вигляду:

$$\begin{aligned} u_K \geq a &\rightarrow X \in Y_1, \\ u_K \leq b &\rightarrow X \in Y_2, \\ b &< u_K < a, \end{aligned} \quad (6)$$

де величини a і b визначають межі "коридору" і розраховуються, виходячи із заданих значень ймовірностей помилок ε_1 і ε_2 – помилок прийняття рішення про стан тестування Y_1 за наявності стану Y_2 і навпаки [7].

Робота системи ґрунтується на неперервному аналізі параметрів сигналів, які надходять з чутливих сенсорів розташованих безпосередньо біля кровонаповненого органу.

Зміна фізіологічного стану спричиненого лікувальною процедурою або іншими факторами здійснює вплив на значення цих параметрів.

В запропонованій моделі використовуються три основних вхідні інформаційні канали. Динаміка зміни значень цих параметрів та їх взаємне співвідношення складають основу роботи системи.

На рис. 1 представлено структурну схему моделі, яка передбачає використання аналізу та оброблення значень параметрів вхідних інформаційних сигналів за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення MathCad. Структура моделі забезпечує проведення контролю проміжних результатів обчислень та їх оперативне коригування відповідно до умов вимірювання.

Сформовані чутливими сенсорами сигнали оцифровуються та надходять на блок реєстрації вхідних сигналів. З отриманого потоку даних виділяються значення окремих каналів x_1 , x_2 , x_3 . Кожне із отриманих значень обробляється відповідними блоками аналізу, в результаті якого визначаються допустимі межі значень цих сигналів. У випадку виходу за встановлений діапазон формується відповідне повідомлення. Такі інформаційні повідомлення можуть свідчити про несправність сенсора або невідповідність місця його встановлення. У випадку належності сигналу до встановленого діапазону значень відбувається його подальший аналіз.

У блоці обробки здійснюється почергове порівняння параметрів кожного із сигналів.

За розробленим алгоритмом визначається пріоритетний сигнал з найбільшою динамікою зміни. Зміна динаміки цього сигналу використовується для формування діагностичного повідомлення. Паралельно аналізується динаміка зміни значень інших сигналів. Відповідно до отриманих значень та тривалості процедури формується остаточне діагностичне повідомлення.

Отримані результати зіставляються з встановленою точністю зі значеннями бази даних. У випадку співпадіння дані ігноруються, а при невідповідності заносяться до бази даних. Такий підхід дозволяє розширити значення бази даних та використовувати їх для подальшого аналізу в процесі діагностики.

В основу роботи моделі закладено результати тривалих досліджень впливу оптичного випромінювання на організм та розроблено нові алгоритми аналізу, які використовують методи ймовірнісного підходу.

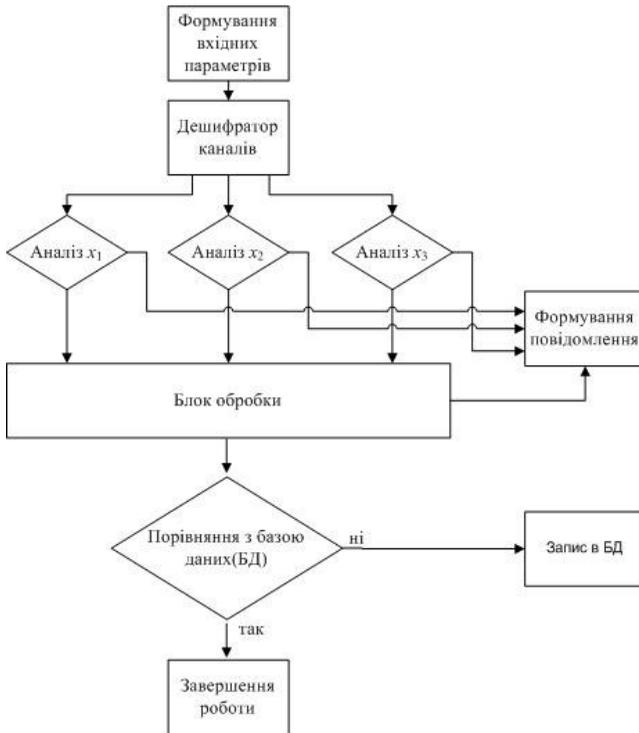


Рис. 1. Структура моделі інформаційно-обчислювальної системи

Графічні представлення результатів, наведені на рис. 2 а і 2 б, на яких один із сигналів показаний у вигляді прямої – а) вище верхньої межі та б) нижче нижньої межі, відповідають інформаційному повідомленню про відхилення за межі допустимих значень сигналів x_1 та x_3 – відповідно, які призводять до зупинки роботи системи, а графічне представлення зображене на рис. 2 в – відповідає робочому режиму, в процесі якого отримані значення x_1, x_2, x_3 використовуються для програмного аналізу. На основі одержаних результатів формується діагностичне повідомлення.

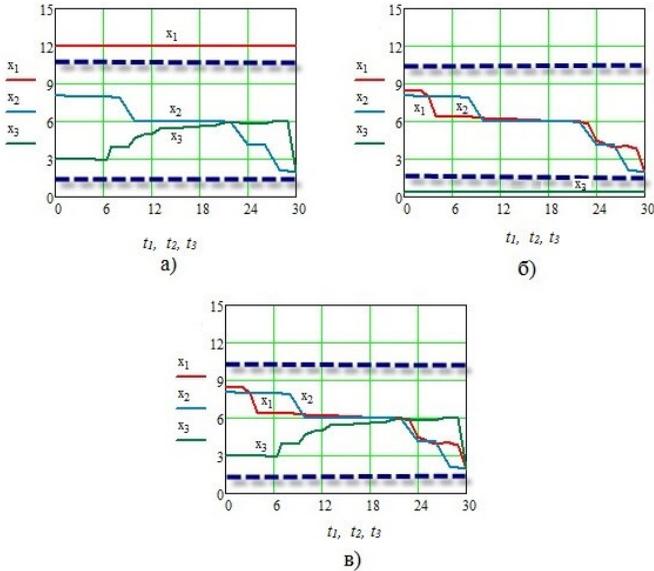


Рис. 2. Графічні залежності зміни інтенсивності вхідних параметрів x_1 , x_2 , x_3 в часовому діапазоні 0 – 30 хв:

- а) значення x_1 виходить за верхню допустиму межу; б) значення x_3 виходить за нижню допустиму межу; в) значення параметрів в робочому діапазоні

Мінімальне та максимальне значення робочого діапазону вхідних параметрів задаються користувачем або можуть вибиратися автоматично, відповідно до вибраних налаштувань. Графічні представлення результатів наведено на рис. 2 а і 2 б відповідають інформаційному повідомленню про відхилення допустимих значень і призводить до зупинки роботи системи, а графік 2 в – відповідає робочому режиму і отримані значення використовуються для формування діагностичного повідомлення [8].

Висновки. Розроблено структурну схему моделі, яка передбачає використання аналізу та оброблення значень параметрів вхідних інформаційних сигналів та проведено її реалізацію в спеціалізованому програмному середовищі MathCad. Розроблена модель забезпечує проведення контролю проміжних результатів обчислень та оперативного коригування робочого діапазону значень відповідно до умов вимірювання.

Використання запропонованої моделі значно підвищує ефективність досліджень пов'язаних з обробкою та аналізом масивів значень вхідних

параметрів, на основі яких формуються діагностичні повідомлення. Отримані результати аналізу дають змогу формувати бази даних, які використовуються в процесі побудови лікувально-діагностичних пристроїв неінвазивної медицини. Таке моделювання особливо актуальне під час використання засобів мікропроцесорної техніки з вбудованим програмним забезпеченням для оптимізації кількості циклів запису створених баз даних.

Результати моделювання дають можливість розширити функції діагностичних медичних пристроїв та отримати інформацію, як про перебіг лікувальної процедури так і про її результати.

Список літератури: 1. *Albrecht T.* Non-invasive diagnosis of hepatic cirrhosis by transit-time analysis of an ultrasound contrast agent / *T. Albrecht, M.J. Blomley, D.O. Cosgrove, S.D. Taylor-Robinson, V. Jayaram, R. Eckersley, A. Urbank, J. Butler-Barnes, N. Patel.* – Lancet. – 2005. – Vol. 353. – P. 79-83. **2.** *Барило Г.І.* Апаратурно-програмне забезпечення лікувального процесу в оториноларингології з неперервним оптико-електронним тестуванням біооб'єкта. / *Г.І. Барило, З.Ю. Готра, А.М. Зазуляк, О.О. Кіцера, О.Т. Кожухар, Н.І. Кус* // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2012. – № 2 (24) . – С. 81-85. **3.** *Duncan A.* Portable Non-Invasive Blood Glucose Monitor / *A. Duncan, J. Hannigan, S.S. Freeborn, P.W.H. Rae, B. McIver, F. Greig, E.M. Johnston, D.T. Binnie, H.A. MacKenzie* // 8th Int. Conf. Solid State Sensors and Actuators and Eurosensors IX; April 2011: abstracts. – Stockholm, Sweden. – 2011. – 455-458. **4.** *Hanson K.M.* A computational approach to Bayesian inference / *K.M. Hanson, G.S. Cunningham* // Computing Science and Statistics. – VA 22039-7460, 2006. – P. 202-211. **5.** *Готра З.Ю.* Використання елементів штучного інтелекту в оптичних діагностично-лікувальних приладах / *З.Ю. Готра, О. Кожухар, Г. Барило, М. Івах, В. Вірт* // Технічні вісті, Орган Українського інженерного товариства у Львові. – 2013. – С. 27-29. **6.** *Gregory S. Cunningham* Bayesian estimation of regularization parameters for deformable surface models / *Cunningham Gregory S., Lehovich Andre, Hanson M. Kenneth* // Los Alamos National Laboratory, University of Arizona, Dept. of Applied Mathematics. – 2010. – P. 25-31. **7.** *Барило Г.І.* Схемотехнічні особливості побудови діагностично-лікувальних приладів на основі мікроконтролерів PSoC / *Г.І. Барило, В.В. Вірт, З.Ю. Готра, М.С. Івах, О.Т. Кожухар* // Вісник НТУ "ХПІ". Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПІ". – 2014. – № 35 (1078). – С. 15-21. **8.** *Готра З.Ю.* Активний оптоелектронний контроль фотомедичних технологій / *З.Ю. Готра, О.Т. Кожухар, О.О. Кіцера, А.М. Зозуляк, М.С. Скіра* // Збірник праць. Перший Всеукраїнський з'їзд "Медична та біологічна інформатика і кібернетика" з міжнародною участю. – Київ. – 2010. – С. 272.

Bibliography (transliterated): 1. *Albrecht T.* Non-invasive diagnosis of hepatic cirrhosis by transit-time analysis of an ultrasound contrast agent / *T. Albrecht, M.J. Blomley, D.O. Cosgrove, S.D. Taylor-Robinson, V. Jayaram, R. Eckersley, A. Urbank, J. Butler-Barnes, N. Patel.* – Lancet. – 2005. – Vol. 353. – P. 79-83. **2.** *Barilo G.I.* Aparaturno-programne zabezpechennja likuval'nogo procesu v otorinolaringologii z neperervnim optiko-elektronnim testuvannjam bioob'ekta / *G.I. Barilo, Z.Ju. Gotra, A.M. Zazulyak, O.O. Kicera, O.T. Kozuhar, N.I. Kus* // Optiko-elektronni informacijno-energetichni tehnologii. – 2012. – № 2 (24) . – S. 81-85. **3.** *Duncan A.* Portable Non-Invasive Blood Glucose Monitor / *A. Duncan, J. Hannigan, S.S. Freeborn, P.W.H. Rae, B. McIver, F. Greig, E.M. Johnston, D.T. Binnie, H.A. MacKenzie* // 8th Int. Conf. Solid State Sensors and Actuators and Eurosensors IX; April 2011: abstracts. – Stockholm, Sweden. – 2011. – 455-458. **4.** *Hanson K.M.* A computational approach to Bayesian inference / *K.M. Hanson, G.S. Cunningham* // Computing Science and Statistics. – VA 22039-7460, 2006. –

P. 202-211. **5. Gotra Z.Ju.** Viktoristannya elementiv shtuchnogo intelektu v optichnih diagnostichno-likuval'nih priladah / *Z.Ju. Gotra, O. Kozhuhar, G. Barilo, M. Ivah, V. Virt // Tehnichni visti, Organ Ukraïns'kogo inzhenerenogo tovaristva u L'vovi. – 2013. – S. 27-29.*

6. Gregory S. Cunningham Bayesian estimation of regularization parameters for deformable surface models / *Cunningham Gregory S., Lehovich Andre, Hanson M. Kenneth // Los Alamos National Laboratory, University of Arizona, Dept. of Applied Mathematics. – 2010. – S. 25-31.*

7. Barilo G.I. Shemotehnični osoblivosti pobudovi diagnostichno-likuval'nih priladiv na osnovi mikrokontroleriv PSoC / *G.I. Barilo, V.V. Virt, Z.Ju. Gotra, M.S. Ivah, O.T. Kozhuhar // Visnik NTU "HPI". Serija: Informatika ta modeljuvannja. – Harkiv: NTU "HPI". – 2014. – № 35 (1078). – S. 15-21.*

8. Gotra Z.Ju. Aktivnij optoelektronnij kontrol' fotomedichnih tehnologij / *Z.Ju. Gotra, O.T. Kozhuhar, O.O. Kicera, A.M. Zozuljak, M.S. Skira // Zbirk prac'. Pershij Vseukraïns'kij z'ïzd "Medichna ta biologichna informatika i kibernetika" z mizhnarodnoju uchastju. – Kiïv. – 2010. – S. 272.*

Надійшла (received) 11.04.2015

Статтю представив д-р фіз.-мат. наук, проф. НУ "Львівська політехніка" Микитюк З.М.

Barylo Gryhoriy, PhD Tech.
Senior Lecturer of the Department of Electronic Devices
Lviv Polytechnic National University
Str. S.Bandery, 12, Lviv, Ukraine, 79013
Tel.: (032) 258-21-73, e-mail: skb_mp@ukr.net
ORCID ID:0000-0001-5749-9242

Virt Volodymyr, master
Lviv Polytechnic National University
Str. S.Bandery, 12, Lviv, Ukraine, 79013
Tel.: (032) 258-21-73, e-mail: djamal_vova_virt@ukr.net
ORCID ID: 0000-0001-6537-3172

Hotra Zenon, Dr.Sci.Tech, Professor
Head of the Department of Electronic Devices
Lviv Polytechnic National University
Str. S.Bandery, 12, Lviv, Ukraine, 79013
Tel.: (032) 258-21-57, e-mail: ep@lp.edu.ua
ORCID ID: 0000-0002-6566-6706

Ivakh Mariya, PhD Tech.
Assistant Professor at the Department of Electronic Devices
Lviv Polytechnic National University
Str. S.Bandery, 12, Lviv, Ukraine, 79013
Tel.: (032) 258-21-73, e-mail: ivah_m@ukr.net
ORCID ID: 0000-0002-6735-5426

Kozhukhar Oleksandr, Dr.Sci.Tech, Professor
Professor at the Department of Electronic Devices
Lviv Polytechnic National University
Str. S.Bandery, 12, Lviv, Ukraine, 79013
Tel.: (032) 258-21-73, e-mail: akozhukha@ukr.net
ORCID ID: 0000-0002-7432-2526

УДК 004.932:616-073.7

Д.А. БОЙКО, инженер, НТУ "ХПИ",
А.Е. ФИЛАТОВА, канд. техн. наук, докторант, НТУ "ХПИ"

МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ВИЗУАЛИЗАЦИИ РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

В работе предложена математическая модель изображения молочной железы на маммограмме, учитывающая свойства регистрируемых изображений. На основе предложенной математической модели и существующих методов цифровой обработки сигналов разработан метод повышения качества визуализации маммограмм. Проверена работоспособность метода на реальных цифровых маммограммах. Ил.: 1. Библиогр.: 10 назв.

Ключевые слова: математическая модель изображения молочной железы, маммограмма, цифровая обработка сигналов, метод повышения качества визуализации.

Постановка проблемы и анализ литературы. На сегодняшний день основным методом диагностики молочных желез является рентгенологическая маммография [1, 2]. В медицинской практике при проведении рентгенологических исследований стремятся максимально уменьшить энергию ионизирующего излучения, а также время экспозиции, что, в свою очередь, приводит к снижению качества визуализации исследуемых органов. Поэтому задача повышения качества визуализации маммограмм за счет цифровой обработки изображений является актуальной научно-практической задачей.

Методы цифровой обработки изображений, позволяющие повысить качество визуализации, можно разделить на 2 больших класса: поэлементные преобразования (изменение яркости и контрастности) и оконные преобразования (линейные и нелинейные методы фильтрации) [3 – 6].

Поэлементные преобразования задаются выражением

$$J[x,y] = f_{x,y}(I[x,y]), \quad (1)$$

где $I[x,y]$, $J[x,y]$ – значения яркости точек исходного и обработанного изображений с координатами (x,y) ; $f_{x,y}$ – функция поэлементного преобразования. Функция $f_{x,y}$ в (1) может быть как линейной, так и нелинейной. Кроме того, преобразование (1) может быть однородным и

неоднородным.

Выбор типа фильтра зависит от модели шума и способа его наложения на изображение [3 – 6]. В случае аддитивной помехи, распределенной по закону Гаусса, используют линейные сглаживающие фильтры с различными функциями окна. В случае наложения импульсной помехи, могут быть использованы нелинейные ранговые фильтры (например, медианный фильтр). Если предполагается, что шум мультипликативный, тогда применяется гомоморфная фильтрация [6]. В случае, когда полезный сигнал нестационарный, лучше использовать адаптивную фильтрацию, например, винеровский фильтр. Отклик адаптивного винеровского фильтра с линейными размерами апертуры $N \times L$ элементов определяется следующими выражениями:

$$J[x, y] = \mu_{x,y} + \frac{\sigma_{x,y}^2 - v^2}{\sigma_{x,y}^2} (I[x, y] - \mu_{x,y}), \quad (2)$$

$$\mu_{x,y} = \frac{1}{NL} \sum_{x,y \in \eta} I[x, y], \quad (3)$$

$$\sigma_{x,y}^2 = \frac{1}{NL} \sum_{x,y \in \eta} I^2[x, y] - \mu_{x,y}^2, \quad (4)$$

где $\mu_{x,y}$, $\sigma_{x,y}^2$ – локальное среднее и локальная дисперсия в окне фильтра; v^2 – дисперсия шума; η – множество точек изображения, попавших в окно фильтра.

Если дисперсия шума априори неизвестна, то ее величина определяется как среднее значение всех локальных дисперсий

$$v^2 = \frac{1}{M_1 M_2} \sum_{x,y} \sigma_{x,y}^2, \quad (5)$$

где M_1 , M_2 – размеры прямоугольного изображения $I[x, y]$.

Кроме перечисленных методов, в основу которых положена работа с одним изображением, можно выделить группу методов, позволяющих получить результирующее изображение на основе анализа двух других изображений (исходного и корректирующего) [7, 8]. Такие методы называются режимами наложения и широко используются, например, в графическом редакторе Adobe Photoshop [9]. Режимы наложения делятся на 6 основных групп:

- 1) базовые (Normal, Dissolve) – усреднение исходного и корректирующего изображений;
- 2) затемняющие (Darken, Multiply, Color Burn, Linear Burn, Darker Color) – корректирующее изображение затемняет исходное;
- 3) осветляющие (Lighten, Screen, Color Dodge, Linear Dodge, Lighter Color) – корректирующее изображение осветляет исходное;
- 4) контрастные (Overlay, Soft Light, Hard Light, Vivid Light, Linear Light, Pin Light, Hard Mix) – корректирующее изображение изменяет контраст исходного (осветляет или затемняет исходное изображение в зависимости от яркости);
- 5) сравнения (Difference, Exclusion, Subtract, Divide) – результат зависит от разницы между исходным и корректирующим изображениями;
- 6) компонентные (Hue, Saturation, Color, Luminosity) – результат каждого цветового канала зависит от содержимого всех каналов исходного и корректирующего изображения (применим только для цветных изображений).

Из приведенной выше классификации режимов наложения видно, что для обработки рентгеновских изображений, которые являются полутонными, могут быть применимы почти все режимы, кроме режимов последней группы.

Цель данной статьи – разработка метода повышения качества визуализации цифровых рентгенологических изображений на основе математических методов обработки полутонных изображений и проверка работоспособности разработанного метода на примере обработки маммограмм.

Математическая модель изображения молочной железы на маммограмме. Для решения поставленной задачи в работе предлагается следующая математическая модель $I[x, y]$ изображения молочной железы

$$I[x, y] = D[x, y] + F[x, y] + R[x, y], \quad (6)$$

где $D[x, y]$ – изображение, содержащее структуру тканей; $F[x, y]$ – изображение, содержащее плотность тканей; $R[x, y]$ – шумовая составляющая; $(x, y) \in M$ – координаты пикселей цифрового изображения; M – множество точек, принадлежащих изображению молочной железы.

Пусть $I[x, y]$ – изображение, которое регистрируется в результате

маммографического обследования, и описывается моделью (6). Так как характеристики шума неизвестны, а полезный сигнал является нестационарным, то для устранения шумовой составляющей предлагается использовать адаптивную винеровскую фильтрацию с квадратным окном размером $p_1 \times p_1$. В результате после фильтрации получим изображение $A[x, y]$

$$A[x, y] = \text{winer}(I[x, y], p_1),$$

где $\text{winer}()$ – функция, реализующая выражения (2) – (5); p_1 – линейный размер апертуры (например, $p_1 = 5$).

Тогда для повышения качества визуализации маммограмм необходимо найти оценку изображения $\tilde{D}[x, y]$, содержащего структуру тканей, и оценку изображения $\tilde{F}[x, y]$, содержащего плотность тканей.

Метод визуализации молочной железы на маммограмме. Для получения оценки $\tilde{D}[x, y]$ в модели (6) необходимо удалить из изображения $A[x, y]$ неравномерность яркости, обусловленную различной толщиной тканей от края молочной железы к грудной клетке, т.е. выровнять интенсивность фона. Оценку фона можно получить, выполнив адаптивную винеровскую фильтрацию с большим размером апертуры

$$B[x, y] = \text{winer}(I[x, y], p_2), \quad (7)$$

где p_2 составляет порядка 2% – 3% от размеров изображения.

Тогда с помощью режима наложения Divide можно удалить полученную оценку фона $B[x, y]$ (корректирующее изображение) из отфильтрованного изображения $A[x, y]$

$$\tilde{D}[x, y] = \frac{A[x, y]}{B[x, y]} \text{mxI}, \quad (8)$$

где mxI – максимальное значение яркости выходного изображения.

Исследования на реальных маммограммах показали, что для повышения контрастности деталей изображения $\tilde{D}[x, y]$ выражение (8) необходимо модернизировать, используя γ -коррекцию с параметром $\gamma > 1$

$$\tilde{D}[x, y] = \left(\frac{A[x, y]}{B[x, y]} mxI \right)^{\gamma} . \quad (9)$$

Полученная по (7) оценка фона $B[x, y]$ содержит не только информацию о неравномерности яркости из-за различной толщины тканей от края молочной железы к грудной клетке, но и яркостную составляющую, которая отражает плотность различных тканей молочной железы. Тогда с помощью режима наложения Color Burn можно получить оценку $\tilde{F}[x, y]$ модели (6), используя $B[x, y]$ в качестве корректирующего изображения

$$\tilde{F}[x, y] = mxI - \frac{mxI - A[x, y]}{B[x, y]} mxI . \quad (10)$$

С учетом предлагаемой математической модели (6) оценка изображения молочной железы $\tilde{I}[x, y]$ может быть вычислена по следующему выражению (режим наложения Normal с параметром прозрачности 50%)

$$\tilde{I}[x, y] = \frac{\tilde{D}[x, y] + \tilde{F}[x, y]}{2} ,$$

где $\tilde{D}[x, y]$ – оценка изображения, которое содержит структуру тканей, вычисленная по (9); $\tilde{F}[x, y]$ – оценка изображения, которое содержит плотность тканей, вычисленная по (10).

С целью коррекции динамического диапазона изображения $\tilde{I}[x, y]$ предлагается использовать нелинейное контрастирование с использованием s -образного закона следующего вида

$$S[x, y] = \frac{mxI}{1 + e^{-(J[x, y] - a)b}} ,$$

где $J[x, y] = \frac{\tilde{I}[x, y] - mnI'}{mxI' - mnI'} \in [0, 1]$ – нормированное изображение $\tilde{I}[x, y]$; mnI' , mxI' – минимальное и максимальное значения изображения $\tilde{I}[x, y]$; a , b – константы, определяемые исходя их статистических характеристик изображения $\tilde{I}[x, y]$.

Для проверки работоспособности метода IMRI-MAM был проведен ряд экспериментов по визуализации цифровых маммограмм. Всего было

обработано 150 изображений, полученных с помощью цифрового рентгеновского маммографического комплекса SYMA (фирма "Радмир", Харьков, Украина). Эксперименты показали, что после обработки цифровых маммограмм методом IMRI-MAM качество визуализации молочной железы существенно улучшилось (рис. 1).

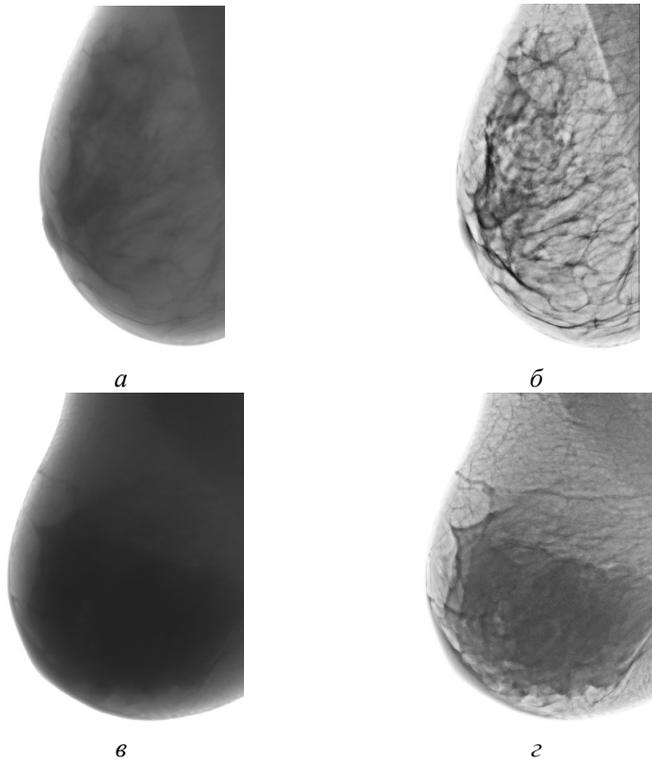


Рис. 1. Примеры фрагментов маммограмм: *а, в* – исходные изображения; *б, г* – изображения после обработки методом IMRI-MAM

Выводы. Таким образом, разработан метод повышения качества визуализации маммограмм, получивший название IMRI-MAM, который основан на методах цифровой обработки двумерных сигналов (адаптивная фильтрация, режимы наложения, нелинейная коррекция яркости).

Дальнейшие исследования направлены на разработку критерия оценки качества визуализации маммограмм, а также разработку методов

визуализации патологических структур на рентгенологических изображениях.

Список литературы: 1. Терновой С.К. Лучевая маммология / С.К. Терновой, А.Б. Абдураимов. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. – 128 с. 2. Фишер У. Маммография: 100 клинических случаев / У. Фишер, Ф. Баум. Пер. с англ. Под общ. ред. проф. Н.В. Заболотской. – М.: МЕДпресс информ, 2009. – 368 с. 3. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с. 4. Воронин В.В. Методы и алгоритмы восстановления изображений в условиях неполной априорной информации: монография / В.В. Воронин, В.И. Марчук. – Шахты: ВПО "ЮРГУЭС", 2010. – 89 с. 5. Красильников Н.Н. Цифровая обработка 2D- и 3D-изображений: учеб. пособие / Н.Н. Красильников. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 608 с. 6. Грузман И.С. Цифровая обработка изображений в информационных системах / И.С. Грузман, В.С. Киричук, В.П. Косых, Г.И. Перетягин и др. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. – 352 с. 7. Бойко Д.А. Метод визуализации патологических структур на маммограммах с использованием послойного наложения / Д.А. Бойко, А.Е. Филатова. – Вісник НТУ "ХПІ". Серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях. – Х.: НТУ "ХПІ", 2014. – № 6 (1049). – С. 29-34. 8. Boyko D. The Imaging Method of Pathologic Structures on Mammograms Using Layerwise Overlay / D. Boyko, A. Filatova, A. Povoroznjuk // International Conference "Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications, and Computer Science": Lviv Polytechnic National University, 2014. – P. 745-747. 9. Mayne M. Ultimate Guide to Blending Modes in Photoshop [Электронный ресурс] / M. Mayne – Режим доступа: <http://photodoto.com/how-to-master-blending-modes-in-photoshop/>, свободный (25.03.2015). – Название с экрана. 10. Айсманн К. Ретуширование и обработка изображений в Photoshop / К. Айсманн, У. Палмер. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2007. – 560 с.

Bibliography (transliterated): 1. Ternovoj S.K. Luchevaja mammologija / S.K. Ternovoj, A.B. Abduraimov. – M.: GJeOTAR-Media, 2007. – 128 s. 2. Fisher U. Mammografija: 100 klinicheskikh sluchaev / U. Fisher, F. Baum. Per. s angl. Pod obshh. red. prof. N.V. Zabolotskoj. – M.: MEDpress inform, 2009. – 368 s. 3. Gonsales R. Cifrovaja obrabotka izobrazhenij / R. Gonsales, R. Vuds. – M.: Tehnosfera, 2005. – 1072 s. 4. Voronin V.V. Metody i algoritmy vosstanovlenija izobrazhenij v uslovijah nepolnoj apriornoj informacii: monografija / V.V. Voronin, V.I. Marchuk. – Shahty: VPO "JuRGUeS", 2010. – 89 s. 5. Krasil'nikov N.N. Cifrovaja obrabotka 2D- i 3D-izobrazhenij: ucheb. posobie / N.N. Krasil'nikov. – SPb.: BHV-Peterburg, 2011. – 608 s. 6. Gruzman I.S. Cifrovaja obrabotka izobrazhenij v informacii sistemah / I.S. Gruzman, V.S. Kirichuk, V.P. Kosyh, G.I. Peretjagin i dr. – Novosibirsk: Izd-vo NGTU, 2002. – 352 s. 7. Bojko D.A. Metod vizualizacii patologicheskikh struktur na mammogrammah s ispol'zovaniem poslojnogo nalozhenija / D.A. Bojko, A.E. Filatova. – Visnik NTU "HPI". Serija: Matematichne modeljuvannja v tehnici ta tehnologijah. – H.: NTU "HPI", 2014. – № 6 (1049). – S. 29-34. 8. Boyko D. The Imaging Method of Pathologic Structures on Mammograms Using Layerwise Overlay / D. Boyko, A. Filatova, A. Povoroznjuk // International Conference "Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications, and Computer Science": Lviv Polytechnic National University, 2014. – P. 745-747. 9. Mayne M. Ultimate Guide To Blending Modes in Photoshop [Jelektronnyj resurs] / M. Mayne. – Rezhim dostupa: <http://photodoto.com/how-to-master-blending-modes-in-photoshop/>, svobodnyj (25.03.2015). – Nazvanie s jekrana. 10. Ajsmann K. Retushirovanie i obrabotka izobrazhenij v Photoshop (3-e izdanie) / K. Ajsmann, U. Palmer. – M.: Izdatel'skij dom "Vil'jams", 2007. – 560 s.

Поступила (received) 31.03.2015

*Статью представил д-р техн. наук, проф. НТУ "ХПИ"
Поворознюк А.И.*

Boyko Dmitry, Engineer
National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"
Str. Frunze, 21, Kharkov, Ukraine, 61002
Tel.: (063) 288-98-90, e-mail: boyko_bda@mail.ru
ORCID ID: 0000-0001-8236-3750

Filatova Anna, Cand.Tech.Sci., Dotcent
National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"
Str. Frunze, 21, Kharkov, Ukraine, 61002
Tel.: (057) 707-60-19, e-mail: filatova@gmail.com
ORCID ID: 0000-0003-1982-232

УДК 004.519.7 (045)

A.I. ВАВЛЕНКОВА, канд. техн. наук, доц., Національний авіаційний університет, Київ

УМОВИ ТОТОЖНОСТІ ЛОГІКО-ЛІНГВІСТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ПРОСТИХ РЕЧЕНЬ ПРИРОДНОЇ МОВИ

Висвітлено проблему розробки теоретичних положень з систематизації процесу пошуку синонімічних конструкцій як основного механізму на шляху виявлення текстових дублікатів. Сформульовано умови тотожності логіко-лінгвістичних моделей для можливості створення формул, що описують рівнозначні за змістом речення природної мови. Бібліогр.: 12 назв.

Ключові слова: синонімічні конструкції, текстові дублікати, тотожність, логіко-лінгвістичні моделі, рівнозначність, природна мова.

Постановка проблеми. Сьогодні на ринку програмного забезпечення з'явилося багато продуктів, що здатні виконувати заміну слів в електронних документах на їх синоніми (синонімайзери) [1 – 3]. Такі програми використовуються для рерайтинга існуючої текстової інформації (статей, блогів, кодів та ін.). За допомогою синонімайзерів можна отримати матеріал з певним відсотком унікальності матеріалу, при цьому читабельність тексту не гарантується. Все це відбувається через те, що заміна слів у природній мові на їх синоніми не дає можливості змінити зміст. Як і в роботі сучасних пошукових систем, у синонімайзерів спільний недолік – відсутність формального апарату, що дозволив би здійснювати не лише статистичну обробку або підбір із словників слів природної мови, але й забезпечив би змістовний аналіз електронних документів.

Тому актуальною залишається проблема розробки теоретичних положень з систематизації процесу пошуку синонімічних конструкцій як основного механізму на шляху виявлення текстових дублікатів. Тут велика увага повинна приділятися умовно-істинній еквівалентності як важливій та єдиній компоненти семантичної рівнозначності речень природної мови [4].

Аналіз літератури. Питаннями семантичного аналізу електронних документів займається компанія АВВУУ, зокрема, нею створено продукт "АВВУУ Intelligent Search SDK", що являється платформою для таких прикладних задач, як переклад, інтелектуальний пошук, виявлення у

текстах ключових об'єктів, фактів та зв'язків між ними [5]. Ідеї граматичного аналізу текстів без врахування змісту у своїх працях з когнітивної лінгвістики пропонують Dirk Geeraerts, Rene Dirven [6] та V. Evans, M. Green [7].

Багато робіт у сфері інтелектуального аналізу текстової інформації існує серед лінгвістів [8, 9], проте ці дослідження не мають в своїй основі математичного апарату. Цілий колектив авторів [10] дає лінгвістичну інтерпретацію основних об'єктів та одиниць аналізу для створення окремих підсистем аналізу текстів природної мови, пропонують системи класифікації та пастеризації текстових даних, основи фрактальної теорії текстової інформації. Проте єдиного методу змістовного аналізу для виявлення дублікатів серед електронних документів поки що не існує.

Мета статті – сформулювати умови тотожності речень природної мови, використовуючи в якості математичного апарату логіко-лінгвістичні моделі, та базуючись на основному принципі умовно-істинної еквівалентності про те, що речення мають однаковий пропозиційний зміст тоді і лише тоді, коли вони мають однакові умови істинності.

Рівнозначність формул логіки предикатів, що описують закінчений зміст простих речень природної мови. Визначення класу істинності логіко-лінгвістичних моделей базується на використанні основних засад формальної семантики – дисципліни, що вивчає семантику (інтерпретації) формальних та природних мов шляхом їх формального опису в математичних термінах. Основна ідея полягає у тому, що зміст різних частин твердження задається всіма можливими способами рекурсивного задання групи функцій інтерпретації, що проєктують речення природної мови на деякі завчасно задані математичні множини. Так, інтерпретація логіки предикатів першого порядку задається проєктуванням в терми, а проєктування предикатів – у значення істинності "істина" або "хибність".

Два предикати $L(S_1)$ та $L(S_2)$ [11], визначені на одних і тих самих множинах $P(x, y)$, X , CX , $Y(x)$, CY , $Z(x, y, p)$, CZ , CP , вважаються рівносильними, якщо для довільних аргументів їх значення співпадають, тобто якщо предикати задовольняють одним і тим самим аргументам.

Дві формули логіки предикатів $L(S_1)$ та $L(S_2)$ рівносильні, тобто $L(S_1) \equiv L(S_2)$, якщо вони рівносильні на довільній області, а також тоді і тільки тоді, коли формули $L(S_1)$ та $L(S_2)$ тотожно істинні.

Якщо формули $L(S_1)$ та $L(S_2)$ мають одну й ту саму множину вільних змінних, тобто

$$L(S_1) = p(x, c(x), y, c(y), z, c(z), c(p))$$

і

$$L(S_2) = p(x, c(x), y, c(y), z, c(z), c(p)),$$

де $p \in P(x, y)$, $x \in X$, $c(x) \in CX$, $y \in Y(x)$, $c(y) \in CY$, $z \in Z(x, y, p)$, $c(z) \in CZ$, $c(p) \in CP$, і рівносильні в даній інтерпретації, тобто $L(S_1) \equiv L(S_2)$, то на довільному наборі значень вільних змінних вони приймають однакові значення, тобто одночасно істинні або одночасно хибні. Наприклад, є деяка інтерпретація з областями $P(x, y)$, X , CX , $Y(x)$, CY , $Z(x, y, p)$, CZ , CP та висловлювання

$$L(S_1) = p(x, c(x), y, c(y), z, c(z), c(p))$$

та

$$L(S_2) = \neg p(x, c(x), y, c(y), z, c(z), c(p)).$$

Якщо шляхом застосування певного алгоритму за деяку кількість кроків аргументи тотожно істинної формули логіки предикатів $L(S_1) = p_1(x_1, c_1(x_1), y_1, c_1(y_1), z_1, c_1(z_1), c_1(p_1))$ вдається звести (перетворити) до аргументів другої тотожно істинної формули логіки предикатів $L(S_2) = p_2(x_2, c_2(x_2), y_2, c_2(y_2), z_2, c_2(z_2), c_2(p_2))$, або навпаки, то предикати $L(S_1)$ та $L(S_2)$ будуть рівнозначними.

Тобто $L(S_1) \equiv L(S_2)$, за умови, що

$$p_1 \equiv p_2, \text{ де } p_1 \in P(x, y), p_2 \in P(x, y);$$

$$x_1 \equiv x_2, \text{ де } x_1 \in X, x_2 \in X;$$

$$c_1(x_1) \equiv c_2(x_2), \text{ де } c_1(x_1) \in CX, c_2(x_2) \in CX;$$

$$y_1 \equiv y_2, \text{ де } y_1 \in Y(x), y_2 \in Y(x);$$

$$c_1(y_1) \equiv c_2(y_2), \text{ де } c_1(y_1) \in CY, c_2(y_2) \in CY;$$

$$z_1 \equiv z_2, \text{ де } z_1 \in Z(x, y, p), z_2 \in Z(x, y, p);$$

$$c_1(z_1) \equiv c_2(z_2), \text{ де } c_1(z_1) \in CZ, c_2(z_2) \in CZ;$$

$$c_1(p_1) \equiv c_2(p_2), \text{ де } c_1(p_1) \in CP, c_2(p_2) \in CP.$$

Умови тотожності для атомарних предикатів $L(S_1)$ та $L(S_2)$, що відображають закінчений зміст і описують прості, не ускладнені речення

природної мови S_1 та S_2 . За цих умов речення природної мови будуть формально вважатися однаковими за змістом. Для знаходження синонімічних конструкцій не має значення порядок розгляду речень, тобто умови можна застосовувати і у зворотню сторону, коли першим буде вважатися речення S_2 , а другим – S_1 . Нехай H_k – слово речення S_1 , де $k = \overline{1, n}$, n – загальна кількість слів у реченні S_1 ; H_r – слово речення S_2 , $r = \overline{1, m}$, m – загальна кількість слів у реченні S_2 . Логіко-лінгвістичні моделі речень мають такий вигляд:

$$L(S_1) = p_1(x_1, c_1(x_1), y_1, c_1(y_1), z_1, c_1(z_1), c_1(p_1)),$$

$$L(S_2) = p_2(x_2, c_2(x_2), y_2, c_2(y_2), z_2, c_2(z_2), c_2(p_2)).$$

Перша умова тотожності пов'язана з існуванням у флективних мовах такого явища, як синтаксична (транспозиційна) деривація: перехід слова з однієї частини мови до іншої без зміни його лексичного значення.

Якщо у реченні S_1 існує послідовність слів $H_k \rightarrow H_{k+1} \rightarrow H_{k+2}$ з характеристиками $Z_k(H_k)$, $Z_{k+1}(H_{k+1})$ та $Z_{k+2}(H_{k+2})$ відповідно, і такої послідовності можна поставити у відповідність послідовність слів:

А) $H_r \rightarrow H_{r+1} \rightarrow H_{r+2} \rightarrow H_{r+3}$ речення S_2 з відповідними характеристиками $Z_r(H_r)$, $Z_{r+1}(H_{r+1})$, $Z_{r+2}(H_{r+2})$ та $Z_{r+3}(H_{r+3})$, таку що $H_r \equiv H_k$, $H_{r+1} \neq H_{k+1}$, $\widehat{H}_{r+2} \equiv \widehat{H}_{k+1}$, $H_{r+3} \equiv H_{k+2}$, то

$$p_1 \equiv p_2, p_1 \in P(x, y), p_2 \in P(x, y);$$

при $\widehat{H}_{r+2} \in \widehat{R}_q$ та $\widehat{H}_{k+1} \in \widehat{R}_q$ – слова, що входять до одного і того ж ряду $\widehat{R}_q \in K$ спільнокореневих слів із множини R .

Нехай розглядаються два речення природної мови "Науковці розробили метод пошуку синонімічних конструкцій" та "Науковці здійснили розробку методу пошуку синонімічних конструкцій".

Логіко-лінгвістичні моделі речень:

$$L(S_1) = p_1(x_1, 0, y_1, c_1(y_1), z_1, c_1(z_1), 0),$$

$L(S_1) = \text{розробили (науковці, 0, метод, пошуку, конструкцій, синонімічних, 0)}$,

$$L(S_2) = p_2(x_1, 0, y_1, c_1(y_1), z_1, c_1(z_1), 0),$$

$L(S_2) =$ здійснили розробку (науковці, 0, методу, пошуку, конструкцій, синонімічних, 0).

Послідовності слів $H_k \rightarrow H_{k+1} \rightarrow H_{k+2}$ з першого речення "науковці → розробили → метод" ставиться у відповідність послідовність слів $H_r \rightarrow H_{r+1} \rightarrow H_{r+2} \rightarrow H_{r+3}$ другого речення "науковці → здійснили → розробку → методу", внаслідок чого в логіко-лінгвістичних моделях робиться заміна $p_1 \equiv p_2$, після цього:

$$L(S_1) = p_1(x_1, 0, y_1, c_1(y_1), z_1, c_1(z_1), 0),$$

$$L(S_2) = p_1(x_1, 0, y_1, c_1(y_1), z_1, c_1(z_1), 0).$$

Б) $H_r \rightarrow H_{r+1} \rightarrow H_{r+2}$ речення S_2 з відповідними характеристиками $Z_r(H_r)$, $Z_{r+1}(H_{r+1})$ та $Z_{r+2}(H_{r+2})$, таку що $H_r \equiv H_k$, $\hat{H}_{r+1} \equiv \hat{H}_{k+1}$, $H_{r+2} \equiv H_{k+2}$, то

$$p_1 \equiv p_2, p_1 \in P(x, y), p_2 \in P(x, y);$$

при $\hat{H}_{r+1} \in \hat{R}_q$ та $\hat{H}_{k+1} \in \hat{R}_q$ – слова, що входять до одного і того ж ряду $\hat{R}_q \in R$ спільнокореневих слів із множини R .

Наприклад, для двох речень "Метод пошуку синонімічних конструкцій розробили науковці" та "Метод пошуку синонімічних конструкцій розроблений науковцями" за першою умовою тотожності п. Б) буде здійснено заміну $p_1 \equiv p_2$, тобто "розробили" \equiv "розроблений".

В) $H_r \rightarrow H_{r+1} \rightarrow H_{r+2} \rightarrow H_{r+3} \rightarrow H_{r+4}$ з характеристиками $Z_r(H_r)$, $Z_{r+1}(H_{r+1})$, $Z_{r+2}(H_{r+2})$, $Z_{r+3}(H_{r+3})$ та $Z_{r+4}(H_{r+4})$, таку що $H_{r+1} \equiv H_{k+2}$, $\hat{H}_{r+3} \equiv \hat{H}_{k+2}$, $H_{r+4} \equiv H_k$; $\hat{H}_{r+3} \in \hat{R}_q$ та $\hat{H}_{k+2} \in \hat{R}_q$ – слова, що входять до одного і того ж ряду $\hat{R}_q \in R$ спільнокореневих слів із множини R , то

$$p_1 \equiv p_2, p_1 \in P(x, y), p_2 \in P(x, y);$$

$$x_1 \equiv z_2, x_1 \in X, z_2 \in Z;$$

$$y_1 \equiv y_2, y_1 \in Y(x), y_2 \in Y(x);$$

$$x_2 \in X \text{ і } x_2 \equiv 0.$$

Наприклад, для двох речень "Науковців цікавить метод пошуку синонімічних конструкцій" та "У науковців цікавість до методу пошуку синонімічних конструкцій" за першою умовою тотожності п. В) буде

здійснено заміну $p_1 \equiv p_2$, $x_1 \equiv z_2$, $y_1 \equiv y_2$, $x_2 \equiv 0$, тобто "цікавить" \equiv "цікавість", "метод" \equiv "методу", "науковців" \equiv "науковців".

Друга умова тотожності впливає з того, що синонімічними за змістом вважаються речення, у яких змінені синтаксичні позиції лексичних морфем, а денотативне значення залишається незмінним. Тобто предикати таких двох речень відображають ситуацію одного і того ж класу, у яких зміщено логічний акцент, проте зберігається зміст.

А) Якщо у реченні S_1 знайдено послідовність слів $H_k \rightarrow H_{k+1} \rightarrow H_{k+2}$ з характеристиками $Z_k(H_k)$, $Z_{k+1}(H_{k+1})$ та $Z_{k+2}(H_{k+2})$ відповідно, і такій послідовності можна поставити у відповідність послідовність слів $H_r \rightarrow H_{r+1} \rightarrow H_{r+2}$ речення S_2 з відповідними характеристиками $Z_r(H_r)$, $Z_{r+1}(H_{r+1})$ та $Z_{r+2}(H_{r+2})$, таку що $H_r \equiv H_{k+2}$, $H_{r+1} \equiv H_{k+1}$, $H_{r+2} \equiv H_k$, то

$$\begin{aligned} p_1 \equiv p_2, & p_1 \in P(x, y), p_2 \in P(x, y); \\ x_1 \equiv y_2, & x_1 \in X, y_2 \in Y(x); \\ y_1 \equiv x_2, & y_1 \in Y(x), y_2 \in Y(x). \end{aligned}$$

Для двох речень "Науковці розробили метод пошуку синонімічних конструкцій" та "Метод пошуку синонімічних конструкцій розроблено науковцями" за другою умовою тотожності п. А) буде здійснено заміну $p_1 \equiv p_2$, $x_1 \equiv y_2$ та $y_1 \equiv x_2$, тобто "розробили" \equiv "розроблено", "науковці" \equiv "науковцями" та "метод" \equiv "метод".

Б) Якщо у реченні S_1 існує послідовність слів $H_k \rightarrow H_{k+1} \rightarrow H_{k+2}$ з характеристиками $Z_k(H_k)$, $Z_{k+1}(H_{k+1})$ та $Z_{k+2}(H_{k+2})$ відповідно, і такій послідовності можна поставити у відповідність послідовність слів $H_r \rightarrow H_{r+1} \rightarrow H_{r+2} \rightarrow H_{r+3}$ речення S_2 з відповідними характеристиками $Z_r(H_r)$, $Z_{r+1}(H_{r+1})$, $Z_{r+2}(H_{r+2})$ та $Z_{r+3}(H_{r+3})$, таку що $H_r \equiv H_{k+2}$, $H_{r+1} \equiv H_{k+1}$, $H_{r+3} \equiv H_k$, то

$$\begin{aligned} p_1 \equiv p_2, & p_1 \in P(x, y), p_2 \in P(x, y); \\ x_1 \equiv y_2, & x_1 \in X, y_2 \in Y(x); \\ y_1 \equiv x_2, & y_1 \in Y(x), y_2 \in Y(x). \end{aligned}$$

Для двох речень "Науковців цікавить метод пошуку синонімічних конструкцій" та "Методом пошуку синонімічних конструкцій"

цікавляться науковці" за другою умовою тотожності п. Б) буде здійснено заміну $p_1 \equiv p_2$, $x_1 \equiv y_2$ та $y_1 \equiv x_2$, тобто "цікавить" \equiv "цікавляться", "метод" \equiv "методом" та "науковці" \equiv "науковців".

В) Якщо у реченні S_1 знайдено послідовність слів $H_k \rightarrow H_{k+1} \rightarrow H_{k+2} \rightarrow H_{k+3}$ з характеристиками $Z_k(H_k)$, $Z_{k+1}(H_{k+1})$, $Z_{k+2}(H_{k+2})$ та $Z_{k+3}(H_{k+3})$ відповідно, а у другому реченні S_2 знайдено послідовність слів $H_r \rightarrow H_{r+1} \rightarrow H_{r+2} \rightarrow H_{r+3} \rightarrow H_{r+4}$ з характеристиками $Z_r(H_r)$, $Z_{r+1}(H_{r+1})$, $Z_{r+2}(H_{r+2})$, $Z_{r+3}(H_{r+3})$ та $Z_{r+4}(H_{r+4})$, таку що $H_r \equiv H_k$, $H_{r+1} \equiv H_{k+1}$, $H_{r+2} \equiv H_{k+3}$, $H_{r+4} \equiv H_{k+2}$, то

$$y_1 \equiv z_2, y_1 \in Y(x), z_2 \in Z;$$

$$z_1 \equiv y_2, z_1 \in Z, y_2 \in Y(x).$$

Наприклад, для двох речень "Науковці забезпечують розробників методами" та "Науковці забезпечують методи для розробників" другою умовою тотожності п. В) буде здійснено заміну $y_1 \equiv z_2$, $z_1 \equiv y_2$, тобто "розробників" \equiv "розробників", "методами" \equiv "методи".

Третя умова тотожності пов'язана з існуванням у природній мові трансформацій, при яких змінюється прийменниково-відмінкова форма не більше, ніж у одного іменника, внаслідок чого такі синтаксичні конструкції вважаються синонімічними.

Якщо у реченні S_1 знайдено послідовність слів $H_k \rightarrow H_{k+1}$ з характеристиками $Z_k(H_k)$ та $Z_{k+1}(H_{k+1})$ відповідно, і такій послідовності можна поставити у відповідність послідовність слів $H_r \rightarrow H_{r+1} \rightarrow H_{r+2}$ речення S_2 з відповідними характеристиками $Z_r(H_r)$, $Z_{r+1}(H_{r+1})$ та $Z_{r+2}(H_{r+2})$, таку що $H_r \equiv H_k$, $H_{r+2} \equiv H_{k+1}$, то

$$p_1 \equiv p_2, p_1 \in P(x, y), p_2 \in P(x, y)$$

при $H_r \in R_q$ та $H_k \in R_q$ – слова, що входять до одного і того ж ряду $R_q \in R$ спільнокорених слів із множини R , а $H_{r+2} \in R_{qm}$ та $H_{k+1} \in R_{qm}$ – слова, що входять до одного і того ж ряду $\hat{R}_{qm} \in R$ спільнокорених слів із множини R .

Для двох речень "Метод пошуку синонімічних конструкцій" та "Метод шукає синонімічні конструкції" за третьою умовою тотожності буде здійснено заміну $p_1 \equiv p_2$, тобто "пошуку" \equiv "шукає".

Четверта умова тотожності базується на використанні у реченнях природної мови конверсивів, які описують одну й ту саму ситуацію з різних точок зору.

Якщо у реченні S_1 знайдено послідовність слів $H_k \rightarrow H_{k+1} \rightarrow H_{k+2} \rightarrow H_{k+3}$ з характеристиками $Z_k(H_k)$, $Z_{k+1}(H_{k+1})$, $Z_{k+2}(H_{k+2})$ та $Z_{k+3}(H_{k+3})$ відповідно, а у другому реченні S_2 знайдено послідовність слів $H_r \rightarrow H_{r+1} \rightarrow H_{r+2} \rightarrow H_{r+3} \rightarrow H_{r+4}$ з характеристиками $Z_r(H_r)$, $Z_{r+1}(H_{r+1})$, $Z_{r+2}(H_{r+2})$, $Z_{r+3}(H_{r+3})$ та $Z_{r+4}(H_{r+4})$, таку що $H_r \equiv H_{k+3}$, $H_{r+1} \equiv H_{k+1}$, $H_{r+3} \equiv H_{k+2}$, $H_{r+4} \equiv H_k$, а $H_{r+1} \equiv K_q$ та $H_{k+1} \in K_q$ – слова, що належать до одного і того ж ряду $\tilde{K}_q \in K$ конверсивів із множини K , то

$$p_1 \equiv p_2, p_1 \in P(x, y), p_2 \in P(x, y); \\ x_1 \equiv y_2, x_1 \in X, y_2 \in Y(x); y_1 \equiv x_2, y_1 \in Y(x), y_2 \in Y(x).$$

Для двох речень "*Метод отримав від експертів позитивну оцінку*" та "*Експерти дали позитивну оцінку методу*" за четвертою умовою тотожності буде здійснено заміну $p_1 \equiv p_2$, $x_1 \equiv y_2$ та $y_1 \equiv x_2$, тобто "*отримав*" \equiv "*дали*", "*метод*" \equiv "*методу*" та "*експерти*" \equiv "*експертів*".

Висновки. Предикати виступають у ролі певних функціональних виразів, а речення – у ролі складних одиничних термів. Логічно еквівалентні одиничні терми мають один і той самий референт. Складний одиничний терм не змінює свій референт, якщо замінити одну із його складових, яка має те ж саме значення [12]. Тоді, якщо H_k і H_r – це слова двох речень з однаковими істинними значеннями, то всі речення, в які будуть входити ці слова, повинні мати однакове істинне значення, а це не вірно. Зміст речення залежить в першу чергу від залежності предикату, суб'єкту та об'єкту. Саме ці залежності враховують описані у статті умови тотожності логіко-лінгвістичних моделей.

Список літератури: 1. SeoGenerator. Качественный генератор анкорov, текстов и названий [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.seogenerator.ru/tools/synonym/>. 2. Synonuma. Онлайн синонимайзер [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://synonyma.ru/tools/synonymize/>. 3. Synonym.savenkoff.name. On-line синонимайзер текста [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://synonym.savenkoff.name/synonym.php>. 4. Лайонз Дж. Лингвистическая семантика. Монография / Дж. Лайонз. – М.: Языки славянской культуры, 2003. – 400 с. 5. ABBYY Intelligent Search SDK [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.abbyy.ru/isearch/compreno/>. 6. Dirk Geeraerts Cognitive linguistics: basic readings research / Geeraerts Dirk, Dirven Rene, R. Taylo. John. – Berlin-New York Publ.: Mouton de cruyter, 2006. – 486 p. 7. Evans V. Cognitive Linguistics. / V. Evans,

M. Green. – Edinburg: Edinburg university press Publ., 2006. – 830 p. **8.** *Апресян Ю.Д.* Лексическая семантика: в 2-х т. Т. 1. / Ю.Д. *Апресян.* – М.: "Восточная литература", 1995. – 422 с. **9.** *Филлипов К.А.* Лингвистика текста. Курс лекций / К.А. *Филлипов.* – СПб.: Издательство С.-Петербургского университета, 2008. – 336 с. **10.** Автоматическая обработка текстов на естественном языке и компьютерная лингвистика: учеб. пособие / *Е.И. Большакова, Э.С. Клышанский, Д.В. Ландэ, А.А. Носков, О.В. Пескова, Е.В. Ягунова.* – М.: МИЭМ, 2011. – 272 с. **11.** *Вавиленкова А.И.* Методологічні основи автоматичного аналізу логіко-лінгвістичних моделей текстових документів / *А.И. Вавиленкова* // Математичні машини та системи. – 2015. – № 1. – С. 65-71. **12.** *Вавиленкова А.И.* Аналіз методів пошуку синонімів в електронних документах / *А.И. Вавиленкова* // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Серія "Технічні науки": зб. наук. праць. – Чернігів: Черніг. держ. тех. ун-т, 2014. – № 2 (73). – С. 119-128.

Bibliography (transliterated): **1.** SeoGenerator. Kachestvennyj generator ankorov, tekstov i nazvanij [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.seogenerator.ru/tools/synonym/>. **2.** Synonyma. Onlajn sinonimajzer [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://synonyma.ru/tools/synonymize/>. **3.** Synonym.savenkoff.name. On-line sinonimajzer teksta [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://synonym.savenkoff.name/synonym.php>. **4.** *Lajonz Dzh.* Lingvisticheskaja semantika. Monografija / *Dzh. Lajonz.* – М.: Jazyki slavjanskoj kul'tury, 2003. – 400 s. **5.** ABBYY Intelligent Search SDK [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.abbyy.ru/isearch/compreno/>. **6.** *Dirk Geeraerts* Cognitive linguistics: basic readings research / *Geeraerts Dirk, Dirven Rene, R. Taylo. John.* – Berlin-New York Publ.: Mouton de cruyter, 2006. – 486 p. **7.** *Evans V.* Cognitive Linguistics. / *V. Evans, M. Green.* – Edinburg: Edinburg university press Publ., 2006. – 830 p. **8.** *Апресян Ю.Д.* Лексическая семантика: в 2-х т. Т. 1. / Ю.Д. *Апресян.* – М.: "Восточная литература", 1995. – 422 с. **9.** *Филлипов К.А.* Лингвистика текста. Курс лекций / К.А. *Филлипов.* – СПб.: Издательство С.-Петербургского университета, 2008. – 336 с. **10.** Автоматическая обработка текстов на естественном языке и компьютерная лингвистика: учеб. пособие / *Е.И. Большакова, Е.С. Клышанский, Д.В. Ландэ, А.А. Носков, О.В. Пескова, Е.В. Ягунова.* – М.: МИЭМ, 2011. – 272 с. **11.** *Вавиленкова А.И.* Методологічні основи автоматичного аналізу логіко-лінгвістичних моделей текстових документів / *А.И. Вавиленкова* // Математичні машини та системи. – 2015. – № 1. – С. 65-71. **12.** *Вавиленкова А.И.* Аналіз методів пошуку синонімів в електронних документах / *А.И. Вавиленкова* // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Серія "Технічні науки": зб. наук. праць. – Чернігів: Черніг. держ. тех. ун-т, 2014. – № 2 (73). – С. 119-128.

Надійшла (received) 16.04.2015

Повторно 04.05.2015

Статью представил д-р техн. наук, проф. Чернігівського національного технологічного університету, проректор з наукової роботи, зав. кафедри інформаційних та комп'ютерних систем Казимир В.В.

Vavilenkova Anastasia, Cand.Tech.Sci., Dotcent
National Aviation University
str. Kosmonavta Komarova, 5 blok, 5.214, Kiev, Ukraine, 03068
Tel.: +380 (044) 406-73-62, e-mail: a_vavilenkova@mail.ru

УДК 621.314.7

А.Ф. ДАНИЛЕНКО, канд. техн. наук, доц., НТУ "ХПИ",*А.Г. ДЬЯКОВ*, канд. техн. наук, доц., НТУ "ХПИ",*Н.И. РЕБЕНОК*, магистр, НТУ "ХПИ",*А.В. НИЗИЙ*, магистр, НТУ "ХПИ"**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЗИЦИИ ОБРАЗЦА
В ЯМР-СПЕКТРОМЕТРЕ**

Проведен анализ влияния параметров измерительной установки ЯМР-спектрометра на интенсивность принимаемого эхо-сигнала. Предложено устройство и алгоритм оптимизации позиционирования образца в магнитном поле катушки. Применен алгоритм поиска экстремума амплитуды принимаемого эхо-сигнала на основе чисел Фибоначчи. Рассмотрена возможность реализации предложенного алгоритма на микроконтроллере АРМ и использование его в системе управления ЯМР-спектрометром. Ил.:1. Библиогр.: 10 назв.

Ключевые слова: измерительная установка, ЯМР-спектрометр, эхо-сигнал, алгоритм оптимизации позиционирования образца, магнитное поле, поиск экстремума, числа Фибоначчи, микроконтроллер.

Постановка проблемы. Одним из параметров, который необходимо учитывать при исследовании образцов на установке ядерного магнитного резонанса (ЯМР), является положение образца в магнитном поле. Определение наилучшей точки расположения образца позволяет значительно повысить амплитуду эхо-сигнала, повысить точность измерения его параметров и сократить время на получение информации о структуре исследуемого вещества.

Анализ литературы. Образец с исследуемым веществом при проведении исследований пищевых продуктов на установке ЯМР-спектрометра находится одновременно под действием двух видов магнитного поля – постоянного и переменного [1–3]. Величина постоянного магнитного поля определяет частоту и интенсивность воздействия переменного магнитного поля. Это магнитное поле, создается измерительной катушкой ЯМР-спектрометра. Основными параметрами при исследовании образца являются времена спин-решеточной (T_1) и спин-спиновой (T_2) релаксации, определяемых из следующих соотношений:

$$T_1 = -\frac{\Delta T_i}{\ln(1 - A_i/A_0)}; \quad T_2 = -\frac{2(\Delta \tau_i)}{\ln(A_i/A_0)}, \quad (1)$$

где ΔT_i – интервал между сериями зондирующих импульсов; A_i – амплитуда импульса при i -ом интервале между зондирующими

импульсами; A_0 – начальная амплитуда импульса; $\Delta\tau_i$ – интервал времени между зондирующими импульсами.

Из соотношений (1) следует, что ошибка в определении амплитуды импульсов сказывается на точности определения времен релаксации. Поэтому образец должен быть установлен так в магнитном поле катушки, чтобы амплитуда принимаемого сигнала была максимальной. В этом случае будет обеспечено наилучшее соотношение сигнал-шум и точность определения времен релаксации будет наилучшей. В большинстве случаев позиционирование образца обеспечивается путем только визуального наблюдения за амплитудой сигнала и последующей коррективкой положения образца в измерительной катушке [4].

В источнике [5] приведено соотношение, которое позволяет оценить амплитуду U принимаемого сигнала в ЯМР-спектрометре в зависимости от параметров настройки спектрометра и положения образца в нем

$$U = Q\gamma B^2 \chi n V_e / L_k, \quad (2)$$

где Q – добротность измерительного контура спектрометра; γ – гиромагнитное отношение, определяющее резонансную частоту изотопа в магнитном поле; B^2 – суммарная магнитная индукция, образуемая магнитными моментами протонов после возбуждения образца; χ – магнитная спиновая восприимчивость; n – число витков приемной катушки; V_e – объем исследуемого образца, на который воздействует высокочастотное поле; L_k – длина приемной катушки.

Из выражения (2) следует, что при неизменных параметрах измерительной системы спектрометра точка позиционирования образца влияет на величину принимаемого сигнала. Поэтому систему управления спектрометром [6, 7] целесообразно дополнить блоком позиционирования с реализованным в нем алгоритмом определения наилучшей точки установки образца в магнитном поле катушки.

Целью работы является разработка и обоснование алгоритма работы устройства, которое позиционирует образец в магнитном поле катушки для получения максимальной амплитуды принимаемого сигнала, и реализации его на микроконтроллере с дальнейшим введением алгоритма в систему управления ЯМР-спектрометром.

Для оценки влияния расположения образца [8] в катушке предварительно были проведены опыты с разным объемом заполнения ампулы. Ампулы заполнялись водой на высоту 6,5 затем 10 и 12,5 мм. Дальше путем постепенного перемещения ампулы с образцом в катушке определялось положение, при котором выходной эхо-сигнал был

максимальным [9]. Результаты обработки экспериментальных данных, приведенных на рисунке, представлены, в относительных единицах. По оси ординат откладывались значения амплитуды сигнала, а по оси абсцисс отложено число оборотов механизма перемещения ампулы с образцом. Один оборот механизма перемещения соответствует смещению образца на 1,5 мм.

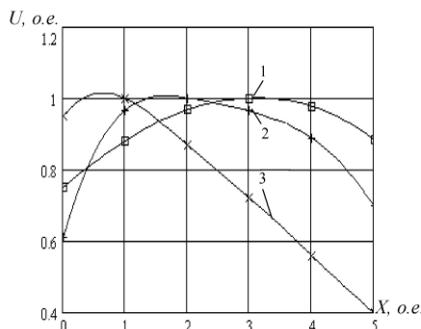


Рис. Зависимость амплитуды сигнала образца от положения ампулы при различной степени её заполнения

Приведенная на рис. кривая 1 показывает график изменения амплитуды сигнала в зависимости от положения образца в поле катушки при заполнении ампулы на 6,5 мм. Графики 2, 3 соответствуют заполнению ампулы на 10 и 12,5 мм соответственно. Из приведенных графиков видно, что при заполнении ампулы на 10 мм относительная амплитуда сигнала достигает максимума при установлении ампулы на высоте приблизительно 3 мм от начального значения. При этом максимальное значение амплитуды достигается примерно в средней части интервала перемещения.

Это значение и является наиболее целесообразным при проведении измерений свойств вещества. В свою очередь, наибольшее абсолютное значение сигнала было получено при заполнении ампулы на 12,5 мм. Однако, погрешности позиционирования в этом случае значительно больше из-за большей остроконечности изменения зависимости амплитуды сигнала от положения ампулы с исследуемым образцом в поле катушки ЯМР-спектрометра.

Проведенные исследования также показали, что при анализе твердых образцов, которые не могут полностью заполнить ампулу, целесообразно чтобы размеры их не превышали размер в 10 мм, потому что возможен выход образца за границы однородности магнитного поля, создаваемого постоянным магнитом ЯМР-спектрометра.

Для определения наилучшего положения образца был исследован алгоритм поиска экстремума на основе использования чисел Фибоначчи. Числа Фибоначчи определяются следующей последовательностью [10]:

$$F_0 = F_1 = 1; \quad F_N = F_{N-1} + F_{N-2}; \quad N > 1.$$

Использование чисел Фибоначчи в технических устройствах позволяет реализовать алгоритм для организации оптимального поиска экстремума функции одной переменной.

Доказано, что если требуется найти положение экстремума функции $H(x)$ определенной на интервале (a, b) с абсолютной ошибкой не превышающей:

$$\Delta = \frac{b-a}{F_N}, \quad (3)$$

где F_N – N -е число Фибоначчи, то для отыскания положения экстремума достаточно вычислить не более N значений функции $H(x)$.

Алгоритм определения положения наилучшей точки для проведения измерения состоит из следующих этапов:

1. Вводится начальная a и конечная b точки позиционирования образца. Задается интервал Δ , в пределах которого необходимо найти наилучшую точку позиционирования образца. Для реальных графиков, представленных на рис., величину Δ можно принять равной 0,1 от общего интервала (a, b) измерения.

2. Определяется число Фибоначчи, которое будет использоваться при поиске точки максимума из выражения

$$F_N = \frac{b-a}{\Delta}.$$

3. Определяется шаг поиска по формуле (3).

4. Определяется значение амплитуды $A(X_n)$ в начальной точке интервала X_n , соответствующей начальному значению интервала (a, b) .

5. Определяется координата первой точки проведения измерения

$$Z_1 = a + \Delta_N F_{N-1}.$$

6. Сравниваются значения полученных амплитуд в точках Z_1 и Z_n .

Если $A(Z_1) > A(Z_n)$ то шаг считается удачным и берется следующая точка.

7. Последующие шаги выполняются с уменьшающейся величиной шага $\Delta Z_i = \pm \Delta_N F_{N-2-i}$ по следующему правилу:

Если предыдущий шаг удачный, то следующий ($i+1$) выполняется из точки $Z_{i+2} = Z_{i+1} + \Delta Z_i$; если шаг неудачный – то из точки $Z_{i+2} = Z_i - \Delta Z_{i+1}$.

Указанный процесс продолжается до тех пор, пока не будут исчерпаны все числа Фибоначчи в убывающей последовательности.

Проведенные исследования образца и полученные измерения дают возможность поставить вопрос о разработке автоматической системы, построенной на основе микроконтроллера STM32, для установки образца в зону максимального сигнала и учета времени проведения эксперимента с учетом усталости образца. В качестве первого варианта подобной системы можно рассмотреть вариант системы, которая выдает рекомендации исследователю для более точной установки образца в ручном режиме.

Выводы. Проведен анализ влияния степени заполнения ампулы веществом для исследования величины сигнала ЯМР. Установлено, что для данной конфигурации измерительной системы целесообразно проводить заполнение ампулы на высоту 10 мм.

Определена степень влияния положения образца на амплитуду выходного сигнала ЯМР- спектрометра.

Предложено устройство, способ и алгоритм минимизации времени и усталости образца при подготовке эксперимента на основе микроконтроллера STM32. Применение данного устройства и алгоритма позволяет на 40 % снизить затраты времени на позиционирование образца и повысить стабильность условий проведения эксперимента в целом.

Список литературы: 1. *Beadle R.* Magnetic resonance spectroscopy in myocardial disease / *R. Beadle, M. Frenneaux* // *Expert Rev. Cardiovasc. Ther.* – 2010. – № 8. – 269–277 p. 2. *Эрнст Р.* ЯМР в одном и двух измерениях / *Р. Эрнст, Дж. Боденхаузен.* – М.: Мир, 2000. – 711 с. 3. *Пивоваров П.П.* Теоретична технологія продукції громадянського харчування / *П.П. Пивоваров.* – Харків: Ранок, 2000. – 116 с. 4. *Dey K.K.* Trading sensitivity for information: Carr-Purcell-Meiboom-Gill acquisition in solid-state NMR / *K.K. Dey, J.T. Ash, N.M. Trease, P.J. Grandinetti* // *J. Chem.Phys.* – 2010. – 133 p. 5. *Неронов Ю.И.* Ядерный магнитный резонанс в томографии и в спектральных исследованиях. Учебное пособие / *Ю.И. Неронов, З. Гарайбех* / СПб.: Санкт-Петербургский государственный институт точной механики и оптики (Технический университет). – 2003. – 84 с. 6. *Даниленко О.Ф.* Автоматизована система виміру ЯМР спектрометра. Прогресивні техніка та технологія харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі / *О.Ф. Даниленко, О.Г. Дьяков, О.І. Торяник* // *Зб. наук. праць Вип. 2.* Харків. – 2005. – 314 – 342 с. 7. *Олсон Г.* Цифровые системы автоматизации процесса управления / *Г. Олсон, Д. Пиани.* – СПб.: Невский диалект, 2002. – 254 с. 8. *Аракелян Г.* Математика и история золотого сечения: монография / *Г. Аракелян.* – М.: Логос, 2014. – 136 с. 9. *Пантилеев А.В.* Методы оптимизации в примерах и задачах / *А.В. Пантилеев, Т.А. Летова.* – М.: Высшая школа 2005. – 302 с.

10. *Кнут Д.* Конкретная математика. Основание информатики / *Д. Кнут, Р. Грэхем, О. Паташник.* – М.: Мир; Бинوم. Лаборатория знаний, 2006. – 211 с.

Bibliography (transliterated): 1. *Beadle R.* Magnetic resonance spectroscopy in myocardial disease / *R. Beadle, M. Fremieux* // *Expert Rev. Cardiovasc. Ther.* – 2010. – № 8. – 269–277 p. 2. *Jernst R.* JaMR v jednom i dvuh izmerenijah / *R. Jernst, Dzh. Bodenhausen.* – М.: Мир, 2000. – 711 с. 3. *Pivovarov P.P.* Teoretichna tehnologija produkcii gromadjans'kogo harchuvannja / *P.P. Pivovarov.* – Harkiv: Ranok, 2000. – 116 s. 4. *Dey K.K.* Trading sensitivity for information: Carr-Purcell-Meiboom-Gill acquisition in solid-state NMR / *K.K. Dey, J.T. Ash, N.M. Trease, P.J. Grandinetti* // *J. Chem.Phys.* – 2010. – 133 p. 5. *Neronov Ju.I.* Jadernyj magnitnyj rezonans v tomografii i v spektral'nyh issledovanijah. Uchebnoe posobie. / *Ju.I. Neronov, Z. Garajbeh.* – SPb.: Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj institut točnoj mehaniki i optika (Tehnicheskij universitet), 2003. – 84 s. 6. *Danilenko O.F.* Avtomatizovana sistema vimiru JaMR spektrometra. Progressivni tehnika ta tehnologija harchovih virobnictv restorannogo gospodarstva i torgivli / *O.F. Danilenko, O.G. D'jakov, O.I. Torjanik* // *Zb. nauk. prac' Vip. 2.* Harkiv. – 2005. – 314-342 s. 7. *Olson G.* Cifrovye sistemy avtomatizacii processa upravlenija / *G. Olson, D. Piani.* – SPb.: Nevskij dialekt, 2002. – 254 s. 8. *Arakeljan G.* Matematika i istorija zolotogo sechenija: monografija / *G. Arakeljan.* – М.: Logos, 2014. – 136 s. 9. *Pantileev A.V.* Metody optimizacii v primerah i zadachah / *A.V. Pantileev, T.A. Letova.* – М.: Vysshaja shkola 2005. – 302 s. 10. *Knut D.* Konkretnaja matematika. Osnovanie informatiki / *D. Knut, R. Grjehem, O. Patashnik.* – М.: Мир; Binom. Laboratorija znaniy, 2006. – 211 s.

Поступила в редакцию 20.03.2015

Повторно 10.05.2015

Статью представил д-р техн. наук, проф. НТУ "ХПИ" Поворознюк А.И.

Danilenko Alexander, Cand.Tech.Sci., Dotcent
Natoinal Tehnical University "Kharkiv Polytechnic Institute"
Str. Frunze, 21, Kharkov, Ukraine, 61002
Tel.: (057)707-61-65, e-mail: alexs.danilenko@gmail.com
ORCID : 0000-0002-0089-3510

Rebenok Nikolaj, master
Natoinal Tehnical University "Kharkiv Polytechnic Institute"
Str. Frunze, 21, Kharkov, Ukraine, 61002
Tel.: (095)838-79-91, e-mail: malyk.mail.ru@mail.ru
ORCID : 0000-0002-4615-2785

Nizii Anton, master
Natoinal Tehnical University "Kharkiv Polytechnic Institute"
Str. Frunze, 21, Kharkov, Ukraine, 61002
Tel.: (096)0762312, e-mail: anton_nizy@ukr.net
ORCID : 0000-0002-0176-5334

Djakov Alexander, Cand.Tech.Sci., Dotcent
Natoinal Tehnical University "Kharkiv Polytechnic Institute"
Str. Frunze, 21, Kharkov, Ukraine, 61002
Tel.: (057)732-44-26, e-mail: djakov.alex.georg@gmail.com
ORCID : 0000-0002-8163-8019

УДК 004.383.8: 681.322

В.Д. ДМИТРИЕНКО, д-р техн. наук, проф., НТУ "ХПИ",
С.Ю. ЛЕОНОВ, д-р техн. наук, доц., НТУ "ХПИ",
Д.М. ГЛАВЧЕВ, бакалавр, НТУ "ХПИ"

НЕЙРОННАЯ СЕТЬ, РАСПОЗНАЮЩАЯ ГРУППЫ ИЗОБРАЖЕНИЙ

На основе нейронной сети адаптивной резонансной теории ART-1 и сети ART, способной определять несколько решений (если они существуют), разработана нейронная сеть, способная распознавать как отдельные изображения, так и группы изображений. Приведена архитектура и алгоритмы функционирования нейронной сети. Ил.: 3. Библиогр.: 12 назв.

Ключевые слова: нейронная сеть адаптивной резонансной теории, нейронная сеть, распознающая группы изображений.

Постановка проблемы и анализ литературы. Искусственные нейронные сети широко и успешно используются для решения разнообразных задач в науке, технике, медицине и т.д. [1 – 11]. Разработка и применение нейронных сетей позволяет не только решать конкретные научные или технические задачи, но и получать крупицы знаний о мышлении и функционировании мозга человека. Это, в свою очередь, ведет к созданию новых компьютерных интеллектуальных систем, которые в определенных областях по своим возможностям приближаются к человеку или даже превосходят его. Эксперименты с такими системами вскрывают и их недостатки и недостатки нейронных сетей, на основе которых они созданы, что открывает новые пути по совершенствованию искусственных нейронных сетей как некоторых частных моделей мозга или его отдельных частей. Например, большинство нейронных сетей, в частности, и перцептроны, не могут дообучаться, то есть не способны запоминать новую информацию без искажения или потери уже имеющейся, не могут обнаруживать на своих входах новую информацию т.д. Эти недостатки не только существенно отличают их от мозга человека, но и весьма затрудняют их использование при решении практических задач, поскольку при создании систем распознавания, управления, контроля, идентификации и т.д. для реальных объектов, как правило, исходная информация, необходимая для обучения нейронной сети, на этапе создания системы полностью не известна, и может быть получена только при эксплуатации объекта. Это

© В.Д. Дмитриенко, С.Ю. Леонов, Д.М. Главчев, 2015

требует многократного и трудоемкого переобучения нейронной сети, что часто сильно затрудняет или делает невозможным их практическое использование.

Проблемы дообучения нейронных сетей и обнаружения на их входах новой информации были, в определенной степени, решены с помощью адаптивной резонансной теории (АРТ) и появления нейронных сетей АРТ [2, 11]. Однако существуют важные классы задач, которые не могут решаться и с помощью нейронных сетей АРТ, в частности, это задачи распознавания групп из q объектов или изображений, распознавание которых затруднено и с помощью других нейронных сетей. Это связано с тем, что при распознавании групп из n объектов необходимо решать n задач распознавания. Тривиальный подход – использование q параллельно работающих сетей – задачу решает, однако требует большого числа нейронов. В работе [12] при распознавании режимов функционирования объектов по значительному числу изменяющихся во времени переменных были предложены нейронные сети АРТ с m полями обрабатывающих нейронов. При $q = m$ эти сети могут использоваться и для распознавания групп из q объектов. Такая сеть имеет меньшее число нейронов по сравнению с q параллельно работающими нейронными сетями, однако она группы изображений, предъявленных в различном порядке, распознает как разные группы, что в большинстве задач (но не во всех) не является правильным. Кроме того, число обрабатывающих нейронов остается все же большим. Существенно уменьшить их можно только используя одно поле обрабатывающих нейронов, однако в этом случае необходимо запоминать q решений, что большинство нейронных сетей обеспечить не могут. Одним из исключений является дискретная нейронная сеть АРТ, описанная в работе [9], которая может быть модифицирована для решения задач распознавания групп объектов.

Таким образом, существует проблема эффективного распознавания групп изображений (объектов) с помощью нейронных сетей АРТ, требующая совершенствования сетей адаптивной резонансной теории с целью их более широкого и плодотворного использования при решении задач распознавания в различных областях науки, техники и медицины.

Цель статьи – разработка дискретной нейронной сети адаптивной резонансной теории, способной распознавать как отдельные объекты, так и различные группы объектов.

Архитектура предлагаемой нейронной сети АРТ-1гр, способной распознавать как группы из q , $(q - 1)$, ..., трех и двух изображений (объектов), так и отдельные изображения, приведена на рис. 1.

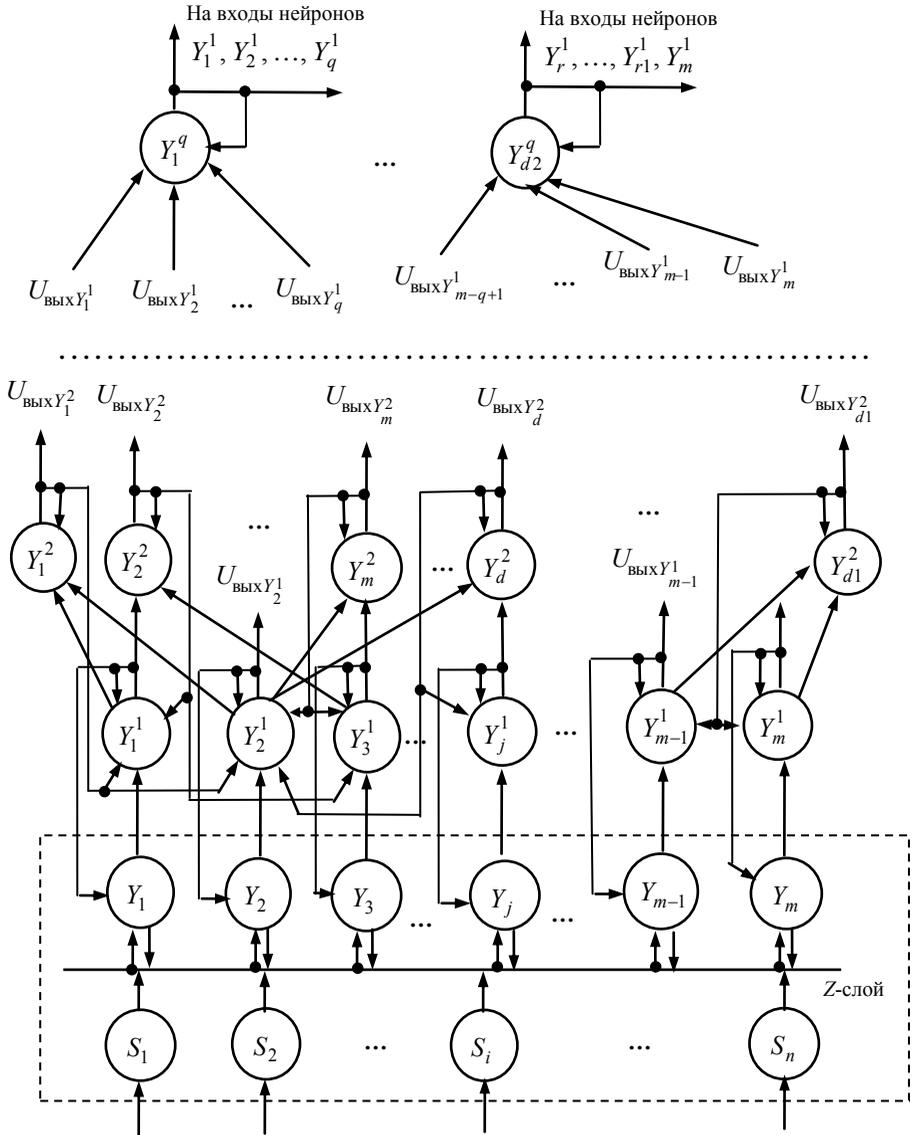


Рис. 1. Архитектура нейронной сети ART-1gr

На рис.1 приняты следующие обозначения: $d = m + j - 1$; $d1 = C_m^2$; $d2 = C_m^q$; C_m^q – число сочетаний из m по q ; $r = m - q + 1$; $r1 = m - 1$.

Основой архитектуры сети АРТ-1гр является дискретная нейронная сеть АРТ-1, упрощенная архитектура которой на рис. 1 выделена пунктирной линией.

Более детальная архитектура сети АРТ-1 приведена на рис. 2.

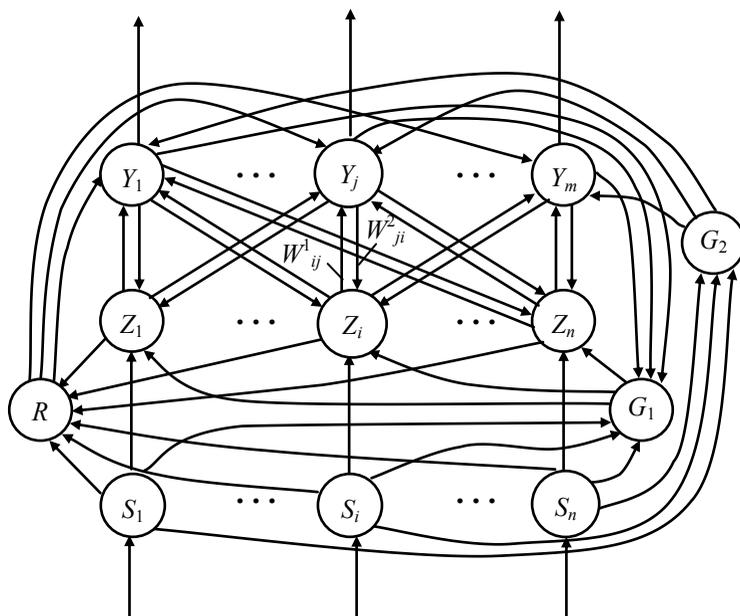


Рис. 2. Архитектура дискретной нейронной сети АРТ-1

Нейронная сеть АРТ-1 имеет три слоя нейронов:

- S -слой чувствительных нейронов, предназначенных для восприятия бинарных (черно-белых) изображений;
- Z -слой интерфейсных бинарных нейронов;
- Y -слой выходных распознающих нейронов.

Имеется также два управляющих нейрона G_1 , G_2 и решающий нейрон R .

Детально архитектура и алгоритмы функционирования нейронной сети АРТ-1 описаны в работах [2, 9 – 12]. Однако во всех этих работах, как и во многих других, опущены как второстепенные два блока нейронов (рис. 3):

– блок 1 выделения нейрона-победителя в распознающем Y -слое сети, который также осуществляет затормаживание или активацию Y -нейронов, сброс в нуль выходных сигналов Y -нейронов, определяет наличие новой информации на входе сети по заторможенности всех используемых Y -нейронов и т.д.

– блок 2 синхронизации и управления нейронной сетью, который синхронизирует работу нейронов сети, сбрасывает их в начальное состояние и т.д.

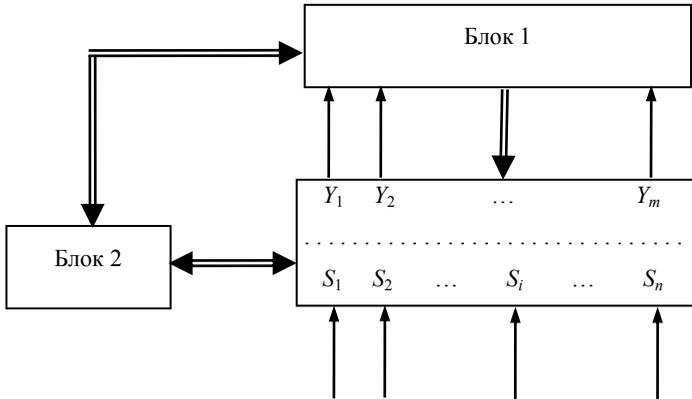


Рис. 3. Нейронная сеть АРТ-1 с дополнительными блоками

Для обеспечения возможностей нейронной сети АРТ-1гр распознавать не только отдельные изображения (объекты), но и группы из двух, трех, ..., $(q - 1)$, q изображений (объектов) в сеть введено дополнительно q слоев распознающих нейронов (рис. 1):

– слой Y^1 -нейронов, предназначенных для распознавания отдельных изображений и их запоминания;

– слой Y^2 -нейронов, распознающих пары изображений;

– слой Y^q -нейронов, распознающих группы из q изображений.

Перед началом распознавания нейроны сети АРТ-1гр с помощью блоков 1 и 2 переводятся в пассивное состояние. На рис. 1 и 2 эти связи не показаны.

При распознавании одиночных изображений, когда на вход нейронной сети подается некоторое входное изображение $S^k = (S_1^k, S_2^k, \dots, S_n^k)$, сеть АРТ-1 относит это изображение с помощью параметра сходства [11, 12] к первому близкому классу изображений, представители которых хранятся в весах связей распознающих Y -нейронов. Без потери общности можно положить, что $k \equiv 1$ и в результате предъявления изображения $S^k \equiv S^1$ нейроном-победителем стал распознающий нейрон $Y_k \equiv Y_1$, то есть изображение отнесено к k -му (первому) классу. Выходной сигнал нейрона-победителя $Y_k \equiv Y_1$ поступает на вход нейрона $Y_k^1 \equiv Y_1^1$ слоя Y^1 , единичные выходные сигналы которого указывают на распознавание отдельных изображений. Нейрон $Y_k^1 \equiv Y_1^1$ переходит в активное состояние и его единичный выходной сигнал по цепи обратной связи фиксирует единичный выходной сигнал элемента $Y_k^1 \equiv Y_1^1$ и затормаживает нейрон-победитель $Y_k \equiv Y_1$ в распознающем Y -слое нейронной сети. Если в течение заданного интервала времени T на вход сети не поступает нового изображения, то считается, что на вход сети подано отдельное изображение, которое распознано и отнесено к определенному классу изображений, хранящихся в памяти нейронной сети АРТ-1. Если при распознавании отдельного изображения S^k на выходах нейронов Y^1 -слоя не оказалось ни одного единичного сигнала, то это указывает на то, что оно не похоже ни на одно из изображений, хранящихся в весах связей нейронной сети. При распознавании пар изображений, например, пары S^k, S^{k+1} или S^{k+1}, S^k вначале на вход сети подается первое изображение, например, S^k . Пусть, как и при распознавании единичного изображения, описанном выше, нейроном-победителем будет нейрон Y_k , что приведет в конечном итоге к активации нейрона Y_k^1 в слое Y^1 -нейронов. и затормаживанию нейрона Y_k в Y -слое элементов. Затем на вход сети АРТ-1гр поступает второе изображение S^{k+1} . Без потери общности можно положить, что нейроном-победителем в этом случае стал распознающий нейрон Y_{k+1} , единичный выходной сигнал которого переводит в активное состояние нейрон Y_{k+1}^1 . Единичный выходной сигнал этого нейрона по цепи обратной связи фиксирует его единичный выходной сигнал и затормаживает нейрон-победитель Y_{k+1} в распознающем слое сети АРТ-1. Если в течение заданного интервала

времени T на вход сети не поступает нового изображения, то блок 2 фиксирует, что на вход нейронной сети поступила пара изображений S^k, S^{k+1} и активируются нейроны Y^2 -слоя. В единичное состояние переходит только тот Y^2 -нейрон, на вход которого поступили два единичных сигнала с выходов нейронов Y_k^1 и Y_{k+1}^1 . Единичный выходной сигнал нейрона-победителя в слое Y^2 -нейронов по цепи обратной связи фиксирует сигнал нейрона-победителя и затормаживает нейроны Y_k^1 и Y_{k+1}^1 . В результате этого только в слое Y^2 -элементов будет один нейрон с единичным выходным сигналом, который соответствует паре входных изображений S^k, S^{k+1} . При $k \equiv 1$ в слое Y -нейронов будут нейроны-победители Y_1 и Y_2 , а в слое Y^1 -нейронов – нейроны Y_1^1 и Y_2^1 . Паре входных изображений S^1 и S^2 в соответствии с рис. 1 будет соответствовать нейрон Y_1^2 .

Распознавание группы изображений, содержащих более двух изображений, происходит аналогично. Рассмотрим, например, случай подачи на вход нейронной сети АРТ-1гр группы из q изображений, например, S^1, \dots, S^q , каждое из которых распознается нейронной сетью АРТ-1 как представитель одного из классов изображений, хранящихся в весах связей этой нейронной сети. Без потери общности можно положить, что эти изображения последовательно в слоях Y и Y^1 активируют нейроны Y_1, Y_2, \dots, Y_q , а затем нейроны $Y_1^1, Y_2^1, \dots, Y_q^1$, единичные сигналы которых переводят в заторможенное состояние активные элементы Y -слоя. Затем блок 2 фиксирует, что распознается группа из q изображений и активирует нейроны Y^q -слоя. В единичное состояние переходит только тот элемент Y^q -слоя, на входы которого поступили q единичных сигналов. Единичный выходной сигнал нейрона-победителя Y^q -слоя по цепи обратной связи фиксирует свой единичный сигнал и затормаживает все активные элементы Y^1 -слоя.

Если при распознавании отдельного изображения или группы изображений какое-то изображение не распознается, то это фиксируется блоком 2, а затем начинается распознавание нового отдельного изображения или групп изображений.

Математическое моделирование нейронной сети АРТ-1гр с различными исходными данными подтвердило ее работоспособность.

Выводы. На основе нейронной сети АРТ-1 и дискретной нейронной сети АРТ, способной определять несколько решений, разработана архитектура и алгоритмы функционирования дискретной нейронной сети АРТ-1гр, которая может распознавать как отдельные изображения (объекты), так и пары, тройки и группы из q ($q > 3$) изображений (объектов). Перспективой дальнейших исследований в этом направлении является разработка нейронных сетей адаптивной резонансной теории, способных решать задачи распознавания как отдельных изображений, так и групп полутоновых изображений.

Список литературы: 1. *Leonov S.Yu.* K-Value Adaptive Resonance Theory of the Neural Network for Analyzing the Operability of Computing Devices / *S.Yu. Leonov, V.D. Dmitrienko, T.V. Gladkikh* // World Applied Sciences Journal. – 2014. – 30 (12). – P. 1932-1938. 2. *Dmitrienko V.D.* Neural Networks Art: Solving problems with multiple solutions and new teaching algorithm / *V.D. Dmitrienko, A.Yu. Zakovorotnyi, S.Yu. Leonov, I.P. Khavina* // Open Neurology Journal. – 2014. – 8. – P. 15-21. 3. Neural networks for control / Edited by *W. Thomas Miller III, Richard S. Sutton, and Paul J. Werbos*, – Cambridge, Massachusetts, London: MIT Press, 1996. – 524 p. 4. *Хавина И.П.* Применение нейронных сетей в технологических процессах механообработки / *И.П. Хавина, В.В. Лимаренко* // Сборник научных трудов "Автоматизированные технологии и производства" Магнитогорского государственного технологического университета им. Г.И. Носова. – Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова. – 2013. – С. 233-239. 5. *Хайкин С.* Нейронные сети: полный курс / *С. Хайкин*. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2006. – 1104 с. 6. *Барский А.Б.* Нейронные сети: распознавание, управление, принятие решений / *А.Б. Барский*. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 176 с. 7. *Галушкин А.И.* Нейрокомпьютеры и их применение на рубеже тысячелетий в Китае. В 2-х томах. Том 2 / *А.И. Галушкин*. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 464 с. 8. *Леонов С.Ю.* К-значная нейронная сеть АРТ для анализа работоспособности вычислительных устройств / *С.Ю. Леонов* // Вісник НТУ "ХПІ". – Харків: НТУ "ХПІ", 2013. – Вип. 39 (1012). – С. 115-128. 9. *Дмитриенко В.Д.* Вычислительная сеть для решения задач распознавания с несколькими решениями / *В.Д. Дмитриенко, И.П. Хавина* // Вісник НТУ "ХПІ". – Харків: НТУ "ХПІ". – 2007. – № 19. – С. 58-63. 10. *Grossberg S.* Competitive learning: From interactive activation to adaptive resonance / *S. Grossberg* // Cognitive Science – 1987. – Vol. 11. – P. 23-63. 11. *Fausett L.* Fundamentals of Neural Networks. Architectures, Algorithms and Applications / *L. Fausett*. – New Jersey: Prentice Hall International, Inc., 1994. – 461 p. 12. *Носков В.И.* Моделирование и оптимизация систем управления и контроля локомотивов / *Носков В.И., Дмитриенко В.Д., Запововский Н.И., Леонов С.Ю.* – Харьков: ХФИ "Транспорт Украины", 2003. – 248 с.

Bibliography (transliterated): 1. *Leonov S.Yu.* K-Value Adaptive Resonance Theory of the Neural Network for Analyzing the Operability of Computing Devices / *S.Yu. Leonov, V.D. Dmitrienko, T.V. Gladkikh* // World Applied Sciences Journal. – 2014. – 30 (12). – P. 1932-1938. 2. *Dmitrienko V.D.* Neural Networks Art: Solving problems with multiple solutions and new teaching algorithm / *V.D. Dmitrienko, A.Yu. Zakovorotnyi, S.Yu. Leonov, I.P. Khavina* // Open Neurology Journal. – 2014. – 8. – P. 15-21. 3. Neural networks for control / Edited by *W. Thomas Miller III, Richard S. Sutton, and Paul J. Werbos*, – Cambridge, Massachusetts, London: MIT Press, 1996. – 524 p. 4. *Havina I.P.* Primenenie nejronnyh setej v tehnologicheskikh processah mehanooobrotki / *I.P. Havina, V.V. Limarenko* // Sbornik nauchnyh trudov "Avtomatizirovannye tehnologi i proizvodstva" Magnitogorskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. G.I. Nosova. – Magnitogorsk: MG TU im. G.I. Nosova. – 2013. – S. 233-239. 5. *Hajkin S.*

Nejronnye seti: polnyj kurs / S. Hajkin. – M.: Izdatel'skij dom "Vil'jams", 2006. – 1104 s.
6. Barskij A.B. Nejronnye seti: raspoznavanie, upravlenie, prinjatje reshenij / A.B Barskij. – M.: Finansy i statistika, 2004. – 176 s. **7.** Galushkin A.I. Nejrokompijutery i ih primenenie na rubezhe tysjacheletij v Kitae. V 2-h tomah. Tom 2 / A.I. Galushkin. – M.: Gorjachaja linija – Telekom, 2004. – 464 s. **8.** Leonov S.Ju. K-znachnaja nejronnaja set' ART dlja analiza rabotosposobnosti vychislitel'nyh ustrojstv / S.Ju. Leonov // Visnik NTU "HPI". – Harkiv: NTU "HPI", 2013. – Vip. 39 (1012). – S. 115-128. **9.** Dmitrienko V.D. Vychislitel'naja set' dlja reshenija zadach raspoznavanija s neskol'kimi reshenijami / V.D. Dmitrienko, I.P. Havina // Visnik NTU "HPI". – Harkiv: NTU "HPI". – 2007. – № 19. – S. 58-63. **10.** Grossberg S. Competitive learning: From interactive activation to adaptive resonance / S. Grossberg // Cognitive Science – 1987. – Vol. 11. – P. 23 – 63. **11.** Fausett L. Fundamentals of Neural Networks. Architectures, Algorithms and Applications / L. Fausett. – New Jersey: Prentice Hall International, Inc., 1994. – 461 p. **12.** Noskov V.I. Modelirovanie i optimizacija sistem upravlenija i kontrolja lokomotivov / Noskov V.I., Dmitrienko V.D., Zapolovskij N.I., Leonov S.Ju. – Har'kov: HFI "Transport Ukrainy", 2003. – 248 s.

Поступила (received) 25.04.2015

Статью представил д-р техн. наук, проф., заслуженный изобретатель Украины, зав. кафедрой "Системы информации" НТУ "ХПИ" Серков А.А.

Dmitrienko Valerii, Dr.Tech.Sci., Professor
National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"
Str. Frunze, 21, Kharkiv, Ukraine, 61002
Tel.: (057) 707-61-98, e-mail: valdmitrienko@gmail.com
ORCID ID: 0000-0003-2523-595X

Sergey Leonov, Dr.Tech.Sci., Dotcent
National Technical University "Kharkiv Politechnical Institute"
Str. Frunze 21, Kharkov, Ukraine, 61002
Tel.: (099) 911-911-3, e-mail: serleomail@gmail.com
ORCID ID 0000-0001-8139-0458

Dmitry Glavchev, Student
National Technical University "Kharkiv Politechnical Institute"
Str. Frunze 21, Kharkov, Ukraine, 61002
Tel.: (099) 304-980-7, e-mail: mglav@email.ua

УДК 004.383.8.032.26:621.9

В.Д. ДМИТРИЕНКО, д-р техн. наук, проф., НТУ "ХПИ",

И.П. ХАВИНА, канд. техн. наук, доц., НТУ "ХПИ",

В.А. БРЕЧКО, асп., НТУ "ХПИ"

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ МНОГОСЛОЙНОЙ АССОЦИАТИВНОЙ ПАМЯТИ ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОГО ВЫБОРА ОБОРУДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Впервые на основе нейросетевой ассоциативной памяти предложены архитектура и алгоритмы функционирования многослойной ассоциативной памяти с управляющими нейронами, которая может запоминать цепочки ассоциаций. Многослойная ассоциативная память используется для синтеза оптимальных маршрутных карт получения изделий методами лезвийной обработки материалов. Ил.: 4. Табл.: 1. Библиогр.: 11 назв.

Ключевые слова: ассоциативная память, цепочки ассоциаций, многослойная нейронная сеть, технологический процесс, маршрутная карта.

Постановка проблемы и анализ литературы. Усложнение существующей техники, возрастающие требования к точности изделий, использование новых материалов и т.д. существенно повышают трудоемкость технологической подготовки производства современных высокоточных деталей, узлов и агрегатов. Для автоматизации подготовки технологических процессов, как правило, используются АСУ ТП (автоматизированные системы управления технологическими процессами) – комплексы необходимых технических и программных средств для обеспечения проектирования технологических процессов. Без применения АСУ ТП в настоящее время не обходиться ни одна отрасль производства. Такие системы представляют собой "человеческо-машинные" модули, когда система работает в диалоговом режиме с технологом, или шаблонные системы, которые требуют адаптации под конкретное производство [1 – 6].

Примером такой системы является NX (или Unigraphics), которая используется в машиностроении, где выпускаются изделия с большим числом деталей, и в таких отраслях, как авиационная промышленность, выпускающих изделия со сложными формами. Система может использоваться как для программирования обработки изделия на одном станке, так и как CAD/CAM-система для управления технологическими данными. Другая система – SprutCAM, которая поддерживает разработку управляющих программ для оборудования с программным управлением.

© В.Д. Дмитриенко, И.П. Хавина, В.А. Бречко, 2015

С помощью этой системы можно создавать трехмерные схемы станков и виртуально производить предварительную обработку изделия. Работа таких систем основана на диалоговом общении с технологом и на построении трехмерных моделей деталей, и не обеспечивает машинную оптимизацию технологического процесса в целом [7 – 9].

Однако существуют и такие отрасли машиностроения, например, авиастроение, где использовать известные и доступные системы проектирования технологических процессов невозможно в силу уникальности, сложности и трудоемкости изделий. В таких случаях предприятия вынуждены самостоятельно разрабатывать автоматизированные системы управления проектированием технологических процессов обработки изделий. В связи с этим для авиационной промышленности Украины актуальна, с одной стороны, разработка технологических процессов для изготовления уникальных деталей и изделий, а, с другой стороны, разработка специализированной АСУ ТП, хранящей в памяти уникальные технологические процессы, и оптимизирующей процесс производства деталей на конкретном парке работающих станков.

Целью работы является разработка оптимальных технологических процессов производства высокоточных деталей авиационной промышленности на заданном парке станочного оборудования.

Одними из самых сложных изделий в авиационной промышленности считаются авиационные двигатели, которые при относительно малом весе и габаритах должны обеспечивать высокую мощность и надежно функционировать в любых эксплуатационных режимах. Поэтому при их изготовлении используются высокопрочные, но труднообрабатываемые материалы и поверхности и требуется высокая точность. Это делает изготовление авиадвигателей уникальным производством, которое требует разработки ряда сложных технологических процессов. В качестве примера рассмотрим корпусную деталь, представленную на рис. 1.

Деталь имеет 61 поверхность, часть из которых обозначена на рис. 1. Имеются наружные и внутренние цилиндрические поверхности, а также канавки сложной формы (поверхность 9), участок конусной поверхности (поверхность 6). Второстепенными поверхностями детали являются фаски, торцы, скосы, цилиндрические поверхности. Материал детали – сталь 7ХГ2ВМФ.

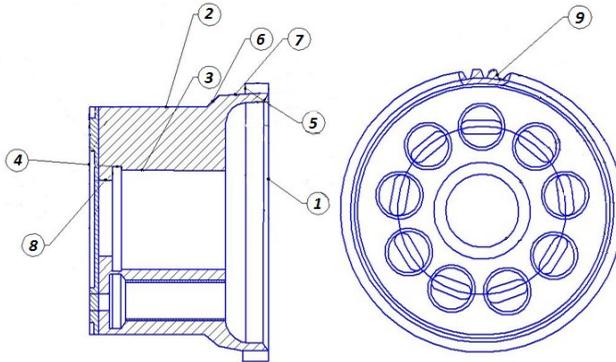


Рис. 1. Корпусная деталь с нумерацией поверхностей: 1, 4, 5 – торцы детали, 2 и 7 – внешние цилиндрические поверхности, 3 и 8 – поверхности внутренних отверстий, 6 – конусная поверхность, 9 – канавки сложной формы

При проектировании технологического процесса изготовления этой детали строятся операционная и маршрутная карты. Для построения операционной карты определяются виды операций над базовыми поверхностями с учетом черновой, получистовой и чистовой обработки. Пример базовой операционной карты технологического процесса приведен в табл., где описываются первые семь операций технологического процесса обработки восьми поверхностями детали.

Данные базовой операционной карты и данные о припусках, качествах, шероховатости, допусках и т.п. позволяют построить маршрутную карту технологического процесса, то есть определить набор оборудования для каждой операции. Набор оборудования включает станки станочного парка предприятия, данные о котором хранятся в базе данных. Из набора оборудования необходимо выбрать станок, который выполнит данную операцию с минимальной себестоимостью C , или с минимальным временем изготовления детали T , или с минимальной взвешенной линейной комбинацией времени и себестоимости изготовления: $k_1T + k_2C$, где k_1, k_2 – весовые коэффициенты. Структурная схема определения набора станков для одной операции приведена на рис. 2.

Необходимая информация о деталях хранится в базе данных деталей, а о технических средствах и оборудовании – в базе данных о станочном парке.

На основе структурной схемы проектирования технологического процесса (рис. 2) разработана четырехслойная ассоциативная память,

которая позволяет запомнить цепочки ассоциативных данных (рис. 3) и обеспечивает получение набора оборудования для каждой операции технологического процесса.

Таблица

Базовая операционная карта для первых 7 операций технологического процесса изготовления детали

№ операции	Название операции	Содержание перехода
1	Ножовочно-отрезная	1. Отрезать от прутка заготовку (поверхность 1). 2. Заправить концы.
2	Токарная (черновая)	1. Подрезать торец 1 (поверхность 1). 2. Точить поверхность 2.
3	Токарная (получистовая)	1. Подрезать торец 1. 2. Точить поверхность 2. 3. Переустановить деталь. 4. Центровать торец 1. 5. Сверлить отверстие 3 (поверхность 3).
4	Токарно-револьверная (чистовая)	1. Подрезать торец 1. 2. Переустановить деталь. 3. Центровать торец 1. 4. Сверлить отверстие 1 (поверхность 8). 5. Точить поверхность 2.
5	Промывка	1. Промыть деталь.
6	Токарная (черновая)	1. Подрезать торец 2 (поверхность 4). 2. Подрезать торец 3 (поверхность 5).
7	Токарная с ЧПУ	1. Точить поверхности 1, 7, 8. 2. Подрезать торец 2. 3. Расточить отверстие 3.

Четырехслойная ассоциативная память состоит из четырех слоев нейронов, каждый из которых содержит нейроны, запоминающие и определяющие ассоциации, и управляющие нейроны. Все нейроны каждого слоя связаны с нейронами, определяющими ассоциации, следующего слоя однонаправленными связями. Последний слой не содержит управляющих нейронов.

Сеть функционирует согласно двум алгоритмам: обучения и распознавания. Процесс обучения сети состоит из определения обучающей выборки и построения матриц весовых коэффициентов ассоциативной памяти.

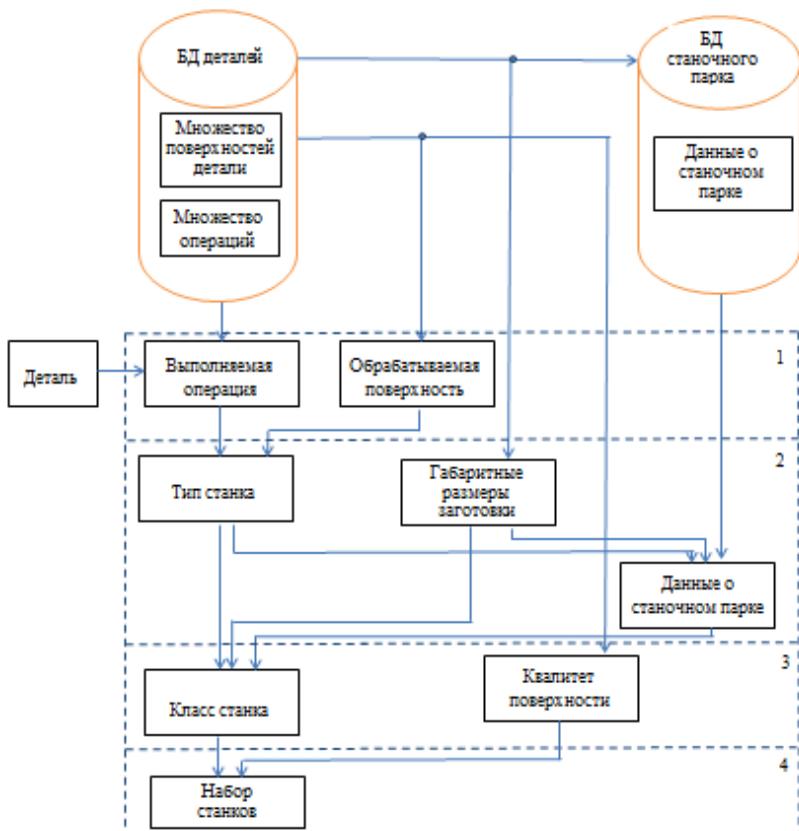


Рис. 2. Структурная схема проектирования технологического процесса для одной операции: 1 – блок получения исходных данных, 2 – блок для определения типа станка, 3 – блок для определения класса станка, 4 – блок для определения набора станков

Изображенная на рис. 3 сеть имеет входной слой нейронов, который состоит из X -нейронов, на входы которых подается информация о выполняемой операции, и управляющих нейронов R_1, \dots, R_{p_0} , на входы которых подается информация о виде обрабатываемой поверхности. X -нейроны связаны с Z^1 -нейронами связями с весами $W_{11}^{11}, \dots, W_{ng1}^{11}$, а управляющие нейроны R_1, \dots, R_{p_0} – связями с весами $W_{11}^{12}, \dots, W_{p_0g1}^{12}$.

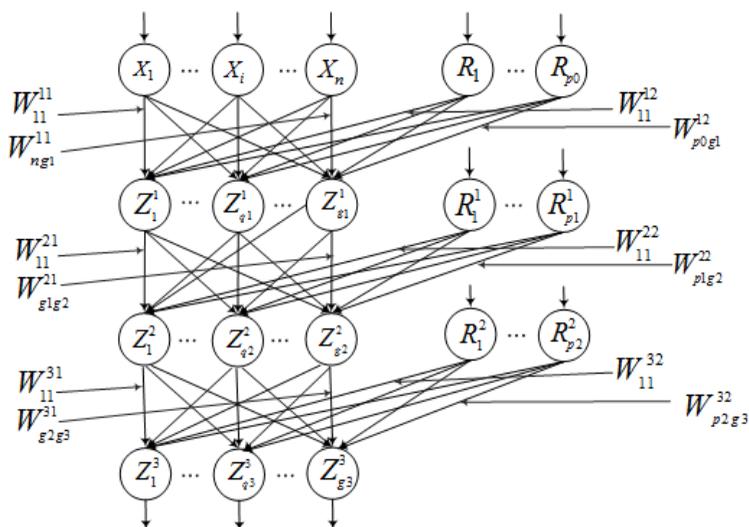


Рис. 3. Четырехслойная ассоциативная память

В результате работы Z^1 -нейронов сети определяется тип станка. Z^1 -нейроны связаны с Z^2 -нейронами связями с весами $W_{11}^{21}, \dots, W_{g^1 g^2}^{21}$. Управляющие нейроны $R_1^1, \dots, R_{p_1}^1$ связаны с Z^2 -нейронами связями $W_{11}^{22}, \dots, W_{p_1 g^2}^{22}$. На вход Z^2 -слоя сети подаются данные о типе станка, а на входы управляющих нейронов $R_1^1, \dots, R_{p_1}^1$ – о габаритных размерах заготовки и станочном парке для каждой операции. В результате на выходе Z^2 -слоя определяется класс станка, данные о котором являются входным вектором для Z^3 -слоя НС. На этот же слой с помощью управляющих нейронов $R_1^2, \dots, R_{p_2}^2$ подается сигнал о качестве поверхности. Управляющие нейроны $R_1^2, \dots, R_{p_2}^2$ связаны с Z^3 -нейронами связями с весами $W_{11}^{32}, \dots, W_{p_2 g^3}^{32}$. На выходе Z^3 -слоя получают данные о группе станков, которые могут выполнить необходимую операцию.

Выбор конкретного станка для любой операции зависит не только от характеристик станка, но и от станков, которые будут использоваться при

выполнении следующих операций, поскольку переход от одного станка к другому требует временных и материальных затрат. Поэтому поиск оптимального маршрута прохождения детали необходимо выполнять после определения наборов станков для каждой операции.

Набор оборудования для каждой операции, полученный в результате работы нейронной сети, представим в виде графа (рис. 4), где каждый слой графа – это набор станков для одной операции, вершина – это станок в станочном парке, а вес ребра – затраты на выполнение операции и переход от станка к станку.

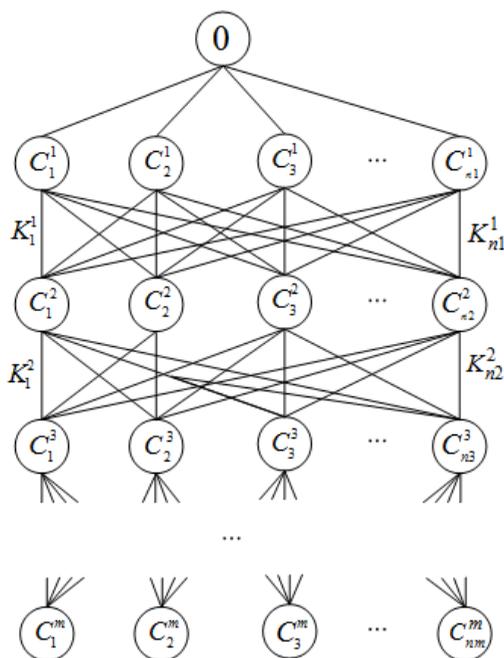


Рис. 4. Граф переходов между станками: $C_1^1, C_2^1, C_3^1, \dots, C_{n1}^1$ – станки, которые могут выполнять первую операцию; $C_1^2, C_2^2, C_3^2, \dots, C_{n2}^2$ – станки, которые могут выполнять вторую операцию; $C_1^3, C_2^3, C_3^3, \dots, C_{n3}^3$ – станки, которые могут выполнять третью операцию; $C_1^m, C_2^m, C_3^m, \dots, C_{nm}^m$ – станки, которые могут выполнять m -ю операцию, $K_1^1, \dots, K_{n1}^1, K_1^2, \dots, K_{n2}^2$ – веса ребер графа.

Разработана компьютерная программа, которая моделирует архитектуру и алгоритмы функционирования многослойной ассоциативной памяти и которая позволяет получить набор необходимого оборудования для каждой операции технологического процесса.

Оптимальный маршрут в графе находится по алгоритму Дейкстры и представлен в виде последовательности станков для изготовления детали. Маршрут изготовления детали меняется в зависимости от критерия. Поскольку при реальном производстве некоторые из станков могут быть загружены изготовлением других деталей или находиться на профилактике или ремонте, то рассчитанный заранее технологический процесс может пересчитываться перед началом изготовления детали или даже во время ее изготовления.

Выводы. Таким образом, впервые на основе разработанной четырехслойной ассоциативной памяти с управляющими нейронами предложен метод синтеза технологических процессов выполнения как отдельных операций, так и полного технологического процесса изготовления деталей.

Список литературы: 1. Капустин Н.М. Автоматизация машиностроения / Н.М. Капустин, Н.П. Дьякова, П.М. Кузнецов // Под ред. Н.М. Капустина. – М.: Высшая школа, 2004. – 415 с. 2. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования / И.П. Норенков. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 215 с. 3. Chien W.T. The predictive model for machinability of 304 stainless steel / W.T. Chien, C.Y. Chou // Journal of Materials Processing Technology. – 2001. – № 118. – Р. 442-447. 4. Петраков Ю.В. Теорія автоматичного управління в металообробці: навч. посібник / Ю.В. Петраков. – К.: ІЗМН, – 1999. – 212 с. 5. Вороненко В.П. Автоматизированное производство / В.П. Вороненко, А.Г. Схиртладзе, В.П. Брюханов. – М.: Высшая школа, 2001. – 304 с. 6. Иващенко И.А. Автоматизированное проектирование технологических процессов изготовления деталей двигателей летательных аппаратов / И.А. Иващенко, Г.В. Иванов, В.А. Мартынов. – М.: Машиностроение, 1992. – 336 с. 7. Гончаров П.С. NX для конструктора-машиностроителя / П.С. Гончаров, М.Ю. Ельцов, С.Б. Коршиков, И.В. Лантев, В.А. Осюк. – М.: ИД ДМК Пресс, 2010. – 504 с. 8. Торон Д.Н. Teamcenter. Начало работы / Д.Н. Торон, В.В. Терликов. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 280 с. 9. Троицки Я.Н. Система автоматизированного проектирования управляющих программ для станков с ЧПУ. Техтран. Версия 4.4: Фрезерная обработка: учеб. пособие / Я.Н. Троицкий, Е.В. Шинкоренко, В.И. Каплин, А.В. Гуцин. – Новосибирск.: НГТУ, 2005. – С. 32. 10. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс / С. Хайкин. – М.: Изд. дом "Вильямс", 2006. – 1104 с. 11. Kosko B. Optical bi-directional associative memories / B. Kosko // SPIE Proceedings: Image Understanding, 1987. – 758. – P. 11-18.

Bibliography (transliterated): 1. Kapustin N.M. Avtomatizatsiya mashinostroeniya / N.M. Kapustin, N.P. Dyakova, P.M. Kuznetsov // Pod red. N.M. Kapustina. – M.: Vysshaya shkola, 2004. — 415 s. 2. Norenkov I.P. Osnovy avtomatizirovannogo proektirovaniya / I.P. Norenkov. – M.: Izd-vo MGTU im. N.E. Baumana, 2000. – 215 s. 3. Chien W.T. The predictive model for machinability of 304 stainless steel / W.T. Chien, C.Y. Chou // Journal of

Materials Processing Technology. – 2001. – № 118. – P. 442-447. **4. Petrakov Yu.V.** Teoriya avtomatichnogo upravlinnya v metaloobrobtstI: navch. poslbnik / Yu.V. Petrakov. – K.: IZMN, – 1999. – 212 s. **5. Voronenko V.P.** Avtomatizirovannoe proizvodstvo / V.P. Voronenko, A.G. Shirladze, V.P. Bryuhanov. – M.: Vysshaya shkola, 2001. – 304 s. **6. Ivaschenko I.A.** Avtomatizirovannoe proektirovanie tehnologicheskikh protsessov izgotovleniya detaley dvigateley letatelnykh apparatov / I.A. Ivaschenko, G.V. Ivanov, V.A. Martynov. – M.: Mashinostroenie, 1992. – 336 s. **7. Goncharov P.S.** NX dlya konstruktora-mashinostroitelya / P.S. Goncharov, M.Yu. Eltsov, S.B. Korshikov, I.V. Laptev, V.A. Osiyuk. – M.: ID DMK Press, 2010. – 504 s. **8. Torop D.N.** Teamcenter. Nachalo raboty / D.N. Torop, V.V. Terlikov. – M.: DMK Press, 2011. – 280 s. **9. Troitski Ya.N.** Sistema avtomatizirovannogo proektirovaniya upravlyayuschih programm dlya stankov s ChPU. Tehtran. Versiya 4.4: Frezernaya obrabotka: ucheb. posobie / Ya.N. Troitskiy, E.V. Shinkorenko, V.I. Kaplin, A.V. Guschin. – Novosibirsk.: NGTU, 2005. – S. 32. **10. Haykin S.** Neyronnyye seti: polnyiy kurs / S. Haykin. – M.: Izd. dom "Vilyams", 2006. – 1104 s. **11. Kosko B.** Optical bi-directional associative memories / B. Kosko // SPIE Proceedings: Image Understanding. – 1987. – 758. – P. 11-18,.

Поступила в редакцию 20.03.2015

Работу представил д-р техн. наук, проф. кафедры интегрированных технологий машиностроения НТУ "ХПИ" Везуб Н.В.

Dmitrienko Valerii, Dr.Tech.Sci., Professor
National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"
Str. Frunze, 21, Kharkiv, Ukraine, 61002
Tel.: (057) 707-61-98, e-mail: valdmitrienko@gmail.com
ORCID ID: 0000-0003-2523-595X

Khavina Inna, Cand.Tech.Sci., Docent
National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"
Str. Frunze, 21, Kharkiv, Ukraine, 61002
Tel. (050) 100-78-16, e-mail: softi@bk.ru
ORCID ID: 0000-0002-1856-1186

Brechko Veronika, Post Graduate Student
National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"
Str. Frunze, 21, Kharkiv, Ukraine, 61002
Tel. (066) 311-12-81, e-mail: trin_all@mail.ru
ORCID ID: 0000-0001-9578-2102

УДК 004.415.2

О.І. ДОРОШ, ст.викл., НУ "Києво-Могилянська академія", Київ

МЕДИЧНИЙ МОБІЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ НА БАЗІ ОС ANDROID

В роботі розглянуто створення медичного пристрою для систем мобільної медицини (m-health) з врахуванням особливостей ОС ANDROID та способу реєстрації фізіологічних показників. Запропоновано структуру та алгоритм роботи комплексної багаторівневої мобільної персоналізованої системи тривалого спостереження, аналізу та контролю фізіологічних показників здоров'я людини з подвійним доступом для пацієнтів та лікарів. Представлено результати тестових та експериментальних досліджень з використанням розробленого пристрою. Лл.: 2. Бібліограф.: 10 назв.

Ключові слова: система мобільної медицини, ОС ANDROID, медичний пристрій, мобільна персоналізована система тривалого спостереження.

Постановка проблеми та аналіз літератури. Сучасні медичні інформаційні системи (МІС) в основному поділяються на професійні МІС для обслуговування великих медичних закладів та медичні калькулятори-програми для обчислення окремих медичних показників [1, 2]. Професійні МІС з 3-рівневою архітектурою забезпечують інтеграцію електронної медичної картки з діагностичним обладнанням та дозволяють отримати дані з лабораторних аналізаторів для подальшої обробки. Концепція побудови таких систем орієнтована лише на спеціалістів-професіоналів і надає обмежений доступ до довідкової інформації або консультацій користувачам-пацієнтам. Медичні калькулятори можуть використовувати пересічні користувачі, але вони мають дуже обмежені функціональні можливості. При застосуванні мобільних технологій лікарі, як правило, отримують первинні дані про стан здоров'я пацієнтів у вигляді параметрів, графіків, анкет або фото-відео-матеріалів через смартфони, аналізують їх за допомогою традиційних методів без використання мобільних додатків та надають on-line консультації [3].

Актуальною задачею персонально-орієнтованої медицини є створення комбінованих інформаційно-комп'ютерних систем, що надають можливість пацієнтам самостійно контролювати життєво-важливі показники власного здоров'я, а лікарям – контролювати стан здоров'я своїх пацієнтів у режимі віддаленого доступу та проводити професійний аналіз результатів спостереження за допомогою спеціальних мобільних програм-додатків з метою своєчасного та ефективного корегування лікувальних та профілактичних заходів [2]. Одним з перспективних напрямків розвитку інформаційно-комп'ютерних та телекомунікаційних технологій є розробка систем з медичними

© О.І. Дорош, 2015

гаджетами – мобільними пристроями з вбудованими засобами для реєстрації ряду фізіологічних параметрів, контролю фізичної активності, якості сну та ін. [3 – 7]. Серед них можна виділити групу гаджетів (фітнес-браслети, ЕКГ-монітори, спортивні годинники, навушники та ін.), що дозволяють з високою точністю вимірювати та контролювати показники, що характеризують стан серцево-судинної системи (пульс, артеріальний тиск, ЕКГ та ін.), та відображати результати на екрані мобільних пристроїв [5 – 9]. Програмне забезпечення (ПЗ) для таких пристроїв, як правило, розробляється і безкоштовно поставляється у якості додатка фірмами-виробниками і тому є вузькоспеціалізованим. Є розробки ПЗ медичного призначення і у фірм-виробників смартфонів. Наприклад, додаток S Health для смартфонів Galaxy [8]. Програма дозволяє за допомогою датчиків та приладів, таких як глюкометри, пульсометри, монітори АТ та ін. вимірювати важливі медичні показники та через Bluetooth або USB-порт передавати їх на смартфон, де вони представляються у вигляді таблиць або графіків. Також є можливість контролювати вагу тіла, підраховувати калорії, нагадувати про необхідність прийняття ліків і т.п. Пропонується також мобільний додаток для гіпертоніків "Парацельс" [6], який призначений для контролю АТ. При встановленні цього додатку можна вести особистий "Щоденник гіпертоніка"; розраховувати основні показники (пульсовий тиск, дельти значень САТ, ДАТ, ЧСС, індекс маси тіла (ІМТ), індекс ожиріння тіла (ІОТ), індекс відношення об'єму талії до об'єму стегон (індекс ОТ/ОС) за допомогою вбудованих медичних калькуляторів; будувати графіки динаміки змін параметрів, вести зручний щоденник прийому ліків. Концепція побудови програмного додатку "Парацельс" орієнтована на користувача-пацієнта і полягає у створенні однорівневої структури для реєстрації, контролю та графічного відображення параметрів АТ, ЧСС, антропометричних показників (первинна інформація), розрахунку деяких індексів та формування щоденників та звітів. Додаток також дозволяє звертатися до лікарів за консультацією, але не надає програмних інструментів спеціалістам для проведення професійного аналізу первинних даних (тобто у додатку відсутній рівень комплексного професійного аналізу).

Недоліком також є те, що для вимірювання низки параметрів потрібно підключати зовнішні медичні прилади, або вводити параметри вручну. Також для вимірювань потрібно прикладати палець до скануючої поверхні один або декілька разів, тобто вимірювання відбуваються у нерівномірному дискретному режимі. Їх неможливо проводити під час сну, коли контролювати зміни ЧСС та коливання АТ буває життєво

необхідно. У структурі не передбачена можливість проведення скринінгових досліджень на базі анкетування.

На основі проведеного аналітичного огляду встановлено, що існуючі професійні МІС не орієнтовані на задачі персоналізованої медицини. Медичні калькулятори, гаджети та відповідне програмне забезпечення не є комплексними, в основному орієнтовано на спостереження за показниками під час фітнесу та спорту для контролю та оптимізації режиму тренувань та раціонального харчування, а також для контролю рівня фізичного навантаження у побутових умовах та не вирішують багатьох проблем персоналізованої мобільної медицини. У таких системах відсутні програмні засоби для проведення комплексного професійного аналізу первинних даних та анкетування.

Тому актуальною задачею є розробка спеціалізованого програмного забезпечення для мобільних медичних систем з врахуванням особливостей мобільних операційних систем (ОС) та способу реєстрації показників (вбудовані сенсори, медичні вимірювальні прилади, ручне введення даних з клавіатури та ін.), а також програм-додатків, що дозволять проводити комплексний аналіз отриманих показників на більш високому професійному рівні з участю медичних працівників.

Таким чином, можна забезпечити багаторівневу структуру з подвійним доступом: на першому рівні користувачі можуть самостійно контролювати стан свого здоров'я та рівень фізичної активності та проводити нескладні розрахунки за допомогою медичних калькуляторів, а на другому рівні, коли потрібен комплексний аналіз отриманих даних, доступ до професійного програмного забезпечення надається лікарям-спеціалістам з метою більш детального дослідження результатів вимірювання та експрес-аналізу даних і формування відповідних рекомендацій.

Такий підхід також є доцільним при виборі лікарських препаратів, їх дозуванні та оптимізації часу прийому (наприклад, на основі тривалого моніторингу ЧСС під час прийому призначених ліків). Контроль ЧСС або АТ можливий також під час сну. На мобільні пристрої можна безпосередньо встановлювати розширені програмні додатки для лікарів або їх бібліотеку з організацією доступу до серверної частини мобільного комплексу.

Важливою задачею також є розробка мобільних програм-додатків для проведення скринінгових досліджень [9] за допомогою анкетування (наприклад, для оцінювання стресостійкості). Це надасть можливість порівнювати суб'єктивні оцінки стану здоров'я (по результатах опитування) з об'єктивними результатами вимірювання фізіологічних

параметрів за допомогою медичних датчиків або приладів та оптимізувати процес лікування або підтримки здоров'я.

Мета роботи – розробка структури та алгоритму роботи багаторівневої комплексної мобільної персоналізованої системи для тривалого спостереження, аналізу та контролю фізіологічних показників здоров'я людини; створення програмного забезпечення для таких систем на основі ОС Android з використанням інтегрованого середовища розробки Android studio [10]; проведення тестових та експериментальних досліджень з використанням розроблених програм та сучасних медичних гаджетів (типу смарт-браслетів MioFuse [7]).

Розробка структури та алгоритму роботи мобільної персоналізованої медичної системи. Для реалізації поставленої задачі було запропоновано концепцію створення багаторівневої комплексної мобільної персоналізованої системи з клієнт-серверною архітектурою. Структурна організація клієнт-серверної частини такої системи для задач персоналізованої медицини передбачає, що на рівні клієнтської частини виконуються процедури ідентифікації користувачів; передача даних від медичних датчиків, приладів або внесення даних вимірювань з клавіатури; формування локальної бази даних, модуля локальних обчислень, опитувань, експрес-аналізу та відображення результатів. На сервері формується глобальна база даних та проводиться комплексний аналіз (наприклад, варіабельності серцевого ритму), результати якого використовуються при формуванні корегуючих рекомендацій. У блоці рекомендацій передбачено декілька модулів, що дозволяють контролювати прийом лікарських препаратів, рівень фізичної активності, раціон харчування та ін., а також проводити адаптацію до потреб конкретного користувача. На рис. 1 приведено структурну організацію такої системи.

Дані експрес-аналізу характеризують поточний стан здоров'я користувача та інформують його про небезпечні для здоров'я зміни фізіологічних показників організму. Комплексний аналіз проводиться професійними медиками з метою раннього виявлення можливих патологій. Спектральний аналіз варіабельності серцевого ритму (BCP) є важливим інструментом дослідження функціонального стану організму людини. Розробка узагальненого алгоритму швидких спектральних перетворень у різних ортогональних базисах функцій та відповідного програмного забезпечення надасть можливість вибору оптимального з точки зору інформативності та швидкості обчислень базису функцій та покращить рівень діагностичних та профілактичних заходів.

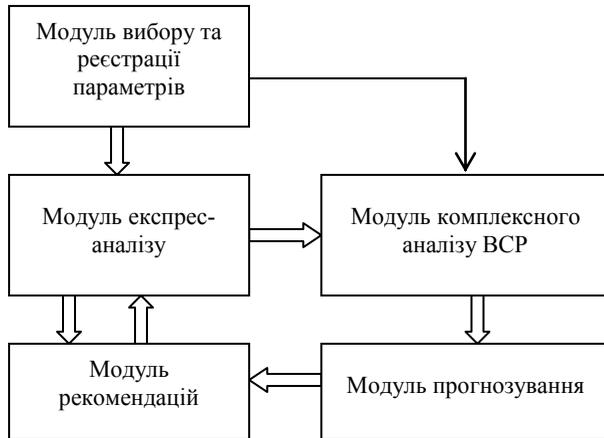


Рис. 1. Структура мобільної персоналізованої системи аналізу та контролю фізіологічних показників здоров'я людини

Алгоритм узагальненого спектрального аналізу ВСР у різних ортогональних базисах з активним використанням пауз. Один з фундаментальних методів комплексного аналізу ВСР заснований на реалізації швидких спектральних перетворень (ШСП) у різних ортогональних базисах функцій (Фур'є (ШПФ), Уолша (ШПУ), Хаара (ШПХ) та ін.). Такі алгоритми відрізняються організацією обчислень, послідовністю слідування спектральних коефіцієнтів та іншими параметрами, але в той же час структура таких ШСП має єдину основу, що дозволяє побудувати узагальнену схему їх реалізації програмними методами. При побудові алгоритму за основу було вибрано алгоритм Гуда із заміщенням. Базова операція ШСП з проріджуванням за частотою описується виразом:

$$X_i(j) = [X_{i-1}(j) + X_{i-1}(j+k)] \cdot S_{i,j},$$

$$X_i(j+k) = [X_{i-1}(j) - X_{i-1}(j+k)] \cdot S_{i,j+k},$$

де $X_i(j)$ – значення результатів проміжних обчислень на кожній i -й ітерації; $i = 1, 2, \dots, \log N$ – номер ітерації; $j = 0, 1, \dots, N-1$ – поточний номер вхідної вибірки або проміжного результату; $S_{i,j}$ – вагові коефіцієнти у базовій операції; $k = 2^{i-1}$. При використанні ШСП з проріджуванням по часу у базовій операції спочатку виконується

операція множення проміжного результату на ваговий коефіцієнт, а потім операція додавання /віднімання:

$$X_i(j) = [X_{i-1}(j) \cdot S_{i-1,j} + X_{i-1}(j+k) \cdot S_{i-1,j+k}],$$

$$X_i(j+k) = [X_{i-1}(j) \cdot S_{i-1,j} - X_{i-1}(j+k) \cdot S_{i-1,j+k}].$$

Значення вагових коефіцієнтів для кожного з базисів можна обчислити наступним чином:

Для базиса Уолша: $S_{i,j}^w = 1$, для базиса Хаара:

$$S_{i,j}^H = a^k, \quad a = \sqrt{2}, \quad i = 1, 2, \dots, \log N, \quad j = 2^{i-1} \cdot (2p + s),$$

$$p = 0, 1, \dots, (N/2^i) - 1, \quad k = (\log N - i) \cdot s, \quad s = 0, 1.$$

Для інших значень параметра j вагові коефіцієнти у базісі Хаара дорівнюють нулю, тому структура алгоритму є розрідженою.

Розглянутий узагальнений алгоритм швидких спектральних перетворень у різних базисах функцій дозволяє реалізувати їх у вигляді окремих підпрограм. Враховуючі, що для початку обчислень у запропонованій структурі необхідно поступлення перших двох відліків вхідного сигналу, можна сумістити процес обробки даних з їх поступленням, а час паузи активно використовувати для виконання проміжних обчислень. Алгоритм швидкого перетворення з активним використанням пауз (ШПУА-П) може бути реалізовано на базі швидкого перетворення Уолша-Адамара, який має ітераційну структуру. Перехід на кожну наступну ітерацію відбувається у тому випадку, коли пройдено два відповідних блока операцій на попередній ітерації, а якщо умова не виконується, то відбувається повернення на першу ітерацію. Таким чином, обробка даних відбувається відразу на декількох ітераціях і до моменту, коли прийде остання пара вибірок досліджуваного сигналу, більшу частину алгоритму буде вже пройдено.

Результати тестових та експериментальних досліджень. Для написання програм для мобільних пристроїв на основі ОС Android можна використовувати інтегроване середовище розробки Android studio [10]. Одним з тестових прикладів розробленого програмного забезпечення для m-health систем є програма "Your nervus" для смартфонів та планшетів з ОС Android. Вона містить 3 складових частини: файл activity_main.xml – задає вигляд екрану, файл strings.xml – формує список тестових питань, Файл MainActivity.java – призначений для обробки результатів (рахує кількість відповідей "так" або "ні" згідно

шаблону-ключу. У простому випадку кожна відповідь "так" збільшує кількість набраних балів, а при відповіді "ні" додається 0 балів). В залежності від набраної кількості балів формується відповідь-результат.

Для систем персоналізованої медицини важливою задачею також є розробка програмованих мобільних пристроїв з багатоконтурною адаптацією, які дозволять тривалий час контролювати життєво-важливі фізіологічні показники здоров'я людини (пульс, тиск, ВСР та ін.), зберігати їх у пам'яті мобільного пристрою або у базі даних для подальшого аналізу та формування індивідуальних рекомендацій щодо корекції стану здоров'я. Тестування цього програмного забезпечення дозволило убезпечитися в його працездатності.

При роботі з медичними гаджетами з вбудованими датчиками пульсу (практично було використано фітнес-браслет MioFuse) на екрані смартфона можна отримати інформацію про максимальне та середнє значення ЧСС, дистанцію, задати діапазон для кардіозон та отримати графічне зображення зміни ЧСС у часі (рис. 2).



Рис. 2. Дослідження ЧСС з фітнес-браслетом MioFuse

В експерименті контроль (рис. 2) ЧСС проводився протягом 10 годин. Пройдено дистанцію 5 км з помірною швидкістю. Максимальне значення ЧСС – 135 уд./хв. Середнє значення ЧСС–63 уд./хв. Як видно з графіка, під час експерименту спостерігались значні коливання серцевого ритму, що викликає необхідність додаткового комплексного аналізу варіабельності серцевого ритму.

Враховуючі, що під час експерименту дослідник вживав лікарські препарати, доцільно провести також додаткові аналітичні дослідження по впливу ліків на стан серцевого ритму з метою вибору оптимальної дози та часу прийому препарату. Для проведення потрібних досліджень дані передаються на сервер для комплексного аналізу на основі узагальненого алгоритму швидких спектральних перетворень з активним використанням пауз або використовується програмний додаток "Аналіз ВСР". Доступ до ресурсів надається за допомогою зручного інтерфейсу. Він дозволяє вибрати тип аналізу, задати потрібні характеристики, розмірність та отримати результати.

Висновки. Запропоновано концепцію створення багаторівневої комплексної мобільної персоналізованої системи з клієнт-серверною архітектурою та подвійним доступом (для користувачів-лікарів та пацієнтів). Показано методику створення алгоритмічної бази для спектрального аналізу ВСР на базі дослідження ЧСС з використанням смарт-браслета MioFuse та розробки спеціалізованого ПЗ для реєстрації ЧСС, АТ та анкетування (для пацієнтів) з використанням інтегрованого середовища розробки Android studio. Результати проведення тестових та експериментальних досліджень з використанням розроблених програм та сучасних медичних гаджетів довели ефективність концепції та необхідність продовження розробки ПЗ – сервер для лікарів з метою проведення комплексного аналізу ВСР на базі запропонованого узагальненого алгоритму швидких спектральних перетворень у різних ортогональних базисах функцій з активним використанням пауз.

Список літератури: 1. Вуйцік В. Реєстрація, обробка та контроль біомедичних електрографічних сигналів / В. Вуйцік, З.Ю. Готра, О.З. Готра. – Львів: Ліга-Прес, 2009. – 308 с. 2. Дорош О.І. Методи створення індивідуальних інтерактивно-аналітичних систем для тривалого контролю та аналізу біомедичних показників / О.І. Дорош., Г.Л. Кучмії, Н.В. Дорош // Вісник НТУ "Харківський політехнічний інститут". Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПІ", 2011. – № 36. – С. 71-77. 3. Heart Monitor. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://alivecor.com/>. 4. Медичні гаджети [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://gadgets-world.com/category_30.html. 5. Blood Pressure Monitor. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.withings.com/ru>. 6. Мобільний додаток "Парацельс". [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://paracelsus.dp.ua/?q=uk/node/20>. 7. MioFuse. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.mioglobal.com/apps/>. 8. Додаток S Health на Galaxy S5. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.samsung.com/ua/support/skp/faq/1048909>. 9. Boyko O. Porownanie nawykov zywniowych studentow na Ukrainie s v Polsce. Czesc I. Badania ankietowe / O. Boyko, N. Dorosh, E. Kleszczewska, M. Andyszczuk, K. Logwiniuk // HYGIEIA PUBLIC HEALTH. – 2013. – № 48 (4) – S. 526-531. 10. Інтегроване середовище розробки Android studio [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://developer.android.com/tools/studio/index.html>.

Bibliography (transliterated): **1.** *Vujcik V.* Reestracija, obrabka ta kontrol' biomedicnih elektrograficnih signaliv / *V. Vujcik, Z.Ju. Gotra, O.Z. Gotra.* – L'viv: Liga-Pres, 2009. – 308 s. **2.** *Dorosh O.I.* Metodi stvorenja individual'nih interaktivno-analitichnih sistem dlja trivalogo kontrolju ta analizu biomedicnih pokaznikov / *O.I. Dorosh., G.L. Kuchmij, N.V. Dorosh* // Visnik NTU "Harkivs'kij politehnicnij institut". Zbirnik naukovih prac'. Serija: Informatika ta modeljuvanja. – Harkiv: NTU "HPI", 2011. – № 36. – S. 71-77. **3.** Heart Monitor. [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu: <http://alivecor.com/>. **4.** Medichni gadzheti. [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu: http://gadgets-world.com/category_30.html. **5.** Blood Pressure Monitor. [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu: <http://www.withings.com/ru>. **6.** Mobil'nij dodatok "Paracels". [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu: <http://paracelsus.dp.ua/?q=uk/node/20>. **7.** MioFuse. [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu: <http://www.http://mioglobal.com/apps/>. **8.** Dodatok S Health na Galaxy S5. [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu: <http://www.samsung.com/ua/support/skp/faq/1048909>. **9.** *Boyko O.* Porownanie navykov zywieniowych studentow na Ukrainie s v Polsce.Czesc I. Badania ankietowe / *O. Boyko, N. Dorosh, E. Kleszczewska, M. Andyszczuk, K. Logwiniuk* // HYGIEIA PUBLIC HEALTH. – 2013. – № 48 (4). – S. 526-531. **10.** Integrovane seredovishhe rozrobki Android studio [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu: <http://developer.android.com/tools/studio/index.html>.

Надійшла (received) 20.04.2015

Повторно 12.05.2015

Статью представил д-р техн. наук, проф. НТУ "ХПИ" Леонов С.Ю.

Dorosh Oleg, senior Lecturer
National University "Kyev-Mohyla Academy"
Str. Skovorodu, 2, Kiev, Ukraine, 03680
Tel.: (096) 9104223, e-mail: nvdorosh54@mail.ru

УДК 004.045

С.М. ЗЛЕПКО, д-р техн. наук, проф., зав. каф., ВНТУ, Вінниця,
К.С. НАВРОЦЬКА, асп., ВНТУ, Вінниця,
Л.Г. КОВАЛЬ, канд. техн. наук, доц., ВНТУ, Вінниця

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ КОГНІТИВНОЇ ПОВЕДІНКИ ЛЮДИНИ ПІД ЧАС ЕКСТРЕМАЛЬНИХ СИТУАЦІЙ

Проблема стійкості, надійної діяльності людини в умовах впливу екстремальних факторів і розвитку психологічного (професійного) стресу привернула до себе підвищену увагу і придбала певні обриси як самостійна область досліджень у зв'язку з розвитком техніки, систем автоматизованого управління виробництвом і, особливо, комп'ютеризацією всіх сфер діяльності. Виходячи з фізіологічної і когнітивної організації людини та інформаційних технологій розроблено схему для дослідження та прогнозування когнітивної поведінки людини. Лл.: 4. Бібліогр.: 11 назв.

Ключові слова: прогнозування, когнітивна поведінка людини, екстремальна ситуація, автоматизована система.

Постановка проблеми. Інтерес до психології екстремальних ситуацій в сучасному світі неухильно зростає, як серед політиків, соціологів, філософів, так і серед науковців. Досліджуються різноманітні негативні психічні стани, що виникають внаслідок впливу екстремальних факторів: стрес, фрустрація, криза, конфлікт [1]. Ці стани характеризуються домінуванням гострих або хронічних негативних емоційних переживань: тривоги, страху, депресії, агресії, дратівливості, дисфорії. Виникаючи в цих станах афекти можуть досягати такого ступеня інтенсивності, що вони надають дезорганізуючий вплив на інтелектуально-мнестичну діяльність людини, утруднюючи процес адаптації до подій. Відомо що незалежно від тривалості екстремальних подій, їх наслідки руйнівні для особистості. При цьому клінічна картина не носить строго індивідуального характеру, а зводиться до невеликого числа досить типових проявів, що дуже нагадують початкові симптоми соматичних, а часом і психічних захворювань.

У сучасній психології стає все більш поширеним поділ психічних процесів на три основні підсистеми: когнітивну, регулятивну та комунікативну. Перша включає процеси, що забезпечують пізнання зовнішнього середовища, орієнтування в ньому; друга – процеси, спрямовані на побудову, організацію і регуляцію діяльності та поведінки; третя – процеси, що забезпечують комунікацію, взаємодію

між людьми.

Однією з основних причин виникнення катастроф є сам принцип людської діяльності, складовими якого виступають риси характеру, мотивація, сумління, відповідальність і т.д. Для забезпечення безаварійної роботи техніки, яка потенційно небезпечна як для людей, так і для навколишнього середовища, необхідно не допускати людей із негативними показниками цих характеристик до сфер діяльності, що пов'язані із відповідальністю за здоров'я і життя людей. Тому надзвичайно актуальним є відбір кадрів для роботи із складними ієрархічними системи. Це потребує розробки нових концепцій синтезу тестів для оцінювання інтелектуального рівня особи та її здатності приймати цілеспрямовані рішення в надзвичайних ситуаціях.

Аналіз літератури. За даними Генеральної асамблеї ООН, протягом останніх десятиліть приблизно у 20% населення планети спостерігаються когнітивні порушення, а до 2050 року ця цифра сягне 50% (А.В. Кульматицький, 2009).

Першим, вихідним кроком розкриття психологічних особливостей суб'єкта професійної діяльності є розгляд закономірностей пізнавальних (когнітивних) процесів у ній. Пізнавальні процеси спрямовані на прийом, переробку та зберігання інформації, пізнання зовнішнього середовища, орієнтування в ньому, тому їх роль у житті людини в цілому і в будь-якій професійній діяльності надзвичайно важлива. Це процеси відчуття, сприйняття, уяви, пам'яті, мислення.

В працях Д.Д. Зербіно та М.Р. Гжегоцткого [2] зазначається, що для розуміння причин аварій і механізму їхнього розвитку та вироблення можливих заходів профілактики потрібно знати всі негативні психологічні та фізіологічні фактори, які можуть спричинити ту чи іншу аварію, пов'язану з людською діяльністю.

Найбільш повний і глибокий психологічний аналіз особливостей операторської діяльності представлений в ряді фундаментальних робіт Б.Ф. Ломова, Г.М. Зараковського, Е.А. Мілеряна, В.П. Зінченко, В.А. Пономаренко та Н.Д. Завалова, Г.М. Зараковського і В.І. Медведєва, В.В. Лапи і В.А. Пономаренко, А.В. Карпова та інших.

Л.Д. Столяренко виділяє наступні етапи в структурі прийому інформації (рис. 1) [3, 4]:

За допомогою когнітивних функцій відбувається процес пізнання навколишнього світу, забезпечується цілеспрямована взаємодія з ним, відбувається сприйняття будь-якої інформації, її обробка, аналіз, запам'ятовування і зберігання в певних мозкових структурах. Крім того, внаслідок когнітивного функціонування, існує постійний обмін різною

інформацією між окремими ділянками мозку, її аналіз з подальшим формуванням конкретної програми дій, реалізацією цієї програми і контролем за одержуваними результатами.

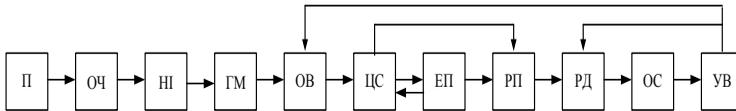


Рис. 1. Етапи прийому інформації

Подразник (слуховий, зоровий) (П) впливає на органи чуття (ОЧ), в результаті чого виникають нервові імпульси (НІ), які по нервових волокнах надходять у головний мозок (ГМ), де інформація обробляється, формуються окремі відчуття (ОВ), складається цілісний образ сприйняття (ЦС) предмета, який зіставляється з еталонами пам'яті (ЕП), в результаті чого відбувається розпізнання предмета (РП), а потім при уявному зіставленні поточної інформації і колишньому досвіду за допомогою розумової діяльності (РД) відбувається осмислення (ОС), розуміння інформації. Увага (УВ) повинна бути направлена на прийом і розуміння інформації.

На рис. 2 наведено перелік існуючих досліджень когнітивних функцій людини. Основною метою створення класифікації є виявлення порушень психічних процесів – сприйняття, пам'яті, уваги, мислення, оцінка особливостей інтелекту й особистості в цілому. Важливі ті мало виражені порушення, які ще можуть не проявлятися при клінічному обстеженні.

Використання комп'ютера в процесі оцінювання кадрів дозволяє підвищити об'єктивність результатів обстеження, знизити вплив психолога на процес і результати тестування. Разом з тим, при цьому слід враховувати специфіку проведення комп'ютерної діагностики. З одного боку, вона пов'язана з організацією взаємодії психолога з програмними засобами, що реалізують тест на екрані монітора, а з іншого – наступними процедурами його обробки і збереження результатів.

В даний час існує велика кількість комп'ютерних систем психодіагностики. Наприклад система конструювання та автоматизації тестів "Практик" забезпечує швидке отримання даних, дозволяє проводити в стислі терміни масові психодіагностичні обстеження, проте високі і жорсткі вимоги до комп'ютера та його програмного забезпечення є значним недоліком. Система СМОЛ-експерт [5 – 7] забезпечує проведення тестування, обробку результатів, формування бази даних,

детальну інтерпретацію результатів обстеження, але недоліком є генерація більше 400000 варіантів висновку.

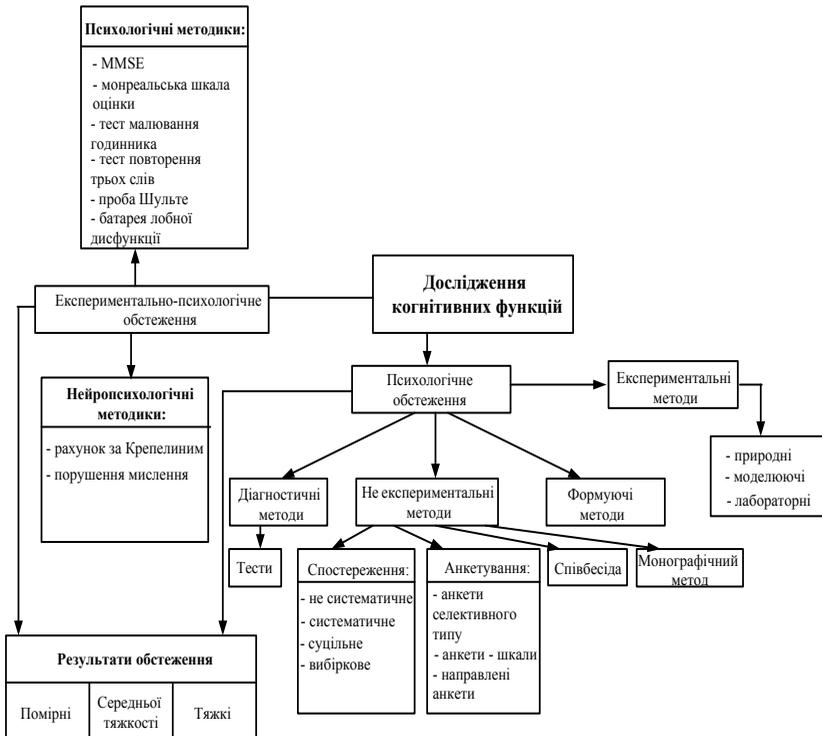


Рис. 2. Перелік досліджень когнітивних функцій

Апаратно-програмний психодіагностичний комплекс (АППК) [7, 8], представляє собою інтегроване автоматизоване робоче місце фахівця з психодіагностики, що включає апаратні засоби, спеціальне програмне та методичне забезпечення. Призначений для комплексної оцінки рівня розвитку широкого спектра професійно важливих якостей, психологічних і психофізіологічних властивостей, але відсутність інтегрального критерію відповідності, який би поєднував результати тестових методик бібліотеки є значним недоліком комплексу [8].

Мета роботи. Дослідити когнітивну поведінку людини в умовах екстремальних ситуацій та запропонувати автоматизовану систему для її оцінювання.

Основний розділ. Дослідження психологічних факторів стійкості особистості ґрунтуються на вивченні специфічних особистісних ресурсів, які є необхідною умовою успішного виконання вимог діяльності. Логіка диференціації значень стресових ситуацій обумовлюється не стільки ситуативними особливостями конкретних стресогенних умов, скільки висуванням різних вимог до ефективної психологічної активності особистості (когнітивної, емоційної, вольової, мотиваційної тощо), а отже, і наявністю відповідних ресурсів, здатних забезпечити та оцінити стійкість до стресу.

Використання сучасної комп'ютерної техніки надає якісно нові можливості для проведення діагностики особистості, оскільки значно спрощується фіксація і обробка відповідей респондента при одночасному зниженні ймовірності помилок на даному етапі діагностики. Ще одним істотним плюсом комп'ютерних засобів діагностики є швидкість перекладу отриманих даних по тестах в стандартні значення і наявність базових варіантів інтерпретації показників. Таким чином, такі системи звільняють користувача від трудомістких рутинних операцій і дозволяють зосередитися на вирішенні змістовних професійних завдань.

Дуже важливо, що чим раніше відбудеться розпізнавання синдрому когнітивних розладів, тим успішніше будуть результати заходів, спрямованих на профілактику темпів прогресування хвороби, що і дозволить якомога довше зберегти гідну якість життя людини.

Ретельне клініко-психологічне дослідження дозволяє отримати більш детальну та об'єктивну інформацію про стан різних психічних сфер і особистості пацієнта, що може бути дуже корисним для вирішення діагностичних питань, уточнення глибини і характеру уражень, індивідуалізації та оцінки ефективності проведеного лікування, а в ряді випадків і для вирішення питань професійної придатності, трудової, військової та судово-психіатричної експертизи.

Процедура відбору операторів автоматизованих систем управління для роботи з потенційно небезпечними об'єктами ґрунтується на двох положеннях [9 – 11]:

- оцінювання забезпечення психічної та інтелектуальної стійкості людини в нормальних та надзвичайних режимах;
- оцінювання фізіологічних характеристик на здатність витримувати зміни зовнішнього середовища.

Готовність особи до екстрених дій ґрунтується на наступних властивостях: здатність виявити відхилення траєкторії зміни стану об'єкта керування (уважність); здатність до оперативних методів прийняття рішень на основі ефективних процедур мислення (тип мислення); здатність до збереження і відтворення інформації, формування і розвитку процесу суспільно-трудової діяльності (пам'ять); здатність до швидкої і точної реакції її в критичних ситуаціях (психомоторна реакція). Процедури прийняття рішень ґрунтуються на певній організації процесів мислення особистості та відповідного рівня інтелекту, необхідного для реалізації стратегій співпраці.

На рис. 3 представлена структурна схема автоматизованої системи для дослідження та оцінювання когнітивної поведінки людини.

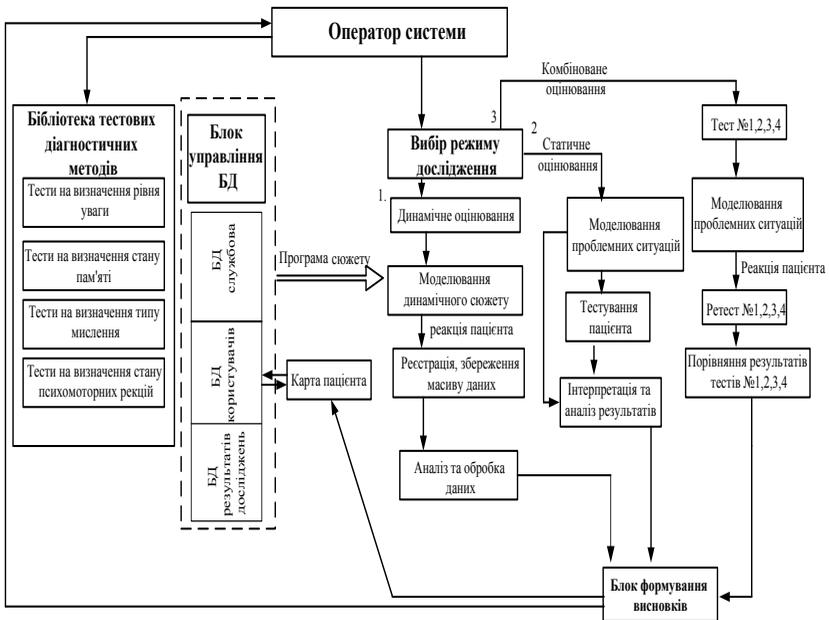


Рис. 3. Структурна схема для дослідження та прогнозування когнітивної поведінки людини

Розроблена структурна схема надає можливість дослідження параметрів когнітивних функцій на основі проведення серії експериментів. Рекомендується в комплекс включити: блок управління БД (службова БД, БД користувачів, БД результатів досліджень),

бібліотеку тестових діагностичних методів, основною особливістю якої є її випробувальна, оцінна спрямованість, за рахунок якої досягається кількісна і якісна оцінка функції, блок формування висновків, який забезпечує візуалізацію даних і представляє інформацію в адекватній і зрозумілій формі без втрати якості інформації.

Блок управління базою даних поєднує відомості про працівників закладу, користувачів та результати досліджень в одній реляційній базі даних. Можливість створювати форми, запити і звіти дозволяє швидко й ефективно обновляти дані, отримувати відповіді на питання, здійснювати пошук потрібних даних, аналізувати дані, друкувати звіти, діаграми.

Бібліотека тестових діагностичних методів являє собою набір тестів, за допомогою яких вивчається увага, пам'ять, тип мислення, стан психомоторних реакцій, інтелектуально-особистісні якості керівних кадрів і кандидатів. Ці тести були обрані з урахуванням принципу комплексності психологічного дослідження, при якому особистість вивчається на стику проблем екстремальної психології.

Першим етапом роботи є проходження блоку тестів для оцінки кожної з когнітивних функцій в стані спокою. Блок містить тести для оцінки уваги, пам'яті, мислення, психомоторних реакцій. Такі дані вважатимуться зразковими для даної особи. Наступним етапом роботи є вибір режиму дослідження оператором. В системі передбачено три режими: динамічне, статичне, комбіноване оцінювання. Режим динамічного моделювання – це представлення особі, яку тестують, динамічного сюжету, паралельно з яким проходить оцінювання латентного періоду простої зорово-моторної реакції (ЛП ПЗМР). Обстеженому пропонується інструкція: "При появі на екрані монітора сигналу у вигляді кольору, геометричної фігури чи слів потрібно швидко правою (лівою) рукою натискувати та відпускати кнопку (або клавішу ENTER)". Програми у реальному масштабі реєструють та відтворюють на екрані середнє значення латентного періоду за 30 застосувань однорідних подразників, а також інші статистичні показники варіаційного ряду (середнє квадратичне відхилення, кількість помилок натискання, коефіцієнт варіації).

Статичне оцінювання представляє собою однократне вимірювання одного біопоказника, після моделювання проблемних ситуацій, в той час як комбіноване оцінювання це спеціальні тести та деякі інші комбінації якісних та кількісних методів. Вони будуються на передчасному описі та оцінці певних ознак, з якими порівнюють фактичні якості працівника, який оцінюється.

На рис. 4 наведено блок-схему роботи системи оцінювання когнітивної поведінки людини.

Оператор має можливість обирати режим дослідження. При цьому під час кожного вимірювання відбувається його передача до програмного засобу і перевірка на наявність знаходження в коридорі допустимих значень. В подальшому отримані результати передаються до блоку формування висновків, де інформація обробляється і подається в зрозумілій формі користувачеві на екран комп'ютера.

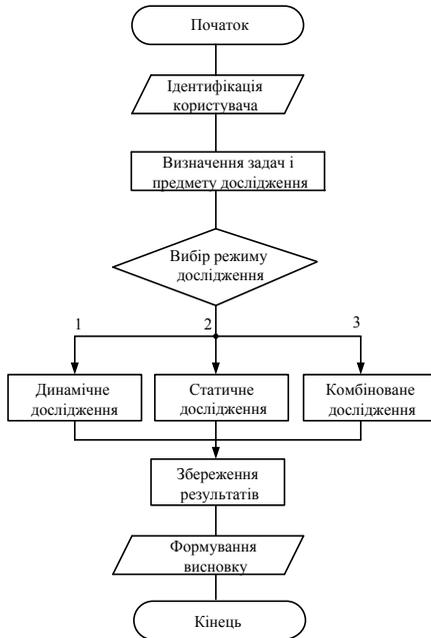


Рис. 4. Блок-схема роботи системи оцінювання когнітивної поведінки людини

Висновок. Професійна діяльність фахівців операторського профілю характеризується виникненням в ряді випадків екстремальних ситуацій, пов'язаних з відмовами техніки, помилками оператора, складними і відповідальними завданнями управління, зовнішніми впливами, зміною психічного стану оператора і багатьма іншими факторами.

Оскільки когнітивні розлади є преддементною стадією когнітивних порушень, їх своєчасне виявлення являє собою досить важливий практичний аспект. Метою ранньої діагностики є більш ранній початок лікування і, можливо, зменшення ризику розвитку деменції та поліпшення якості життя пацієнтів. Реалізувати діагностику

рекомендується на основі наведеної структурної схеми, призначеної для обробки даних і реалізації моделі дослідження когнітивних функцій під час експериментальних ситуацій, яка допоможе забезпечити працівників необхідною інформацією.

Список літератури: 1. *Малкина Пых И.Г.* Экстремальные ситуации / *И.Г. Малкина Пых.* – М.: Эксмо, 2005. – 960 с. 2. *Зербіно Д.Д.* Екологічні катастрофи у світі та в Україні / *Д.Д. Зербіно, М.Р. Гжегоцький.* – Львів: Атлас, 2005. – 280 с. 3. *Столяренко Л.Д.* Основы психологии в экзаменационных вопросах и ответах / *Л.Д. Столяренко.* – Ростов-на-Дону: "Феникс", 2003. – 544 с. 4. *Зейгарник Б.В.* Патопсихология / *Б.В. Зейгарник.* – М.: Издательство Московского университета, 1986. – 287 с. 5. *Лурия А.Р.* Психология: учебное пособие / *А.Р. Лурия.* – М.: МГУ, 1973. – 235 с. 6. *Блейхер В.М.* Клиническая патопсихология / *В.М. Блейхер, И.В. Крук, С.Н. Боков.* – М.: Воронеж, 2002. – 511 с. 7. Познавательные когнитивные процессы [Электронный источник]. – Режим доступа к странице: <http://900igr.net/prezentatsii/filosofija/Poznavatelnye-protsessy/002-Poznavatelnye-kognitivnyeprotsessy-eto-psikhicheskie-protsessy-v.html>. 8. Исследование когнитивных функций [Электронный источник]. – Режим доступа к странице: http://ilive.com.ua/health/issledovanie-kognitivnykh-funktsii_8687i619.html. 9. *Александровский Ю.А.* Психологические расстройства во время и после стихийных бедствий и катастроф / *Ю.А. Александровский, Б.П. Щукин* // Журнал невропатологии и психиатрии. – 1991. – № 5. – С. 39–43. 10. *Захаров В.В.* Диагностика и лечение умеренных когнитивных нарушений / *В.В. Захаров* // Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. – 2009. – № 2. – С. 14-19. 11. *Роберт Солсо* Когнитивная психология / *Солсо Роберт.* – СПб.: Питер, 2006. – 589 с.

Bibliography (transliterated): 1. *Puff Malkin I.G.* Extreme situations / *I.G. Malkin Puff.* – М.: Eksmo, 2005. – 960 s. 2. *Zerbino D.D.* Ekoloohichni disaster in the world and in Ukraine / *D.D. Zerbino, M.R. Hzhhehotsky.* – Lviv: Atlas, 2005. – 280 s. 3. *Stolyarenko L.D.* Fundamentals of psychology in the exam questions and answers / *L.D. Stolyarenko.* – Rostov-on-Don "Phoenix", 2003. – 544 s. 4. *Zeigarnik B.V.* Pathopsychology / *B.V. Zeigarnik.* – М.: Moscow University Press, 1986. – 287 s. 5. *Luria A.R.* Psychology [Tutorial] / *A.R. Luria.* – М.: MSU, 1973. – 235 s. 6. *Bleicher V.M.* Clinical pathopsychology / *V.M. Bleicher, I.V. Kruk, S.N. Bokov.* – М.: – Voronezh, 2002. – 511 s. 7. Cognitive cognitive processes [electronic source]. – Access to the page: <http://900igr.net/prezentatsii/filosofija/Poznavatelnye-protsessy/002-Poznavatelnye-kognitivnyeprotsessy-eto-psikhicheskie-protsessy-v.html>. 8. Study of cognitive functions [Electronic source]. – Access to the page: http://ilive.com.ua/health/issledovanie-kognitivnykh-funktsii_8687i619.html. 9. *Alexander A.U.* Psychological disorders during and after natural disasters and catastrophes / *A.U. Alexander, B.P. Shchukin* // Journal of Neurology and Psychiatry. 1991. – № 5. – S. 39-43; 10. *Zakharov V.V.* Diagnosis and treatment of mild cognitive impairment / *V.V. Zakharov* // Neurology, neuropsychiatry, psychosomatics. – 2009. – № 2. – S. 14-19. 11. *Robert Solso.* Cognitive Psychology. – 6th ed. / *Robert Solso.* – SPb.: Peter, 2006. – 589 s.

Надійшла (received) 31.03.2015

Статью представил д-р техн. наук, проф. НТУ "ХПИ" Поворознюк А.И.

Zlepko Sergey, Dr.Sci.Tech, Professor
Vinnytsia National Technical University
Str. Khmelnytsky highway, 95, Vinnitsa, Ukraine, 21021
Tel.: (067) 477-40-77, e-mail: zlepko@ukr.net
ORCID ID: 0000-0001-8849-4188

Koval Leonid, Cand.Sci.Tech
Vinnytsia National Technical University
Str. Khmelnytsky highway, 95, Vinnitsa, Ukraine, 21000
Tel.: (067) 2250776, e-mail: zlepko@ukr.net
ORCID ID: 0000-0001-9887-2605

Navrotskaya Ksenia, postgraduate student
Vinnytsia National Technical University
Str. Khmelnytsky highway, 95, Vinnitsa, Ukraine, 21000
Tel.: (093) 0239048, e-mail: ksysha33@ukr.net
ORCID ID: 0000-0002-6357-7996

УДК 004.512:004.514

И.С. ЗЫКОВ, канд. техн. наук, доц., НТУ "ХПИ",
Г.Ю. ЛЕЙБЕНКО, магистр, НТУ "ХПИ",
Е.И. ЛЕЙБЕНКО, магистр, НТУ "ХПИ"

ИССЛЕДОВАНИЕ HUD-ПОДОБНЫХ ИНТЕРФЕЙСОВ

Рассмотрены сильные и слабые стороны графических пользовательских интерфейсов и интерфейса командной строки. Описаны преимущества предложенного подхода – HUD (Head-up Display)-интерфейса. Описаны возможности для исследований, предоставляемые разрабатываемым инструментом, а также возможные направления его развития. Предложена и описана архитектура инструмента реализации исследуемого типа интерфейса для операционных систем семейства Windows. Ил.: 2. Библиогр.: 10 назв.

Ключевые слова: графический пользовательский интерфейс, интерфейс командной строки.

Постановка проблемы. В современном мире все больше внимания уделяется графическим интерфейсам, как их внешнему виду, так и их удобству. Под удобством понимается целый набор характеристик, начиная от легкости освоения и заканчивая средним количеством кликов для выполнения действия. Изначально графический интерфейс создавался для упрощения работы неподготовленных пользователей, так как заучивание набора команд текстовых интерфейсов отнимало много времени и сил. Но со временем программы выросли в гигантские системы с большим количеством доступных пользователю функций. Это привело к тому, что графическое представление тоже стало неудобным, несмотря на якобы логическое группирование команд и интуитивно понятное и ожидаемое поведение и размещение. Ярким примером могут быть профессиональные офисные пакеты.

Неискушенному пользователю, которому не нужен весь набор функций системы, часто бывает трудно сориентироваться среди разнообразия элементов управления, вложенных и всплывающих меню при выполнении тривиальной операции. В 2007 году компания Microsoft попыталась решить данную проблему, внедрив новый Ribbon интерфейс в свой офисный пакет. Он заменил текстовую систему меню на более доступную систему групп графических иконок. Это несколько улучшило ситуацию, но проблема осталась. Даже зная расположение необходимой функции, пользователь тратит много времени (кликов) для вызова функции. При этом сам интерфейс получился громоздкий и недружественный к людям с ограниченными возможностями.

Одним из путей решения указанной проблемы может быть

© И.С. Зыков, Г.Ю. Лейбенко, Е.И. Лейбенко, 2015

использование HUD-подобных интерфейсов. Впервые такой интерфейс для всей системы ввела компания Canonical в своей графической оболочке Unity. Данные интерфейсы сочетают преимущества обычных графических интерфейсов с преимуществами интерфейсов командной строки. Постепенно подобные интерфейсы проникают все больше в профессиональные программные продукты (Microsoft Visual Studio 2015, Microsoft Office 2016, IntelliJ IDEA), и даже на мобильные платформы.

В это же время продолжали разрабатываться командно-ориентированные интерфейсы. Самым ярким примером являются глобальные поисковые системы. Идя навстречу современным тенденциям минимализма, эти системы часто имеют вид единственного поля для ввода запроса (команды). При этом сложности понимания намерений пользователя берет на себя сложная аналитическая часть приложения. Соответственно, уровнем сложности запроса пользователь может управлять в соответствии с уровнем своей компетенции.

Возможно, именно HUD-подобные интерфейсы станут следующим витком в истории развития профессиональных систем, так как именно этот тип взаимодействия человек-компьютер позволяет органично совместить оба подхода к предоставлению пользователям возможностей систем с широким набором функций. С одной стороны, графическое представление позволяет предоставить привычную и удобную в демонстрационных целях визуализацию. А с другой стороны, текстовый (командно-ориентированный) подход позволяет увеличить скорость работы профессионалов и упростить поиск пока еще незнакомых возможностей, а также улучшить качество общения между компьютером и пользователями с ограниченными возможностями.

Анализ литературы. К сожалению, по выбранной тематике наблюдается явный дефицит литературы и любых других источников информации. Известен патент компании Canonical, разработчика среды рабочего окружения Unity [1] – единственного программного комплекса, в котором подход HUD-подобных интерфейсов реализован консистентно и наиболее полно в рамках целой системы. А также статья Шаттлворда [2], директора Canonical, в которой приведено описание инновационного подхода к пользовательским интерфейсам в виде HUD-интерфейса.

Анализ источников [3] указывает на происхождение данного типа интерфейсов, да и самого термина, из военной области, а точнее из авиации. Первые устройства появились после 2-й Мировой войны. Тогда пилоты смогли оценить их основные достоинства – возможность получать важные данные, не переключая внимания на дополнительные экраны, при этом вся информация автоматически размещалась в

правильном контексте – в глазах пилота это выглядело, как наложение визуальных результатов анализа видимой части пространства, выполненных компьютером, на изображение этого пространства. Со временем технология нашла применение и в других областях [3]: мотоциклетные шлемы, игровая индустрия, инновационные проекты на подобии Google Glass и профессиональные системы и приложения.

Несмотря на доминирующее положение графических типов интерфейса и тенденции ухода от текстовых, второй тип интерфейса несомненно обладает рядом достоинств, которые, как считают некоторые исследователи [4], приведут к возрождению командного подхода и к взаимодействию человек-компьютер [5, 6]. Об этом свидетельствуют и возникающие проблемы с новыми видами чисто графических интерфейсов [7 – 9], и исследования, демонстрирующие примерно одинаковое количество ошибок пользователя в меню- и командно-ориентированных системах [10].

При использовании запросов естественного языка поисковая система в состоянии понять и классифицировать требуемые действия. Например, при вводе математических выражений – произвести некоторые вычисления, при упоминании терминов или понятий – найти минимальные энциклопедические данные, или же просто ответить на распространённые бытовые вопросы о текущем времени, ближайшем событии или погоде [11].

В результате естественного развития систем поиска технологий, которые обрабатывают, предсказывают и корректируют пользовательские команды, появилась возможность использовать эти наработки для создания текстовых интерфейсов приложений нового уровня, уровня HUD-подобных интерфейсов.

Цель статьи – разработка инструмента реализации и исследования HUD-подобного интерфейса для семейства операционных систем Windows. Указание основных сложностей использования подобного подхода в выбранной экосистеме и методов их решения.

Разработка инструмента для исследования HUD-подобного интерфейса в среде семейства операционных систем Windows. Win32 API предоставляет достаточное количество метаинформации о своем графическом интерфейсе, в том числе, и информации о меню окон, позволяя при этом эмулировать нажатия заданных меню при помощи отсылки специальных сообщений соответствующему окну. Данных возможностей вполне достаточно для реализации базовой функциональности HUD-подобного интерфейса.

Для предоставления же доступа к возможностям этого меню в однообразном формате на всей системе был разработан свой графический интерфейс для ввода команд, а для его отображения установлены перехватчики событий на нажатие клавиш клавиатуры, что позволяет показывать интерфейс по нажатию выбранной клавиши в любом приложении.

Предлагаемая архитектура приложения приведена на рис. 1.

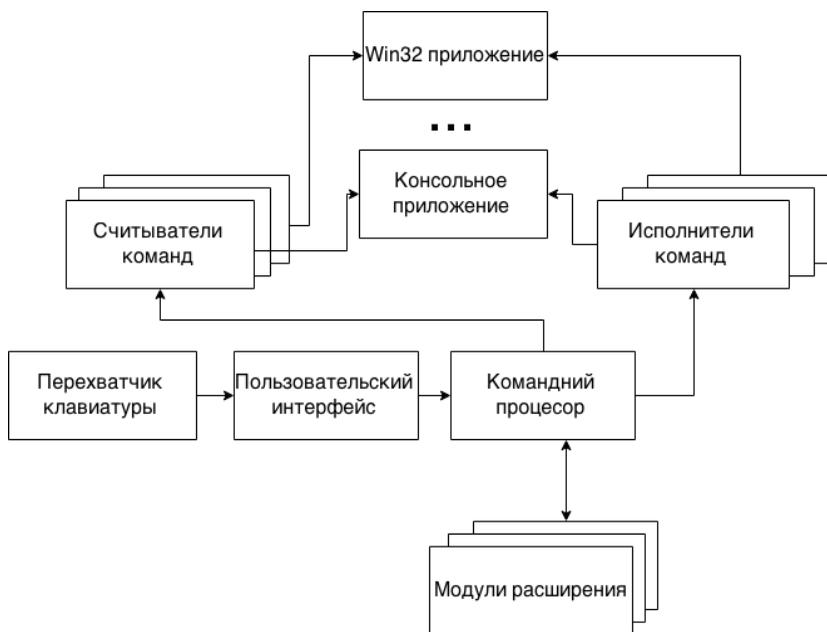


Рис. 1. Архитектура предлагаемого инструмента

Архитектура имеет следующие компоненты:

- перехватчик клавиатуры – платформозависимый компонент, общий для всех систем Windows. Служит для вызова пользовательского интерфейса;

- пользовательский интерфейс – может быть платформонезависимым компонентом, если выбрать кроссплатформенные средства разработки графического интерфейса. Служит для представления пользователю подходящих команд, соответствующих введенным запросам;

- командный процессор – платформонезависимый компонент. Служит для обработки пользовательского ввода и его сопоставления с

имеющимся набором функций выбранного предложения. Предоставляет возможность подключения дополнительных модулей для расширения возможностей приложения;

– модули расширения – опциональная часть приложения, которая позволяет расширить функции инструмента. К ним относятся: модуль для статистической обработки данных о функциях приложения, модуль для статистической обработки данных о пользовательском вводе, модуль для сохранения информации о функциях приложений, используемых между сеансами работы, модуль дополнительной фильтрации данных и др.;

– считыватели команд – платформозависимые компоненты, общие для всех систем Windows. Служат для выборки набора функций из приложений. Примеры: считыватель для win32 приложения – предоставляет информацию о пунктах меню графических приложений, считыватель для консольных приложений – предоставляет, на сколько возможно, информацию о доступных программах или конкретных ключах и возможностях выбранной функции и т.п.;

– исполнители команд – платформозависимые компоненты, общие для всех системы Windows. Служат для передачи приложению на исполнение выбранной команды. Примерами могут служить: исполнитель для win32 приложений, который посылает соответствующее событие приложению для эмуляции нажатия пользователем на пункт меню, исполнитель для консольных приложений, который печатает для пользователя подходящую под его требования команду, ключи и т.п.

Алгоритм выбора наиболее подходящей команды. На практике часто бывает, что в больших приложениях пользователи не могут знать все команды. Поэтому наиболее подходящим типом поиска для этого случая есть нечеткий поиск. Для поиска по большим объемам текста (например, по map информации для консольных приложений) можно использовать библиотеку CLucene.

Для графических же приложений характерна работа с небольшими отрывками текста – 1 – 3 слова, возможно с сокращениями (например, команды Reformat XML, Run JavaScript). Поэтому для второго случая используется собственный алгоритм. Чтобы пользователь смог найти по исходному тексту все требуемые команды, необходимо сделать разбиение на уровне символов. На рис. 2 представлен результат поиска команд, выполненный по исходному тексту "JS".

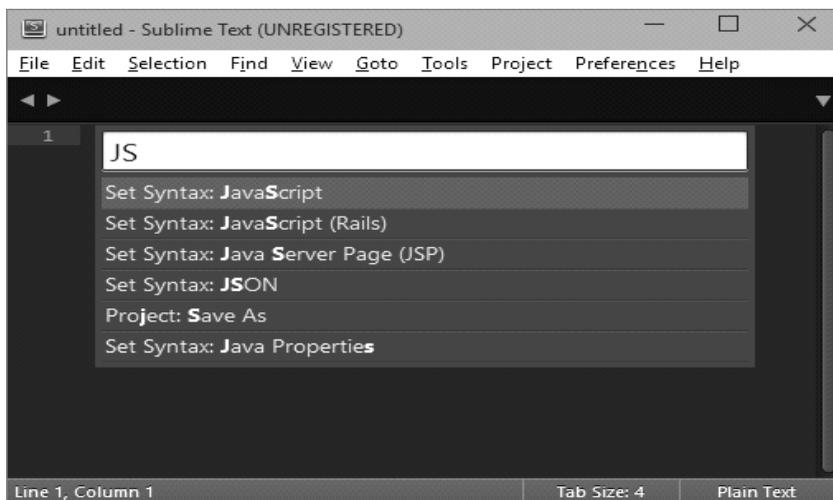


Рис. 2. Результат работы HUD-подобного интерфейса с нечетким поиском

Выводы. В результате проделанной работы были предложены подходы для реализации инструмента исследования HUD-подобных интерфейсов на операционных системах семейства Windows. Разработаны архитектура, пути расширения, а также способы применения, позволяющие получить данные для исследования программного продукта, являющегося действующим прототипом HUD-подобного интерфейса. Показаны проблемы, связанные с использованием подобных интерфейсов в операционных системах семейства Windows, и предложены методы их решения.

Список литературы: 1. Unated States Patent 20140189607. User interface for a computing device. 2. *Suttleworth M.* Introducing the HUD. Say hello to the future of the menu / *M. Suttleworth* – 2012. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.markshuttleworth.com/archives/939> 3. *Peterson J.* Head-up display 48 Success Secrets: 48 Most Asked Questions On Head-up display – What You Need To Know / *Jonathan Peterson.* – Emereo Publishing, 2014. – 46 p. 4. *McKay E.N.* UI is communication: how to design intuitive, user centered interface by focusing on effective communication / *Everett N. McKay.* – Morgan Kaufmann, 2013. – 378 p. 5. *Paranjape N.* Ribbon Haters' Handbook / Dr *Nitin Paranjape.* – 2013. – 43 p. 6. *Raskin J.* The Humane Interface: New Directions for Designing Interactive Systems / *J. Raskin.* – Addison-Wesley Professional, 2000. – 256 p. 7. *Shneiderman B.* Designing the user interface: strategies for effective human-computer interaction (4th Edition) / *B. Shneiderman, C. Plaisant.* – Addison Wesley, 2004 – 672 p. 8. *Preece J.* INTERACTION DESIGN: beyond human-computer interaction, 3rd Edition / *J. Preece, H. Sharp, Y. Rogers.* – Wiley, 2011. – 602 p. 9. *Hauptmann A.G.* A comparison of command, menu-selection and natural-language computer programs / *A.G. Hauptmann, G.F. Bert* // Behaviour & Information Technology. – 1983. – № 2. – P. 163-178. 10. *Norman D.A.* The next UI breakthrough: command

lines / *Donald A. Norman* // Interactions. – 2007. – Vol. 17. – № 3. – P. 44-45. **11.** *Hearst M.A.* Search User Interfaces / *Marti A. Hearst*. – Cambridge University Press, 2009. – 404 p.

Bibliography (transliterated): **1.** Unated States Patent 20140189607. User interface for a computing device. **2.** *Suttleworth M.* Introducing the HUD. Say hello to the future of the menu / *M. Suttleworth*. – 2012. – [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.markshuttleworth.com/archives/939> **3.** *Peterson J.* Head-up display 48 Success Secrets: 48 Most Asked Questions On Head-up display – What You Need To Know / *Jonathan Peterson*. – Emereo Publishing, 2014. – 46 p. **4.** *McKay E.N.* UI is communication: how to design intuitive, user centered interface by focusing on effective communication / *Everett N. McKay*. – Morgan Kaufmann, 2013. – 378 p. **5.** *Paranjape N.* Ribbon Haters' Handbook / *Dr Nitin Paranjape*. – 2013. – 43 p. **6.** *Raskin J.* The Humane Interface: New Directions for Designing Interactive Systems / *J. Raskin*. – Addison-Wesley Professional, 2000. – 256 p. **7.** *Shneiderman B.* Designing the user interface: strategies for effective human-computer interaction (4th Edition) / *B. Shneiderman, C. Plaisant*. – Addison Wesley, 2004 – 672 p. **8.** *Preece J.* INTERACTION DESIGN: beyond human-computer interaction, 3rd Edition / *J. Preece, H. Sharp, Y. Rogers*. – Wiley, 2011. – 602 p. **9.** *Hauptmann A.G.* A comparison of command, menu-selection and natural-language computer programs / *A.G. Hauptmann, G.F. Bert* // Behaviour & Information Technology. – 1983. – № 2. – P. 163-178. **10.** *Norman D.A.* The next UI breakthrough: command lines / *Donald A. Norman* // Interactions. – 2007. – Vol. 17. – № 3. – P. 44-45. **11.** *Hearst M.A.* Search User Interfaces / *Marti A. Hearst*. – Cambridge University Press, 2009. – 404 p.

Поступила (received) 31.03.2015

Повторно 05.05.2015

Статью представил д-р техн. наук, проф. НТУ "ХПИ" Можяев А.А.

Zykov Igor, Cand. Sci. Tech, Associate Professor
National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"
Str. Frunze, 21, Kharkov, Ukraine, 61002
Tel.: (057) 707-61-65, e-mail: i.s.zykov@gmail.com
ORCID ID 0000-0002-8884-2725

Leibenko Hennadii, master
Kharkiv National University "Kharkiv Polytechnic Institute"
Str. Frunze, 21, Kharkov, Ukraine, 61002
Tel.: (066) 710 67 32, e-mail: leybenkogennadij@gmail.com
ORCID ID 0000-0002-3369-7460

Leibenko Elena, master
Kharkiv National University "Kharkiv Polytechnic Institute"
Str. Frunze, 21, Kharkov, Ukraine, 61002
Tel.: (066) 710 67 32, e-mail: leybenkoelena@gmail.com
ORCID ID 0000-0002-3210-830X

УДК 621.396.6

Н.М. КАЛЮЖНЫЙ, канд. техн. наук, с.н.с., научн. рук. НИЛ, ХНУРЭ, Харьков,
С.А. ГАЛКИН, канд. техн. наук, доц., НТУ "ХПИ", Харьков,
К.Н. КОРЖУКОВ, магистр, мл. научн. сотр., ХНУРЭ, Харьков,
Г.Н. СЕМЕНОВ, канд. техн. наук, с.н.с., ведущий научн. сотр., ХНУРЭ, Харьков,
А.Б. ЧЕРНОВ, канд. техн. наук, с.н.с., ведущий научн. сотр., ХНУРЭ, Харьков

ВЫБОР МЕТОДОВ ОЦЕНИВАНИЯ ПОТЕРЬ И РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНИВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ДОСТУПНОСТИ СРЕДСТВ РАДИОМОНИТОРИНГА

Представлены результаты анализа применения верифицированных международным союзом электросвязи методов расчета затухания сигнала и/или напряженности поля на трассе распространения радиоволн в программных продуктах, предназначенных для оценки электромагнитной доступности радиоэлектронных средств различного назначения широкополосным средствам радиомониторинга. Приведен сравнительный анализ результатов расчетов, полученных с помощью разработанных программных моделей, реализующих указанные методы, с результатами экспериментальных исследований. Ил.: 4. Библиогр.: 9 назв.

Ключевые слова: электромагнитная доступность радиоэлектронных средств, затухание сигнала, напряженность поля, радиомониторинг.

Постановка проблемы. Возможности системы радиочастотного мониторинга (СРЧМ) по выполнению возложенных на нее задач в значительной степени определяются возможностями и количеством средств радиомониторинга, задействованных для выполнения работ, их техническими возможностями и топологией системы [1, 2].

Информационную основу СРЧМ составляют стационарные средства радиомониторинга, обеспечивающие решение задач по мониторингу спектра и контролю параметров излучений радиоэлектронных средств (РЭС) в пределах ограниченных территорий, называемых "зонами радиодоступности" постов радиомониторинга. Совокупность зон радиодоступности всех постов радиомониторинга составляет зону радиодоступности СРЧМ. Зона радиодоступности СРЧМ может быть расширена за счет развертывания удаленных, дистанционно управляемых и/или транспортируемых средств радиомониторинга (СРМ), а также за счет использования мобильных СРМ [1, 2].

Для определения оптимальной, по критерию обеспечения

максимальной эффективности решения задач мониторинга, топологии СРЧМ возникает необходимость оценивания зон радиодоступности радиоэлектронных средств средствами радиомониторинга. Основой алгоритма оценивания зон радиодоступности является автоматизированный расчет мощности сигнала на входе приемника СРМ [2 – 5]. Эти расчёты базируются на вычислении потерь сигнала на трассе распространения радиоволн (РРВ) от РЭС к СРМ, в соответствии с выбранной моделью потерь.

Анализ литературы. Методика расчета потерь на трассе РРВ должна учитывать: особенности распространения радиоволн в различных диапазонах частот; тип трассы РРВ (сухопутная, морская, смешанная); особенности подстилающей поверхности на трассе РРВ (сухая пчва, луг, лес, море, сельская местность, город); рельеф местности; плотность застройки.

В настоящее время известно большое количество теоретических методов расчёта потерь на трассе распространения радиоволн. Наиболее известные из них описаны в [1 – 4]. В тоже время ни одна из известных методик не позволяет учесть все физические механизмы РРВ.

В связи с этим актуальна разработка программных средств для определения возможности их применения в автоматизированных системах оценивания электромагнитной доступности радиоэлектронных средств при различных трассах распространения радиоволн.

Вследствие невозможности учета всех факторов в моделях можно говорить только об оценивании зоны радиодоступности, а не о точном ее расчете. Поэтому для анализа целесообразно ограничиться моделями рекомендованными Международным союзом электросвязи (МСЭ).

При определении возможности применения известных методов расчета потерь на трассе РРВ для оценки ЭМС СРМ с РЭС различного назначения рассматривались:

- расчет ослабления в свободном пространстве [6];
- распространение радиоволн за счет дифракции [7];
- процедура прогнозирования для оценки помех между станциями, находящимися на поверхности Земли, на частотах выше приблизительно 0,1 ГГц [8];
- модель распространения радиоволн Окумура-Хата [4];
- метод прогнозирования для трасс связи "пункта с зоной" для наземных служб в диапазоне частот от 30 МГц до 3000 МГц [5].

Метод расчета потерь сигнала в свободном пространстве [1].

Простейший метод, позволяет вычислить уровень потерь сигнала L в соответствии с выражением:

$$L = 32,4 + 20 \log(f) + 20 \log(d), \quad (\text{дБ}), \quad (1)$$

где f – частота (МГц); d – расстояние между РЭС и СРМ (км).

Основной недостаток метода – отсутствие возможности учёта рельефа и застройки местности, а также других дополнительных факторов, влияющих на РРВ.

Метод расчета потерь на трассе РРВ за счет дифракции [7].

Метод, предусматривает определение типа профиля трассы РРВ и позволяет определить уровень сигнала от РЭС в произвольной ее точке. Определено три типа трасс:

1. Гладкая поверхность. Критерий гладкости – максимальная неровность не более $0,1R$, где R – максимальный радиус первой зоны Френеля на трассе.

2. Изолированные препятствия. Если условие из п.1 не выполняется и профиль местности на трассе РРВ состоит из одного или нескольких изолированных препятствий. Дальнейшая детализация характера препятствий предполагает выделение клиновидных (островершинных) и округлых (цилиндрических) препятствий с соответствующей процедурой расчёта для каждой из них.

3. Холмистая местность. Профиль местности состоит из нескольких небольших холмов, ни один из которых не образует доминирующего препятствия.

Для каждого из типов трасс предусмотрена своя процедура расчёта.

Наибольший интерес представляет второй случай для клиновидных препятствий. В этом случае определяются потери $J(\nu)$ на каждом из препятствий на трассе РРВ по формуле:

$$J(\nu) = 6,9 + 20 \log(\sqrt{(\nu - 0,1)^2 + 1} + \nu - 0,1), \quad (\text{дБ}), \quad (2)$$

где ν – безразмерный дифракционный параметр, определяемый как:

$$\nu = 0,0316h \left[\frac{2(d_1 + d_2)}{\lambda d_1 d_2} \right]^{1/2};$$

h – высота препятствия над уровнем Земли (м); d_1 – расстояние от передатчика до препятствия (км); d_2 – расстояние от препятствия до приёмника (км); λ – длина волны сигнала (м).

Процедура прогнозирования для оценки помех между станциями, находящимися на поверхности Земли, на частотах выше приблизительно 0,1 ГГц. [8].

В качестве базовой процедуры применяется модель РРВ в условиях ясного неба. Для неё, в зависимости от требований к помеховой обстановке, выбирается одна из трех отдельных моделей (медианное значение, максимальное и минимальное прохождение). При расчёте учитываются пять основных механизмов РРВ. Результаты расчетов уровня сигнала обусловленного каждым из механизмов РРВ затем объединяются. Учитываются следующие механизмы:

- РРВ в пределах прямой видимости, включая усиление уровня сигнала за счет многолучевости и фокусирующих эффектов слоистой структуры атмосферы (процедура расчёта аналогична [6]);

- дифракция радиоволн над гладкой поверхностью Земли, над неровной поверхностью и на субтрассах (процедура расчёта аналогична [7]);

- тропосферное рассеяние радиоволн (процедура расчёта аналогична расчету поправки в [8]);

- аномальное распространение радиоволн (волноводы и отражение от атмосферных слоев/рефракция);

- отражение радиоволн от местных предметов, определяемое их типом и характерными высотами (фактор, учитывается только в этой методике).

Основные недостатки рассмотренной методики: сравнительно большая трудоёмкость расчётов и завышение уровня сигнала, так как методика предназначена для оценки уровня помех и ориентирована на недопущение их превышения.

Метод Окумура-Хата. [1 – 3]. Определяет эмпирическую зависимость напряженности поля E в децибелах в точках трассы РРВ протяженностью 1 – 20 км, на частотах 150 – 200 МГц, для изотропно-излучаемой мощности в 1кВт:

$$E = 69,82 - 6,16 \log(f) + 13,82 \log(h_1) + a(h_2) - [(44,9 - 6,55 \log(h_1)) \cdot \log(d)], \quad (3)$$

где f – частота (МГц); h_1 – высота антенны РЭС над уровнем местности (от 30 до 200 м); $a(h_2) = [1,1 \cdot \log(f) - 0,7] \cdot h_2 - 1,56 \log(f) + 0,8$; h_2 – высота антенны приемника над уровнем местности (1 – 10 м); d – расстояние от РЭС до СРМ.

Основное преимущество методики – простота, отсутствие необходимости в цифровой карте местности и многолетнее практическое подтверждение её адекватности. Рельеф влияет на результат статистически, а характер застройки учитывается путем корректировки

базовой формулы. Рассматривается 5 типов застройки: сельская местность, пригород, малый город, крупный город, плотная городская застройка.

Метод прогнозирования для трасс связи "пункта с зоной" для наземных служб в диапазоне частот от 30 МГц до 3000 МГц [9].

Наиболее совершенная методика, позволяющая учесть большинство факторов, влияющих на затухание сигнала на трассе РРВ, в том числе рельеф и плотность застройки местности. Она предназначена для оценивания покрытия линий радиосвязи в условиях тропосферы над сухопутными, морскими и/или смешанными трассами, состоящими из сухопутных и/или морских участков, на расстоянии от 1 до 1000 км для эффективных высот передающих антенн менее 3000 м.

В общем виде затухание/напряженность поля по этой методике определяется на основе интерполяции/экстраполяции полученных экспериментальным путем кривых напряженности поля, которые являются функциями от расстояния d_{TR} (км), высоты передающей антенны h_T (м), частоты f_T (МГц), процента времени $t_{\%}$ (1 – 50%) и характера трассы X_{TR} РРВ (суша, холодное море, теплое море, смешанная трасса)

$$L = f(d_{TR}, h_T, f_T, t_{\%}, X_{TR}), \quad (4)$$

Например на рис. 1 представлено семейство кривых напряженности поля для номинальной частоты 100 МГц, сухопутной трассы, 50% времени превышения сигналом расчетного значения.

Процедура оценивания затухания / напряженности поля включает также учет факторов, определяемых характером местности на трассе РРВ и тропосферой. Эти факторы учитываются в виде поправок:

- к высоте приемной/подвижной антенны СРМ;
- на тип застройки местности (город/пригород);
- на угол просвета местности (дифракционная составляющая);
- на тропосферное рассеивание.

Целью статьи является:

- анализ методов расчета потерь на трассе РРВ и выбор наиболее подходящих для программной реализации;
- разработка программных моделей и определение возможности их применения в автоматизированной системе оценивания электромагнитной доступности РЭС различного назначения СРМ;
- сравнение результатов расчетов с результатами экспериментальных измерений.

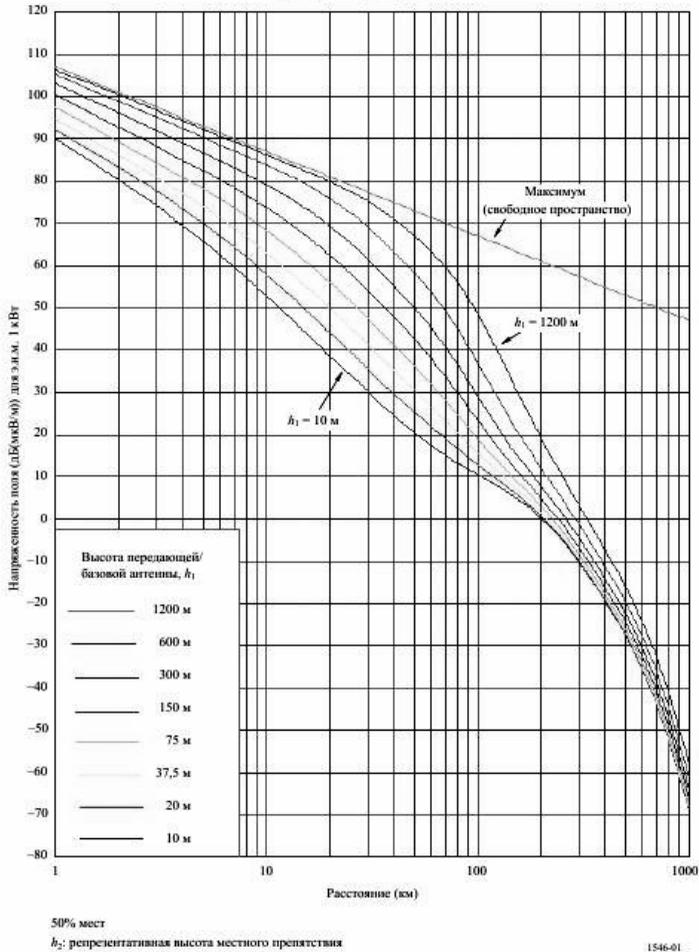


Рис. 1. Кривые напряженности поля для номинальной частоты 100 МГц, сухопутной трассы, 50 % времени превышения сигналом расчетного значения

Основная часть. С целью проверки возможности практического применения рассматриваемых методов для оценки ЭМС СРМ с РЭС различного назначения, было разработано программное обеспечение, которое производит расчет потерь на трассах РРВ (напряженности поля в

точке приёма и/или уровня сигнала на входе приемника СРМ) с учетом рельефа и застройки местности, по каждому из методов. Процедуры прогнозирования для оценки помех между станциями, находящимися на поверхности Земли, на частотах выше приблизительно 0,1 ГГц [8] в основном совпадают с процедурами в методе расчета потерь на трассе РРВ за счет дифракции [7], поэтому отдельно не реализовывались.

При выполнении исследований разработано программное обеспечение, одной из задач которого является построение зон радиодоступности РЭС станциям радиомониторинга. Влияние перечисленных факторов на величину зон радиодоступности, иллюстрирует рис. 2.

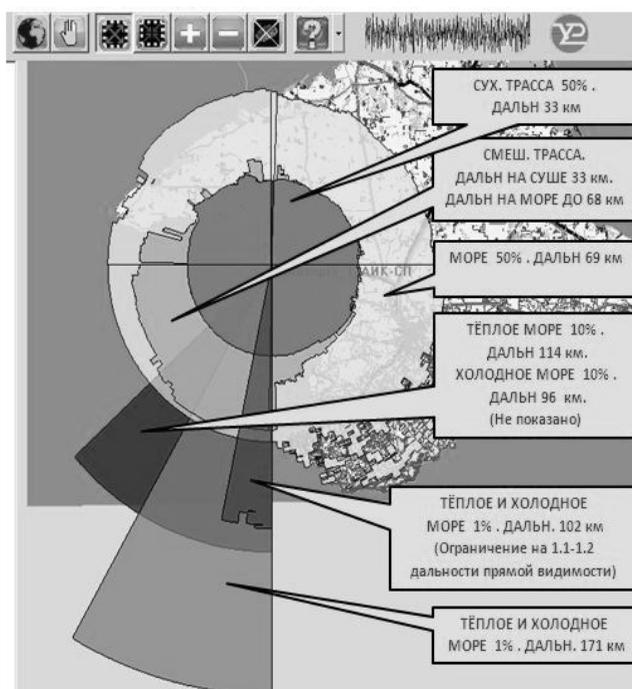


Рис. 2. Влияние различных факторов на величину зон радиодоступности

Результаты моделирования для различных методик приведены на рис. 3.

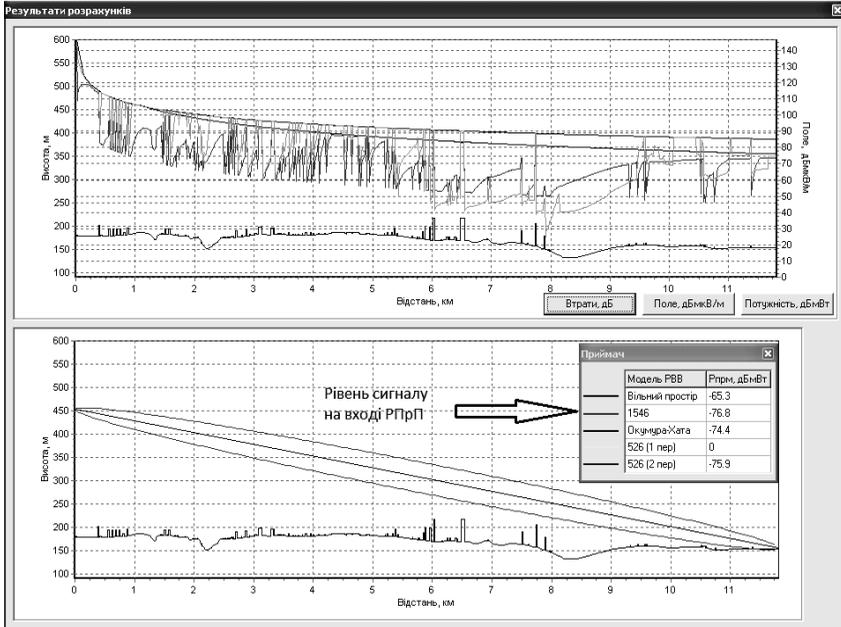


Рис. 3. Сравнение результатов расчетов уровня сигнала на входе станции радиоконтроля

Сравнение результатов моделирования показывает высокую степень совпадения расчетных данных в точке приема, полученных по разным методикам (рис. 3). Так, расчёт потерь на трассе распространения сигнала от телевизионного центра с учётом рельефа местности и застройки показал малое влияние последних на результат из-за достаточно большой высоты антенны (275 м) передатчика. При ее уменьшении на порядок различие в расчетных данных, полученных по разным методикам, достигает 5 дБ.

Результаты экспериментальных измерений уровня мощности сигнала на рассмотренной трассе РРВ представлены на рис. 4. Измеренный уровень мощности сигнала отличается от расчётного не более чем на 3 дБ.

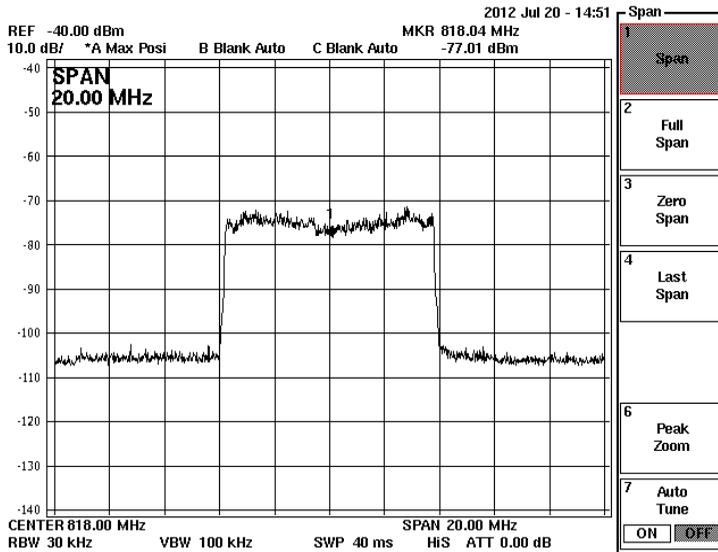


Рис. 4. Экспериментально полученное значение уровня сигнала на входе станции радиоконтроля

Выводы. Исследования показали, что для оценки ЭСМ широкополосных СРМ с РЭС различного назначения в качестве базовой модели для расчёта потерь на трассе РРВ целесообразно использовать Рекомендацию МСЭ-R P.1546. [9]. В случае, когда высота антенны приемника значительно превышает высоту антенны передатчика (в терминах [9] – базовая антенна является приемной, а передающая – подвижной) расчеты необходимо производить, считая передающую антенну базовой а приемную – подвижной (т.е передающая антенна всегда является "базовой", а приемная – "подвижной", независимо от их высот). Если частотный диапазон или высоты антенн не позволяют использовать метод, представленный в Рекомендации МСЭ-R P.1546., то расчеты следует проводить в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R P.526 [7] для клиновидных изолированных препятствий, не имеющих ограничений по частотному диапазону. Для быстрого оценочного расчёта и сравнительного анализа результатов моделирования, когда позволяют диапазоны частот и высоты антенн, может быть использован метод Окумура-Хата [1 – 3].

Список литературы: 1. Слободянюк П.В. Довідник з радіомоніторингу / П.В. Слободянюк, В.Г. Благодарний, В.С. Ступак. Під заг. ред. П.В. Слободянюка. – Ніжин: ТОВ

"Видавництво "Аспект-Поліграф", 2008. – 588 с. 2. *Слободянюк П.В.* Радиомониторинг: вчера, сегодня, завтра (Теория и практика построения системы радиомониторинга) / *П.В.Слободянюк, В.Г.Благодарный*. Под общ. ред. П.В. Слободянюка. – Прилуки: ООО "Издательство Air-Поліграф", 2010. – 296 с. 3. *Князев А.Д.* Элементы теории и практики обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств / *А.Д. Князев*. – М.: – Радио и связь, 1984. – 342 с. 4. Управление радиочастотным спектром и электромагнитная совместимость радиосистем. Учебн. пособие / *А.Л. Бuzов, М.А. Быховский, Н.В. Васехо* и др. Под ред. д.т.н., проф. М.А. Быховского. – М.: Эко-Трендз, 2006. – 376 с. 5. *Галкин С.А.* Разработка методики и алгоритма построения зон радиодоступности для стационарных станций радиоконтроля / *С.А. Галкин, К.Н. Коржукон, М.Ю. Манзюк* "Системы управления, навигации та зв'язку". – Київ. – 2012 – Вип. 1 (21). – Т. 1. – С.151-158. 6. Recommendation ITU-R P. 525-2 [Electronic resource]: Calculation of free-space attenuation. – 1994. – 3 p. – access mode: <http://www.itu.int/rec/R-REC-P.525>. 7. Recommendation ITU-R P.526-13 [Electronic resource]: Propagation by diffraction. – 2013. – 37 p. – access mode: <http://www.itu.int/rec/R-REC-P.526>. 8. Recommendation ITU-R P.452-15. [Electronic resource]: Prediction procedure for the evaluation of interference between stations on the surface of the Earth at frequencies above about 0.1 GHz. – 2013. – 54 p. access mode: <http://www.itu.int/rec/R-REC-P.452>. 9. Recommendation ITU-R P.1546-5. Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 3 000 MHz. – 2013. – 57 p. – access mode: <http://www.itu.int/rec/R-REC-P.1546>.

Bibliography (transliterated): 1. *Slobodjanjuk P.V.* Dovidnik z radiomonitoringu / *P.V. Slobodjanjuk, V.G. Blagodarnij, V.S. Stupak*. Pid заг. ред. P.V. Slobodjanjuka. – Nizhin: TOV "Vidavnicтво "Aspekt-Poligraf", 2008. – 588 s. 2. *Slobodjanjuk P.V.* Radiomonitoring: vchera, segodnja, zavtra (Teorija i praktika postroenija sistemy radiomonitoringa) / *P.V. Slobodjanjuk, V.G. Blagodarnyj*. Pod obshh. ред. P.V. Slobodjanjuka. – Priluki: ООО "Izdatel'stvo Air-Poligraf", 2010. – 296 s. 3. *Knjazev A.D.* Jelementy teorii i praktiki obespechenija jelektromagnitnoj sovmestimosti radiojelektronnyh sredstv / *A.D. Knjazev*. – M.: Radio i svjaz', 1984. – 342 s. 4. *Buzov A.L.* Upravlenie radiochastotnym spektrom i jelektromagnitnaja sovmestimost' radiosistem. Uchebn. posobie / *A.L. Buzov, M.A. Byhovskij, N.V. Vaseho* i dr. Pod ред. d.t.n., prof. M.A. Byhovskogo. – M.: Jeko-Trendz, 2006. – 376 s. 5. *Galkin S.A.* Razrabotka metodiki i algoritma postroenija zon radiodostupnosti dlja stacionarnyh stancij radiokontrolja / *S.A. Galkin, K.N. Korzhukov, M.Ju. Manzjuk* / "Sistemi upravlinnja, navigacii ta зв'язку". – Kiiv. – 2012. – Vip. 1 (21). – Т. 1. – S.151-158. 6. Recommendation ITU-R p.525-2 [Electronic resource]: Calculation of free-space attenuation. – 1994. – 3 p. – access mode: <http://www.itu.int/rec/R-REC-P.525>. 7. Recommendation ITU-R P.526-13 [Electronic resource]: Propagation by diffraction. – 2013. – 37 p. – access mode: <http://www.itu.int/rec/R-REC-P.526>. 8. Recommendation ITU-R P.452-15. [Electronic resource]: Prediction procedure for the evaluation of interference between stations on the surface of the Earth at frequencies above about 0.1 GHz. – 2013. – 54 p. access mode: <http://www.itu.int/rec/R-REC-P.452>. 9. Recommendation ITU-R P.1546-5. Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 3 000 MHz. – 2013. – 57 p. – access mode: <http://www.itu.int/rec/R-REC-P.1546>.

Поступила (received) 15.04.2015

Повторно 10.05.2015

Статью представил д-р техн. наук, проф. НТУ "ХПИ" Леонов С.Ю.

Kalyuzhniy Nikolai, Cand.Tech.Sci., Senior Researcher
Kharkiv National University of Radio Electronics
Str. Lenina, 16, Kharkov, Ukraine, 61166
Tel.: 057 7021068, e-mail: 3rmorti7@gmail.com

Galkin Sergei, Cand.Tech.Sci., Docent
National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"
Str. Frunze, 21, Kharkov, Ukraine, 61002
Tel.: (057) 706-27-49, e-mail: gulkin@inbox.ru
ORCID ID: 0000-0002-0693-1629

Korzhuikov Konstantin, master
Kharkiv National University of Radio Electronics
Str. Lenina, 16, Kharkov, Ukraine, 61166
Tel.: (057) 7021068, e-mail: 3rmorti7@gmail.com

Semenov Gennadij, Cand.Tech.Sci., Senior Researcher
Kharkiv National University of Radio Electronics
Str. Lenina, 16, Kharkov, Ukraine, 61166
Tel.: (057) 7021068, e-mail: 3rmorti7@gmail.com

Chernov Andrej, Cand.Tech.Sci., Senior Researcher
Kharkiv National University of Radio Electronics
Str. Lenina, 16, Kharkov, Ukraine, 61166
Tel.: (057) 7021068, e-mail: 3rmorti7@gmail.com

УДК 004.77:37.04

В.В. КАРАСЮК, канд. техн. наук, доц., НЮУ им. Я. Мудрого,
Харьков,

С.Н. ИВАНОВ, канд. техн. наук, доц., НЮУ им. Я. Мудрого,
Харьков

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОСТРАНСТВА СТУДЕНТА ПРИ ИЗУЧЕНИИ ГУМАНИТАРНЫХ ДИСЦИПЛИН

В статье изложено исследование особенностей индивидуального образовательного пространства для изучающих право. Указаны особенности правовой информации и возможности использования облачных сервисов в индивидуальном образовательном пространстве. Онтологии названы средством интеграции электронных учебных материалов. Приведены данные исследования средств подачи учебного материала. Ил.: 1. Табл.: 1. Библиогр.: 12 назв.

Ключевые слова: индивидуальное образовательное пространство, правовая информация, онтология, информационная модель, электронные учебные материалы.

Введение. Концепция создания единого образовательного пространства в университете стала в последнее время достаточно популярной. Никто не отрицает, что электронные ресурсы обучения заняли доминирующее место, но в силу их виртуальности и многообразия создается впечатление громоздкости, неупорядоченности и ощущения, что "чего-то здесь не хватает". Очевидно, что возврата к учебным средствам предыдущего поколения не будет и необходимо сосредоточить внимание на развитии и использовании электронных учебных средств. Дальнейшим шагом развития методологии использования электронных учебных средств является идея создания индивидуального образовательного пространства студента как подмножества единого образовательного пространства университета с добавлением коммуникационных средств, что, в частности, позволяет решать задачи социализации учащегося и создает предпосылки для дальнейшей индивидуализации обучения. И очевиден следующий шаг развития электронных учебных средств – это перенесение всех ресурсов в "облака" и объединение их с целью создания единого образовательного пространства всех университетов страны и университетов других стран. Понятно, что решение указанных задач возможно на основе серьезной теоретической проработки и моделирования.

Постановка проблемы. В задачах Национальной стратегии

развития образования в Украине на 2012-2021 гг., одобренной КМ Украины 10.09.2012 г., среди ключевых направлений указано: формирование и внедрение информационной образовательной среды в системе высшего образования; выпуск электронных учебников; создание открытой сети образовательных ресурсов. Решение указанных задач является актуальной государственной проблемой. Таким образом, необходимо дальнейшее развитие концепции создания единого информационного пространства вуза, разработка способов моделирования структуры и наполнения информационного пространства с возможностью углубления индивидуализации обучения.

Анализ исследований в области создания образовательного пространства вуза. Единое информационное пространство представляет собой совокупность баз и банков данных, технологий их ведения и использования, информационно-телекоммуникационных систем и сетей, функционирующих на основе единых принципов и по общим правилам, обеспечивающим информационное взаимодействие организаций и граждан. Анализ структуры образовательного пространства высшего учебного заведения посвящено много работ, сошлемся на некоторые из них [1 – 6]. В проанализированных работах предложены обобщенные модели образовательного пространства, однако в них не рассмотрены особенности образовательного пространства с точки зрения требований отдельных направлений подготовки; технологических способов интеграции информации в единую структуру; способов оптимального предложения информации и коммуникационных сервисов с учетом ограничений учебного плана.

Цель статьи заключается в исследовании информационной модели единого информационного пространства вуза, с учетом возможности формирования на ее основе индивидуального образовательного пространства студента с оптимальным наполнением в соответствии с целями обучения по конкретным специальностям. Также целью является исследование компонентов образовательной модели и предложение средств формализации задачи оптимального распределения ресурсов и средств электронного обучения.

Структура юридических знаний. Юридическая наука, как и все ее отрасли, а следовательно, и учебные дисциплины, лишена разнообразия схематического, формульного, графического и других разновидностей представления информации. Это является проявлением особенностей правовой информации, как она определена в Законе Украины "Об информации". Информация в правовых системах упорядочена в виде

иерархической структуры. Для эффективной организации учебного процесса каждому учащемуся должно быть предоставлено индивидуальное образовательное пространство обучаемого (PLE – Personal Learning Environments), как современная форма организации информационного окружения с ориентацией на индивидуальные особенности учащегося [7, 8]. Также индивидуальное образовательное пространство должно быть ориентировано на облегчение академической и социальной интеграции. Графически индивидуальное образовательное пространство можно представить следующим образом (рис.).



Рис. Схема персонального пространства знаний.

Инструментальные средства электронного образования.

В настоящее время существует целый ряд специализированных web-ориентированных решений для поддержки электронного обучения на различных уровнях образования, например, Moodle, Blackboard, Google

OpenClass, Canvas, Piazza, eFront, ILIAS, Claroline, Sakai, OpenSIS и другие. Одно из направлений по использованию указанных систем для поддержки электронного обучения в университете заключается в их развертывании на серверах разработчиков этих систем или провайдеров облачных услуг. Еще один подход заключается в использовании облачных сервисов ведущих ИТ-компаний таких, как Google, Microsoft, Amazon, для создания электронных учебных курсов, для организации самостоятельной работы студентов, их общения между собой и преподавателями. Примерами современных сервисов для высшего образования, построенных специально на основе облачных вычислений, являются: Live@edu от Microsoft; Google Apps Education Edition [9].

Однако сегодня не существует определенного решения, которое бы полностью могло удовлетворить потребности в создании идеальной PLE для студентов-юристов. Поэтому для предоставления студенту-юристу виртуального "интегрального" рабочего места для обучения в Национальном юридическом университете им. Ярослава Мудрого используется ряд программных средств и сервисов, которые позволяют создать удобное персональное информационное пространство.

Понятно, что к взаимодействию между разнородными (гетерогенными) средами и услугами следует привлечь семантические средства. Недавние исследования показали, что целесообразно использовать онтологии для определения характеристик социальных ресурсов и индивидуальных образовательных сред [10]. Онтология может стать уникальной формализацией предметной области [5]. В разных странах уже разработаны онтологии для ряда предметных областей.

Исследование компонентов образовательного пространства.

Исследование информационной модели образовательного пространства выполнено по методике, предложенной в [11]. Исходные данные приведены в таблице. Здесь по 12 критериям приведены статистические оценки значимости представления электронных материалов в образовательной среде вуза.

Имея в виду 12 указанных критериев, возможно формализовать задачу оптимального распределения ресурсов и средств электронного обучения с учетом ограничений учебного плана за счет метода многоцелевого динамического программирования (MCGP) [12].

Применение этого метода для исследования информационной модели образовательной среды в условиях ограничений учебного времени и предпочтений преподавателей позволяет выбрать оптимальный набор ресурсов и сервисов.

Итого, по результатам исследования можно сделать следующие выводы. Набор электронных презентаций является наиболее надежным средством электронного обучения, с наиболее доступной структурой содержания. Чат – наиболее легкая в использовании форма использования электронного контента. Чат имеет высокий вес по сравнению с другими альтернативами в показателях доступности и легкости коммуникаций. Для персонализированной поддержки учащегося наилучшими средствами являются web поддержка и видео сервисы. Наивысшую оценку web поддержка получает также в управлении процессом обучения и регистрации результатов учебной деятельности. Аналогично рассматриваются другие средства предоставления учебного материала в образовательной среде.

Таблица
Значимость средств подачи учебного материала для пользователя

Критерий	Электронные презентации	Чат	Видео сервисы	Web поддержка
Надежность работы	0,48	0,10	0,29	0,13
Доступность	0,31	0,47	0,12	0,10
Легкость понимания	0,30	0,21	0,21	0,28
Полезность контента	0,30	0,07	0,49	0,14
Структура содержания	0,29	0,11	0,31	0,29
Активность мультимедиа	0,21	0,12	0,58	0,09
Легкость общения с преподавателем	0,08	0,75	0,07	0,10
Легкость общения с другими учащимися	0,05	0,73	0,03	0,19
Доступ к распределенным данным	0,09	0,31	0,11	0,49
Персонализация поддержки	0,04	0,12	0,32	0,52
Контроль учебного процесса	0,03	0,25	0,19	0,53
Регистрация учебной деятельности	0,02	0,34	0,03	0,61

Выводы. Единые образовательные пространства вузов и их подмножества в виде индивидуальных образовательных пространств становятся основными средствами для представления знаний в своей предметной области. Возникает задача выбора оптимального наполнения индивидуальных образовательных пространств.

В результате проведенного исследования предложена онтологическая модель для интеграции знаний из различных источников.

Також проведено дослідження різних способів подачі електронних навчальних матеріалів. Предложено спосіб для вибору оптимального набору ресурсів і сервісів індивідуального освітнього простору в умовах обмежень навчального плану на основі методу багатометалевого динамічного програмування.

Список літератури: 1. Павленко В.Н. Створення навчальних планів в системі єдиного інформаційного простору університету / В.Н. Павленко, Р.Г. Ерохин, С.П. Визиряко // *Радиоелектронні і комп'ютерні системи*. – 2010. – № 1 (42). – С. 82-90. 2. Крюков В.В. Інформаційні технології в університеті: стратегії, тенденції, досвід / В.В. Крюков, К.І. Шахгельдян // *Університетське управління: практика і аналіз*. – 2012. – № 4. – С. 101-112. 3. Абрамејко С.В. Структура віртуального освітнього простору сучасного університету / С.В. Абрамејко, В.М. Галынський, Ю.В. Позняк, В.В. Самохвал // *Інформатизація освіти – 2010: педагогічні аспекти створення інформаційно-освітньої середовища*. – Мінськ: БГУ, 2010. – С. 14-18. 4. Абельдіна Ж.К. Інформаційно-освітнє середовище – як ядро віртуального освітнього простору / Ж.К. Абельдіна, Ж.Р. Таурбаєва // *Педагогічні науки*. – 2013. Режим доступу: http://www.rusnauka.com/6_PNI_2013/Pedagogica4_120807.doc.htm 5. Карасюк В. Формування індивідуального освітнього простору студента в умовах дистанційного навчання / В.В. Карасюк, С.Н. Іванов // *Вестник НТУ "ХПИ". Серія: Інформатика і моделювання*. – Харків: НТУ "ХПИ". – 2014. – № 35 (1078). – С. 105-112. 6. Шиліна Н. Інформаційно-комунікативне середовище сучасного освіти: проблеми і перспективи розвитку / Н. Шиліна // *Гуманітарний вісник ЗДІА*. – 2012. – № 48. – С. 111-118. 7. Skrabut S. Personal Learning Environments: The Natural Way of Learning / Stanley A. Skrabut. – University of Wyoming. – 23 p. Режим доступу: http://www.uwyo.edu/skrabut/docs/aded5050_project.pdf 8. Ewais A. Authoring Adaptive 3D Virtual Learning Environments / Ahmed Ewais, Olga De Troyer / A. Ewais // *International Journal of Virtual and Personal Learning Environments*. – 2014. – № 5 (1). – P. 1-19. DOI: 10.4018/ijvple.2014010101 9. Триус Ю. Використання хмарних технологій у навчанні дисциплін професійної підготовки майбутніх бакалаврів комп'ютерних наук / Юрій Триус // *Інноваційні комп'ютерні технології у вищій школі (ICT-2014): Праці VI Науково-практичної конференції (18-20 листопада 2014, Львів)*. – Львів, Національний університет "Львівська політехніка". – С. 82-87. 10. Балова Т. Етапи розробки онтології електронного університету / Т.Г. Балова, Н.П. Рохас Криулько // *Сучасні інформаційні технології*. – 2010. Режим доступу: http://www.rusnauka.com/18_DNI_2010/Informatica/69459.doc.htm 11. Chang C.-T. Revised multi-choice goal programming. / C.-T. Chang, // *Applied Mathematical Modeling*. – 2008. – № 32. – P. 2587-2595. 12. Lin T.-C. Evaluation model for applying an e-learning system in a course: an analytic hierarchy process–multi-choice goal programming approach / Teng-Chiao Lin, Hui-Ping Ho, Ching-Ter Chang // *Journal educational computing research*. – 2014. – № 50 (1). – P. 135-157.

Bibliography (transliterated): 1. Pavlenko V.N. Sozdanie uchebnyh planov v sisteme edinogo informacionnogo prostranstva universiteta / V.N. Pavlenko, R.G. Erohin, S.P. Vizirjako // *Radioelektronni i komp'yuterni sistemi*. – 2010. – № 1 (42). – S. 82-90. 2. Krjukov V.V. Informacionnye tehnologii v universitete: strategii, tendencii, opyt / V.V. Krjukov, K.I. Shahgel'djan // *Universitetskoe upravlenie: praktika i analiz*. – 2012. – № 4. – S. 101-112. 3. Ablamejko S.V. Ctruktura virtual'nogo obrazovatel'nogo prostranstva sovremenogo universiteta / S.V. Ablamejko, V.M. Galynskij, Ju.V. Poznjak, V.V. Samohval // *Informatizacija obrazovanija – 2010: pedagogicheskie aspekty sozdaniya informacionno-obrazovatel'noj sredy*. – Minsk: BGU, 2010. – S. 14-18. 4. Abel'dina Zh.K. Informacionno-obrazovatel'naja sereda – kak jadro virtual'nogo obrazovatel'nogo prostranstva / Zh.K. Abel'dina, Zh.R. Taurbajeva // *Pedagogicheskie*

nauki. – 2013. Rezhim dostupa: http://www.rusnauka.com/6_PNI_2013/Pedagogica/4_120807.doc.htm **5.** Karasjuk V. Formirovanie individual'nogo obrazovatel'nogo prostranstva studenta v usloviyah distancionnogo obuchenija / V.V. Karasjuk, S.N. Ivanov // Vestnik NTU "HPI". Serija: Informatika i modelirovanie. – Har'kov: NTU "HPI". – 2014. – № 35 (1078). – S. 105-112. **6.** Shilina N. Informacionno-kommunikativnoe prostranstvo sovremennoho obrazovaniya: problemy i perspektivy razvitiya / N. Shilina // Gumanitarnij visnik ZDIA. – 2012. – № 48. – S. 111-118. **7.** Skrabut S. Personal Learning Environments: The Natural Way of Learning / Stanley A. Skrabut. – University of Wyoming. – 23 p. Rezhim dostupa: http://www.uwyo.edu/skrabut/docs/aded5050_project.pdf **8.** Ewais A. Authoring Adaptive 3D Virtual Learning Environments / Ahmed Ewais, Olga De Troyer / A. Ewais // International Journal of Virtual and Personal Learning Environments. – 2014. – № 5 (1). – P. 1-19. DOI: 10.4018/ijvple.2014010101 **9.** Trius Ju. Viktoristannja hmarnih tehnologij u navchanni disciplin profesijnoi pidgotovki majbutnih bakalavriv komp'juternih nauk / Jurij Trius // Innovacijni komp'juterni tehnologii u vishhij shkoli (IST-2014): Praci VI Naukovo-praktichnoi konferencii (18-20 listopada 2014, L'viv). – L'viv, Nacional'nij universitet "L'viv's'ka politehnika". – S. 82-87. **10.** Balova T. Jetapy razrobotki ontologii jelektronnoho universiteta / T.G. Balova, N.P. Rohas Kriul'ko // Sovremennye informacionnye tehnologi. – 2010. Rezhim dostupa: http://www.rusnauka.com/18_DNI_2010/Informatica/69459.doc.htm **11.** Chang C.-T. Revised multi-choice goal programming. / C. T. Chang // Applied Mathematical Modeling. – 2008. – № 32. – P. 2587-2595. **12.** Lin T-C. Evaluation model for applying an e-learning system in a course: an analytic hierarchy process–multi-choice goal programming approach / Teng-Chiao Lin, Hui-Ping Ho, Ching-Ter Shang // Journal educational computing research. – 2014. – № 50 (1). – P. 135-157.

Поступила (received) 30.03.2015

Повторно 11.05.2015

Статью представил д-р техн. наук, проф., заслуженный изобретатель Украины, заведующий кафедрой "Системы информации" Национального технического университета "ХПИ" А.А. Серков

Karasjuk Volodymyr, Cand.Tech.Sci., Associate Professor
Yaroslav Mudryi National Law University
Str. Pushkinskaya, 77, Kharkiv, Ukraine, 61024
Tel.: (057) 704-92-02, e-mail: vl_karasuk@ukr.net
ORCID ID: 0000-0001-9092-2137

Ivanov Stanislav, Cand.Tech.Sci., Associate Professor
Yaroslav Mudryi National Law University
Str. Pushkinskaya, 77, Kharkiv, Ukraine, 61024
Tel.: (057) 704-92-73, e-mail: s.ivanov@nulau.org.ua

УДК 004.421

В.А. КОЗЛОВСКАЯ, асп., Международный научно-учебный центр информационных технологий и систем НАН и МОН Украины, Киев,
А.Б. КОТОВА, д-р биол. наук, проф., зав. отд., Международный научно-учебный центр информационных технологий и систем НАН и МОН Украины, Киев

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ПРОБЛЕМЕ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПСИХИЧЕСКОГО СТАТУСА ЗДОРОВЬЯ

Рассмотрен системный подход к проблеме оценивания психического здоровья человека. Определены концептуальные основы разработки программного обеспечения для оценки психического статуса здоровья. Предложена усовершенствованная модель психического статуса здоровья. На основе информационно-структурной модели предложена схема получения оценки психического статуса здоровья. Ил.: 3. Библиогр.: 11 назв.

Ключевые слова: системный подход, психический статус здоровья, информационно-структурная модель.

Постановка проблемы. В наше время компьютерные технологии предоставляют значительные возможности для разработки новых подходов к оценке психического статуса здоровья.

Существуют устоявшиеся области работы с методиками оценки психического статуса здоровья, отличными друг от друга по количеству вопросов, специализации, организованности, продолжительности опроса и возможностям. Однако, несмотря на такое разнообразие психодиагностических методик, на сегодняшний день, не существует единой методики интегральной оценки психического статуса здоровья. В связи с этим вопрос о разработке программного обеспечения для оценки психического статуса здоровья является весьма актуальным.

Анализ литературы по данному вопросу позволил выделить основные преимущества работы с программным продуктом по сравнению с его традиционным бланковым аналогом.

В первую очередь, компьютеризация оценки психического статуса здоровья предполагает ряд положительных "количественных" эффектов (возможность быстрого получения результатов ("экспересс-оценка"); оперативность обработки данных и т.д.). Во-вторых, компьютеризация положительно влияет и на общие условия обследования (возрастает

уровень стандартизации условий за счет единообразного инструктирования испытуемых).

При компьютерном оценивании психического статуса здоровья значительно понижается вероятность ошибок, связанных с человеческим фактором, в частности, описанные психологами эффекты Розенталя, Хотторна, "социальной желательности" и т.д. [1]. Преимущество использования программного продукта для оценки психического статуса здоровья заключается в минимизации или полном отсутствии феномена социальной желательности [2]. Немаловажным фактором является и конфиденциальность компьютеризованной оценки, позволяющая испытуемому быть более откровенным и естественным в ходе оценивания. Также в ряде случаев бывает полезной возможность скрыть от испытуемого технологию получения результирующих показателей. Не менее важным является то, что компьютеризация оценки психического статуса здоровья позволяет проводить массовые обследования, связанные с задачами медицинского скрининга, профотбора и т.д.

Компьютер существенно облегчает возможность не только количественного, а и качественного анализа получаемых данных. Так, компьютерная оценка позволяет легко получать временные характеристики реакций испытуемого на предъявляемые ему задания и легко анализировать эти характеристики [3].

Предъявление заданий испытуемым в компьютерном варианте позволяет избежать целого ряда погрешностей, которых, с точки зрения психометрических требований, не должно быть [4]. Предъявление стандартизованных заданий, инструктирование испытуемых, регистрация их ответов, осуществляемые программно-аппаратным комплексом, позволяет устранить или снизить до минимума подобные погрешности.

Таким образом, разработка программного обеспечения для оценки психического статуса здоровья, имея ряд дополнительных преимуществ, сохраняет в то же время все существующие достоинства традиционного подхода: объективность, меньшую зависимость от субъективных особенностей экспериментатора и надежность. Однако в настоящее время не существует единого подхода к оценке психического статуса здоровья, поэтому актуальна разработка системного подхода к этой проблеме.

Цель статьи – определение концептуальных основ разработки программного обеспечения для оценки психического статуса здоровья.

Системный подход к проблеме оценивания психического статуса здоровья. Приблизиться к осуществлению целостной оценки психического здоровья человека можно с помощью системного подхода.

Отметим, что система представляет собой совокупность элементов и связей между ними, функционирующих как единое целое и имеющих единую цель функционирования [5]. В таком случае психическое здоровье целесообразно рассматривать как сложную систему, аналитически выделить основные элементы этой системы, исследовать их характеристики для того, чтобы иметь возможность провести синтез комплексной оценки состояния психического здоровья человека.

Такой подход к пониманию психического статуса здоровья позволяет выделить его основные компоненты для возможности последующей разработки программного обеспечения, позволяющего проводить интегральную оценку психического статуса здоровья. Результатом такого подхода является информационно-структурная модель психического статуса здоровья, предложенная группой ученых Международного научно-учебного центра информационных технологий и систем НАН и МОН Украины (МНУЦ ИТиС), усовершенствованная версия которой (рис. 1) легла в основу разработки программного обеспечения для оценки психического статуса здоровья. Более подробно эта модель была описана в предыдущем исследовании авторов [6]. Согласно данной модели, составляющими психического статуса здоровья служат три основных компонента: интеллект, эмоции, характер.

Составными компонентами интеллекта являются свойства психики, которые обеспечивают умственную деятельность человека: восприятие, внимание, память и мышление. Каждая составляющая характеризуется своими показателями.

Составляющими эмоциональной компоненты являются субъективные импрессионные переживания индивида и внешние экспрессивные проявления эмоций. Показателями составляющих выступают шесть групп чувств: безопасности, привязанности, самоуважения, активации, удовольствия, аффекторные. Показатели этих составляющих определяются тестированием по специальным анкетам-опросникам [7].

В информационной структуре характерологической компоненты выделены составляющие, отвечающие за сохранение и поддержание здоровья: сила "Я", оптимизм (пессимизм), способность к личным усилиям, целеустремленность. Для тестирования свойств характерологической компоненты разработана специальная анкета-опросник, которая позволяет получить количественные балльные оценки всех качеств характера [8].

Как видно из рисунка, в интегральную оценку психического статуса здоровья была включена компонента "Типы мышления". В данной модели приведена наиболее удачная, на наш взгляд, классификация

типов мышления, предложенная учеными МНУЦ ИТиС [9]: глобально-ассоциативный (ГАс), абстрактно-ассоциативный (АбАс), ассоциативно-синтетический (АсСн), системно-ассоциативный (СсАс), ассоциативно-аналитический (АсАн), системно-аналитический (СсАн) и конкретно-аналитический (КАн) тип.

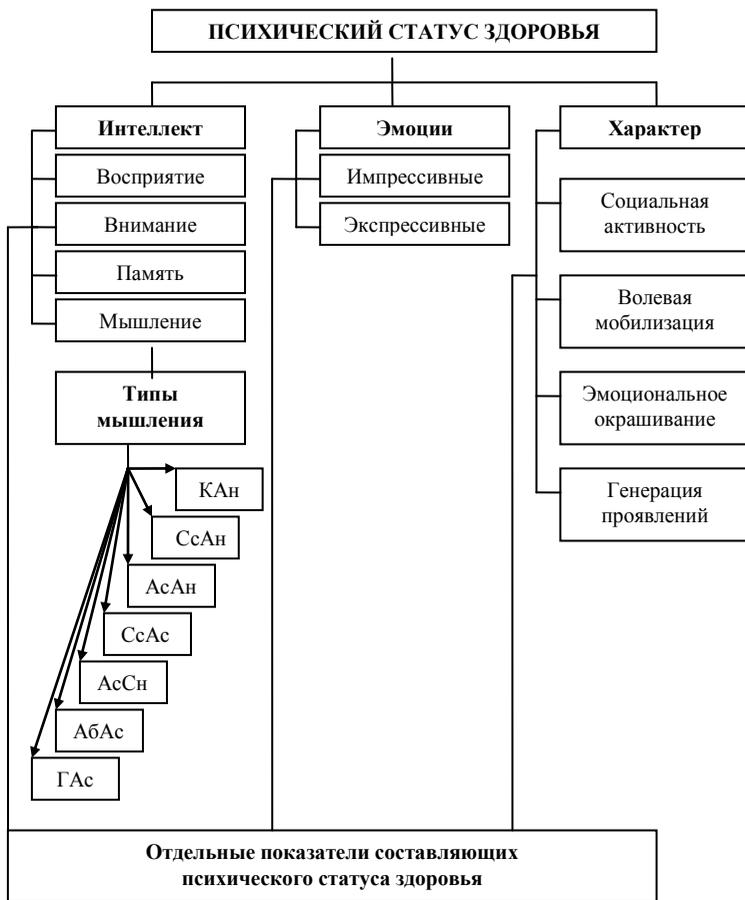


Рис. 1. Информационно-структурная модель психического статуса здоровья

Исходя из представленной модели, схему получения оценки психического статуса здоровья можно представить в виде, поданном на рис. 2, а саму оценку представить в виде интегрального показателя

компонент психического статуса здоровья, который будет рассчитываться как линейно-взвешенная сумма относительных обобщенных значений оценок с соответствующими весовыми коэффициентами. При этом оценка состояния составляющих – это свертка соответствующих информационных показателей, оценка состояния компонент – свертка оценок состояния соответствующих составляющих, оценка статуса – свертка оценок состояния компонент (интеллектуальной, эмоциональной, характерологической).



Рис. 2. Схема получения оценки психического статуса здоровья

Этот метод получил название *метода иерархической свертки показателей*. Он позволяет получить унифицированную количественную меру состояния (обобщенную оценку) иерархических уровней психического здоровья в виде линейно-взвешенной суммы

$$\delta = \sum_{i=1}^n \alpha_i x_i,$$

где α_i – весовые коэффициенты показателей; x_i – информационные показатели; n – число информационных показателей [7].

Разработка программного продукта по предложенной схеме получения оценки психического статуса здоровья позволит не только хранить индивидуальные данные каждого человека, но и накапливать информацию для ее дальнейшей статистической обработки. Это позволит сформулировать рекомендации для эффективного воздействия на процесс психического здоровьесбережения.

Разработка математического и алгоритмического обеспечения для оценки психического статуса здоровья. Наиболее общая схема функционирования предлагаемой нами системы оценки психического статуса здоровья отображена на рис. 3 и заключается в следующем:

1. Пользователь регистрирует события оценивания психического статуса здоровья с помощью компьютера.
2. Средствами вычислительной техники производится обработка полученных данных.
3. Пользователь оповещается об интегральной оценке психического статуса здоровья, а также о ее вербальной интерпретации.
4. Результаты обработки отправляются в базу данных для возможной последующей статистической обработки материала.

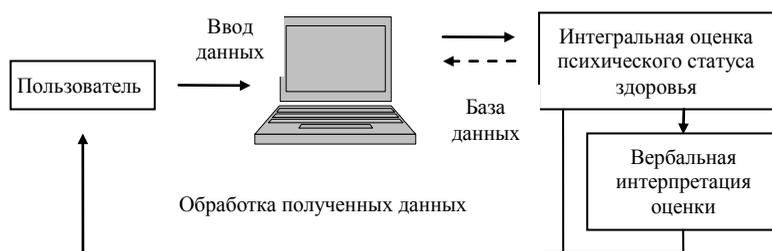


Рис. 3. Общая схема системы оценки психического здоровья человека

Оценка состояния психического статуса здоровья производится по совокупности функциональных показателей различных составляющих психического статуса здоровья. Следует отметить, что интегральные оценки унифицируют и ускоряют процесс первичной оценки психического статуса здоровья. Однако высокая субъективность оценки психического статуса здоровья приводит к низкой достоверности получаемых результатов. Это подчеркивает существующую проблему

объективности информации при использовании традиционных методов получения количественных оценок.

При построении информационно-структурной модели учет большого количества показателей, определяющих психический статус здоровья, математически затруднителен. Однако модель должна максимально точно отражать действительность, поэтому необходимо определить информативные показатели, оказывающие наибольшее влияние на общую оценку психического статуса здоровья, т.е. выделить наиболее важные факторы, пренебречь менее существенными. Для оценки значимости факторов был применен метод экспертной оценки [10].

Особенностью показателей психического статуса здоровья является разнообразие форм их представления. Для формализации данной предметной области необходимо привести первичные показатели, представленные вербальным описанием, качественными и интервальными шкалами к точечному количественному виду. Задача о переводе разнокачественной информации в нормированные унифицированные показатели, т.е. перевод показателя в относительную форму без потери его смысловой нагрузки была успешно решена группой ученых МНУЦ ИТиС [11]. Этот прием предполагает перевод натуральных показателей в относительную форму путем унификации показателей с учетом положения показателя на шкале его изменения и носит название *метод нормированной унификации разнокачественной информации* (МНУРИ).

Согласно данному методу, в случае, когда показатели компонент выражены в баллах, перевод балльных значений в информационные показатели проводится по формуле

$$\begin{cases} X_{\text{отн}} = 0, & X_{\text{min}}^H \leq X \leq X_{\text{max}}^H, \\ X_{\text{отн}} = \frac{X_{\text{min}}^H - X}{X_{\text{min}}^H - X_{\text{min}}}, & X_{\text{min}} \leq X < X_{\text{min}}^H, \end{cases}$$

где X – натуральный показатель, выраженный в баллах; X_{max}^H и X_{min}^H – верхняя и нижняя границы нормы натурального показателя, X_{min} – минимально возможное значение показателя в баллах.

Унификация показателей позволяет сравнивать между собой разнокачественные показатели. В этом случае интегральная оценка психического статуса здоровья будет рассчитываться на основании оценок состояния интеллектуальной, эмоциональной и

характерологической компонент как линейно-взвешенная сумма их составляющих, исходя из предположения, что каждая из компонент вносит равный вклад в формирование состояния психического статуса здоровья.

Выводы. В результате проделанной работы были определены концептуальные основы разработки программного обеспечения для оценки психического статуса здоровья, разработана схема получения его интегральной оценки и предложена общая схема системы оценки психического здоровья человека.

Список литературы: 1. Носс И.Н. Введение в практику психологического эксперимента / И.Н. Носс. – М.: ПЕР СЭ, 2006. – 304 с. 2. Gintis H. The bounds of reason: Game theory and the unification of the behavioral sciences / H. Gintis. – N.J.: Princeton University Press. – 2009. – 307 с. 3. Дюк В.А. Компьютерная психодиагностика / В.А. Дюк. – СПб: "Братство", 1994. – 364 с. 4. Ketelaar T. EMOTLAB: Software for studying emotional signaling in economic bargaining games / B. Preston, D. Russell, M. Davis, G. Strosser // Behavior Research Methods. – 2007. – № 39. – P. 959-972. 5. Батоврин В.К. Толковый словарь по системной и программной инженерии / В.К. Батоврин. – М.: ДМК Пресс. – 2012. – 280 с. 6. Козловская В.А. Информационный профиль психического статуса здоровья / В.А. Козловская, А.Б. Котова // Управляющие системы и машины. – К.: МНУЦ ИТиС. – 2014. – Вып. 2. – С. 37-45. 7. Гриценко В.І. Інформаційні технології в біології та медицині / В.І. Гриценко., А.Б. Котова, М.І. Вовк. – К.: Наукова думка, 2007. – 382 с. 8. Белов В.М. Учет состояния характерологической компоненты человека при синтезе программ самоуправления здоровьем / В.М. Белов, Т.М. Гонтарь, Е.М. Семчинская // Кибернетика и вычислительная техника. – К.: МНУЦ ИТиС. – 2009. – Вып. 158. – С. 3-10. 9. Гриценко В.І. Біоіжмецицина. Єдине інформаційне просторство / В.І. Гриценко, М.І. Вовк, А.Б. Котова і др. – К.: Наукова думка, 2001. – 318 с. 10. Ошевенский Л.В. Изучение состояния здоровья человека по функциональным показателям организма / Л.В. Ошевенский, Е.В. Крылова, Е.А. Уланова. – Н-Новгород: ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2007. – 67 с. 11. Гриценко В.І. Введение в архитектуру информационного пространства / В.І. Гриценко, М.І. Вовк, А.Б. Котова і др. – К.: Наукова думка, 2003. – 168 с.

Bibliography (transliterated): 1. Noss I.N. Vvedenie v praktiku psihologicheskogo eksperimenta / I.N. Noss. – M.: PER SJE, 2006. – 304 s. 2. Gintis H. The bounds of reason: Game theory and the unification of the behavioral sciences / H. Gintis. – N.J.: Princeton University Press. – 2009. – 307 s. 3. Djuk V.A. Kompjuternaja psihodiagnostika / V.A. Djuk. – SPB: "Bratstvo", 1994. – 364 s. 4. Ketelaar T. EMOTLAB: Software for studying emotional signaling in economic bargaining games / B. Preston, D. Russell, M. Davis, G. Strosser // Behavior Research Methods. – 2007. – № 39. – P. 959-972. 5. Batovrin V.K. Tolkovij slovar' po sistemoj i programnoj inzhenerii / V.K. Batovrin. – M.: DMK Press. – 2012. – 280 s. 6. Kozlovskaja V.A. Informacionnyj profil' psihicheskogo statusa zdorov'ja / V.A. Kozlovskaja, A.B. Kotova // Upravljajushhie sistemy i mashiny. – K.: MNUC ITiS. – 2014. – Vyp. 2. – S. 37-45. 7. Gricenko V.I. Informacijni tehnologii v biologii ta medicini / V.I. Gricenko., A.B. Kotova, M.I. Vovk ta in. – K.: Naukova dumka, 2007. – 382 s. 8. Belov V.M. Uchet sostojanija harakterologicheskoi komponenty cheloveka pri sinteze programm samoupravlenija zdorov'em / V.M. Belov, T.M. Gontar', E.M. Semchinskaja // Kibernetika i vychislitel'naja tehnika. – K.: MNUC ITiS. – 2009. – Vyp. 158. – S. 3-10. 9. Gricenko V.I. Biojekomedicina. Jedinoe informacionnoe prostranstvo / V.I. Gricenko, M.I. Vovk, A.B. Kotova i dr. – K.: Naukova dumka, 2001. – 318 s. 10. Oshevenskij L.V. Izuchenie sostojanija

zdorov'ja cheloveka po funkcional'nym pokazateljam organizma / L.V. Oshevenskij, E.V. Krylova, E.A. Ulanova. – N-Novgorod.: NNGU im. N.I. Lobachevskogo, 2007. – 67 s. **11.** Gricenko V.I. Vvedenie v arhitektoniku informacionnogo prostranstva / V.I. Gricenko, M.I. Vovk, A.B. Kotova i dr. – K.: Naukova dumka, 2003. – 168 s.

Поступила (received) 31.03.2015

Статью представил д-р мед. наук, профессор Международного научно-учебного центра информационных технологий и систем НАН и МОН Украины Белов В.М.

Kozlovskaya Victoria, postgraduate
International Research and Training Center for Information Technologies
and Systems under NAS and MES of Ukraine
Str. Acad. Zabolotnogo, 148A, Kiev, Ukraine, 03680
Tel.: (044) 503-95-44, e-mail: viktori_7@mail.ru
ORCID ID: 0000-0001-5898-1639

Kotova Alina, Dr.Sci.Biol, Professor
International Research and Training Center for Information Technologies
and Systems under NAS and MES of Ukraine
Str. Acad. Glushkova, 40, Kiev, Ukraine, 03680
Tel.: (044) 503-95-44, e-mail: dep150@ukr.net
ORCID ID: 0000-0002-2860-7977

УДК 621.38 : 537.533.3 : 532.783

В.І. КОЦУН, канд. техн. наук, зав. каф., Приватний вищий навчальний заклад "Європейський університет", Львів

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ СВІТЛА В ПЛАНАРНИХ РІДКОКРИСТАЛІЧНИХ СТРУКТУРАХ

Проведено комп'ютерне моделювання процесу поширення оптичного випромінювання в планарних рідкокристалічних структурах в залежності від кута введення із використанням програмного продукту Zemax. Встановлено закономірності між кутом введення світлового випромінювання в планарну структуру та однорідністю розподілу світлового випромінювання, яке потрапляє в рідкий кристал. Іл.: 6. Бібліогр.: 12 назв.

Ключові слова: планарні рідкокристалічні структури, рідкий кристал, програмний продукт Zemax, розподіл світлового випромінювання.

Постановка проблеми та аналіз літератури. Одним із перспективних напрямків застосування рідкокристалічних (РК) матеріалів є створення на їх основі планарних світловодних структур. Це базується на їхній високій чутливості до зовнішнього електричного поля, яке дозволяє в широких межах змінювати показник заломлення РК шару. Існуючі приклади реалізації таких планарних структур [1 – 3], з одного боку, показують перспективність застосування рідкокристалічних матеріалів, а з іншого, висвітлюють основну проблему таких пристроїв. Труднощі реалізації РК-планарних структур полягають в необхідності узгодження оптичної густини шару РК з іншими елементами планарної світловодної структури, такими як керуючі електроди, шар оболонки тощо. В деяких випадках, зокрема під час застосування кремнієвих підкладок, створення планарного РК-світловода неможливе, внаслідок високого значення показника заломлення базового матеріалу мікроелектроніки кремнію. Саме на основі цього матеріалу на сьогодні реалізовано більшість багатоелектродних структур, таких як TFT-матриці РК-дисплеїв. Вирішити цю проблему можна шляхом створення повноцінної планарної світловодної структури, яка б включала в себе серцевину та оболонку, безпосередньо в шарі РК-матеріалу. Такий підхід виключає необхідність узгодження оптичних властивостей РК та оточуючих його шарів, та дозволяє застосувати уже існуючі багато електродні системи для створення принципово нових пристроїв обробки оптичного сигналу [4 – 9].

Проведення експериментальних досліджень процесу

розповсюдження світла в РК структурах з електрично-керованим розподілом показника заломлення ускладнюється декількома методологічними аспектами. Так на відтворюваність експериментальних досліджень має суттєвий вплив спосіб введення випромінювання в шар РК та труднощі стабілізації структури на межі розділу рідкий кристал – повітря. Тому, перед початком експериментальних досліджень нами було проведено комп'ютерне моделювання процесу розповсюдження світла в таких структурах.

Мета роботи – на основі комп'ютерного моделювання процесу поширення оптичного випромінювання в планарних структурах встановити параметри, які визначають характеристики оптичного елемента.

Моделювання. Комп'ютерне моделювання процесу розповсюдження світла в шарах РК з нелінійним характером розподілу показника заломлення проводилось за допомогою спеціалізованого програмного продукту Zemax [9].

Zemax – це програмне забезпечення, яке широко використовується для оптичного моделювання. Програма створена Zemax Development Corporation of Bellevue, Washington (перед тим Focus Software). Вона використовується для моделювання і аналізу оптичних елементів, трасування непрямих променів випадкового світла, поширення випромінювання в рамках фізичної оптики.

Однак стандартний набір оптичних середовищ цього програмного продукту не передбачає матеріалів з змінним показником заломлення. Для того щоб задати розподіл показника заломлення в рідкому кристалі, було створено динамічні бібліотеки (Dynamic Link Library), в яких описуються функції розподілу для змодельованих нижче випадків.

Вихідним параметром для проведення моделювання був розподіл напрямку директора (довгої осі молекул) в шарі РК, зображений на рис. 1, отриманий при комп'ютерній симуляції, що описана в роботі [10]. Комп'ютерні симуляції молекулярних моделей виконані за допомогою програми GBMOLDD [11].

Моделювання проводилось для таких параметрів системи: значення показника заломлення скла – 1,5; РК – 1,65; товщина шару РК – 20 мкм, що дорівнює модельному значенню 300 відносних одиниць (в.о.). Під час моделювання використовувалось монохроматичне джерело випромінювання з довжиною хвилі 0,63 мкм [12].

В ході моделювання нами не враховувались розсіювальні властивості РК матеріалів, що відповідає гомеотропному стану шару

немато-холестеричної суміші, а проводився лише просторовий розрахунок ходу променя планарною структурою.

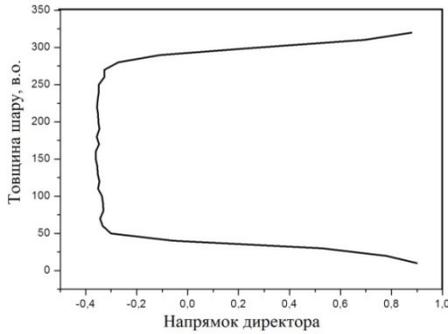


Рис. 1. Розподіл директора в шарі нематичного рідкого кристала, отриманий за результатами комп'ютерного моделювання при $T = 500$ К, стаціонарний стан при прикладенні зовнішнього електричного потенціалу

В результаті моделювання розглянута зміна характеру поширення світлового випромінювання джерела світла діаметром 0,1 мм і потужністю 1 Вт планарною структурою від кута введення.

Розподіл інтенсивності запропонованого джерела показано на рис. 2.

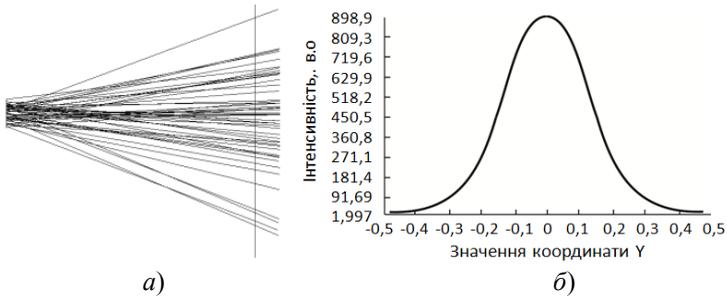


Рис. 2. Хід променів (а) та індикатриса випромінювання (б) джерела світла

Як видно з рис. 2 використовуване джерело випромінювання має гауссовий розподіл інтенсивності без жодних спотворень.

На рис. 3, *a – б, а* показано хід променів такого джерела планарною структурою та розподіл інтенсивності світла, що потрапляє у зразок (рис. 3, *б – б, б*).

Моделювання проводилось для кутів введення світлового випромінювання 0°, 5°, 10°, 15°, 20°, 25°, 30° із встановленням дзеркала на протилежному торці світловодної структури (рис. 3 – 6).

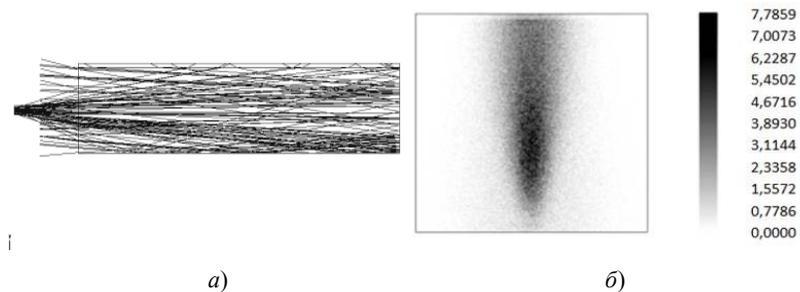


Рис. 3. Хід променів (*a*) планарною структурою та розподіл інтенсивності (*б*) на її виході, кут введення випромінювання 0°

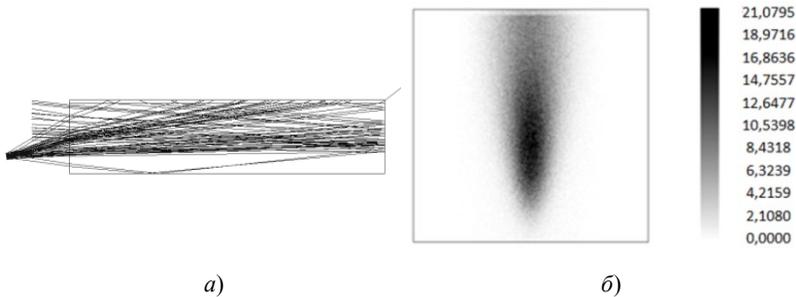


Рис. 4. Хід променів (*a*) планарною структурою та розподіл інтенсивності (*б*) на її виході, кут введення випромінювання 10°

Як видно з рис. 3, *б – б, б* ми отримали розподіл інтенсивності випромінювання на виході зразка, де чорний колір відповідає максимальній інтенсивності випромінювання, що потрапляє у зразок. Відповідно перехід кольору з чорного до білого означає зменшення інтенсивності випромінювання, згідно шкали яскравості.

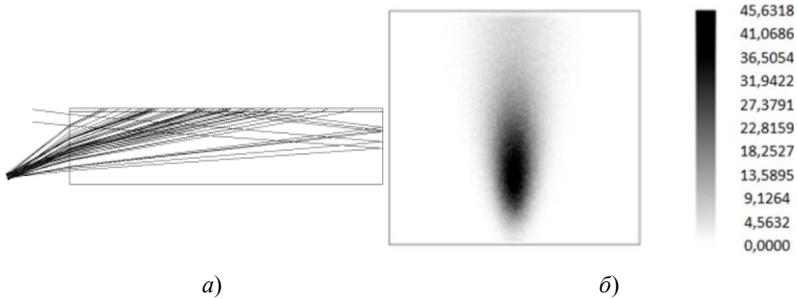


Рис. 5. Хід променів (а) планарною структурою та розподіл інтенсивності (б) на її виході, кут введення випромінювання 20°

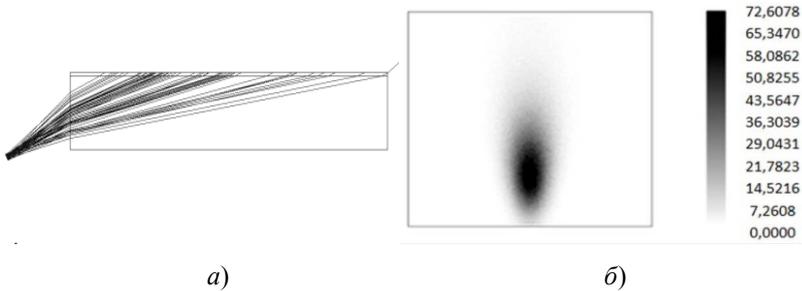


Рис. 6. Хід променів (а) планарною структурою та розподіл інтенсивності (б) на її виході, кут введення випромінювання 30°

Необхідно було добитися рівномірного розподілу інтенсивності світлового потоку, який потрапляє у зразок, тому результати моделювання показують, що на рис. 3, б і 4, б отримано рівномірний розподіл інтенсивності світлового потоку, який буде потрапляти у рідкий кристал, що підтверджує доцільність використання менших кутів введення.

Висновки. Встановлено закономірності між кутом введення світлового випромінювання в планарну структуру та однорідністю розподілу світлового випромінювання, яке потрапляє в рідкий кристал. Проведене моделювання показує, що доцільніше використовувати якомога менші кути введення (0° , 5° , 10°) випромінювання у планарну структуру, оскільки це призводить до рівномірнішого розподілу інтенсивності світлового потоку, який буде потрапляти у рідкий кристал.

Список літератури: 1. *Brzdakiewicz K.A.* Nematic liquid crystal waveguide arrays / *K.A. Brzdakiewicz, M.A. Karpierz, A. Fratolocchi* // *Opto-Electronics Review*. – 2005. – Vol. 13. – № 2. – P. 107-112. 2. *Tyszkiewicz C.* Differential interferometry in planar waveguide structures with ferromagnetic layer / *C. Tyszkiewicz, T. Pustelny* // *Optika Applicata*. – 2004. – № 4. – Vol. 34. – P. 507-514. 3. *Sukhorukov A.A.* Spatial optical solitons in waveguide arrays / *A.A. Sukhorukov, Y.S. Kivshar, H.S. Eisenberg, et al.* // *IEEE J. Quantum Electron*. – 2003. – Vol. 39. – P. 31-50. 4. *Kalita W.* The multifunctional sensor with an analog indicator / *W. Kalita, O. Gotra, O. Sushynskiy, V. Ivanytskij* // The international conference on optoelectronic information technologies, Proceedings of the society of photo-optical instrumentation engineers (SPIE). – 2001. – Vol. 4425. – P. 465-471. 5. *Gotra Z.* Fibre-optic sensors on the base of liquid crystals / *Z. Gotra, O. Gotra, Z. Mikityuk, R. Zayats* // *Stadnye Lightguides and their applications*, Proceedings of the society of photo-optical instrumentation engineers (SPIE). – 2000. – Vol. 4239. – P. 76-81. 6. *Mikityuk Z.I.* Liquid crystal using in optical sensors / *Z. Mikityuk, I. Lopatynskiy, O. Gotra, B. Dalanbalar* // International conference on optoelectronic information technologies. Proceedings of the society of photo-optical instrumentation engineers (SPIE). – 2001. – Vol. 4425. – P. 472-477. 7. *Hotra Z.* Sensor systems with optical channel of information transferring / *Z. Hotra, Z. Mykytyuk, O. Sushynskyy, et al.* // *Przegląd elektrotechniczny*. – 2010. – Vol. 86. – P. 21-23. 8. *Hotra O.* New electro-optical effect in nematic liquid crystal for integrated optics element / *O. Hotra, I. Lopatynskij, B. Yavorskij* // *Optoelectronic and electronic sensors*, Proceedings of the society of photo-optical instrumentation engineers (SPIE). – 2002. – Vol. 4425. – P. 112-114. 9. *Hotra Z.* Simulation of influence of limiting surfaces optical characteristics on liquid crystal waveguide properties / *Z. Hotra, W. Wójcik, Z. Mykytyuk, A. Fechan, O. Sushynskyy, V. Kotsun, O. Chaban* // The International Conference CADSM 2013. – Polyana-Svalyava (Zakarpattia), Ukraine, 19-23 February 2013. – P. 82. 10. *Коцун В.І.* Моделювання процесу формування градієнтного світловоду в шарі нематичного рідкого кристала / *В.І. Коцун* // Вісник НТУ "Харківський політехнічний інститут". Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПИ", 2014. – № 35 (1078). – 121-126 с. 11. *Ilnytskiy J.* A domain decomposition molecular dynamics program for the simulation of flexible molecules of spherically-symmetrical and nonspherical sites. II. Extension to NVT and NPT ensembles / *J. Ilnytskiy, M. Wilson* // *Computer Physics Communications*. – 2002. – Vol. 148. – P. 43-58. 12. *Фечан А.* Моделювання процесу розсіювання світла в планарних світловодах з рідкокристалічною серцевиною / *А. Фечан, М. Шумчишин, В. Левенець* // Технічні вісті, Орган Українського інженерного товариства у Львові. – 2007. – 1 (25), 2 (26). – С. 130-132.

Bibliography (transliterated): 1. *Brzdakiewicz K.A.* Nematic liquid crystal waveguide arrays / *K.A. Brzdakiewicz, M.A. Karpierz, A. Fratolocchi* // *Opto-Electronics Review*. – 2005. – Vol. 13. – № 2. – P. 107-112. 2. *Tyszkiewicz C.* Differential interferometry in planar waveguide structures with ferromagnetic layer / *C. Tyszkiewicz, T. Pustelny* // *Optika Applicata*. – 2004. – № 4. – Vol. 34. – P. 507-514. 3. *Sukhorukov A.A.* Spatial optical solitons in waveguide arrays / *A.A. Sukhorukov, Y.S. Kivshar, H.S. Eisenberg, et al.* // *IEEE J. Quantum Electron*. – 2003. – Vol. 39. – P. 31-50. 4. *Kalita W.* The multifunctional sensor with an analog indicator / *W. Kalita, O. Gotra, O. Sushynskiy, V. Ivanytskij* // The international conference on optoelectronic information technologies, Proceedings of the society of photo-optical instrumentation engineers (SPIE). – 2001. – Vol. 4425. – P. 465-471. 5. *Gotra Z.* Fibre-optic sensors on the base of liquid crystals / *Z. Gotra, O. Gotra, Z. Mikityuk, R. Zayats* // *Stadnye Lightguides and their applications*, Proceedings of the society of photo-optical instrumentation engineers (SPIE). – 2000. – Vol. 4239. – P. 76-81. 6. *Mikityuk Z.I.* Liquid crystal using in optical sensors / *Z. Mikityuk, I. Lopatynskiy, O. Gotra, B. Dalanbalar* // International conference on optoelectronic information technologies. Proceedings of the society of photo-optical instrumentation engineers (SPIE). – 2001. – Vol. 4425. – P. 472-477. 7. *Hotra Z.* Sensor systems with optical channel of information transferring / *Z. Hotra, Z. Mykytyuk, O. Sushynskyy, et al.* // *Przegląd elektrotechniczny*. – 2010. – Vol. 86. –

P. 21-23. **8.** *Hotra O.* New electro-optical effect in nematic liquid crystal for integrated optics element / *O. Hotra, I. Lopatynskij, B. Yavorskyj* // Optoelectronic and electronic sensors, Proceedings of the society of photo-optical instrumentation engineers (SPIE). – 2002. – Vol. 4425. – P. 112-114. **9.** *Hotra Z.* Simulation of influence of limiting surfaces optical characteristics on liquid crystal waveguide properties / *Z. Hotra, W. Wójcik, Z. Mykytyuk, A. Fechan, O. Sushynskyy, V. Kotsun, O. Chaban* // The International Conference CADSM 2013. – Polyana-Svalyava (Zakarpattya), Ukraine, 19-23 February 2013. – P. 82. **10.** *Kocun V.I.* Modeljuvannja procesu formuvannja gradientnogo svitlovodu v shari nematichnogo ridkogo kristala / *V.I. Kocun* // Visnik NTU "Harkivs'kij politehniknij institut". Serija: Informatika ta modeljuvannja. – Harkiv: NTU "HPI", 2014. – № 35 (1078). – 121-126 s. **11.** *Ilnytskyi J.* A domain decomposition molecular dynamics program for the simulation of flexible molecules of spherically-symmetrical and nonspherical sites. II. Extension to NVT and NPT ensembles / *J. Ilnytskyi, M. Wilson* // Computer Physics Communications. – 2002. – Vol. 148. – P. 43-58. **12.** *Fechan A.* Modeljuvannja procesu rozsijuvannja svitla v planarnih svitlovodah z ridkokristalichnoju sercevinuju / *A. Fechan, M. Shimchishin, V. Levenec'* // Tehnichni visti, Organ Ukraïnskogo inzhenerного tovaristva u L'vovi. – 2007. – 1 (25), 2 (26). – S. 130-132.

Надійшла до редакції 12.03.2015

Повторно 10.05.2015

Статтю представив д.т.н., проф. НУ "ЛПІ" Фечаном А.В.

Kotsun Volodymyr, PhD Tech.
Lviv Affiliate of European University
Str. Kushevycha, 5, Lviv, Ukraine, 79019
Tel.: (032) 297-50-72, e-mail: v_kotsun@ukr.net
ORCID ID: 0000-0002-9198-4601

УДК 004.896: 681.51

О.В. МНУШКА, асс., ХНАДУ, Харків,

О.Я. НИКОНОВ, д-р техн. наук, проф., зав. каф., ХНАДУ, Харків,

В.М. САВЧЕНКО, канд. техн. наук, доц., НТУ "ХПИ"

АДАПТИВНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПОЗИЦІОНУВАННЯМ СУПУТНИКОВОЮ АНТЕНОЮ

В роботі розглянуті традиційний і адаптивний ПІД-регулятори для системи керування позиціонуванням супутникової антени, яка встановлюється на транспортному засобі. Проведено імітаційне моделювання розробленого адаптивного ПІД-регулятора з нечітким контролером типу *Takagi-Sugeno-Kang* в *Matlab / Simulink*, показано, що він має малу чутливість до завад в контурі керування і кращу продуктивність для реалізації алгоритму покрового стеження в порівнянні з традиційними ПІД-регуляторами. Лл.: 5. Бібліогр.: 10 назв.

Ключові слова: нечіткий контролер, *Takagi-Sugeno-Kang*, адаптивна система керування, позиціонування, супутникова антена, алгоритм покрового стеження.

Постановка проблеми. Системи цифрової супутникової телекомунікації (СЦСТ) порівняно до аналогічних систем наземного базування дозволяють забезпечити якісними послугами абонентів у будь-якій точці земної поверхні за умови забезпечення прямої видимості телекомунікаційного супутника. Найбільш актуальними такі системи є для малонаселених територій, на яких економічно не вигідно розбудовувати наземні системи телекомунікацій, а також для мобільних абонентів, коли обладнання для прийому (та/або передавання) встановлюють на рухомі транспортні засоби (ТЗ) – пасажирські автобуси, судна, поїзди, тощо. Підвищення якості послуг у СЦСТ пов'язане із збільшенням діапазонів частот, які використовуються, що обумовлює перехід з *Ku*-діапазону до *Ka*-діапазону та підвищення вимог до точності позиціонування антенних установок (АУ) абонента, завадостійкості систем, вдосконалення апаратури та алгоритмів стеження за джерелом сигналу. Одним із шляхів удосконалення існуючих АУ є вдосконалення систем керування (СК) позиціонуванням їх антени з метою забезпечення покращених характеристик АУ та реалізації алгоритмів стеження за джерелом сигналу під час руху транспортного засобу [1, 2].

Аналіз літератури. Встановлення АУ на рухомий ТЗ має на меті забезпечити безперервне надання послуг кінцевому абоненту як під час руху, так і під час стоянки. Як показано у [3], простим та ефективним алгоритмом стеження є алгоритм покрового стеження (*step-tracking*)

algorithm, STA), що не вимагає складних конструктивно-технологічних рішень. Зважаючи на те, що під час руху АУ ТЗ працює під впливом випадкових завад, традиційні системи керування не завжди в змозі забезпечити якісне позиціонування антени, тому доцільним є використання нечітких або нейромережних СК [4 – 7]. В [4] запропоновано СК із нечітким регулятором ПД-типу. Показано, що при реалізації *STA* за рівнем прийнятого сигналу продуктивність СК істотно залежить від рівня сигналу, при цьому для каналу прийнятого сигналу, за умови $1/T \leq 1$, де T – постійна часу, доцільним є використання нечіткого регулятора, за інших умов – традиційного, наприклад ПІ. В [5] для АУ з двома степенями свободи проведено порівняння традиційного та нечіткого ПІД-регуляторів в системі керування модифікованої антени *SeaTel* 1898. Показано, що застосування нечіткого ПІД-регулятора дозволяє досягти заданих технічних характеристик, а його продуктивність є вищою у порівнянні із традиційними контролерами. В [6] проведено порівняльний аналіз різних варіантів реалізацій СК позиціонуванням АУ за азимутом. Показано, що в цілому нечіткі контролери (і *Mamdani*, і *Takagi-Sugeno*) мають переваги над традиційними ПІД-контролерами при наявності завад випадкового характеру у колі керування. В [7] наведено результати аналізу впливу виду функції приналежності та кількості правил нечіткого логічного висновку на параметри СК позиціонуванням за азимутом. Показано, що доцільним є використання нечітких контролерів з мінімальним набором правил та функціями приналежності простого виду (трикутних) і запропоновано адаптивну СК із нечіткими контролерами у колах контролю похибки та її похідної за часом.

Аналіз літературних джерел показує, що: 1) не має однозначних рекомендацій щодо застосування нечітких регуляторів у СК позиціонуванням АУ; 2) для забезпечення високої заданої продуктивності СК під впливом зовнішніх факторів доцільним є аналіз можливості використання СК на основі нечіткої логіки шляхом імітаційного моделювання, тому задача розробки таких систем та їх імітаційних моделей є актуальною.

Метою статті є розробка та імітаційне моделювання адаптивного ПІД-регулятора для системи керування позиціонуванням антени у складі АУ рухомого ТЗ.

Адаптивна система керування позиціонуванням супутникової антени. Розроблено адаптивну СК, в якій нечіткий контролер *Takagi-Sugeno-Kang (TSK)* використовується для регулювання коефіцієнтів ПІД-регулятора. Адаптивну систему керування виконано за класичною

схемою (рис. 1, [8]) і вона містить: 1) узагальнений об'єкт керування (УОК), який складається з антени (навантаження), двигуна та редуктора та описується передатною функцією $W(p) = \frac{2083}{s^3 + 101.7s^2 + 171s}$ [6]; 2) традиційний ПД-регулятор; 3) ланку зворотного зв'язку (сенсор); 4) нечіткий контролер (НК), на входи якого подають сигнал помилки $e(t) = r(t) - y(t)$ та його похідну. На виході НК формуються величини K_p , K_d та K_i , які використовують для корегування відповідних коефіцієнтів ПД-регулятора та величини сигналу керування $u(t)$.

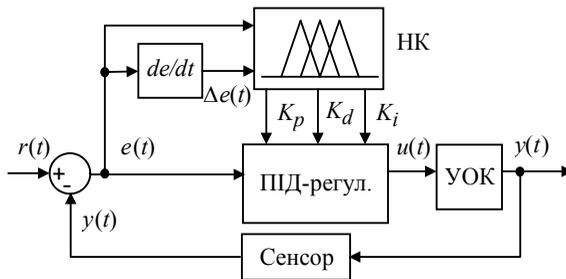


Рис.1. Адаптивна СК із ПД-регулятором

Нечіткий блок адаптивного регулятора виконано по схемі ПД+І регулятора [9, 10] з метою зменшення бази правил та підвищення продуктивності СК (рис. 2). Коефіцієнти підсилення K_{ie} , K_e , $K_{\Delta e}$, K_u та відповідні коефіцієнти пропорційної, інтегруючої та диференціюючої ланок ПД-регулятора $K_p = K$, $K_i = KT_i^{-1}$, $K_d = KT_d$ пов'язані співвідношеннями (1) [10]:

$$K_p = K_u K_e, \quad 1/T_i = K_{ie} K_e, \quad T_d = K_{\Delta e} K_e. \quad (1)$$

Функція керування ПД-регулятора

$$u(t) = K \left(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(\tau) d\tau + T_d \frac{de}{dt} \right)$$

в дискретній формі в кожний дискретний момент часу k має вигляд

$$u(k) = K \left(e_k + \frac{1}{T_i} \sum_{j=0}^k e_j + T_d \Delta e_k \right) \quad (2)$$

або у паралельній рекурентній формі

$$u_k = u_k + K_1 e_k + K_2 e_{k-1} + K_3 e_{k-2}, \quad k = \overline{1, N}, \quad (3)$$

де $K_1 = K_p + K_d + K_i$, $K_2 = -K_p - 2K_d$, $K_3 = K_d$ – параметри регулятора, що налаштовуються; N – число відліків часу. Підставляючи (1) в (2) або (3) та задавшись величиною $K_e = \max(e_k)$, отримують відповідні коефіцієнти нечіткого регулятора.

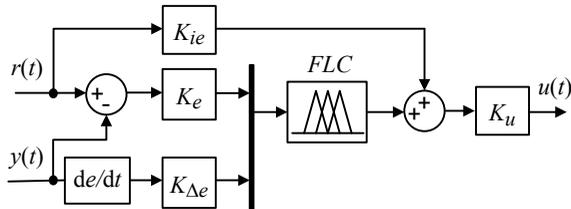


Рис. 2. Структура нечіткого ПД+І контролера

З метою реалізації (2) та (3) було визначено діапазони зміння вхідних та вихідних величин, сформовано базу правил з урахуванням: 1) для великих значень e_k : K_p – велике, K_d – мале, $K_i \rightarrow 0$; 2) для середніх значень e_k : K_p – мале, а K_d та K_i обирають відповідно до вимог забезпечення мінімального перерегулювання; 3) для малих значень e_k : K_p та K_i – великі, а K_d обирають відповідно до величини Δe_k з метою запобігання коливальному процесу (Δe_k – велике (мале), K_d – мале (велике)).

Для реалізації нечіткого контролера TSK визначимо лінгвістичні змінні $E(e_k)$ та $dE(\Delta e_k)$ на множині {"додатний", "від'ємний"} із гаусовою функцією приналежності виду $\mu_G(x) = e^{-\frac{(x-b)^2}{2c^2}}$, де b – координата максимуму; c – коефіцієнт концентрації. Лінгвістичну змінну $U(u_k)$ визначимо на множині константних значень $\{-U_{\max}, 0, +U_{\max}\}$. Вхідна та вихідна змінні зв'язані наступними правилами:

1. Якщо E є від'ємною і dE є від'ємною, то U дорівнює $-U_{\max}$.
2. Якщо E є від'ємною і dE є додатною, то U дорівнює 0.
3. Якщо E є додатною і dE є від'ємною, то U дорівнює 0.
4. Якщо E є додатною і dE є додатною, то U дорівнює $+U_{\max}$.

Розроблено імітаційну модель адаптивної СК (рис. 3) та проведено імітаційне моделювання її параметрів. Результати отримано для часу дискретизації $T_s = 0.01$ с. Попереднє налаштування ПІД-регуляторів виконано за методом Ziegler-Nicols, $K_p = 2.32$, $K_i = 0.29$, $K_d = 0.82$.

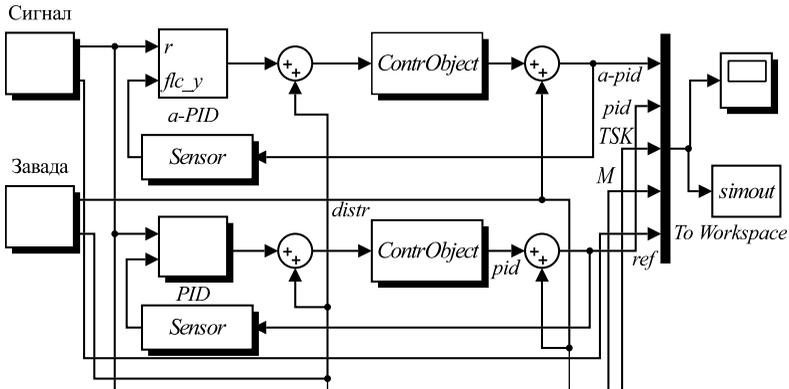


Рис. 3. Імітаційна схема СК у Simulink (фрагмент)

Аналіз перехідної характеристики показує, що адаптивний регулятор у порівнянні з традиційним має менші час встановлення та перерегулювання (рис. 4 а), а також швидше реагує на завади в контурі керування (білий шум в момент часу $t = 7$ с, рис. 4 б).

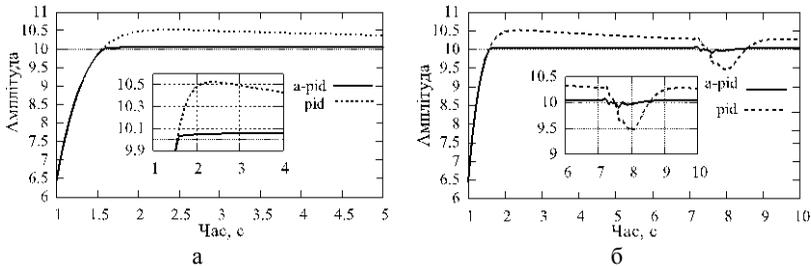


Рис. 4. Перехідна характеристика СК

Для оцінки режиму спостереження на вхід було подано сигнал ступінчастої форми еквівалентний оберненню антени на $\pm 180^\circ$ з амплітудою ступені 1 В та тривалістю 3 с (рис. 5 а) та пилоподібний сигнал з амплітудою ± 3 В та періодом, що приблизно дорівнює часу встановлення системи (рис. 5 б). Адаптивний регулятор має менші похибки на будь-якому кроці, на відміну від традиційного (рис. 5 а), такі ж самі висновки можна зробити щодо режиму захоплення джерела сигналу (рис. 5 б).

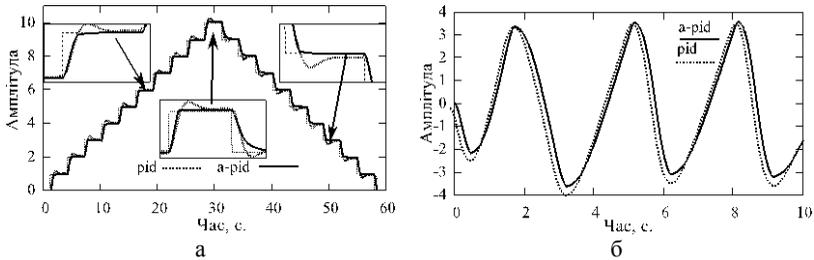


Рис. 5. Робота СК в режимі покрокового стеження

Висновки. Проаналізовано способи реалізації ПІД-регуляторів для системи керування позиціонуванням супутникової антени, яку встановлюють на транспортний засіб. Розроблено адаптивний ПІД-регулятор з нечітким контролером типу *Takagi-Sugeno-Kang*. Проведено порівняльне імітаційне моделювання адаптивного та традиційного регуляторів в *Matlab / Simulink*. Показано, що адаптивний регулятор має малу чутливість до впливу завод на контур керування та більшу продуктивність для реалізації алгоритму покрокового стеження (рис. 4 б, 5). В цілому, результати моделювання добре корелюються з результатами, отриманими в [7] для іншої моделі адаптивної СК. Додаткового вивчення вимагає питання оптимізації параметрів адаптивної СК для великих варіацій вхідного сигналу, що має місце при встановленні початкового кутового положення антени (рис. 5 б). Результати роботи можуть бути використаними для аналізу та синтезу адаптивних СК кутовим положенням антени та в інших подібних застосуваннях.

Список літератури: 1. Corazza G. Digital Satellite Communication / G. Corazza. – Springer, 2007. – 535 p. 2. Hao L. SPSA-based Step Tracking Algorithm for Mobile DBS Reception / L. Hao, M. Yao // Simul. Modell. Pract. and Theory. – 2011. – Vol. 19. – Is. 2. – P. 837-846. 3. Мнушка О.В. Системы управления позиционированием и слежением мобильных спутниковых антенных установок / О.В. Мнушка / Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2013. – Т. 5. – № 9 (65). – С. 39-45. 4. Lin J.-M. Intelligent PD-type

Fuzzy Controller Design for Mobile Satellite Antenna Tracking System with Parameter Variations Effect / *J.-M. Lin, Po-K. Chang* // IEEE Sym. on Comp. Intel. in Contr. and Autom. – 2011. – P. 1-5. **5.** *Kim J.-K.* Simplified Fuzzy-PID Controller of Data Link Antenna / *J.-K. Kim, S.-H. Park, T. Jin* // Int. Conf. PRICAI 2006, LNAI. – Springer, 2006. – P. 1083-1088. **6.** *Mnushka O.* Simulation of the Antenna Azimuth Position Control System with Fuzzy PID-like Controller / *O. Mnushka* // Int. Conf. TCSET'2014. – Lviv, 2014. – P. 162-163. **7.** *Okumus H.I.* Antenna Azimuth Position Control with Fuzzy Logic and Self-Tuning Fuzzy Logic Controllers / *H.I. Okumus; E. Sahin; O. Akyazi* // Int. Conf. ELECO'2013. – 2013. – P. 477-481. **8.** *Михайленко В.С.* Методи настройки нечеткого адаптивного ПИД-регулятора / *В.С. Михайленко, В.Ф. Ложечников* // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2009. – № 2. – С. 174-179. **9.** *Jantzen J.* Foundations of Fuzzy Control: a Practical Approach / *J. Jantzen*. – Wiley, 2013. – 325 p. **10.** *Xu J.X.* Parallel Structure and Tuning of a Fuzzy PID Controller / *J.X. Xu, C.C. Hang, C. Liu* // Automatica. – 2000. – Vol. 36. – P. 673-684.

Bibliography (transliterated): **1.** *Corazza G.* Digital Satellite Communication / *G. Corazza*. – Springer, 2007. – 535 p. **2.** *Hao L.* SPSA-based Step Tracking Algorithm for Mobile DBS Reception / *L. Hao, M. Yao* // Simul. Modell. Pract. and Theory. – 2011. – Vol. 19. – Is. 2. – P. 837-846. **3.** *Mnushka O.V.* Sistemy upravleniya pozitsionirovaniem i slezheniem mobil'nykh sputnikovykh antenykh ustanovok / *O.V. Mnushka* // Vostochno-evropeiskii zhurnal peredovykh tekhnologii. – 2013. – T. 5. – № 9 (65). – S. 39-45. **4.** *Lin J.-M.* Intelligent PD-type Fuzzy Controller Design for Mobile Satellite Antenna Tracking System with Parameter Variations Effect / *J.-M. Lin, Po-K. Chang* // IEEE Sym. on Comp. Intel. in Contr. and Autom. – 2011. – P. 1-5. **5.** *Kim J.-K.* Simplified Fuzzy-PID Controller of Data Link Antenna / *J.-K. Kim, S.-H. Park, T. Jin* // Int. Conf. PRICAI 2006, LNAI. – Springer, 2006. – P. 1083-1088. **6.** *Mnushka O.* Simulation of the Antenna Azimuth Position Control System with Fuzzy PID-like Controller / *O. Mnushka* // Int. Conf. TCSET'2014. – Lviv, 2014. – P. 162-163. **7.** *Okumus H.I.* Antenna Azimuth Position Control with Fuzzy Logic and Self-Tuning Fuzzy Logic Controllers / *H.I. Okumus, E. Sahin, O. Akyazi* // Int. Conf. ELECO'2013. – 2013. – P. 477-481. **8.** *Mikhailenko V.S.* Metody nastroyki nechetkogo adaptivnogo PID-regulyatora / *V.S. Mikhailenko, V.F. Lozhechnikov* // Avtomatika. Avtomatizatsiya. Elektrotekhnicheskie komplekxy i sistemy. – 2009. – № 2. – S. 174-179. **9.** *Jantzen J.* Foundations of Fuzzy Control : a Practical Approach / *J. Jantzen*. – Wiley, 2013. – 325 p. **10.** *Xu J.X.* Parallel Structure and Tuning of a Fuzzy PID Controller / *J.X. Xu, C.C. Hang, C. Liu* // Automatica. – 2000. – Vol. 36. – P. 673-684.

Надійшла (received) 31.03.2015

Статтю представив д.т.н., проф. Харківського національного автомобільно-дорожнього університету Бажинов А.В.

Mnushka Oksana, postgraduate student
National Automobile and Highway University
Str. Petrovskogo, 25, Kharkiv, Ukraine, 61002
Tel.: (067) 5767863, e-mail: mnushka@live.com
ORCID ID: 0000-0001-7756-9260

Nikonov Oleg, Dr. Sci. Tech, Professor
National Automobile and Highway University
Str. Petrovskogo, 25, Kharkiv, Ukraine, 61002
Tel.: (050) 7505010, e-mail: oj_nikonov@mail.ru
ORCID ID: 0000-0002-6588-7760

Savchenko Volodymyr, Cand. Sci. Tech
National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"
Str. Frunze, 21, Kharkiv, Ukraine, 61002
Tel.: (067) 5767864, e-mail: savchenko@live.com
ORCID ID: 0000-0001-6548-0891

УДК 004.942

В.В. ПАСІЧНИК, д-р техн. наук, проф., НУ "Львівська політехніка",
Львів,

Т.В. ШЕСТАКЕВИЧ, ас., НУ "Львівська політехніка", Львів

МОДЕЛЮВАННЯ ПАРАЛЕЛІЗМУ В ОСВІТНІХ ПРОЦЕСАХ ОСІБ З ОСОБЛИВИМИ ПОТРЕБАМИ

Досліджено освітні процеси інклюзивного навчання осіб з особливими потребами. Проаналізовано порядок реалізації освітніх завдань та додаткові умови їх виконання. Із застосуванням мереж Петрі розроблено формальну модель процесу набуття освіти особами з особливими потребами, що дає змогу відображати одночасність освітніх процесів. Лл.: 1. Табл.: 3. Бібліогр.: 11 назв.

Ключові слова: інклюзивне навчання, особа з особливими потребами, мережі Петрі.

Постановка проблеми. Одним із найбільш ефективних способів соціальної адаптації особи з особливими потребами є інклюзивне навчання в процесі набуття освіти. Створення моделі процесу набуття освіти особою з особливими потребами є актуальною науково-прикладною задачею, застосування такої моделі уможливить варіативне планування навчального процесу для такої категорії осіб.

Аналіз літератури. Інтегрування дітей з особливостями розвитку до масових освітніх закладів є домінуючою тенденцією сучасної освіти, притаманною всім високорозвиненим країнам. У роботах деяких зарубіжних дослідників (Р.В. Майера, С.В. Астаніна, В.В. Ломакіна та ін.) викладено наукові підходи до математичного моделювання супроводу та управління процесом навчання [1 – 3], але не враховано можливість набування освіти особами, що мають психофізіологічні відхилення. І хоча існує значна кількість закордонних наукових досліджень, що враховують різноманітні специфічні характеристики інклюзивного навчання (Т. Бут, Д. Депплер, Т. Лорман та ін.), невід’ємною характерною ознакою моделювання процесів набуття освіти особами з особливими потребами є необхідність враховувати національну політику у галузі освіти такої категорії осіб. Саме тому напрацювання закордонних дослідників неможливо безумовно застосовувати до освітніх реалій нашої держави.

В Україні інклюзивна освіта є предметом наукових досліджень О.М. Дікової-Фаворської, А.А. Колупасвої, Т.Г. Соловйової, І.В. Макаренко та ін.: вітчизняними науковцями розроблено абстрактні моделі інклюзивного навчання та його оцінювання, формування

індивідуальної навчальної траєкторії, визначення рівня психофізичного розвитку [4, 5]. У доробку українських науковців є ряд робіт, прямо чи опосередковано пов'язаних із розробленням математичних моделей етапів набуття освіти особою з особливими потребами. У роботах Ю.В. Нікольського, Т.О. Дмитренко, В.І. Кута, М.В. Давидова запропоновано модель процесу аналізу великих масивів даних, адаптовано застосування теорії графів для вирішення завдань оптимізації навчального плану, розроблено моделі дистанційного навчання, запропоновано математичне забезпечення системи для ідентифікації елементів української жестової мови [6 – 9]. Проте, ці та інші математичні моделі не відображають вповні процес набуття освіти особами з особливими потребами. На даний час з доступних літературних джерел авторам не відомі загальні системні моделі процесу набуття освіти особами з особливими потребами (ООП). Перша спроба заповнити таку прогалину була здійснена авторами в [10].

Ціль статті. Об'єктом дослідження даної статті є особливості моделювання паралелізму в процесі набуття освіти ООП, предметом дослідження є можливості застосування математичного апарату мереж Петрі для моделювання паралельності певних явищ досліджуваного процесу. З цією метою на основі досліджень процесу набуття освіти ООП необхідно створити відповідну формальну модель з допомогою мереж Петрі.

Моделювання паралелізму в освітніх процесах. В ході дослідження процесу набуття освіти ООП авторами було встановлено функціональні етапи такого процесу та його характерні ознаки, до яких відносяться строга послідовність виконання етапів досліджуваного процесу, а також необхідність паралельної реалізації окремих освітніх завдань в межах означених етапів процесу набуття освіти особою з особливими потребами. Для формального подання таких вимог застосовуємо мережі Петрі. Перевагами застосування цієї математичної абстракції є можливість відображення з її допомогою причинно-наслідкових зв'язків у складних системах та наочне подання паралельних явищ та процесів у складних системах, до категорії яких відносяться процес набуття освіти особою з особливими потребами.

Мережа Петрі забезпечує наочне, формалізоване подання поведінки паралельних систем з асинхронними взаємодіями [11]. Апарат мереж Петрі дає змогу компактно відображати структуру відношень між елементами системи та динаміку зміни її станів при заданих початкових умовах. Спираючись на формальний опис освітніх процесів при інклюзивній формі навчання, змодельовано процес набуття освіти ООП

засобами мереж Петрі. Задамо таку мережу скінченною множиною позицій P та переходів T . Переходи такої мережі Петрі за своїм змістом є подіями, а позиції – умовами настання подій. Події в процесі набуття освіти полягають у виконанні певних освітніх завдань, наслідки реалізації таких завдань є умовами настання наступних подій. Послідовність реалізації освітніх завдань відображається спрацюванням переходів мережі Петрі. Узгодження правил спрацювання переходів є способом вираження причинно-наслідкових зв'язків між умовами і подіями в системі.

Визначимо позиції мережі Петрі та їх зміст в термінах набуття освіти ООП. Введемо відповідні формальні позначення (табл. 1).

Таблиця 1

Позиції мережі Петрі та їх семантична інтерпретація

Позиція	Інтерпретація позиції
p_0	Вимога особи щодо набуття освіти.
p_1	Накопичені реєстраційні дані.
p_2	Результати діагностування в ПМПК.
p_3	Результати опитування батьків особи.
p_4	Результати опитування особи.
p_5	Комплексна оцінка особи.
p_6	ОПР особи.
p_7	Форма навчання особи з ОПР.
p_8	Зміст навчання особи з ОПР.
p_9	Адаптований "Типовий навчальний план...".
p_{10}	Навчально-методичне забезпечення навчання особи з ОПР.
p_{11}	Матеріально-технічне забезпечення навчання особи з ОПР.
p_{12}	Кадрове забезпечення навчання особи з ОПР.
p_{13}	Перелік закладів інклюзивного навчання за місцем проживання особи з ОПР.
p_{14}	Перелік закладів позанавчальної освіти за місцем проживання особи з ОПР.
p_{15}	Організаційно-правове забезпечення інклюзивного навчання особи.
p_{16}	Допомога батьків.
p_{17}	ІНП особи з ОПР.
p_{18}	Результати реалізації ІНП особи.
p_{19}	Оцінка навчальних досягнень особи з ОПР.
p_{20}	Оцінка розвитку соціальних компетенцій особи з ОПР.
p_{21}	Оцінка результатів реалізації ІНП особи.

Введемо відповідні формальні позначення переходів мережі Петрі та визначимо їх зміст (табл. 2).

Таблиця 2

Переходи в мережі Петрі та їх семантична інтерпретація

Перехід	Інтерпретація переходу
t_1	Процес / процедура формування ідентифікаційних даних.
t_2	Процес проведення комплексного оцінювання особи.
t_3	Процес аналізу комплексної оцінки особи.
t_4	Процес визначення форми навчання.
t_5	Процес визначення змісту навчання.
t_6	Процес узгодження мети навчання.
t_7	Процес формування складових ІНП.
t_8	Процес узгодження складових ІНП.
t_9	Процес реалізації ІНП.
t_{10}	Процес оцінювання результатів реалізації ІНП.
t_{11}	Процес інтерпретації результатів реалізації ІНП.
t_{12}	Процес прийняття рішень за результатами реалізації ІНП.

Задамо мережу Петрі аналітично – множинами позицій, переходів, вхідних та вихідних функцій. Множина позицій: $P = \{p_0, p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6, p_7, p_8, p_9, p_{10}, p_{11}, p_{12}, p_{13}, p_{14}, p_{15}, p_{16}, p_{17}, p_{18}, p_{19}, p_{20}, p_{21}\}$. Множина переходів: $\{t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7, t_8, t_9, t_{10}, t_{11}, t_{12}\}$. Множини вхідних та вихідних функцій зручно подати таблично (табл. 3).

Таблиця 3

Множини вхідних та вихідних функцій мережі Петрі

Множина вхідних функцій	Множина вихідних функцій
$I(t_1) = \{p_0\},$	$O(t_1) = \{p_1, p_2, p_3, p_4\},$
$I(t_2) = \{p_1, p_2, p_3, p_4\},$	$O(t_2) = \{p_5\},$
$I(t_3) = \{p_5\},$	$O(t_3) = \{p_6\},$
$I(t_4) = \{p_6\},$	$O(t_4) = \{p_7\},$
$I(t_5) = \{p_7\},$	$O(t_5) = \{p_8\},$
$I(t_6) = \{p_7, p_8\},$	$O(t_6) = \{p_9\},$
$I(t_7) = \{p_9\},$	$O(t_7) = \{p_{10}, p_{11}, p_{12}, p_{13}, p_{14}, p_{15}, p_{16}\},$
$I(t_8) = \{p_{10}, p_{11}, p_{12}, p_{13}, p_{14}, p_{15}, p_{16}\},$	$O(t_8) = \{p_{17}\},$
$I(t_9) = \{p_{17}\},$	$O(t_9) = \{p_{18}\},$
$I(t_{10}) = \{p_{18}\},$	$O(t_{10}) = \{p_{19}, p_{20}\},$
$I(t_{11}) = \{p_{19}, p_{20}\}.$	$O(t_{11}) = \{p_{21}\}.$

Графічно мережу Петрі, що дає змогу змоделювати паралельні процеси в набутті освіти особою з особливими потребами, подано на рис.

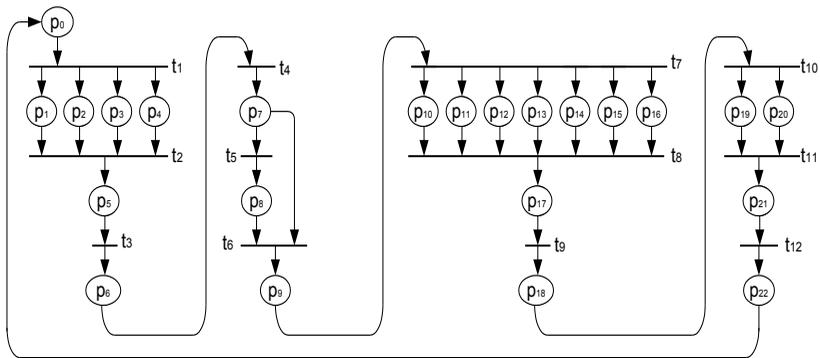


Рис. Графічне задання мережі Петрі, що моделює паралелізм в освітніх процесах осіб з особливими потребами

Перевагами застосування формалізмів мереж Петрі до моделювання освітніх процесів є зручність графічного та аналітичного відображення особливостей взаємодії та порядку настання подій, характерних для освітніх процесів. Апарат мереж Петрі дає змогу відображати в моделі не лише її функціональність, але й структурні властивості, що суттєво спрощує процес моделювання паралелізмів, притаманних освітнім процесам. До переваг запропонованої авторами моделі віднесемо і те, що вона об'єднує усі етапи освітнього процесу осіб з особливими потребами в єдиній системі, що дає змогу чи не вперше комплексно та цілісно аналізувати такий процес. Модель загалом враховує сучасну державну політику в галузі освіти осіб з особливими потребами та дає змогу враховувати досвід і закордонних науковців. Вона є добрим підґрунтям для розроблення цілісної системи інформаційно-технологічного супроводу освітніх процесів осіб з особливими потребами.

Розроблена модель процесу набуття освіти особами з особливими потребами формально описує задачу побудови оптимальної індивідуальної освітньої траєкторії. У подальших дослідженнях сформовану авторами модель процесу набуття освіти такою категорією осіб буде використано при формуванні системи інформаційно-технологічного супроводу освітнього процесу, визначенні властивості та функції такої системи. Розроблену модель доцільно було б використовувати для виявлення та обґрунтування техніко-технологічних вимог до такого класу систем.

Висновки. Інклюзивне навчання є одним із перспективних напрямів освіти осіб з особливими потребами, застосування методів математичного моделювання для аналізу такого виду складних систем сприятиме підвищенню їх ефективності та результативності такого навчання. При побудові формальної моделі набуття освіти особами з особливими потребами автори використали апарат мереж Петрі. Це дало змогу скористатись зручним графоаналітичним засобом відображення паралелізму, притаманного освітнім процесам. Оригінальність розробленої моделі набуття освіти особами з особливими потребами полягає у системному комплексному відображенні функціональних та структурних характеристик досліджуваного процесу. Модель поєднує в єдиній цілісній системі усі етапи процесу набуття освіти із врахуванням вітчизняної специфіки цього процесу.

У перспективі автори передбачають розроблення комплексу інформаційних технологій супроводу набуття освіти особами з особливими потребами з активним використанням створеної моделі на основі мережі Петрі. Це, своєю чергою, уможливить формування цілісної системи управління в освітній галузі, яка забезпечуватиме процес навчання осіб з особливими потребами як однієї із сутнісних ланок вітчизняної освітньої мережі.

Список літератури: 1. *Майер Р.В.* Кибернетическая педагогика: Имитационное моделирование процесса обучения [Электронный ресурс] / *Р.В. Майер.* – Глазов: ГГПИ, 2013. – 138 с. – Режим доступа: http://maier-gv.glazov.net/Mayer_Kibern_pedagogika.pdf. 2. *Астанин С.В.* Сопровождение процесса обучения на основе нечеткого моделирования / *С.В. Астанин* // Открытое образование. – 2000. – № 5. – С. 37-44. 3. *Ломакин В.В.* Организация интеллектуального управления индивидуальными образовательными траекториями / *В.В. Ломакин, Р.Г. Асадуллаев* // Научные ведомости Белгородского гос. университета: научный журнал. – Белгород: Издательский дом "Белгород". – 2013. – № 22 (165). – Вып. 28/1. – С. 167-174. 4. *Колупаева А.А.* Діти з особливими освітніми потребами та організація їх навчання. Видання доповнене та перероблене: наук.-метод. посіб. / *А.А. Колупаева, Л.О. Савчук.* – К.: Видавн. група "АТОПОЛ", 2011. – 274 с. 5. *Дікова-Фаворська О.М.* Особа з функціональними обмеженнями в колі проблем здоров'я-навчання-працевлаштування: монографія / *О.М. Дікова-Фаворська та ін.;* ВНЗ Ун-т "Україна", Житомир. екон.-гуманіт. ін-т. – Житомир: Полісся, 2009. – 364 с. 6. *Нікольський Ю.* Модель процесу аналізу даних / *Ю. Нікольський* // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – Львів: Вид-во Львівської політехніки. – 2010. – № 663. – С. 108-116. 7. *Дмитренко Т.О.* Диференціація та інтеграція в управлінні навчальними закладами [Електронний ресурс] / *Т.О. Дмитренко, К.В. Яресько* // Витоки педагог. майстерності. Сер.: Педагог. науки. – 2011. – Вып. 8 (1). – С. 31-35. – Режим доступа: [http://nbuv.gov.ua/j-pdf/vpm_2011_8\(1\)_8.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/vpm_2011_8(1)_8.pdf). 8. *Кут В.* Математичне та програмно-алгоритмічне

моделювання системи дистанційного навчання осіб з особливими потребами / *В. Кут, Ю. Нікольський, В. Пасічник* // Вісник Національного університету "Львівська політехніка" – Львів: Вид-во Львівської політехніки. – 2011. – № 710. – С. 113-122. **9. Давидов М.В.** Математичне та програмне забезпечення комп'ютерної системи ідентифікації елементів української жестової мови: автореф. дис. на здобуття ступеня канд. техн. наук: спец. 01.05.03 "Математичне та програмне забезпечення обчислювальних машин і систем" / *М.В. Давидов*. – Національний університет "Львівська політехніка". – Львів, 2009. – 20 с. **10. Шестакевич Т.В.** Структурне моделювання процесів інклюзивного навчання осіб з особливими потребами / *Т.В. Шестакевич, В.В. Пасічник* // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – Львів: Вид-во Львівської політехніки. – 2014. – № 805. – С. 180-195. **11. Пуперсон Дж.** Теория сетей Петри и моделирование систем / *Дж. Пуперсон*. – М.: Мир, 1984. – 264 с.

Bibliography (transliterated): **1. Majer R.V.** Kiberneticheskaia pedagogika: Imitacionnoe modelirovanie processa obuchenija [Elektronnij resurs] / *R.V. Majer*. – Glazov: GGPI, 2013. – 138 s. – Rezhim dostupu: http://maieriv.glazov.net/Mayer_Kibern_pedagogika.pdf. **2. Astanin S.V.** Soprovozhdenie processa obuchenija na osnove nechetkogo modelirovanija / *S.V. Astanin* // Otkrytoe obrazovanie. – 2000. – № 5. – S. 37-44. **3. Lomakin V.V.** Organizacija intellektual'nogo upravlenija individual'nymi obrazovatel'nymi traektorijami / *V.V. Lomakin, R.G. Asadullaev* // Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gos. universiteta: nauchnyj zhurnal. – Belgorod: Izdatel'skij dom "Belgorod". – 2013. – № 22 (165). – Vyp. 28/1. – S. 167-174. **4. Kolupaeva A.A.** Diti z osoblivimi osvitnimi potrebami ta organizacija ih navchannja. Vidannja dopovnene ta preroblone: nauk.-metod. posib / *A.A. Kolupaeva, L.O. Savchuk*. – K.: Vidavn. grupa "ATOPOL", 2011. – 274 s. **5. Dikova-Favors'ka O.M.** Osoba z funkcional'nimi obmezhenjiami v koli problem zdorov'ja-navchannja-pracevlashtuvannja: monografija / *O.M. Dikova-Favors'ka*. – VNZ Un-t "Ukraina", Zhitomir. ekon.-gumanit. in-t. – Zhitomir: Polissja, 2009. – 364 c. **6. Nikol's'kij Ju.** Model' procesu analizu danih / *Ju. Nikol's'kij* // Visnik Nacional'nogo universitety "L'viv's'ka politehnika". – L'viv: Vid-vo L'viv's'koї politehniki. – 2010. – № 663. – S. 108-116. **7. Dmitrenko T.O.** Diferenciacija ta integracija v upravlinni navchal'nimi zakladami [Elektronnij resurs] / *T.O. Dmitrenko, K.V. Jares'ko* // Vitoki pedagog. majsternosti. Ser.: Pedagog. nauki. – 2011. – Vip. 8 (1). – S. 31-35. – Rezhim dostupu: [http://nbuv.gov.ua/j-pdf/vpm_2011_8\(1\)_8.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/vpm_2011_8(1)_8.pdf). **8. Kut V.** Matematichne ta programno-algoritmichne modeljuvannja sistemi distancijnogo navchannja osob z osoblivimi potrebami / *V. Kut, Ju. Nikol's'kij, V. Pasichnik* // Visnik Nacional'nogo universitety "L'viv's'ka politehnika". – L'viv: Vid-vo L'viv's'koї politehniki, 2011. – № 710. – S. 113-122. **9. Davidov M.V.** Matematichne ta programne zabezpechennja komp'juternoї sistemi identifikacii elementiv ukrains'koї zhestovoї movi: avto-ref. dis. na zdobuttja stupenja kand. tehn. nauk: spec. 01.05.03 "Matematichne ta programne zabezpechennja obchisljuval'nih mashin i sistem" / *M.V. Davidov*. – Nacional'nij universitet "L'viv's'ka politehnika". – L'viv, 2009. – 20 s. **10. Shestakevich T.V.** Strukturne modeljuvannja procesiv inkluzivnogo navchannja osob z osoblivimi potrebami / *T.V. Shestakevich, V.V. Pasichnik* // Visnik Nacional'nogo universitety "L'viv's'ka politehnika". – L'viv:

Vid-vo L'vivs'koï politehniky. – 2014. – № 805. – S. 180-195. **11.** *Piterson Dzh.* Teorija setej Petri i modelirovanie sistem / *Dzh. Piterson.* – M.: Mir, 1984. – 264 s.

Надійшла до редакції 12.03.2015

Повторно 01.05.2015

Pasichnyk Volodymyr, Dr. Sci. Tech, Professor
National University "Lviv Polytechnic"
Str. Bandery, 12, Lviv, Ukraine, 79000
e-mail: vpasichnyk@gmail.com
ORCID 0000-0002-5231-6395

Shestakevych Tetiana, assistant
National University "Lviv Polytechnic"
Str. Bandery, 12, Lviv, Ukraine, 79000
Tel.: (067) 6712244, e-mail: tetiana.v.shestakevych@gmail.com
ORCID 0000-0002-4898-6927

УДК 62-503.57

Л.А. ТИМАШОВА, д-р техн. наук, зав. отделом Международного научно-учебного центра информационных технологий и систем Национальной Академии наук и Министерства образования и науки Украины, Киев,

Т. ВИТКОВСКИ, д-р техн. наук, проф., Варшавский технологический университет, Варшава, Польша

ТЕХНОЛОГИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Рассмотрены проблемы виртуальных предприятий с гибкой архитектурой и динамической системой управления. Сформулированы основные понятия, идеи, методы создания виртуальных предприятий, базирующихся на интеллектуальных информационных технологиях. Предложена новая технология реализации задач управления на основе системного проектирования, теории управления, бизнес-процессного и интеллектуального моделирования. Библиогр.: 11 назв.

Ключевые слова: предприятия с гибкой архитектурой, виртуальные предприятия, интеллектуальное моделирование, задача управления, системное проектирование.

Постановка проблемы. В современном управлении предприятием, по-прежнему, одной из актуальных проблем остается проблема организации жизнеспособных высокопродуктивных систем управления. Это вызвано тем, что существующая жесткая структура традиционных предприятий оказалась несовместимой с динамично происходящими инновационными и технологическими изменениями, постоянно происходящими в мире глобализации, а также с необходимостью сохранения устойчивости и эффективности системы.

Одним из решений этой проблемы может быть создание систем нового поколения, какими являются виртуальные предприятия (ВП). Очевидно, что умение управлять ими является инновационным процессом не менее важным, чем разработка новых технических систем. Можно ожидать, что создание таких предприятий станет одним из нетривиальных путей выхода из сложившегося кризиса промышленности Украины.

Смысл создания новых форм управления состоит в их способности гибко и в реальном времени "перепроектировать" свою организационную структуру, методы и средства управления в зависимости от изменчивых целей и спроса на рынке. В результате ускоряется запуск продукции в производство и сокращается "жизненный" цикл изготовления. Это

© Л.А., Тимашова, Т. Витковски, 2015

необходимо для крупных предприятий, выпускающих сложную наукоемкую продукцию, которая требует совместных усилий ряда новых отраслей (электроника, химия, медицина, промышленное строительство, банки, информационные технологии), и не способных в одиночку организовать эти производства. Заметим, что не менее это актуально и для средних и мелких предприятий, например, торговые фирмы, которые вместе с продажей, готовы производить продукцию, которую требует рынок. Понятно, что решение таких задач выходит за рамки отдельного предприятия и его бизнес-процессов.

Анализ литературы. Ряд научных и практических идей по управлению предприятием и созданию автоматизированных систем управления для них были разработаны В.М. Глушковым и его научной школой. Основные идеи изложены в его многочисленных работах, развиты и реализованы учениками как новые решения на производственном уровне [1]. Научный потенциал школы академика В.М. Глушкова сегодня развивается дальше в соответствии с требованием времени, меняющимися экономическими условиями развития общества, а также новыми возможностями вычислительной техники и новыми возможностями информационных технологий. Тематике "виртуальное предприятие" посвящены, в основном, работы зарубежных авторов, например, в 1992 г. опубликована монография W. Dawidow, M. Malone. "Virtual Enterprises" о работе секции на 62-й ежегодной конференции Товарищества наук о предприятии (Берлин, 13-17 июля 2000 г.), посвященной новым подходам в управлении. За рубежом тематика виртуальных предприятий активно исследуется [2 – 8]. К концу 90-х годов и началу 21-го века ключевой темой становится переход к виртуальным принципам организации предприятий [9, 10]. В некоторых работах виртуальные предприятия обозначают и другими терминами: "сетевые предприятия", "безграничные предприятия", "расширенные предприятия" [4]. На Украине проблемы виртуальных предприятий исследуются с 2001 г. в Международном научно-учебном центре информационных технологий и систем НАНУ и МОНУ [11]. К сожалению, развитие виртуальных предприятий не имеет быстрой тенденции роста и нуждается в дальнейшем исследовании.

Цель статьи – разработка технологий интеллектуального моделирования для виртуальных предприятий, особенностью которых является гибкая архитектура и динамическая система управления.

Определение ВП. Виртуальное предприятие – это система искусственно интегрированных в информационном пространстве

разнородных предприятий с единой системой управления, способной гибко менять свою конфигурацию [11]. Отличительной их чертой является способность быстрой адаптации к новым нештатным ситуациям за счет возможности находить, сохранять и использовать объединенные общие ресурсы и знания. Они могут быть отнесены к разряду интеллектуальных предприятий, способных к высокой производительности [11].

Постановка задачи. Построить в условиях негативных тенденций развития экономики высокопродуктивную систему управления предприятием, которая способна обеспечить поставку продукции на мировой рынок быстрее, чем конкуренты, сократив при этом цикл изготовления и выхода на мировой рынок. Обеспечить прибыльность, конкурентоспособность и устойчивость предприятия, а также спрос на продукцию.

Для решения этой задачи нужны новые идеи и новые информационные технологии.

Основные принципы и решения. Представляется, что "ноу-хау" ВП лежит на границе разносторонних интересов партнеров–участников, а основным принципом создания является динамическая интеграция ресурсов (технологических, материальных, производственных, финансовых) ради общей цели, как правило – новой продукции. Это делает создание таких предприятий сложным в системотехническом и информационном плане. Усиливает эту сложность также требование соблюдения бесконфликтности и согласованности принятия решений управленцами на всех иерархических уровнях. Понятно, что речь идет о новом поколении предприятий, которые представляют собой интегрированную организацию с гибкой системой управления и распределенной сетевой инфраструктурой.

В отличие от классической кооперации, которая основана на жестких стабильных отношениях, идея ВП была реализована нами как модель динамического сотрудничества в виде открытой бизнес–системы единого электронного пространства интегрированных ресурсов. В фазе организации системы были решены задачи установления договорных отношений, выбора партнера, выбора формы организации, установления системы целей, определения правил взаимодействия, распределения прибыли. На этом этапе важной составляющей такой системы является система поиска, которая помогает найти потенциальных партнеров. Общий алгоритм поиска партнеров для ВП включает следующую последовательность действий: сформировать запрос на поиск в зависимости от характера партнерства; осуществить поиск; сохранить в

базе данных предложения на партнерство; актуализировать общий запрос на партнерство с учетом поступивших предложений; найти партнера по заданному критерию. Система предназначена для автоматизации процесса поиска партнеров для ВП с интеллектуализацией этого поиска.

Процесс поиска партнеров реализован как процесс поиска среди множества реальных предприятий и организаций, партнеров, располагающих потенциалом и ресурсами и желающих скооперироваться для достижения общих результатов. Потребность в партнерстве определяется ресурсами и услугами, которых недостает виртуальному предприятию для реализации своих целей. Виды ресурсов и услуг зависят от типа виртуального предприятия и характера его деятельности, а объемы определяются масштабами бизнеса. Потребности бизнеса диктуют и другие требования к будущим партнерам: по характеру отношений, географии нахождения, объемам и моментам поставок, качеству ресурсов и услуг и т.п. Поиск партнеров происходит с помощью сети Интернет, которая располагает необходимым количеством информации относительно различных предприятий и организаций, их продукции и коммерческих предложений. Непосредственно для поиска использованы базовые Интернет-технологии, позволяющие участникам ВП представлять себя, искать друг друга, обмениваться информацией, общаться и вести общий бизнес. Процесс поиска партнеров представляет собой сложную интеллектуальную деятельность, требующую от его исполнителей определенных профессиональных знаний в соответствии с направленностью ВП, умения эффективно использовать современные информационные и коммуникационные технологии, и четкой ориентации в информационном пространстве Интернет, в котором может быть представлен каждый вид искомого ресурса. Компьютерная "Система поиска партнеров для ВП" берет на себя функции автоматизации и интеллектуализации той части процесса поиска, которая связана с операционной деятельностью виртуального предприятия при поиске партнеров. Используя в роли базовых Интернет-технологии, система, тем не менее, организует свое информационное хозяйство, где хранится вся, необходимая для работы системы информация, осуществляет запуск базовых технологий, проводит анализ результатов их работы и формирует на их основе предложения партнерства.

Система отслеживает весь процесс поиска. Поступивший в систему "Запрос на партнерство" рассматривается ею как задание, выполнение которого контролируется в рамках системы. Ведется учет поступивших предложений; проводится анализ обеспеченности потребности в партнерстве поступившими предложениями; выставленная на сайте потребность актуализируется с учетом ее обеспеченности. С учетом

обеспеченности имеющимися предложениями формируются задания на конкретную технологию поиска, организовывается работа по сеансам.

Интеллектуальность системы характеризуется ее способностью представлять, накапливать и использовать накопленный опыт и приобретенные в процессе поиска конкретные знания, а также ее умением работать с интеллектуальными технологиями. Знания, полученные в процессе поиска конкретных ресурсов, и опыт работы с конкретными организациями фиксируется системой, и используются при повторном поиске этих ресурсов и в работе с организациями. Ведется протоколирование работ с последующим их анализом на предмет повышения эффективности работы Системы и ее усовершенствования.

Специфика работы "Системы поиска партнеров для ВП" состоит в том, что она является частью общей системы ВП и должна максимально настраиваться на те виды ресурсов и те партнерские взаимоотношения, которые устраивают данное виртуальное предприятие. Для этого разработана собственная база данных и база знаний.

В базе данных размещается непосредственно "Запрос на партнерство", найденные системой "Предложения партнерства", справочная и другая промежуточная информация, которая используется в процессе поиска партнеров. В процессе поиска первоначальный "Запрос на партнерство" дополняется различной информацией, по которой можно определить, как идет процесс поиска по данному, ресурсу, по данному направлению и по Запросу в целом. "Предложения партнерства" формируются с использованием разных технологий поиска, проходя различные стадии предварительной их обработки. И лишь только после окончательного согласования с потенциальным партнером записываются как выходные "Предложения партнерства". Это приводит к тому, что в процессе поиска партнеров создаются дополнительные рабочие файлы, где хранится требуемая для работы системы информация. Каждая технология поиска, в свою очередь, тоже может потребовать создания и организации собственного информационного хозяйства.

Для повышения эффективности работы с предложениями партнерства и последующей их оценке, при отборе предложений в базе знаний системы накапливается информация и знания об организациях, найденных в процессе поиска и представляющих интерес для данного ВП как возможные партнеры. Кроме того, здесь накапливаются знания о самом процессе поиска (используемые технологии, эффективные Интернет-источники, сценарии поиска) по направлениям деятельности и видам ресурсов, найденных с помощью Системы. При поиске нового партнера по конкретному направлению или виду ресурса в первую очередь используются эти накопленные знания, которые хранят в себе

прошлый опыт процесса поиска. Для реализации алгоритма поиска оптимального партнера среди множества была использована мультиагентная технология и модели оптимизации [11].

Для фазы функционирования ВП решены задачи: оптимальной интеграции ресурсов на основе балансовых оптимизационных моделей, планирования программы предприятия с проверкой ресурсов, построения расписаний, как часть диспетчерского управления. Последняя, ее мы и рассмотрим в дальнейшем, для применения интеллектуальных технологий является наиболее интересной, так как процессы диспетчерского управления более всего характеризуют априорная неполнота и нечеткость исходных данных, вариабельность и неточность характеристик исследуемого объекта, принятия решений в различных ситуациях, связанных с конфликтами. Реализация задач диспетчерского управления была отработана в условиях комплексной динамической корпоративной модели с привлечением аппарата интеллектуального моделирования.

Появление интеллектуальных диспетчерских систем вызвало к жизни другие принципы организации, другие подходы и методологии. Появились иные понятия, термины, не встречавшиеся ранее в разработках и научной литературе. Появилось понимание, что только использование всего потенциала знаний, накопленных человеком, создаваемых его интеллектом, позволит успешно решать возникающие управленческие проблемы и находить пути их адаптации к новым условиям.

Действительно, руководителю нужны интеллектуальные системы, позволяющие перенести отработанные многолетней практикой управленческие решения в область компьютерных технологий, высвободив интеллектуальный потенциал для стратегического мышления, определения направлений развития предприятия и решения нестандартных задач, требующих интеллекта. Тогда для диспетчерского управления реально обеспечить решение основных проблем:

- ситуационную поддержку принятия решений,
- процесс поиска управляющих решений на основе накопленных знаний о предметной области,
- принятие согласованных решений руководителем в условиях неопределенности. Кроме того, реально автоматически определить:
 - место возникновения несоответствия (противоречия) или отклонения выбранной траектории управления,
 - определить и распознавать ситуацию, сложившуюся на объекте и в среде управления,

– определить множество возможных решений с выбором эффективных, автоматически осуществить контроль исполнения управляющих воздействий.

Технология интеллектуального моделирования производственных систем (ИМП).

Определение. Интеллектуальное моделирование производственных систем – это процесс моделирования, для которого базовым инструментом является сочетание методов имитационного моделирования с методами и технологиями использования баз знаний производственных задач.

Как уже говорилось, предполагается, что интеллектуальность включает способность приобретать, накапливать и использовать знания из разнообразных областей деятельности виртуального предприятия с целью получения новых производственных знаний для совместного использования. Под интеллектом, связанным с информационной технологией, понимается механизм формирования и использования знаний в процессах, обусловливаемых данной технологией. Знания – это закономерности предметной области, полученные в результате практической деятельности и профессионального опыта, позволяющие специалистам ставить и решать задачи в этой области. Интеллектуальная система ВП – это система, ядром которой является База Знаний (БЗ) или модель предметной области, описанная на языке сверхвысокого уровня, приближенного к естественному.

Идеей интеллектуальных систем, к каким относятся ВП, в отличие от традиционных, является придание интеллектуальных черт (признаков) моделям, методам и программам системы управления. Назначение: целенаправленно воспринимать окружающую среду; формировать свои представления об этой среде в виде объектов–фактов, понятий и знаний, отношений между объектами и множествами объектов, организуемых системой в модель среды; формировать базу знаний, сохраняющую в виде знаний представления системы о возможных классах сред, создавать модели отдельных предметных областей, разрабатывать, используя имеющиеся у нее знания, модели своего поведения и решать задачи, возникающие перед системой в процессе ее взаимодействия со средой.

Сложность проектирования определялась: сложностью предметной области; сложностью управления процессом разработки; сложностью описания поведения отдельных подсистем; сложностью обеспечения гибкости конечного программного продукта. С целью успешной реализации использованы перспективные информационные технологии: Internet, Intranet, CALS и CASE, Workflow, "облачные технологии",

средства мультимедиа, распределенные базы данных и знаний. Основное внимание было уделено календарному планированию работы цеха и его диспетчированию. Проблема в гибкой среде звучит так: при данном выборе производственного оборудования и технологических ограничений и требований, выраженных в терминах количества и качества продукта и временных ограничений, найти допустимую последовательность операций обработки на разнообразном оборудовании, которая бы удовлетворяла поставленным целям. Очевидно, что аналитические методы мало пригодны для большинства реальных задач планирования такого рода. Круг задач, входящих в область планирования производства и управления, включает планирование техпроцессов, планирование операций и управление работой цеха. Известно, что трудности, возникающие при разработке расписаний, обусловлены сложностью и неопределенностями, характерными для таких задач. Отчасти, это зависит и от того факта, что планирование не является изолированной функцией, отделенной от других производственных функций. Оперативное планирование зависит от решений, принятых в разных местах, наличия ограниченного числа станков, выполняющих различные операции и имеющих различные характеристики и возможности, все это дополнительно усложняет задачу. Все производственные системы подвержены действию нештатных событий и неопределенности, связанных с неожиданными изменениями в требованиях и отказом станков. Неопределенность является также результатом отклонений от плана по двум основным причинам:

а) отказов оборудования или трудностей с рабочей силой, вторые вызывают более позднее наступление событий;

б) неадекватности ресурсов вследствие флуктуации смеси деталей, вариации размеров партий и запоздалого снабжения. Поскольку эти события невозможно предсказать заранее, возникает естественная необходимость повторного оперативного планирования в ходе производства.

Все это представило собой проблему, к которой математики относятся как к сложной комбинаторной задаче. К сожалению, аналитические методы мало пригодны для большинства реальных задач планирования такого рода. Специалисты по управлению пытались использовать методы математического программирования для получения оптимальных решений задач цехового календарного планирования. К сожалению, эти подходы, успешные в теории, оказываются бесполезными на практике.

Планирование и диспетчирование операций в гибком динамичном окружении относится к классу задач, для которых получение

оптимальных решений является чересчур сложной проблемой. Представляется, что для планирования целесообразно использовать имитационное моделирование. Имитационное моделирование позволит пользователю заранее определять, какие правила следует использовать для того, чтобы достигнуть желаемых изменений в действующих условиях. Оно также полезно и для настройки расписаний, которая проводилась путем многократного моделирования процесса с переменными величинами с целью получения наилучших значений для множества параметров.

При обсуждении задач календарного планирования важно понять, какие требования предъявляются к знанию. Знание, необходимое для выполнения функций календарного планирования, должно быть полным, хорошо определенным и тщательно структурированным. Методы для представления и использования этого знания должны иметь результатом расписания, достаточно эффективные и гибкие.

Один из подходов к составлению робастного и эффективного расписания – это интеллектуальный планировщик процесса, работающий в реальном времени и использующий технику ИИ, объединенную с некоторыми аспектами существующих подходов к календарному планированию, эвристиками и имитационным моделированием. Интеллектуальный подход позволяет эффективно иметь дело с динамикой системы и неполной информацией, которые характеризуют этот класс проблем. Для создания "интеллектуального" планировщика была использована специальным образом составленная комбинация структур данных и интерпретирующих процедур, определяющих систему знаний.

Система знаний описана нами как компьютерная программа, которая содержит множество фактических, опытных, интуитивных, неопределенных знаний и суждений (эвристик), полученных от эксперта в некоторой прикладной области. При наличии этого знания программа делает выводы и генерирует новую информацию в решении проблем, связанных с человеческим интеллектом, которые непросто решить алгоритмическими методами.

Технологические решения и архитектура ВП. Реализованы технологические варианты реализации системы с разными архитектурами системы.

Первый: Центр управления представлен как юридический орган, исполняющий функции координации, его представляет головное предприятие или один из партнеров. Вход и выход из образованного ВП

свободен и осуществляется самими участниками. Ресурсы могут быть закрыты, но соблюдаются договорные правила партнерства.

Второй: Имеется взаимный доступ к информации друг друга, знание возможности участников-партнеров, их предыстории, существующие на момент создания ВП, процессы и ресурсы для интеграции. В данном случае идея ВП предполагает, что юридических лиц много, а система управления одна. На наш взгляд, это более перспективный и в то же время более сложный вариант реализации системы. Как показала практика, в этих условиях появилась возможность получить новые системные эффекты в виде прибыли и реализации целей, поставленных перед ВП.

Выводы. 1. Научная новизна полученных результатов заключается в том, что для виртуальных предприятий, отличающихся от традиционных гибкой архитектурой и динамической системой управления, предложена технология интеллектуального производственного моделирования, базирующаяся на новых информационных технологиях. Интеллектуальное моделирование производственных систем определено как процесс моделирования, для которого базовым инструментом является сочетание методов имитационного моделирования с методами и технологиями использования баз знаний производственных задач. Отличительной их чертой является способность быстрой адаптации к новым нештатным ситуациям за счет возможности находить, сохранять и использовать объединенные общие ресурсы и знания.

2. Предложена новая технология работы компьютерной системы поиска партнеров для ВП, которая берет на себя функции автоматизации и интеллектуализации части процесса поиска, связанной с операционной деятельностью. Интеллектуальность системы характеризуется ее способностью представлять, накапливать и использовать накопленный опыт и приобретенные в процессе поиска конкретные знания, а также ее умением работать с интеллектуальными технологиями. Знания, полученные в процессе поиска конкретных ресурсов, и опыт работы с конкретными организациями фиксируются системой и используются при повторном поиске этих ресурсов и в работе с организациями.

3. Для задачи планирования программы предприятия с проверкой ресурсов и построения расписаний, как части диспетчерского управления, характеризующегося априорностью, неполнотой и нечеткостью исходных данных, вариабельностью и неточностью характеристик исследуемого объекта, принятием решений в различных ситуациях, связанных с конфликтами, предложен подход к построению

модели в условиях комплексной динамической корпоративной модели с привлечением аппарата интеллектуального моделирования.

4. Дано определение системы знаний, как множество фактических, опытных, интуитивных, неопределенных знаний и суждений (эвристик), полученных от эксперта в некоторой прикладной области. При наличии этого знания появляется возможность делать выводы и генерировать новую информацию для решения проблем, связанных с человеческим интеллектом, которые непросто решить алгоритмическими методами.

5. Разработка ВП потребовала применения новых инструментов в виде интеллектуального моделирования и интеллектуальных технологий. Для того чтобы разработка не осталась единичным экземпляром, установилась тесная связь с промышленностью, где эти инструменты были отработаны. Результаты разработанной технологии служат основой для дальнейших исследований в направлении создания, внедрения и эксплуатации конкурентоспособных систем управления предприятием в различных сферах производственной деятельности в среде современного динамичного рынка.

Список литературы: 1. Глушков В.М. Введение в АСУ / В.М. Глушков. – К.: "Техніка", 1974. – 320 с. 2. Гаврилова Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский. – СПб., 2000. – 156 с. 3. Тарасов В.Б. Виртуальные предприятия: свойства, технологии создания, компоненты инфраструктуры / В.Б. Тарасов, П.С. Шильников // Информационные технологии. – 2000. – № 9. – С. 25–30. 4. Тимашова Л.А. Информационные технологии для системы поиска партнеров виртуального предприятия / Л.А. Тимашова, Л.А. Бондар, В.А. Лещенко // Матеріали 12-ї міжнар. конф. з автоматичного управління "Автоматика-2005". – Харків, 2005. – Т. 1. – С. 235. 5. Camarinha-Matos L.M. Supporting agility in virtual enterprises / L.M. Camarinha-Matos, H. Afsarmanesh, R. Rabelo // Proceedings of PRO-VE 2000 – 2nd IFIP Working Conference on Infrastructures for Virtual Enterprises (Florianopolis, Brasil, 4-6 December 2000). – Kluwer Academic Publishers, 2000. – P. 89-104. 6. Intelligent Systems for Manufacturing – Multi-agent systems and virtual organizations / L.M. Camarinha-Matos, H. Afsarmanesh, V. Marik – Editores. – Kluwer Academic Publishers, 1998. – IFIP Vol. 130. – P. 137-140. 7. Goldman S.L. Agile competitors and virtual organizations: strategies for enriching the customer / S.L. Goldman, R.N. Nagel, K. Preiss. – N.Y.: Van Nostrand Reinhold, 1995. – 640 p. 8. Davidow W. The virtual corporation: structuring and revitalizing the corporation for the 21st century / W. Davidow, M. Malone. – N.Y.: Harper Collins, 1992. – 183 p. 9. Davidow W.H. The Virtual Corporation / W.H. Davidow, M.S. Malone. – New York: Harper, 1993. – 357 p. 10. Collaborative Business Ecosystems and Virtual Enterprises / L.M. Camarinha-Matos, Editor. – Kluwer Academic Publishers, 2002. – 450 p. 11. Тимашова Л.А. Организация виртуальных предприятий: монография / Л.А. Тимашова, С.К. Рамазанов, Л.А. Бондар, В.А. Лещенко. – Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2004. – 368 с.

Bibliography (transliterated): 1. Glushkov V.M. Vvedenie v ASU / V.M. Glushkov. – K.: "Tehnika", 1974. – 320 s. 2. Gavrilova T.A. Bazy znanij intellektual'nyh sistem / T.A. Gavrilova, V.F. Horoshevskij. – SPb., 2000. – 156 s. 3. Tarasov V.B. Virtual'nye predpriyatija: svojstva, tehnologii sozdaniya, komponenty infrastruktury / V.B. Tarasov, P.S. Shil'nikov // Informacionnye tehnologii. – 2000. – № 9. – S. 25–30. 4. Timashova L.A. Informacionnye tehnologii dlja sistemy poiska partnerov virtual'nogo predpriyatija / L.A. Timashova, L.A. Bondar, V.A. Leshhenko

// Materiali 12-i mizhnar. konf. z avtomatichnogo upravlinnja "Avtomatika-2005". – Harkiv, 2005. – T. 1. – S. 235. **5.** *Camarinha-Matos L.M.* Supporting agility in virtual enterprises / *L.M. Camarinha-Matos, H. Afsarmanesh, R. Rabelo* // Proceedings of PRO-VE 2000 – 2nd IFIP Working Conference on Infrastructures for Virtual Enterprises (Florianopolis, Brasil, 4-6 December 2000). – Kluwer Academic Publishers, 2000. – P. 89-104. **6.** Intelligent Systems for Manufacturing – Multi-agent systems and virtual organizations / *L.M. Camarinha-Matos, H. Afsarmanesh, V. Marik* – Editores. – Kluwver Academic Publishers, 1998. – IFIP – Vol. 130. – P. 137-140. **7.** *Goldman S.L.* Agile competitors and virtual organizations: strategies for enriching the customer / *S.L. Goldman, R.N. Nagel, K. Preiss*. – N.Y.: Van Nostrand Reinhold, 1995. – 640 p. **8.** *Davidow W.* The virtual corporation: structuring and revitalizing the corporation for the 21st century / *W. Davidow, M. Malone*. – N.Y.: Harper Sollins, 1992. – 183 p. **9.** *Davidow W.H.* The Virtual Corporation / *W.H. Davidow, M.S. Malone*. – N.Y.: Harper, 1993. – 357 p. **10.** Collaborative Business Ecosystems and Virtual Enterprises / *L.M. Camarinha-Matos*. – Kluwer Academic Publishers, 2002. – 450 p. **11.** *Timashova L.A.* Organizacija virtual'nyh predprijatij: monografija / *L.A. Timashova, S.K. Ramazanov, L.A. Bondar, V.A. Leshhenko*. – Lugans'k: Vid-vo SNU im. V. Dalja, 2004. – 368 p.

Поступила (received) 31.03.2015

Статью представил провідний науковий співробітник Міжнародного науково-навчального центру інформаційних технологій та систем НАН України та МОН України, доктор фіз.-мат. наук Мейтус В.Ю.

Timashova Liana, Dr. Sci. Tech., Senior Researcher
International Research and Training Center for Information Technologies and Systems National Academy of Sciences of Ukraine and Ministry of Education and Sciences of Ukraine
prospect Academica Glushkova, 40, Kyiv, Ukraine, 03680
Tel.: (044) 526-13-19, e-mail: dep190@irtc.org.ua
ORCID ID: 0000-0001-7459-0662

Witkowski Tadeush, Dr. Sci. Tech., Professor
Warsaw University of Technology
Str. Narbuta, 85, Warsaw, Poland, 02524
Tel.: (+48-22)-648-05-44, e-mail: tawit@poczta.onet.pl
ORCID ID: 0000-0002-4288-1630

УДК 621.391

Е.Б. ТКАЧЕВА, канд. техн. наук, ст. преп., ХНУРЭ, Харьков,
ИССАМ СААД, асп., ХНУРЭ, Харьков,
МОХАММЕД ДЖАМАЛ САЛИМ, асп., ОНАС им. А. С. Попова, Одесса

ПРИМЕНЕНИЕ АППАРАТА Е-СЕТЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АНАЛИЗА И ВЕРИФИКАЦИИ ПРОГРАММНО- КОНФИГУРИРУЕМЫХ СЕТЕЙ

В статье предложены формализмы, позволяющие описывать набор основных свойств программно-конфигурируемых сетей. В рамках задачи анализа и верификации предложен метод, который базируется на модельном подходе и анализе последовательности смены состояний элементов модели сети. В качестве аппарата моделирования предложено использовать аппарат Е-сетей. Проводится анализ таких свойств модели, как достижимость, ограниченность, живость. Ил.: 1. Библиогр.: 11 назв.

Ключевые слова: задача анализа и верификации, программно-конфигурируемые сети, моделирование, Е-сеть.

Постановка проблемы и анализ литературы. Как правило, для успешного функционирования сетевой инфраструктуры требуется выполнение множества одновременных задач: от маршрутизации и мониторинга передаваемых данных, до контроля доступа и распределения нагрузки на сетевые элементы. Парадигма программно-конфигурируемых сетей (Software Defined Network, SDN) призвана упростить процесс передачи данных и управление сетевой инфраструктурой за счет логического разделения сети на подуровни: уровень управления и уровень передачи данных. SDN представляет собой распределенную систему, где один или несколько контроллеров управляют множеством коммутаторов, отвечающих за передачу пакетов между сетевым оборудованием.

Как и в традиционных сетях передачи данных, регулирование обмена сообщениями и согласованное взаимодействие между элементами сети, построенной на основе концепции SDN, обеспечивается сетевыми протоколами. Все функциональные возможности, гарантирующие выполнение требований, а также порядок взаимодействия контроллеров и коммутаторов SDN определяются протоколом OpenFlow [1].

Значения служебных полей протокола OpenFlow могут существенно отличаться в зависимости от требований сетевой инфраструктуры и сервисов, функционирующих в сети. На сегодняшний день протокол OpenFlow не имеет конечной реализации и основывается на ряде спецификаций, которые имеют значительные различия между собой.

Учитывая данные особенности, в процессе разработки и внедрения

SDN, может возникнуть ряд несоответствий, приводящих к возникновению критических ошибок в процессе функционирования сети. В рамках устранения ошибок и проверки корректной работы протокола проводится его полный анализ и верификация на стадии проектирования.

Применение формальных методов в рамках задачи анализа и верификации протокола OpenFlow позволяет четко описать набор свойств, которыми должен обладать протокол, проверить их выполнимость и соответствие требованиям. Преимуществом формальных методов является то, что формализмы согласования и взаимодействия процессов, соответствующих корректной работе протокола OpenFlow, могут быть использованы в последующих разработках как прототипы, что позволяет существенно сократить временные и материальные затраты. Поэтому задача анализа и верификации сетей, построенных на основе концепции SDN, является актуальной.

На сегодняшний день существует небольшое количество научных трудов, посвященных формальным методам анализа и верификации SDN. В работе [2] приведена модель распределенной сети с описанием метода проверки свойств достижимости и принципов маршрутизации пакетов, который базируется на двоичных разрешающих диаграммах. В работах [3, 4] в рамках задачи анализа свойств достижимости применены методы булевой алгебры и преобразования ДНФ. В работах [5, 6] модель SDN представлена в виде системы переходов ВВГ, которая изменяет свое состояние в случае активности коммутатора.

Недостатком решений, предложенных в данных работах, является то, что модели SDN позволяют описывать поведение сети без учета характеристик контроллера, моделируя лишь сеть коммутаторов. Это позволяет проводить анализ и верификацию лишь моментальных сетевых конфигураций.

Целью статьи является определение основных свойств, которыми должна обладать сетевая инфраструктура SDN, установление критериев проверки их соблюдения в готовых реализациях SDN и разработка метода, позволяющего выполнить анализ и верификацию свойств на стадии разработки.

Постановка задачи. Рассмотреть ряд основных требований, предъявляемых к SDN, а также формально представить набор основных свойств протокола OpenFlow, которые гарантируют его корректную работу. Разработать метод анализа основных свойств протокола OpenFlow, который базируется на построении цепочек смены состояний протокола.

Построение сети на основе протокола OpenFlow: основные требования и их формализация. Протокол OpenFlow [1, 7] представляет собой новый стандарт обмена данными на уровне управления в SDN. Ключевыми элементами протокола является OpenFlow коммутатор, который выступает в роли пользовательской стороны и OpenFlow контроллер, который представляет собой централизованное устройство управления. OpenFlow коммутатор содержит таблицу переадресации и ряд правил, в соответствии с которыми передаются управляющие пакеты. SDN контроллеры содержат набор инструкций, которые устанавливают пути и методы доставки и обработки информации между конечными пользователями.

Сети, построенные на основе концепции SDN, представляют собой хорошо масштабируемую инфраструктуру, которая может быть эффективно адаптирована под любые сетевые задачи. На сегодняшний день концепция SDN применяется для построения распределенных сетей учебных заведений (сети "кемпус"), центров обработки данных, интеллектуальных распределенных сетей (сети с распределенными хранилищами данных Google).

Описание процессов и формализация обмена сообщениями. Структура сети SDN на уровне управления основывается на программном обеспечении, в частности, на программных реализациях SDN контроллера и OpenFlow коммутаторов. Такой подход позволяет значительно расширить функциональность процессов обработки и передачи информации, но, наряду с этим, повышает вероятность того, что логические ошибки в программной реализации могут привести к небезопасному или некорректному поведению сети в целом или отдельных ее элементов.

Независимо от структуры и масштабов сетевой инфраструктуры должны быть соблюдены все требования, соответствующие заданному уровню качества обслуживания. Для проверки и устранения подобных ошибок, необходимо проведение анализа, а в последующем и верификации программно-сетевой инфраструктуры на такие свойства:

– отсутствие потерь в процессе маршрутизации и переадресации пакета: любой пакет, который был отправлен, в конечном итоге должен быть доставлен получателю;

– отсутствие петель и зацикливаний: любой пакет должен быть доставлен непосредственно получателю, который идентифицирован в поле destination source таблицы переадресации;

– живость сети: все элементы сети, участвующие в передаче данных, должны быть доступны и активны;

- достижение заключительного состояния: все сетевые состояния, гарантирующие корректную работу протокола, должны быть достигнуты;
- эффективное формирование путей передачи данных: поиск оптимального пути передачи данных, учет изменения маршрутов передачи и мобильности конечных пользователей;
- безопасность: отсутствие несанкционированных процессов при функционировании протокола;
- гарантирование заданного уровня Quality of Services для каждого состояния.

Соблюдение первых трех свойств обеспечивает безотказную и корректную работу сети (протокола OpenFlow), гарантируя предоставление сервисов. Эффективное формирование путей передачи данных, безопасность передачи данных и обеспечение заданного качества обслуживания являются индивидуальными свойствами SDN: зависят от программной реализации контроллеров и OpenFlow коммутаторов, а также от версии самого протокола OpenFlow.

Обзор готовых SDN решений [7, 8] показал, что большинство ошибок, приводящих к некорректному функционированию сети в целом, возникает из-за различной интерпретации стандартов OpenFlow; логических ошибок проектирования; неполного соответствия реализации предъявляемым требованиям. В целях выявления и устранения подобного рода ошибок необходимо проведение анализа и верификации готовых решений.

Для проведения полноценного анализа, в первую очередь, необходимо выделить множество процессов P (включая терминальные P_t), которые определены в спецификации OpenFlow и соответствуют взаимодействию возможных элементов сети S_{SDN} (смене их состояний). Соответствие смены процессов изменению состояний можно представить в виде зависимости $f : P \rightarrow S_{SDN}$.

Так как сети, построенные на основе концепции SDN, имеют динамическую природу, то каждый набор элементов OpenFlow протокола S'_{SDN} из множества S ($S'_{SDN} \in \{S\}$), соответствует индивидуальному набору процессов P' , $P' \in \{P\}$. Логическая система, определяющая взаимодействие элементов OpenFlow и последовательности смены их состояний (f, S_{SDN}, P) , позволяет выполнить пошаговую проверку соответствия протокола или предоставляемого сервиса тем требованиям, которые к нему предъявляются. При этом соответствие требуемых свойств гарантируется тогда, когда, соблюдается требование

$$(f, S_{SDN}, P)_{\text{спец}} \equiv (f, S_{SDN}, P)_{\text{мод}}, \quad (1)$$

где $(f, S_{SDN}, P)_{\text{спец}}$ – множество, определяющее взаимосвязь состояний элементов OpenFlow протокола и последовательность их смены, соответствующее требованиям одной из версий спецификации; $(f, S_{SDN}, P)_{\text{мод}}$ – множество, определяющее взаимосвязь и последовательности смены состояний модели реализации OpenFlow протокола.

Также в процессе разработки и внедрения сетей, построенных на основе концепции SDN, необходима проверка соответствия и непротиворечивости требований, предъявляемых в различных версиях спецификаций OpenFlow [1, 7, 8]. Формально проверка спецификации на непротиворечивость команд и правил, заложенных в логику работы контроллера, может быть представлена следующим образом

$$(f, S_{SDN}, P)'_{\text{спец}} \equiv (f, S_{SDN}, P)''_{\text{спец}}, \quad (2)$$

где $(f, S_{SDN}, P)'_{\text{спец}}$ – множество, определяющее взаимосвязь состояний элементов OpenFlow протокола и последовательность их смены, которое соответствует требованиям спецификации версии 1.1.0; $(f, S_{SDN}, P)''_{\text{спец}}$ – множество, определяющее взаимосвязь состояний элементов OpenFlow протокола и последовательность их смены, которое соответствует требованиям спецификации версии 1.3.0.

SDN по своей природе относятся к сложным распределенным системам, количество элементов которых может значительно варьироваться. В рамках формального представления систем такого класса применяется модельный подход. Его преимуществом является четкая формализация элементов и их взаимодействия, а также учет структуры (топологии) и поведенческих свойств процессов.

Применение аппарата Е-сетей для формального представления и анализа процессов протокола OpenFlow. В качестве моделей, отображающих смену состояний элементов SDN (функционирования протокола OpenFlow), предлагается использовать математический аппарат Е-сетей [9], который обладает рядом преимуществ: позволяет проводить моделирование процессов синхронной и асинхронной природы. Наличие множества инвариантов меток позволяет учитывать особенности функционирования протокола OpenFlow,

функционирование которого определяется набором определенных атрибутов сети.

Аппарат E-сетей может быть применен в рамках решения задач разного уровня абстракции: как на уровне изменения таблиц маршрутизации на каждом отдельном OpenFlow коммутаторе (FlowTable) и его взаимодействии с SDN контроллером, так и в целях анализа маршрутов передачи данных, которые определяются правилами коммутации. При использовании аппарата E-сетей условия и выполнения команд (событий, имеющих место на уровне управления) отображаются (моделируются) переходами, изменение состояний коммутаторов и контроллера отображаются позициями.

Недостатком E-сетей является отсутствие возможности установления загрузки контроллера, а также некоторых характеристик, связанных с временем выполнения – момент обработки пакета, задержка, возникающая при обработке пакета. Однако, в рамках поставленных задач, данный фактор не учитывается. В качестве примера приведем модель E-сети, которая соответствует первичной стадии обмена управляющими сообщениями между контроллером и коммутатором (см. рис.). В связи с тем, что рисунок взят из пакета, на нем вместо индексных символов используются строчные.

Состояние *Switch learning (porti)* соответствует приходу нового сообщения на один из портов коммутатора (*porti*), об изменениях в топологии сети или добавлении нового пользователя. При этом перенаправление нового управляющего пакета контроллеру осуществляется в том случае, если в таблице переадресации коммутатора не найдено ни одного совпадения для поля *Match_j* (состояние *Don't find*). Если совпадения обнаружены (состояние *Find*), то коммутатор пересылает сообщение адресату, который указан в поле *destination source* таблицы переадресации (состояние *Forwarding data*) или осуществляет обработку сообщения (смена счетчиков, приоритета, адресата) – состояние *ChangeTable*. Состояние *ChangeCommand* соответствует передаче обработанного пакета коммутатору, которое может осуществляться напрямую или с помощью *FlowVisor* (состояние *FlowVisor*) посредством инкапсуляции различных пакетов управляющей информации в единый канал.

Получение пакета OpenFlow коммутатором осуществляется тем портом, который указан в заголовке *Match_j* (состояние *Receive porti*). Стоит отметить, что в соответствии со спецификацией OpenFlow пакеты могут быть доставлены как коммутатору, который инициировал установления соединения, так и всем коммутаторам сети, такую возможность в модели E-сети определяет состояние *Receive all ports*.

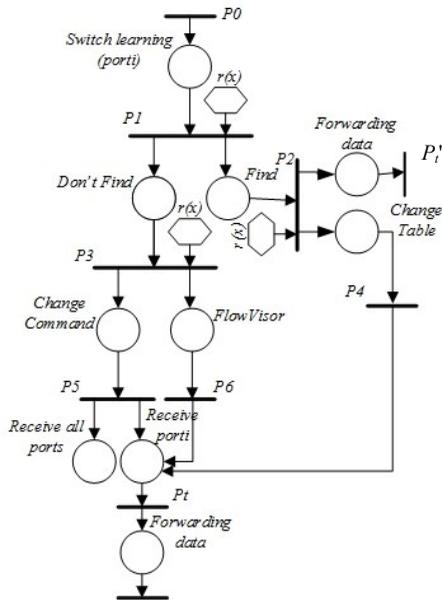


Рис. Модель процесса инициализации управляющего потока в сети по протоколу OpenFlow (на рис. вместо индексных символов используются строчные)

Переход P_0 модели Е-сети соответствует процессу поступления нового сообщения (пакета) от устройств, находящихся на уровне передачи данных. Переход P_1 является управляемым, он соответствует процессу "обучения" коммутатора. Управляющий предикат $r(x)$ содержит информацию о данных, занесенных в таблицу переадресации. Здесь работает следующее требование: пакет пересылается контроллеру только в том случае, если в таблице переадресации коммутатора не найдено ни одного совпадения в уже имеющемся поле $Match_j$: $P_1 \rightarrow Tf(Match_j \notin Match_{Tf})$. Процесс P_2 также содержит предусловия выполнения, в соответствии с которыми либо осуществляется его передача адресату, либо последующая обработка полей и передача адресату – этому процессу соответствует переход P_4 . Переход P_3 соответствует процессу обработки пакета контроллером с дальнейшей его передачей по тому же маршруту (переход P_5) либо инкапсулируя его

посредством Flowvisor (переход P_6). Переход P_i и P_i' соответствует процессу обработки полученного от контроллера пакета с набором команд, которые должны быть к нему применены: занесение в таблицу переадресации, модификация $Tf(f_{i_{din}}(Modif, t))$ или отбрасывание пакета $Tf(Drop)$.

Таким образом, аппарат E-сетей позволяет представить каждый процесс, соответствующий функционированию протокола OpenFlow с необходимым уровнем детализации. Свойства E-сетей широко применяются для анализа таких свойств, как живость, безопасность, сохраняемость, которые соответствуют необходимым свойствам сетей, построенных на основе концепции SDN.

Проведем анализ свойств модели E-сети, приведенной на рис. Сначала формально представим множество всех возможных процессов вида $f : P \rightarrow S_{SDN}$. Данное множество соответствует возможной последовательности срабатывания переходов:

$f_1 : P_0 P_1 P_3 P_3 P_t$ – последовательность соответствует достижению состояния *Forwarding data*;

$f_2 : P_0 P_1 P_2 P_t'$ – последовательность соответствует достижению состояния *Forwarding data*;

$f_3 : P_0 P_1 P_2 P_4 P_t$ – последовательность соответствует достижению состояния *Forwarding data*;

$f_4 : P_0 P_1 P_3 P_6 P_t$ – последовательность соответствует достижению состояния *Forwarding data*;

$f_5 : P_0 P_1 P_3 P_5$ – последовательность соответствует достижению состояния *Receive all ports*.

Последовательности переходов $f_1 - f_4$ соответствуют достижению заключительного состояния процесса инициализации. Модель сети удовлетворяет свойствам живости (каждый переход может быть запущен), все состояния сети достижимы, однако последовательность f_5 приводит в возникновению дублирования меток, что соответствует небезопасности сети, а, следовательно, некорректной работе.

Возникновение подобной ситуации обусловлено тем, что спецификация протокола OpenFlow не имеет на сегодняшний день четких инструкций, которые описывают тип доставки управляющих сообщений (наличие multicast рассылки контроллером, правила приема, отсутствие поддержки протокола IPv6). В данном примере анализ фрагмента сети

показал, что при multicast рассылке, процесс инициализации заканчивается некорректно.

Принципы работы FlowVisor. Чаще всего концепция SDN применяется для сетей средних и крупных масштабов. Примерами таких сетей служат Европейская сеть Ofelia, сеть США Geni, сети корпораций Google и Amazon. В целях эффективного использования ресурсов крупной распределенной сети под разные сервисы и сетевые задачи применяется технология виртуализации, которая позволяет группировать несколько OpenFlow в одну логическую сеть [8].

Виртуализация позволяет повысить эффективность распределения сетевых ресурсов и сбалансировать нагрузку на них; изолировать потоки разных пользователей и приложений в рамках одной физической сети; администраторам разных срезов использовать свои политики маршрутизации и правила управления потоками данных; проводить эксперименты в сети, используя реальную физическую сетевую инфраструктуру; использовать в каждом срезе только те сервисы, которые необходимы конкретным приложениям. В соответствии со спецификацией протокола OpenFlow каждая подобная логическая сеть (network slices), может быть выделена по ряду признаков; топологии, пропускной способности, производительности оборудования и др [10].

Одним из примеров виртуализации ресурсов SDN, разделения сети на срезы и управления ими является FlowVisor – программа-посредник (проxy) [11], действующая на уровне между OpenFlow-коммутаторами и различными контроллерами SDN. Посредством FlowVisor можно создавать логические сегменты сети, использующие разные алгоритмы управления потоками данных, обеспечивая изоляцию данных сетей друг от друга.

Каждый контроллер SDN управляет только своей логической сетью и не может оказывать влияния на функционирование других. Разделение сети на логические подсети является достаточно трудоемкой задачей. Процесс усложнен отсутствием единой логики построения и формирования каналов, методов изоляции потоков передаваемых данных, определение свойств Flowvisor (формирование дополнительных соединений, используемые протоколы шифрования).

FlowVisor, как и любое программное сетевое решение, имеет свои особенности. Модификация и конфигурация срезов зависят от логики программного кода, сетевых характеристик и версии спецификации. На сегодняшний день работа FlowVisor полноценно поддерживается только версией протокола OpenFlow 1.1, реализация остальных версий зачастую содержит ошибки из-за неточностей спецификации.

Рассмотрим пример формирования срезов. Формальное представление процессов и их последующий анализ.

Конфигурация срезов происходит в соответствии с определенными правилами [8, 10], которые зависят от требований к виртуализации, а также спецификации протокола. Базовыми правилами FlowVisor для каждого среза являются [11]:

- данные (управляющая информация) доступна только для чтения и пересылки;
- разрешена модификация данных;
- данные необходимо отбросить.

В дальнейшем срезы формируются в соответствии с правилами и политиками, заложенными при работе SDN. Однако, некоторые правила в зависимости от спецификации могут перекрывать друг друга, что противоречит правилам изоляции трафика.

Некоторые последовательности могут описывать процессы образования петель, как следствие некорректной работы протокола. Причиной возникновения петель и отбрасывания пакетов при недостаточной пропускной способности канала логического среза служит отсутствие механизма своевременного предупреждения SDN контроллера о переполнении и отсутствие управляющих команд. Данная проблема связана с отсутствием четких требований к работе FlowVisor в спецификациях протокола OpenFlow.

Выводы. В соответствии с поставленной целью проведен обзор свойств, которыми должны обладать сети, построенные на основе концепции SDN. Установлено, что основными свойствами, которые соответствуют корректному функционированию сетевой инфраструктуры, являются живость, отсутствие тупиков и зацикливаний. В результате проведенной работы предложены формализмы, которые позволяют выполнить пошаговую проверку соответствия реализации SDN или ее составляющих предъявляемым требованиям и установить возможность возникновения противоречий.

В качестве метода анализа свойств SDN и их основных компонентов предложено применение аппарата E-сети и поведенческих цепочек. Данный подход позволяет провести анализ всех заданных и возможных граничных состояний элементов сети на стадии разработки.

Анализ модели E-сети процесса инициализации управляющего потока показал, что ряд действий приводит к возникновению тупиков: $f_5 : P_0 P_1 P_3 P_5$. Было выявлено, что причиной из возникновения является отсутствие точных требований спецификации о доставке управляющих команд от контроллера к коммутатору OpenFlow.

Таким образом, формализация свойств и анализ протокола OpenFlow с помощью аппарат Е-сетей позволяет выявить ряд ошибок, которые приводят к некорректной работе протокола.

Список литературы: 1. *Egawa T.* SDN standardization Landscape from ITU-T Study Group / *T. Egawa* // ITU Workshop on SDN, 4 June 2013. – Geneva: GTU, 2013. – P. 41-46. 2. OpenFlow Switch Specification (Series) [Electronic resource] // Open Networking Foundation. – 2014. – 120 p. – Режим доступа: <https://www.opennetworking.org/sdn-resources/onf-specifications/openflow>. 3. *Kim H.* Improving network management with software-defined networking / *H. Kim, N. Feamster* // Communications Magazine. IEEE. – 2013 – № 6 – P. 114-119. 4. *Al-Shaer E.* Network Configuration in a Box: Toward End-to-End Verification of Network Reachability and Security / *E. Al-Shaer, W. Marrero, A. El-Atawy* // 17th IEEE International Conference on Network Protocols (ICNP'09) – New Jersey: BTH, 2009. – P. 123-132. 5. *Mai H.* Debugging of the Data Plane with Anteatr / *H. Mai, A. Khurshid, R. Agarwal* // Proceedings of the ACM SIGCOMM conference. – NY: CU, 2011. – P. 290-301. 6. *Мухайлов Н.К.* Концепции системного анализа и проектирования базовых телекоммуникационных средств единого информационного пространства Украины / *Н.К. Мухайлов* // Праці УНДІРТ. – 2004. – № 2 (38). – С. 3-10. 7. Отчёт о НИР по теме: Создание прототипа отечественной ПКС платформы управления сетевыми ресурсами и потоками с помощью сетевой операционной системы (СОС) на основе анализа и оценки существующих сетевых операционных систем для ПКС сетей и выбора одной из них для последующего. – М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2014. 8. FlowVisor: A Network Virtualization Layer [Electronic resource] // Open Networking Foundation – 2009. – 56 p – Режим доступа: <http://archive.openflow.org/downloads/technicalreports/openflow-tr-2009-1-flowvisor.pdf>. 9. *Iversen V.B.* Teletraffic engineering and network planning / *V.B. Iversen*. – DTU Course 34340, 2010. – 623 p. 10. *Лосев Ю.И.* Применение методов анализа Е-сетей к моделям СОД / *Ю.И. Лосев, С.И. Шматков, Е.В. Дуравкин* // Радиотехника: Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. – 2002. – Вып.132. – С. 149-151. 11. *Oppenheimer P.* Top-Down Network Design. Third Edition / *P. Oppenheimer*. – Cisco Systems, Inc., 2011. – 447 p.

Bibliography (transliterated): 1. *Egawa T.* SDN standardization Landscape from ITU-T Study Group / *T. Egawa* // ITU Workshop on SDN, 4 June 2013. – Geneva: GTU, 2013. – P. 41-46. 2. OpenFlow Switch Specification (Series) [Electronic resource] // Open Networking Foundation. – 2014. – 120 p. – Rezhim dostupa: <https://www.opennetworking.org/sdn-resources/onf-specifications/openflow>. 3. *Kim H.* Improving network management with software-defined networking / *H. Kim, N. Feamster* // Communications Magazine. IEEE. – 2013 – № 6 – P. 114-119. 4. *Al-Shaer E.* Network Configuration in a Box: Toward End-to-End Verification of Network Reachability and Security / *E. Al-Shaer, W. Marrero, A. El-Atawy* // 17th IEEE International Conference on Network Protocols (ICNP'09) – New Jersey: BTH, 2009. – P. 123-132. 5. *Mai H.* Debugging of the Data Plane with Anteatr / *H. Mai, A. Khurshid, R. Agarwal* // Proceedings of the ACM SIGCOMM conference. – NY: CU, 2011. – P. 290-301. 6. *Mihajlov N.K.* Koncepcii sistemnogo analiza i proektirovanija bazovih telekommunikacionnyh sredstv edinogo informacionnogo prostranstva Ukrainy / *N.K. Mihajlov* // Praci UNDIRT. – 2004. – № 2 (38). – S. 3-10. 7. Otchjot o NIR po teme: Sozdanie prototipa otechestvennoj PKS platformy upravlenija setevymi resursami i potokami s pomoshh'ju setevoj operacionnoj sistemy (SOS) na osnove analiza i ocenki sushhestvujushhijh setevyh operacionnyh sistem dlja PKS setej i vybora odnoj iz nih dlja posledujushhego. – М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2014. 8. FlowVisor: A Network Virtualization Layer [Electronic resource] // Open Networking Foundation – 2009. – 56 p – Rezhim dostupa: <http://archive.openflow.org/downloads/technicalreports/openflow-tr-2009-1-flowvisor.pdf>. 9. *Iversen V.B.* Teletraffic engineering and network planning / *V.B. Iversen*. – DTU

Course 34340, 2010. – 623 p. **10.** *Losev Ju.I.* Primenenie metodov analiza E-setej k modeljam SOD / *Ju.I. Losev, S.I. Shmatkov, E.V. Duravkin* // Radiotekhnika: Vseukr. mezhdved. nauch.-tehn. sb. – 2002. – Vyp.132. – S. 149-151. **11.** *Oppenheimer P.* Top-Down Network Design. Third Edition / *P. Oppenheimer.* – Cisco Systems, Inc., 2011. – 447 p.

Поступила (received) 10.03.2015

Статью представил д-р техн. наук, проф. Харьковского национального университета радиоэлектроники Дуравкин Е.В.

Tkachova Olena, PhD, Ass. professor
Kharkiv National University of Radio Electronics
Str. Lenina, 16, Kharkov, Ukraine, 61166
Tel.: (050) 0567283, e-mail: korov4enko@mail.ru
ORCID ID: 0000-0003-1890-5388

Isaam Saad, postgraduate student
Kharkiv National University of Radio Electronics
Str. Lenina, 16, Kharkov, Ukraine, 61166
Tel.: (057) 7076841, e-mail: asSaad@mail.ru
ORCID ID: 0000-0003-5367-5349

Mohammed Jamal Salim, postgraduate student
Odessa National Academy of Telecommunications named after A.S. Popov
Str. Kuznechnaya, 1, Odessa, Ukraine, 65029
Tel.: (048) 723-23-44, e-mail: 71dkh@ukr.net
ORCID ID: 0000-0002-5367-3319

РЕФЕРАТИ

РЕФЕРАТЫ

ABSTRACTS

УДК 519.246.8

Застосування методів фрактального аналізу при дослідженні часових рядів / Антонова І.В., Чікіна Н.О. // Вісник НТУ "ХПИ". Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПИ". – 2015. – № 32 (1141). – С. 4 – 10.

У роботі наведені результати застосування методів фрактального аналізу щодо ідентифікації часового ряду, який характеризує розповсюдженість різних шкірних захворювань в Україні. Метод заснований на обчисленні індекса фрактальності і може бути застосований для визначення фрактальних характеристик часових рядів у медицині та соціології. Ил.: 2. Табл.: 1. Бібліогр.: 11 назв.

Ключові слова: фрактальний аналіз, ідентифікація часового ряду, шкірні захворювання, індекс фрактальності.

УДК 519.246.8

Применение методов фрактального анализа к исследованию временных рядов / Антонова И.В., Чикина Н.А. // Вестник НТУ "ХПИ". Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПИ". – 2015. – № 32 (1141). – С. 4 – 10.

В работе представлены результаты применения методов фрактального анализа для идентификации временного ряда, характеризующего распространенность различных кожных заболеваний в Украине. Метод основан на вычислении индекса фрактальности и может быть использован для определения фрактальных характеристик временных рядов в медицине и социологии. Ил.: 2. Табл.: 1. Библиогр.: 11 назв.

Ключевые слова: фрактальный анализ, идентификация временного ряда, кожные заболевания, индекс фрактальности.

UDC 519.246.8

Application of fractal analysis methods for research of time series / Antonova I.V., Chikina N.A. // Herald of the National Technical University "KhPI". Subject issue: Information Science and Modeling. – Kharkov: NTU "KhPI". – 2015. – № 32 (1141). – P. 4 – 11.

The article considers the results of fractal analysis methods application for identification of time series, characterizing prevalence of different skin diseases in Ukraine. The method is based on the calculation of fractal index and can be used for fractal characteristic determination of time series in medicine and sociology. Figs.: 2. Tabl.: 1. Refs.: 11 titles.

Keywords: fractal analysis, identification of time series, skin diseases, fractal index.

УДК 651.326

Створення моделі інформаційно-обчислювальної системи для пристроїв неінвазивної діагностики / Барило Г.І., Вірт В.В., Готра З.Ю., Івах М.С., Кожухар О.Т. // Вісник НТУ "ХПИ". Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПИ". – 2015. – № 32 (1141). – С. 11 – 18.

Проведено огляд засобів обчислення та електронних інформаційно-обчислювальних систем неінвазивної діагностики. Розроблено структурну схему моделі, яка передбачає використання аналізу та оброблення значень параметрів вхідних інформаційних сигналів за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення MathCad. Іл.: 2. Бібліогр.: 8 назв.

Ключові слова: модель, інформаційно-обчислювальна система, неінвазивна діагностика, спеціалізоване програмне забезпечення.

УДК 651.326

Создание модели информационно-вычислительной системы для устройств неинвазивной диагностики / Барыло Г.И., Вирт В.В., Готра З.Ю., Ивах М.С., Кожухар А.Т. // Вестник НТУ "ХПИ". Серія: Інформатика и моделирование. – Харьков: НТУ "ХПИ". – 2015. – № 32 (1141). – С. 11 – 18.

Проведен обзор средств вычисления и электронных информационно-вычислительных систем неинвазивной диагностики. Разработана структурная схема модели, которая предусматривает использование анализа и обработки значений параметров входных информационных сигналов с помощью специализированного программного обеспечения MathCad. Ил.: 2. Библиогр.: 8 назв.

Ключевые слова: модель, информационно-вычислительная система, неинвазивная диагностика, специализированное программное обеспечение.

UDC 651.326

Creating a model information and accounting systems for noninvasive diagnosis devices / Barylo G.I., Virt V.V., Hotra Z.Yu., Ivakh M.S., Kozhukhar O.T. // Herald of the National Technical University "KhPI". Subject issue: Information Science and Modelling. – Kharkov: NTU "KhPI". – 2015. – № 32 (1141). – P. 11 – 18.

The review means computing and electronic data-processing systems noninvasive diagnosis. The flow diagram of the model, which involves the use of analysis and processing parameter values input information signals using specialized software MathCad. Figs.: 2. Refs.: 8 titles.

Keywords: model, information and accounting systems, noninvasive diagnostics, specialized software.

УДК 004.932:616-073.7

Метод підвищення якості візуалізації рентгенологічних зображень / Бойко Д.О., Філатова Г.Є. // Вісник НТУ "ХПИ". Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПИ". – 2015. – № 32 (1141). – С. 19 – 26.

В роботі запропонована математична модель зображення молочної залози на мамограмі, що враховує властивості реєстрованих зображень. На основі запропонованої математичної моделі та існуючих методів цифрової обробки сигналів розроблений метод підвищення якості візуалізації мамограм. Перевірена працездатність методу на реальних цифрових мамограмах. Ил.: 1. Библиогр.: 10 назв.

Ключові слова: математична модель зображення молочної залози, мамограма, цифрова обробка сигналів, метод підвищення якості візуалізації.

УДК 004.932:616-073.7

Метод повышения качества визуализации рентгенологических изображений / Бойко Д.А., Филатова А.Е. // Вестник НТУ "ХПИ". Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПИ". – 2015. – № 32 (1141). – С. 19 – 26.

В работе предложена математическая модель изображения молочной железы на маммограмме, учитывающая свойства регистрируемых изображений. На основе предложенной математической модели и методов цифровой обработки сигналов разработан метод повышения качества визуализации маммограмм. Проверена работоспособность метода на реальных цифровых маммограммах. Ил.: 1. Библиогр.: 10 назв.

Ключевые слова: математическая модель изображения молочной железы, маммограмма, цифровая обработка сигналов, метод повышения качества визуализации.

UDC 004.932:616-073.7

Method of improving the quality of radiographic image visualization / Boyko D.A., Filatova A.E. // Herald of the National Technical University "KhPI". Subject issue: Information Science and Modelling. – Kharkov: NTU "KhPI". – 2015. – № 32 (1141). – P. 19 – 26.

In this paper the mathematical model of imaging breast in a mammogram is suggested, the model takes into account the properties of the recorded images. The method to improve the quality of visualization of mammograms is developed based on the proposed mathematical models and existing methods of digital signal processing. Efficiency of the method is evaluated on real digital mammograms. Figs.: 1. Refs.: 10 titles.

Keywords: the mathematical model of imaging breast, a mammogram, digital signal processing, a method to improve the quality of visualization.

УДК 004.519.7 (045)

Умови тотожності логіко-лінгвістичних моделей простих речень природної мови / Вавіленкова А.І. // Вісник НТУ "ХПИ". Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПИ". – 2015. – № 32 (1141). – С. 27 – 35.

Висвітлено проблему розробки теоретичних положень з систематизації процесу пошуку синонімічних конструкцій як основного механізму на шляху виявлення текстових дублікатів. Сформульовано умови тотожності логіко-лінгвістичних моделей для можливості створення формул, що описують рівнозначні за змістом речення природної мови. Бібліогр.: 12 назв.

Ключові слова: синонімічні конструкції, текстові дублікати, тотожність, логіко-лінгвістичні моделі, рівнозначний, природна мова.

УДК 004.519.7 (045)

Условия тождественности логико-лингвистических моделей простых предложений естественного языка / Вавиленкова А.И. // Вестник НТУ "ХПИ". Серія: Інформатика и моделирование. – Харьков: НТУ "ХПИ". – 2015. – № 32 (1141). – С. 27 – 35.

Освещена проблема разработки теоретических основ для систематизации процесса поиска синонимических конструкций как основного механизма на пути выявления текстовых дубликатов. Сформулированы условия тождества логико-лингвистических моделей для возможности создания формул, которые описывают равнозначные по смыслу предложения естественного языка. Библиогр.: 12 назв.

Ключевые синонимические конструкции, текстовые дубликаты, тождество, логико-лингвистические модели, равнозначный, естественный язык.

UDC 004.519.7 (045)

Identity terms of logic and linguistic models of simple natural language sentences / Vavilenkova A.I. // Herald of the National Technical University "KhPI". Subject issue: Information Science and Modelling. – Kharkov: NTU "KhPI". – 2015. – № 32 (1141). – P. 27 – 35.

The article deals with the problem of development of theoretical foundations for organizing the process of searching synonymous structures as the main mechanism for identifying duplicates in text. A study formulates the identity terms of the logical-linguistic models for creation formulas that describe the equivalent in content sentences of natural language. Refs.: 12 titles.

Keywords: synonymous structures, duplicates in text, identity, logical-linguistic models, equivalence, natural language.

УДК 621.314.7

Визначення позиції зразка в ЯМР-спектрометрі / Даниленко О.Ф., Дьяков О.Г. Ребенок М.І., Нізій А.В. // Вісник НТУ "ХПИ". Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПИ". – 2015. – № 32 (1141). – С. 36 – 41.

Проведено аналіз впливу параметрів вимірювальної установки ЯМР-спектрометра на інтенсивність сигналу луни, що приймається. Запропоновано пристрій та алгоритм оптимізації позиціонування зразка дослідження в магнітному полі котушки. Застосовано пошук екстремуму сигналу в установці ЯМР-спектрометра на основі чисел Фібоначчі з метою отримання максимальної амплітуди сигналу луни. Розглянута можливість реалізації даного алгоритму на АРМ-мікроконтролері і використання пристрою позиціонування в системі управління ЯМР-спектрометром. Ил.: 1. Бібліогр.: 10 назв.

Ключові слова: вимірювальна установка, ЯМР-спектрометр, сигнал луни, алгоритм оптимізації, магнітне поле, пошук екстремуму, числа Фібоначчі.

УДК 621.314.7

Определение позиции образца в ЯМР-спектрометре / Даниленко А.Ф., Дьяков А.Г. Ребенок Н. И., Низий А.В. // Вестник НТУ "ХПИ". Серія: Інформатика і моделювання. – Харків: НТУ "ХПИ". – 2015. – № 32 (1141). – С. 36 – 41.

Проведен аналіз впливу параметрів вимірювальної установки ЯМР-спектрометра на інтенсивність приймаемого ехо-сигнала. Предложено устройство и алгоритм оптимизации позиционирования образца в магнитном поле катушки. Применен алгоритм поиска экстремума амплитуды приймаемого эхо-сигнала на основе чисел Фібоначчі. Рассмотрена возможность реализации предложенного алгоритма на микроконтроллере АРМ и использование его в системе управления ЯМР-спектрометром. Ил.: 1. Библиогр.: 10 назв.

Ключевые слова: измерительная установка, ЯМР-спектрометр, эхо-сигнал, алгоритм оптимизации, магнитное поле, поиск экстремума, числа Фібоначчі.

UDK 621.314.7

Positioning of standard in NMR-spectrometer / Danilenko A.F., Djakov A.G., Rebenok N.I., Nizii A.V. / Herald of the National Technical University "KhPI". Subject issue: Information Science and Modelling. – Kharkov: NTU "KhPI". – 2015. – № 32 (1141). – P. 36 – 41.

The analysis of influencing of parameters of the measuring setting is conducted NMR-spectrometer on intensity of the adopted echo-signal. A device and an algorithm for optimizing the positioning of the sample in the magnetic field of the coil. The search of extremum of signal is applied in setting NMR-spectrometer on the basis of numbers Fibonacci with the purpose of receipt of maximal amplitude of the adopted echo-signal. Marketability this algorithm is considered on microcomptroller and introductions of device of positioning to the control system of NMR-spectrometer. Figs.: 1. Refs.: 10 titels.

Keywords: the measuring setting, NMR-spectrometer, echo-signal, algorithm of optimization, magnetic field, search of extremum, numbers Fibonacci.

УДК 004.383.8: 681.322

Нейронна мережа, що розпізнає групи зображень / Дмитрієнко В.Д., Леонов С.Ю., Главчев Д.М. // Вісник НТУ "ХПИ". Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПИ". – 2015. – № 32 (1141). – С. 42 – 50.

На основі нейронної мережі адаптивної резонансної теорії ART-1 та мережі ART, здатної визначати кілька рішень (якщо вони існують), розроблена нейронна мережа, здатна розпізнавати як окремі зображення, так і групи зображень. Наведено архітектура та алгоритми функціонування нейронної мережі. Лл .: 3. Бібліогр .: 12 назв.

Ключові слова: нейронна мережа адаптивної резонансної теорії, нейронна мережа, що розпізнає групи зображень.

УДК УДК 004.383.8: 681.322

Нейронная сеть, распознающая группы изображений / Дмитриенко В.Д., Леонов С.Ю., Главчев Д.М. // Вестник НТУ "ХПИ". Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПИ". – 2015. – № 32 (1141). – С. 42 – 50

На основе нейронной сети адаптивной резонансной теории ART-1 и сети ART, способной определять несколько решений (если они существуют), разработана нейронная сеть, способная распознавать как отдельные изображения, так и группы изображений. Приведена архитектура и алгоритмы функционирования нейронной сети. Ил.: 3. Библиогр.: 12 назв.

Ключевые слова: нейронная сеть адаптивной резонансной теории, нейронная сеть, распознающая группы изображений.

UDC УДК 004.383.8: 681.322

A neural network that recognizes a group of images / Dmitrienko V.D., Leonov S.Yu., Glavchev D.M. // Herald of the National Technical University "KhPI". Subject issue: Information Science and Modelling. – Kharkov: NTU "KhPI". – 2015. – № 32 (1141). – P. 42 – 50

On the basis of neural network adaptive resonance theory ART-1 and ART network capable of detecting multiple solutions (if they exist), it developed a neural network capable of recognizing both individual images and groups of images. The architecture and algorithms of neural network is given. Figs.: 3 . Refs.: 12 titles.

Keywords: neural network adaptive resonance theory neural network that recognizes a group of images .

УДК 004.383.8.032.26:621.9

Застосування нейронної мережі багат шарової асоціативної пам'яті для оптимального вибору обладнання технологічного процесу / Дмитрієнко В.Д., Хавіна І.П., Бречко В.О. // Вісник НТУ "ХПИ". Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПИ". – 2015. – № 32 (1141). – С. 51 – 59.

Вперше на основі нейромережевої асоціативної пам'яті запропонована архітектура та алгоритми функціонування багат шарової асоціативної пам'яті з керуючими нейронами, яка може запам'ятовувати ланцюжки асоціацій. Багат шарова асоціативна пам'ять використовується для синтезу оптимальних маршрутних карт отримання виробів методами лезвийної обробки матеріалів. Іл.: 4. Табл.: 1. Бібліогр.: 11 назв.

Ключові слова: асоціативна пам'ять, ланцюжки асоціацій, технологічний процес, маршрутна карта.

УДК 004.383.8.032.26:621.9

Применение нейронной сети многослойной ассоциативной памяти для оптимального выбора оборудования технологического процесса / Дмитриенко В.Д., Хавина И.П., Бречко В.А. // Вестник НТУ "ХПИ". Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПИ". – 2015. – № 32 (1141). – С. 51 – 59.

Впервые на основе нейросетевой ассоциативной памяти предложены архитектура и алгоритмы функционирования многослойной ассоциативной памяти с управляющими нейронами, которая может запоминать цепочки ассоциаций. Многослойная ассоциативная память используется для синтеза оптимальных маршрутных карт получения изделий методами лезвийной обработки материалов. Ил.: 4. Табл.: 1. Библиогр.: 11 назв.

Ключевые слова: ассоциативная память, цепочки ассоциаций, технологический процесс, маршрутная карта.

UDC 004.383.8.032.26:621.9

The use of a multilayer neural network associative memory for optimal choice of process equipment / Dmitrienko V.D., Khavina I.P., Brechko V.A. // Herald of the National Technical University "KhPI". Subject issue: Information Science and Modelling. – Kharkov: NTU "KhPI". – 2015. – № 32 (1141). – P. 51 – 59.

For the first time on the basis of neural associative memory architecture and algorithms of multi-layer associative memory with control neurons, which can store chain associations, are offered. Multi-layer associative memory is used to create the optimal product route sheets obtain blade materials processing methods. Figs.: 4. Tabl.: 1. Refs.: 11 titles.

Keywords: associative memory, chain of associations, process equipment, route sheet.

УДК 004.415.2

Медичний мобільний пристрій на базі ОС ANDROID / Дорош О.І.
// Вісник НТУ "ХПИ". Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПИ".
– 2015. – № 32 (1141). – С. 60 – 68.

В роботі розглянуто створення медичного пристрою для систем мобільної медицини з врахуванням особливостей ОС ANDROID та способу реєстрації фізіологічних показників. Запропоновано структуру та алгоритм роботи комплексної багаторівневої мобільної персоналізованої системи тривалого спостереження, аналізу та контролю фізіологічних показників здоров'я людини з подвійним доступом для пацієнтів та лікарів. Представлено результати тестових та експериментальних досліджень з використанням розробленого пристрою. Лл.: 2. Бібліограф.: 10 назв.

Ключові слова: системи мобільної медицини, ОС ANDROID, медичний пристрій, мобільна персоналізована система тривалого спостереження.

УДК 004.415.2

Медицинское мобильное устройство на базе ОС ANDROID / Дорош О.И. // Вестник НТУ "ХПИ". Серія: Інформатика и моделирование. – Харков: НТУ "ХПИ". – 2015. – № 32 (1141). – С. 60 – 68.

В работе рассмотрено создание медицинского устройства для систем мобильной медицины с учетом особенностей ОС ANDROID и способа регистрации физиологических показателей. Предложена структура и алгоритм работы комплексной многоуровневой мобильной персонализированной системы длительного наблюдения, анализа и контроля физиологических показателей здоровья человека с двойным доступом для пациентов и врачей. Представлены результаты тестовых и экспериментальных исследований с использованием разработанного устройства. Ил.: 2. Библиогр.: 10 назв.

Ключевые слова: системы мобильной медицины, ОС ANDROID, медицинское устройство, мобильная персонализированная система длительного наблюдения.

UDC 004.415.2

Mobile healthcare devices based on ОС ANDROID / Dorosh O.I. // Herald of the National Technical University "KhPI". Subject issue: Information Science and Modelling. – Kharkov: NTU "KhPI". – 2015. – № 32 (1141). – P. 60 – 68.

It is consider the establishment of a medical device for mobile medical systems incl ANDROID OS features and the way of registration of physiological parameters. The structure and algorithm of complex multi-system mobile personalized long observation, analysis and monitoring of physiological parameters of human health with dual access for patients and doctors. The results of tests and experimental studies using the developed device. Figs.: 2. Refs.: 10 titles.

Keywords: mobile medical systems, ОС ANDROID, medical device, mobile personalized long observation.

УДК 004.045

Автоматизована система для дослідження та прогнозування когнітивної поведінки людини під час екстремальних ситуацій / Злепко С.М., Коваль Л.Г., Навроцька К.С. // Вісник НТУ "ХПИ". Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПИ". – 2015. – № 32 (1141). – С. 69 – 78.

Проблема стійкості, надійної діяльності людини в умовах впливу екстремальних факторів і розвитку психологічного (професійного) стресу привернула до себе підвищену увагу і придбала певні обриси як самостійна область досліджень у зв'язку з розвитком техніки, систем автоматизованого управління виробництвом і, особливо, комп'ютеризацією всіх сфер діяльності. Виходячи з фізіологічної і когнітивної організації людини та інформаційних технологій розроблено схему для дослідження та прогнозування когнітивної поведінки людини. Ил.: 4. Бібліогр.: 11 назв.

Ключові слова: прогнозування, когнітивна поведінка людини, екстремальна ситуація, автоматизована система.

УДК 004.045

Автоматизированная система для исследования и прогнозирования когнитивного поведения человека во время экстремальных ситуаций / Злепко С.М., Коваль Л.Г., Навроцкая К.С. // Вестник НТУ "ХПИ". Серія: Інформатика и моделирование. – Харьков: НТУ "ХПИ". – 2015. – № 32 (1141). – С. 69 – 78.

Проблема устойчивости, надежной деятельности человека в условиях воздействия экстремальных факторов и развития психологического (профессионального) стресса привлекла к себе повышенное внимание и приобрела определенные очертания как самостоятельная область исследований в связи с развитием техники, систем автоматизированного управления производством и, особенно, компьютеризацией всех сфер деятельности. Исходя из физиологической и когнитивной организации человека и информационных технологий разработана схема для исследования и прогнозирования когнитивного поведения человека. Ил.: 4. Библиогр.: 11 назв.

Ключевые слова: прогнозирование, когнитивное поведение человека, экстремальная ситуация, автоматизированная система.

UDC 004.045

Automated system for research and prediction of cognitive human behavior in extreme situations / Zlepko S.M., Koval L.G., Navrotskaya K.S. // Herald of the National Technical University "KhPI". Subject issue: Information Science and Modelling. – Kharkov: NTU "KhPI". – 2015. – № 32 (1141). – P. 69 – 78.

The problem of stability, robust human activity in conditions of extreme factors and psychological development (professional) stress attracted increased attention and gained some shape as an independent area of research with the development of technology, computer-aided production management and especially computerization all areas. Based on the physiological and cognitive human organization and information technology developed scheme for research and prediction cognitive behavior. Figs.: 4. Refs.: 11 titles.

Keywords: prediction, cognitive human behavior, extreme situation, the automated system.

УДК 004.512: 004.514

Дослідження HUD-подібних інтерфейсів / Зиков І.С., Лейбенко Г.Ю., Лейбенко О.І. // Вісник НТУ "ХПИ". Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПИ". – 2015. – № № 32 (1141). – С. 79 – 85.

Розглянуто сильні та слабкі сторони графічних користувацьких інтерфейсів та інтерфейсу командного рядку. Описані переваги запропонованого підходу HUD-інтерфейсу. Описані можливості, що надаються, розроблюваним інструментом, а також можливі напрямки його розвитку. Запропонована і описана архітектура інструменту реалізації досліджуваного типу інтерфейсу для операційних систем сімейства Windows. Іл.: 2. Бібліогр.: 10 назв.

Ключові слова: графічні користувацькі інтерфейси, інтерфейс командного рядку.

УДК 004.512: 004.514

Исследование HUD-подобных интерфейсов / Зыков И.С., Лейбенко Г.Ю., Лейбенко Е.И. // Вестник НТУ "ХПИ". Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПИ". – 2015. – № 32 (1141). – С. 79 – 85.

Рассмотрены сильные и слабые стороны графических пользовательских интерфейсов и интерфейса командной строки. Описано преимущества предложенного подхода HUD-интерфейса. Описаны возможности для исследования предоставляемые разрабатываемым инструментом, а также возможные направления его развития. Предложена и описана архитектура инструмента реализации исследуемого типа интерфейса для операционных систем семейства Windows. Ил.: 2. Библиогр.: 10 назв.

Ключевые слова: графический пользовательский интерфейс, интерфейс командной строки.

UDC 004.512: 004.514

The study of HUD-like interfaces / Zykov I.S., Leibenko H.Yu., Leibenko O.I. // Herald of the National Technical University "KhPI". Subject issue: Information Science and Modelling. – Kharkov: NTU "KhPI". – 2015. – № № 32 (1141). – P. 79 – 85.

This paper presents pros and cons of graphical and command line user interfaces. Demonstrates advantages of the suggested HUD-like approach. Also this paper contains information about abilities provided by developed tool for further investigation and roadmap direction of extension. Also provided information about internal architecture of tool which implements the idea of suggested interface type for Windows family operation systems. Figs.: 2. Refs.: 10 titles.

Keywords: graphical user interface, command line user interface.

УДК 621.396.6

Вибір методів оцінювання втрат та розробка програмних моделей для оцінювання електромагнітної доступності засобів радіомоніторингу / Каложний М.М., Галкин С.О., Коржуков К.М., Семенов Г.М. Чернов А.Б. // Вісник НТУ "ХПІ". Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПІ". – 2015. – № 32 (1141). – С. 86 – 96.

Надано результати аналізу застосування верифікованих міжнародною спільнотою електров'язку методів розрахунку затухання сигналу та/або напруженості поля на трасі розповсюдження радіохвиль у програмних продуктах, які призначені для оцінювання електромагнітної досяжності радіоелектронних засобів різноманітного призначення широкосмуговим засобам радіомоніторингу. Наведено порівняльний аналіз результатів розрахунків із результатами експериментальних досліджень. Іл.: 4. Бібліогр.: 9 назв.

Ключові слова: електромагнітна доступність засобів радіомоніторингу, затухання сигналу, напруженість поля, радіомоніторинг.

УДК 621.396.6

Выбор методов оценивания потерь и разработка программных моделей для оценивания электромагнитной доступности средств радиомониторинга / Каложный Н.М., Галкин С.А., Коржуков К.Н., Семенов Г.Н. Чернов А.Б. // Вестник НТУ "ХПИ". Серія: Інформатика и моделирование. – Харків: НТУ "ХПИ". – 2015. – № 32 (1141). – С. 86 – 96.

Представлены результаты анализа применения верифицированных международным союзом электросвязи методов расчета затухания сигнала и/или напряженности поля на трассе распространения радиоволн в программных продуктах, предназначенных для оценки электромагнитной доступности радиоэлектронных средств различного назначения широкополосным средствам радиомониторинга. Приведен сравнительный анализ результатов расчетов с результатами экспериментальных исследований. Ил.: 4. Библиогр.: 9 назв.

Ключевые слова: электромагнитная доступность средств мониторинга, затухание сигнала, напряженность поля, радиомониторинг.

UDK 621.396.6

The choice of methods for estimating the losses and the development of software models for the evaluation of electromagnetic accessibility of radio monitoring / Kalyuzhnyi N. M., Galkin S. A., Korzhukov K. N., Semenov G. N., Chernov A.B. // Herald of the National Technical University "KhPI". Subject issue: Information Science and Modelling. – Kharkov: NTU "KhPI". – 2015. – № 32 (1141). – P. 86 – 96.

The results of the analysis of using verified the International Telecommunication Union methods of calculating the signal attenuation and/or field strength on the route propagation software products, designed to assess the availability of electromagnetic radio-electronic means of various purpose wideband radio monitoring. The comparative analysis of results of calculation with the results of experimental studies. Figs.: 4. Refs.: 9 titles.

Keywords: electromagnetic availability of radio monitoring, signal attenuation, the field strength, radio monitoring.

УДК 004.77:37.04

Дослідження інформаційної моделі освітнього простору студента при вивченні гуманітарних дисциплін / Карасюк В.В., Іванов С.М. // Вісник НТУ "ХПИ". Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПИ". – 2015. – № 32 (1141).. – С. 97 – 103.

У статті викладено дослідження особливостей індивідуального освітнього простору для тих, хто вивчає право. Вказані особливості правової інформації та можливості використання хмарових сервісів у індивідуальному освітньому просторі. Онтології названо засобом інтеграції електронних навчальних матеріалів. Наведені дані дослідження засобів подачі навчальних матеріалів. Іл.: 1. Табл.: 1. Бібліогр.: 12 назв.

Ключові слова: індивідуальний освітній простір, правова інформація, онтологія, інформаційна модель, електронні навчальні матеріали.

УДК 004.77:37.04

Исследование информационной модели образовательного пространства студента при изучении гуманитарных дисциплин / Карасюк В.В., Иванов С.М. // Вестник НТУ "ХПИ". Серія: Інформатика и моделирование. – Харьков: НТУ "ХПИ". – 2015. – № 32 (1141).. – С. 97 – 103.

В статье изложено исследование особенностей индивидуального образовательного пространства для изучающих право. Указаны особенности правовой информации и возможности использования облачных сервисов в индивидуальном образовательном пространстве. Онтологии названы средством интеграции электронных учебных материалов. Приведены данные исследования средств подачи учебного материала. Ил.: 1. Табл.: 1. Библиогр.: 12 назв.

Ключевые слова: индивидуальное образовательное пространство, правовая информация, онтология, информационная модель, электронные учебные материалы.

UDC 004.77:37.04

The research of information model of students personal knowledge space in the study of law / Karasiuk V., Ivanov S. // Herald of the National Technical University "KhPI". Subject issue: Information Science and Modelling. – Kharkov: NTU "KhPI". – 2015. – № 32 (1141). – P. 97 – 103.

The article describes a study of features of Personal Knowledge Space for studying law. Peculiarities of legal information and the possibility of using cloud services in the Personal Knowledge Space are listed. Ontology named as the integration tool of e-learning materials. The data of the study means for supplying educational material. Figs.: 1. Tabl.: 1. Refs.: 12 titles.

Keywords: personal knowledge space, legal information, ontology, information model, e-learning materials.

УДК 004.421

Системний підхід до проблеми розробки програмного забезпечення для оцінки психічного статусу здоров'я / Козловська В.О., Котова А.Б. // Вісник НТУ "ХПИ". Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПИ". – 2015. – № 32 (1141). – С. 104 – 112.

Розглянуто системний підхід до проблеми оцінювання психічного здоров'я людини. Визначено концептуальні основи розробки програмного забезпечення для оцінки психічного статусу здоров'я. Запропоновано вдосконалену модель психічного статусу здоров'я. На основі інформаційно-структурної моделі запропоновано схему отримання оцінки психічного статусу здоров'я. Іл.: 3. Бібліогр.: 11 назв.

Ключові слова: системний підхід, психічний статус здоров'я, інформаційно-структурна модель.

УДК 004.421

Системный подход к проблеме разработки программного обеспечения для оценки психического статуса здоровья / Козловская В.А., Котова А.Б. // Вестник НТУ "ХПИ". Серія: Інформатика и моделирование. – Харьков: НТУ "ХПИ". – 2015. – № 32 (1141). – С. 104 – 112.

Рассмотрен системный подход к проблеме оценивания психического здоровья человека. Определены концептуальные основы разработки программного обеспечения для оценки психического статуса здоровья. Предложена усовершенствованная модель психического статуса здоровья. На основе информационно-структурной модели предложена схема получения оценки психического статуса здоровья. Ил.: 3. Библиогр.: 11 назв.

Ключевые слова: системный подход, психический статус здоровья, информационно-структурная модель.

UDC 004.421

The systems approach to problem software development for mental health status assessment / Kozlovskaya V.A., Kotova A.B. // Herald of the National Technical university "KhPI". Subject issue: Information Science and Modeling. – Kharkov: NTU "KhPI". – 2015. – № 32 (1141). – P. 104 – 112.

The systematic approach to the problem of mental health assessment is considered. The conceptual basis for the software development for mental health status assessment are described. The improved model of mental health status are proposed. Based on the information-structural model scheme for mental health status assessment is proposed. Figs.: 3. Refs.: 11 titles.

Keywords: systems approach, mental health status, information-structural model.

УДК 621.38 : 537.533.3 : 532.783

Моделювання процесу розповсюдження світла в планарних рідкокристалічних структурах / Коцун В.І. // Вісник НТУ "ХПИ". Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПИ". – 2015. – № 32 (1141). – С. 113 – 119.

Проведено комп'ютерне моделювання процесу поширення оптичного випромінювання в планарних рідкокристалічних структурах в залежності від кута введення з використанням програмного продукту Zemax. Встановлено закономірності між кутом введення світлового випромінювання в планарну структуру та однорідністю розподілу світлового випромінювання, яке потрапляє в рідкий кристал. Ил.: 6. Бібліогр.: 12 назв.

Ключові слова: планарні рідкокристалічні структури, рідкий кристал, програмний продукт Zemax, розподіл світлового випромінювання.

УДК 621.38 : 537.533.3 : 532.783

Моделирование процесса распространения света в планарных жидкокристаллических структурах / Коцун В.И. // Вестник НТУ "ХПИ". Серія: Інформатика и моделирование. – Харьков: НТУ "ХПИ". – 2015. – № 32 (1141). – С. 113 – 119.

Проведено комп'ютерне моделювання процесу поширення оптичного випромінювання в планарних жидкокристаллических структурах в залежності від кута введення з використанням програмного продукту Zemax. Установлені закономірності між кутом введення світлового випромінювання в планарну структуру та однорідністю розподілу світлового випромінювання, яке потрапляє в жидкий кристал. Ил.: 6. Библиогр.: 12 назв.

Ключевые слова: планарные жидкокристаллические структуры, жидкий кристалл, программный продукт Zemax, распределение светового излучения.

UDC 621.38 : 537.533.3 : 532.783

Simulation of light propagation in planar liquid crystal structures / Kotsun V.I. // Herald of the National Technical university "KhPI". Subject issue: Information Science and Modeling. – Kharkov: NTU "KhPI". – 2015. – № 32 (1141). – P. 113 – 119.

Computer simulation of the process of propagation of optical radiation in planar liquid crystal structures versus of the input angle by means of Zemax software are carried out. The regularity between the input angle of light radiation and uniformity of light radiation distribution in liquid crystal layer are found. Figs.: 6. Refs.: 12 titles.

Keywords: planar liquid crystal structures, liquid crystals, Zemax software, light radiation distribution.

УДК 004.896: 681.51

Адаптивна система керування позиціонуванням супутниковою антеною / Мнушка О.В., Ніконов О.Я., Савченко В.М. // Вісник НТУ "ХПИ". Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПИ". – 2015. – № 32 (1141). – С. 120 – 127.

В роботі розглянуті традиційний і адаптивний ПД-регулятори для системи керування позиціонуванням супутникової антени, яка встановлюється на транспортному засобі. Проведено імітаційне моделювання розробленого адаптивного ПД-регулятора з нечітким контролером типу *Takagi-Sugeno-Kang* в *Matlab / Simulink*, показано, що він має малу чутливість до завад в контурі керування і кращу продуктивність для реалізації алгоритму покрового стеження в порівнянні з традиційними ПД-регуляторами. Іл.: 5. Бібліогр.: 10 назв.

Ключові слова: нечіткий контролер, *Takagi-Sugeno-Kang*, адаптивна система керування, позиціонування, супутникова антена, алгоритм покрового стеження.

УДК 004.896: 681.51

Адаптивная система управления позиционированием спутниковой антенны / Мнушка О.В., Никонов О.Я., Савченко В.М. // Вестник НТУ "ХПИ". Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПИ". – 2015. – № 32 (1141). – С. 120 – 127.

В работе рассмотрены традиционный и адаптивный ПИД-регуляторы для системы управления позиционированием спутниковой антенны, устанавливаемой на транспортном средстве. Проведено имитационное моделирование разработанного адаптивного ПИД-регулятора с нечетким контроллером типа *Takagi-Sugeno-Kang* в *Matlab / Simulink*, показано, что он имеет малую чувствительность к помехам в контуре управления и лучшую производительность для реализации алгоритма пошагового слежения по сравнению с традиционными ПИД-регуляторами. Ил.: 5. Библиогр.: 10 назв.

Ключевые слова: нечеткий контроллер, *Takagi-Sugeno-Kang*, адаптивная система управления, позиционирование, спутниковая антенна, алгоритм пошагового слежения.

UDC 004.896: 681.51

Satellite antenna position control with adaptive controller / Mnushka O.V., Nikonov O.Ya., Savchenko V.M. // Herald of the National Technical University "KhPI". Subject issue: Information Science and Modelling. – Kharkov: NTU "KhPI". – 2015. – № 32 (1141). – P. 120 – 127.

The paper deals with satellite antenna position control system for the vehicle, which controlled by using conventional proportional-integral-derivative (PID) controllers and adaptive controller with Takagi-Sugeno-Kang type fuzzy logic controllers, which was developed. In order to obtain performance of the step-tracking algorithm and system response to various external perturbations the simulation model was developed in Matlab / Simulink environment. In the considered systems, adaptive controller is more suitable for the implementation of the step-tracking algorithm and it is more robust to external perturbations in comparison with conventional PID-controllers. Figs.: 5. Refs.: 10 titles.

Keywords: fuzzy logic controller, *Takagi-Sugeno-Kang*, adaptive controller, position control, satellite antenna, step-tracking algorithm.

УДК 004.942

Моделювання паралелізму в освітніх процесах осіб з особливими потребами / Пасічник В.В., Шестакевич Т.В. // Вісник НТУ "ХПІ". Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПІ". – 2015. – № 32 (1141). – С. 128 – 135.

Досліджено освітні процеси інклюзивного навчання осіб з особливими потребами. Проаналізовано порядок реалізації освітніх завдань та додаткові умови їх виконання. Із застосуванням мереж Петрі розроблено формальну модель процесу набуття освіти особами з особливими потребами, що дає змогу відображати одночасність освітніх процесів. Ил.: 1. Табл.: 3. Бібліогр.: 11 назв.

Ключові слова: інклюзивне навчання, особа з особливими потребами, мережі Петрі.

УДК 004.942

Моделирование параллелизма в образовательных процессах лиц с особыми потребностями / Пасечник В.В., Шестакевич Т.В. // Вестник НТУ "ХПИ". Серія: Інформатика и моделирование. – Харьков: НТУ "ХПИ". – 2015. – № 32 (1141). – С. 128 – 135.

Исследованы образовательные процессы инклюзивного обучения лиц с особыми потребностями. Проанализированы порядок реализации образовательных задач и дополнительные условия их выполнения. С применением сетей Петри разработана формальная модель процесса получения образования лицами с особыми потребностями, что дает возможность отображать одновременность образовательных процессов. Ил.: 1. Табл.: 3. Библиогр.: 11 назв.

Ключевые слова: инклюзивное обучение, лицо с особыми потребностями, сети Петри.

UDC 004.942

The modeling of concurrency in the educational processes of persons with special needs / Pasichnyk V.V., Shestakevych T.V. // Herald of the National Technical University "KhPI". Subject issue: Information Science and Modelling. – Kharkov: NTU "KhPI". – 2015. - № 32 (1141). – P. 128 – 135.

The educational processes of inclusive education of persons with special needs were studied. The order of realization of educational processes and additional conditions for their implementation were analyzed. With the use of Petri nets a formal model of the process of education of persons with special needs was developed, that allows to display the simultaneity of educational processes. Figs.: 1. Tabl.: 3. Refs.: 11 titles.

Keywords: inclusive education, a person with special needs, Petri nets.

УДК 62-503.57

Технологія інтелектуального виробничого моделювання віртуальних підприємств / Тимашова Л.А., Вітковски Т. // Вісник НТУ "ХПІ". Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПІ". – 2015. – № 32 (1141). – С. 136 – 147.

Розглянуто проблеми віртуальних підприємств з гнучою архітектурою і динамічною системою управління. Сформульовано основні поняття, ідеї, методи створення віртуальних підприємств, що базуються на інтелектуальних інформаційних технологіях. Запропоновано нову технологію реалізації задач управління на основі системного проектування, теорії управління, бізнес-процесного та інтелектуального моделювання. Бібліогр.: 11 назв.

Ключові слова: підприємства з гнучкою архітектурою, віртуальні підприємства, інтелектуальне моделювання, задача управління, системне проектування.

УДК 62-503.57

Технология интеллектуального производственного моделирования виртуальных предприятий / Тимашова Л.А., Витковски Т. // Вестник НТУ "ХПИ". Серія: Інформатика і моделювання. – Харків: НТУ "ХПІ". – 2015. – № 32 (1141). – С. 136 – 147.

Рассмотрены проблемы виртуальных предприятий, с гибкой архитектурой и динамической системой управления. Сформулированы основные понятия, идеи, методы создания виртуальных предприятий, базирующихся на интеллектуальных информационных технологиях. Предложена новая технология реализации задач управления на основе системного проектирования, теории управления, бизнес-процессного и интеллектуального моделирования. Библиогр.: 11 назв.

Ключевые слова: предприятия с гибкой архитектурой, виртуальные предприятия, интеллектуальное моделирование, задача управления, системное проектирование.

UDC 62-503.57

Intelligent manufacturing simulation technology of virtual enterprises / Timashova L.A., Vitkovski T. // Herald of the National Technical University "KhPI". Subject issue: Information Science and Modelling. – Kharkov: NTU "KhPI". – 2015. – № 32 (1141). – P. 136 – 147.

The problems of high-enterprises with a flexible architecture and dynamic management system. The basic concepts, ideas, methods of creating virtual enterprises based on intelligent information technology. The new technology of implementing control tasks based on system design, control theory, business process and predictive modeling. Refs.: 11 titles.

Keywords: high-enterprises with a flexible architecture, virtual enterprise, predictive modeling, zalacha control, system design.

УДК 621.391

Застосування апарату Е-мереж для вирішення задач аналізу та верифікації програмно-конфігуруємих мереж / Ткачова Є.Б., Иссам Саад, Мохаммед Джамал Салим // Вісник НТУ "ХПИ". Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПИ". – 2015. – № 32 (1141). – С. 148 – 159.

У статті запропоновані формалізми, що дозволяють описувати набір основних властивостей програмно-конфігуруємих мереж. В рамках задач аналізу та верифікації запропонований метод, який базується на модельному підході та аналізі послідовності зміни станів елементів моделі мережі. В якості апарату моделювання запропоновано використовувати апарат Е-мереж. Проводиться аналіз таких властивостей моделі, як досяжність, обмеженість, жвавість. Іл.: 1. Бібліогр.: 11 назв.

Ключові слова: задача аналізу та верифікації, програмно-конфігуруємії мережі, моделювання, Е-мережа.

УДК 621.391

Применение аппарата Е-сетей для решения задач анализа и верификации программно-конфигурируемых сетей / Ткачева Е.Б., Иссам Саад, Мохаммед Джамал Салим // Вестник НТУ "ХПИ". Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПИ". – 2015. – № 32 (1141). – С. 148 – 159.

В статті пропонується формалізми, що дозволяють описувати набір основних властивостей програмно-конфігурируємих мереж. В рамках задачі аналізу та верифікації запропонований метод, який базується на модельному підході та аналізі послідовності зміни станів елементів моделі мережі. В якості апарату моделювання запропоновано використовувати апарат Е-сетей. Проводиться аналіз таких властивостей моделі, як досяжність, обмеженість, жвавість. Іл.: 1. Бібліогр.: 11 назв.

Ключевые слова: задача анализа и верификации, программно-конфигурируемые сети, моделирование, Е-сеть.

Using the apparatus of E-networks for solving problems of analysis and verification of software-designed networks / Tkacheva E.B, Issam Saad, Mohammed Jamal Salim // Herald of the National Technical University "KhPI". Subject issue: Information Science and Modelling. – Kharkov: NTU "KhPI". – 2015. – №. 32 (1141). – P. 148 – 159.

In the article formalism allowing to describe a set of basic properties of software-configurable network. As part of the tasks of analysis and verification method is proposed, which is based on the modeling approach and sequence analysis of changing states of the elements of the network model. As an apparatus simulation is proposed to use the E-machine networks. The analysis of the model properties as accessibility, limited, liveliness. Figs.: 1. Refs.: 11 titles.

Keywords: problem analysis and verification, software-designed networks, modeling, E-network.

Зміст

<i>Размещение Вестника НТУ "ХПИ" серии "Информатика и моделирование" в международных наукометрических базах, репозиториях и поисковых системах</i>	3
<i>Антонова И.В., Чикина Н.А.</i> Применение методов фрактального анализа к исследованию временных рядов	4
<i>Барило Г.І., Вірт В.В., Готра З.Ю., Івах М.С., Кожухар О.Т.</i> Створення моделі інформаційно-обчислювальної системи для пристроїв неінвазивної діагностики	11
<i>Бойко Д.А., Филатова А.Е.</i> Метод повышения качества визуализации рентгенологических изображений	19
<i>Вавіленкова А.І.</i> Умови тотожності логіко-лінгвістичних моделей простих речень природної мови	27
<i>Даниленко А.Ф., Дьяков А.Г., Ребенок Н.И., Низий А.В.</i> Определение позиции образца в ЯМР-спектрометре	36
<i>Дмитриенко В.Д., Леонов С.Ю., Главчев Д.М.</i> Нейронная сеть, распознающая группы изображений	42
<i>Дмитриенко В.Д., Хавина И.П., Бречко В.А.</i> Применение нейронной сети многослойной ассоциативной памяти для оптимального выбора оборудования технологического процесса	51
<i>Дорош О.І.</i> Медичний мобільний пристрій на базі ОС ANDROID ..	60
<i>Зленко С.М., Навроцька К.С., Коваль Л.Г.</i> Автоматизована система для дослідження та прогнозування когнітивної поведінки людини під час екстремальних ситуацій	69
<i>Зыков И.С., Лейбенко Г.Ю., Лейбенко Е.И.</i> Исследование HUD-подобных интерфейсов	79
<i>Калюжный Н.М., Галкин С.А., Коржуков К.Н., Семенов Г.Н., Чернов А.Б.</i> Выбор методов оценивания потерь и разработка программных моделей для оценивания электромагнитной доступности средств радиомониторинга	86
<i>Карасюк В.В., Иванов С.Н.</i> Исследование информационной модели образовательного пространства студента при изучении гуманитарных дисциплин	97

<i>Козловская В.А., Котова А.Б.</i> Системный подход к проблеме разработки программного обеспечения для оценки психического статуса здоровья	104
<i>Коцун В.І.</i> Моделювання процесу розповсюдження світла в планарних рідкокристалічних структурах	113
<i>Мнушка О.В., Ніконов О.Я., Савченко В.М.</i> Адаптивна система керування позиціонуванням супутниковою антеною	120
<i>Пасічник В.В., Шестакевич Т.В.</i> Моделювання паралелізму в освітніх процесах осіб з особливими потребами	128
<i>Тимашова Л.А., Витковски Т.</i> Технологія інтелектуального виробничого моделювання віртуальних підприємств	136
<i>Ткачева Е.Б., Саад Иссам, Джамал Салим Мохаммед</i> Применение аппарата E-сетей для решения задач анализа и верификации программно-конфигурируемых сетей	148
<i>Реферати, рефераты, abstracts</i>	160

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**ВІСНИК НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
"Харківський політехнічний інститут"**

*Збірник наукових праць
Серія
Інформатика та моделювання
№ 32 (1141)*

Науковий редактор д.т.н. Дмитрієнко В.Д.
Технічний редактор д.т.н. Леонов С.Ю.
Відповідальний за випуск к.т.н. Обухова І.Б.

АДРЕСА РЕДКОЛЕГІЇ: 61002, Харків, вул Фрунзе, 21, НТУ "ХПІ".
Кафедра обчислювальної техніки та програмування,
тел. (057) 7076198, E-mail: serleomail@gmail.com

Обл. вид. № 27 – 15

Підп. до друку 25.05.2015 р. Формат 60x84 1/16. Папір Copy Paper.
Гарнітура Таймс. Умов. друк. арк. 9,8. Облік. вид. арк. 10,0.
Наклад 300 прим.
Ціна договірна

НТУ "ХПІ", 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21

Видавничий центр НТУ "ХПІ"
Свідоцтво ДК № 116 від 10.07.2000 р.

Отпечатано в типографії ООО «Цифра Принт»
на цифровом комплексі Xerox DocuTech 6135.
Свидетельство о Государственной регистрации А01 № 432705 от 3.08.2009 г.
Адрес : г. Харьков, ул. Данилевского, 30. Телефон : (057) 7861860.