

ВЕСТНИК

НАЦИОНАЛЬНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА «ХПИ»

Сборник научных трудов

*Тематический выпуск «Системный анализ,
управление и информационные технологии»*

41'2005

Издание основано Национальным техническим университетом «ХПИ»
в 2001 году

Госиздание

Свидетельство Госкомитета по информационной политике Украины
КВ № 5256 от 2.07.2001 г.

КООРДИНАЦИОННЫЙ СОВЕТ

Председатель

Л.Л. Товажнянский, д-р техн. наук, проф.

Зам. председателя

А.П. Марченко, д-р техн. наук, проф.

Е.И. Сокол, д-р техн. наук, проф.

Секретарь координационного совета

К.А. Горбунов, канд. техн. наук

Е.Е. Александров, д-р техн. наук, проф.

Б.Т. Бойко, д-р техн. наук, проф.

М.Д. Годлевский, д-р техн. наук, проф.

А.И. Грабченко, д-р техн. наук, проф.

В.Г. Данько, д-р техн. наук, проф.

В.Д. Дмитриенко, д-р техн. наук, проф.

П.А. Качанов, д-р техн. наук, проф.

А.Ф. Кириченко, д-р техн. наук, проф.

В.Б. Клепиков, д-р техн. наук, проф.

В.И. Кравченко, д-р техн. наук, проф.

В.А. Лозовой, д-р техн. наук, проф.

А.К. Морачковский, д-р техн. наук, проф.

П.Г. Перерва, д-р техн. наук, проф.

Н.И. Погорелов, д-р техн. наук, проф.

М.И. Рыщенко, д-р техн. наук, проф.

В.Б. Самородов, д-р техн. наук, проф.

В.П. Себко, д-р техн. наук, проф.

В.И. Таран, д-р физ.-мат. наук, проф.

Ю.В. Тимофеев, д-р техн. наук, проф.

А.Ф. Шеховцов, д-р техн. наук, проф.

Е.И. Юносова, д-р фил. наук, проф.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Ответственный редактор

М.Д. Годлевский, д-р техн. наук, проф.

Зам. ответственного редактора

А.С. Куценко, д-р техн. наук, проф.

Ответственный секретарь

Н.И. Безменов, канд. техн. наук, доц.

Е.Е. Александров, д-р техн. наук, проф.

В.Д. Дмитриенко, д-р техн. наук, проф.

В.Я. Заруба, д-р экон. наук, проф.

И.В. Кононенко, д-р техн. наук, проф.

Л.М. Любчик, д-р техн. наук, проф.

А.С. Мазманишвили, д-р физ.-мат. наук, проф.

Л.Г. Раскин, д-р техн. наук, проф.

М.А. Ястребенцкий, д-р техн. наук, проф.

АДРЕС РЕДКОЛЛЕГИИ

61002, Харьков, ул. Фрунзе, 21

Кафедры «Автоматизированные системы
управления» и «Системный анализ и
управление»

Тел. (057) 707-65-20,

(057) 707-61-03

УДК 681.518

Вестник НТУ «ХПИ». Сборник научных трудов. Тематический выпуск «Системный анализ, управление и информационные технологии». – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2005. – № 41. – 182 с.

У збірнику представлено теоретичні та практичні результати наукових досліджень та розробок, що виконані викладачами вищої школи, аспірантами, студентами, науковими співробітниками, спеціалістами різних організацій та підприємств.

Для наукових співробітників, викладачів, аспірантів, спеціалістів.

В сборнике представлены теоретические и практические результаты научных исследований и разработок, которые выполнены преподавателями высшей школы, аспирантами, студентами, научными сотрудниками, специалистами различных организаций и предприятий.

Для научных работников, преподавателей, аспирантов, специалистов.

**Друкується за рішенням Вченої ради НТУ «ХПИ»,
протокол № 6 від 01.07.2005 р.**

Л.Л. ТОВАЖНЯНСКИЙ, д-р техн. наук,
М.Д. ГОДЛЕВСКИЙ, д-р техн. наук,
А.С. КУЦЕНКО, д-р техн. наук,
М.Н. МАЛЬКО, канд. техн. наук,
О.Ю. ЧЕРЕДНИЧЕНКО, канд. техн. наук

ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ ЕДИНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПОГРАНИЧНЫХ, ТАМОЖЕННЫХ И НАЛОГОВЫХ СЛУЖБ

В статті розглянуто принципи побудови сучасних інформаційно-аналітичних систем, які базуються на концепції сховища даних. Виділено основні проблеми існуючих інформаційних систем. Запропоновано підходи до формування єдиного інформаційного простору державного регулювання процесом економічної інтеграції. Поставлено задачі щодо створення єдиної інформаційної системи підтримки прийняття рішень.

Постановка проблеми. Одной из важных задач, стоящих перед Украиной на современном этапе развития экономики, является расширение сфер внешнеэкономической деятельности в направлении интеграции с экономикой соседних стран. Это приводит к необходимости координации деятельности различных государственных служб. Особенно это актуально для таких сфер государственного регулирования как таможенные, налоговые и пограничные службы. Экономическая интеграция предполагает расширение сотрудничества на основе производственной кооперации, рационального распределения промышленной, сельскохозяйственной и других видов продукции, упрощение процедур внешнеэкономической деятельности между странами.

В связи с необходимостью принятия стратегических и тактических решений при государственном регулировании процессами экономической интеграции актуальной задачей становится создание единой информационно-аналитической системы на основе прогрессивных информационных технологий.

Анализ публикаций. Системы поддержки принятия решений ориентированы на: выполнение сложных запросов, требующих специфической обработки данных; моделирование процессов предметной области; прогнозирование развития тех или иных явлений. Такие системы работают с большими объемами данных и позволяют выделять из них содержательную информацию – получать знания. Задачами любой информационно-аналитической системы являются эффективное хранение, обработка и анализ данных. В настоящее время накоплен значительный опыт в этой области [1-3].

Современный уровень развития аппаратных и программных средств с некоторых пор сделал возможным повсеместное ведение баз данных оперативной информации на разных уровнях управления. В процессе своей деятельности промышленные предприятия, корпорации, ведомственные структуры, органы государственной власти накопили большие объемы данных. Они хранят в себе большие потенциальные возможности по извлечению полезной аналитической информации, на основе которой можно выявлять скрытые тенденции, строить стратегию развития, находить новые решения. В последние годы в мире оформился ряд концепций хранения и анализа корпоративных данных [3].

1. Хранилища данных, или Склады данных (Data Warehouse).

2. Оперативная аналитическая обработка (On-Line Analytical Processing, OLAP).

3. Интеллектуальный анализ данных (Data Mining).

Цели исследования. Настоящая работа посвящена формированию концептуальных основ создания эффективной методологии построения систем стратегического и тактического анализа, предназначенной для поддержки принятия управленческих решений.

Принципы разработки единой информационно-аналитической системы. Одна из важных задач современного управления состоит в формировании и воплощении в жизнь информационной стратегии. Существующие оперативные системы не позволяют легко интегрировать данные из разных систем для предоставления пользователям новой информации. Поэтому увязать информационные технологии и потребности организации в новой информации за счет внесения изменений в оперативные системы - сложная задача.

Методология, способная решительно изменить основы стратегического и тактического анализа, основана на концепции хранилищ данных [3, 4]. Если говорить упрощенно, то одно из назначений хранилищ данных состоит в перемещении информационного базиса организации из аморфной эволюционирующей среды в структурированную, развивающуюся в соответствии с заранее намеченным планом. Эта новая среда должна стать источником информации, отвечающей насущным потребностям предприятия. Перенесение информации в такую среду – первый шаг на пути к открытой и гибкой архитектуре корпоративных данных. А хранилища данных, в свою очередь, - один из первых шагов на пути к разработке такой архитектурно оформленной среды.

Одной из главных причин хаотичного развития среды хранения данных первых информационных систем были ограничения в технологии их реализации. Эти ранние системы разрабатывались с использованием запоминающих устройств на катушечных лентах и технологии плоских (последовательных) файлов. Следует признать, что все эти системы в свое время довольно успешно работали. Поэтому многие из этих систем

используются до сих пор и никогда не переделывались. Эти унаследованные системы продолжают эволюционировать, приобретая все больше дополнительных возможностей.

Поначалу организации брались за проекты в области информационных технологий потому, что они обеспечивали экономию расходов по сравнению с полностью ручными системами. Впоследствии они осознали, что, помимо снижения текущих расходов, управленческие информационные системы дают им стратегические преимущества. Этот новый взгляд на информационные технологии находит сегодня свое выражение в построении хранилищ данных, которые имеют стратегическое и тактическое значение. [1-6]

Сегодня в центре внимания находится информация, а точнее средства ее получения и обработки. Теперь деньги вкладываются в покупку компьютеров, сетевого оборудования и программного обеспечения, в приобретение услуг соответствующих специалистов или их подготовку. В настоящее время именно владение информацией позволяет зарабатывать или экономить деньги. В подобных условиях хранилища данных становятся средством сокращения издержек, рационального планирования и увеличения доходов за счет предоставления лицам, принимающим решения, исчерпывающей и достоверной информации.

Развитие информационных систем, ориентированных на нужды функциональных подразделений, привело к разработке компьютерных систем, которые можно образно назвать информационными «бункерами». Эти системы могли предоставить детализированные данные по определенной предметной области, но не были способны интегрировать информацию из других сфер. Из-за отсутствия единого интегрированного источника данных о состоянии организации было довольно сложно, а иногда и вообще невозможно, дать общую картину положения дел.

Поскольку различные информационные «бункеры» содержали данные, которые при совместном использовании представляли большую ценность, в повседневную практику вошло написание специальных программ извлечения данных. Вместе с ростом организации постоянно требовалось изменение формы отчетов и добавления новых функций. Из-за этого программы извлечения данных и генерации отчетов постоянно подвергались переделке и были плохо структурированы. Масса программ, заполнявших хаотичную среду принятия решений, полностью исключила возможность управления информацией.

Одной из особенностей технологии реляционных баз данных было снижение объема избыточных данных. Многие функциональные подсистемы могли использовать одни и те же данные для различных функциональных потребностей. Однако проекты функциональных систем на практике опирались на технологию плоских файлов. Задача переноса всех функциональных подсистем организации с платформы плоских файлов на

платформу реляционных баз данных оказалась слишком масштабная и рискованная для большинства предприятий.

Начало 1970-х годов ознаменовалось появлением информационных систем руководителя. Эти системы позволяли аналитикам работать с данными, полученными из функциональных подсистем. Такие системы обладали способностью к организации данных и преобразованию их в информацию, но не были способны обращаться прямо к функциональным подсистемам и извлекать новые данные для полностью новых отчетов.

С появлением персональных компьютеров потребители корпоративных данных повторили пройденный путь и разрабатывали собственную неупорядоченную среду принятия решения. Хотя технология реляционных баз данных во многом помогла при разработке новых функциональных подсистем, она не решила вопроса «бункеров» данных и стихийного развития систем. Не существовало общего проекта, не создавалось общих систем уникальных идентификаторов или схем кодирования, и технология реляционных баз данных была не в силах решить эту проблему.

Идея хранилища данных обязана своим развитием многим исследователям. Хранилище данных определяется как предметно-ориентированная, интегрированная, вариантная по времени, не разрушаемая совокупность данных, предназначенная для поддержки принятия управленческих решений.

Предметная ориентация означает, что хранилище данных предназначено для представления данных, связанных с одним организационным процессом. Учитывая трудности, которые испытывают пользователи, имеющие дело с неструктурированной, хаотично развивающейся средой поддержки принятия решений, интегральный характер хранилища данных является его наиболее важным свойством. Другим важным свойством, отличающим хранилище данных от оперативной системы, является то, что оно не разрушается. В то время как оперативная система выполняет над хранимыми данными операции обновления, удаления и вставки, в хранилище помещается большой объем данных, которые, будучи раз загруженными, уже никогда больше не подвергаются каким-либо изменениям.

Еще одна особенность хранилища данных – независимость от времени. Если оперативная система содержит только текущие данные, то системы хранилищ данных содержат как исторические данные, так и данные, которые имели статус текущих при последней загрузке хранилища.

Концепция построения хранилищ данных предполагает выполнение следующих положений:

- формализация предметной области;
- интеграция и согласование данных из различных источников;
- разделение наборов данных, используемых отдельными аналитическими подсистемами.

Системы оперативных данных и информационные системы на основе хранилища данных обладают рядом противоположных характеристик, приведенных в таблице.

Таблица

Сравнительная характеристика хранилища данных и оперативных систем

Системы хранилищ данных	Оперативные системы
<ul style="list-style-type: none"> • Используются руководством • Стратегическое значение • Поддерживают стратегические направления развития • Используются для интерактивного анализа • Предметно-ориентированные • Хранят исторические данные • Непредсказуемые запросы 	<ul style="list-style-type: none"> • Используется рядовыми сотрудниками • Тактическое значение • Поддерживает повседневную деятельность • Используется для обработки транзакций • Ориентированные на приложения • Хранят только текущие данные • Предсказуемые запросы

Использование концепции хранилищ данных в системах поддержки принятия решений преследует следующие цели:

- своевременное обеспечение аналитиков всей информацией, необходимой для выработки решений;
- создание единой модели данных;
- создание интегрированного источника данных, предоставляющего удобный доступ к разнородной информации и гарантирующего получение одинаковых ответов на одинаковые запросы из различных аналитических подсистем.

В 1977 г. корпорация IBM предложила новый подход к проектированию информационных систем. Новый способ касался достижения соглашения по поводу проектных целей в сфере информатизации между IT-специалистами и пользователями. Идея заключалась в том, чтобы организовать совещания с приглашением всех заинтересованных сторон. Это позволяет добиться коллективного стиля работы и полезного обмена информацией, достичь консенсуса, вывести позиции IT-разработчиков и организации на один уровень. Этот подход получил название «совместная разработка приложений» или JAD-методика (joint application development).

Применение методов JAD может служить гарантией того, что IT-специалисты работают над проектом совместно с организацией-заказчиком, а их цель – предоставить организации дополнительный эффект за счет надлежащего информационного обеспечения. Посредством применения JAD-методики осуществляется раскрытие стратегических информационных

потребностей организации для ответа на жизненно важные вопросы, связанные с ее функционированием.

Задачами любой информационно-аналитической системы являются эффективное хранение, обработка и анализ данных. Эффективное хранение информации достигается наличием в составе информационно-аналитической системы целого ряда источников данных. Обработка и объединение информации достигается применением инструментов извлечения, преобразования и загрузки данных. Анализ данных осуществляется современными средствами делового анализа на основе хранилища данных. Архитектура современной информационно-аналитической системы должна включать процедуры фиксации, хранения и анализа данных (рис.1).

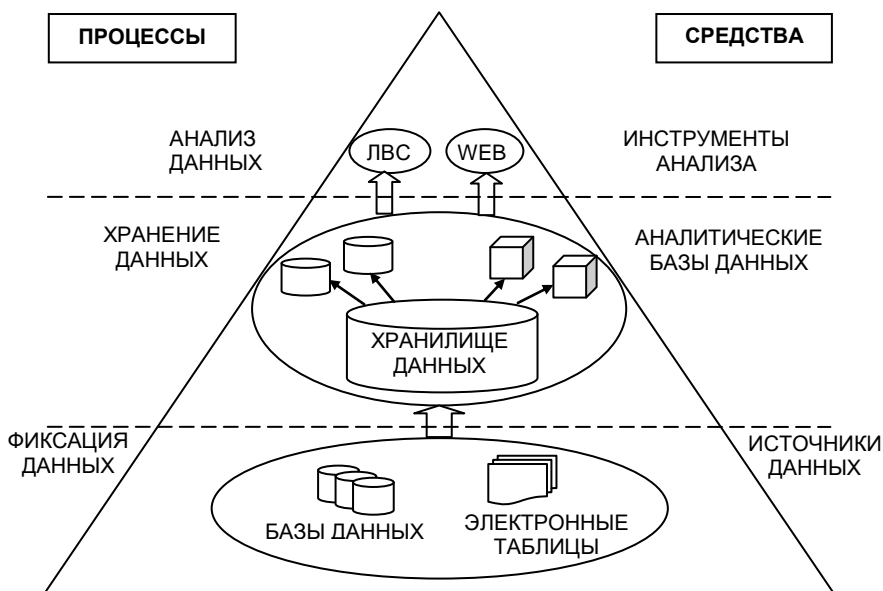


Рис.1 Архитектура современной информационно-аналитической системы

Естественным способом преодоления непредсказуемости в развитии как систем поддержки принятия решений, так и систем обработки транзакций является включение в жизненный цикл программного обеспечения фаз планирования и анализа. Архитектуру хранилища данных можно разделить на три различных ступени, или уровня абстракции: концептуальная, логическая и физическая. Наилучшим подходом к проектированию архитектуры хранилища данных является подход “сверху вниз”, при котором каждый из уровней хранилища проектируется начиная с концептуальной архитектуры (рис.2).

Концептуальная архитектура задает функции и отношения между реализуемыми функциями (рис. 3). Концептуальная архитектура выражает идею совершенствования управления информацией в организации. Она показывает, что требуется на входе системы, что будет получено на выходе, и дает картину функциональных преобразований внутри системы.

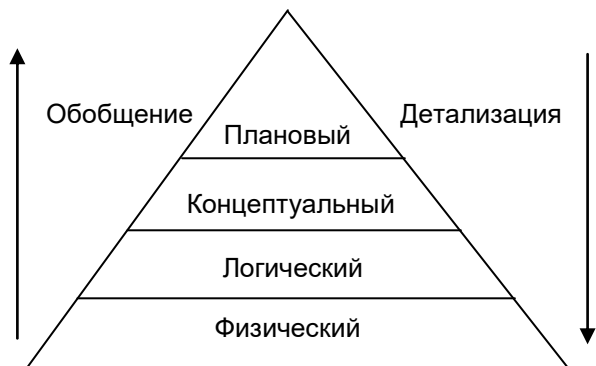


Рис. 2 Уровни абстракции архитектуры

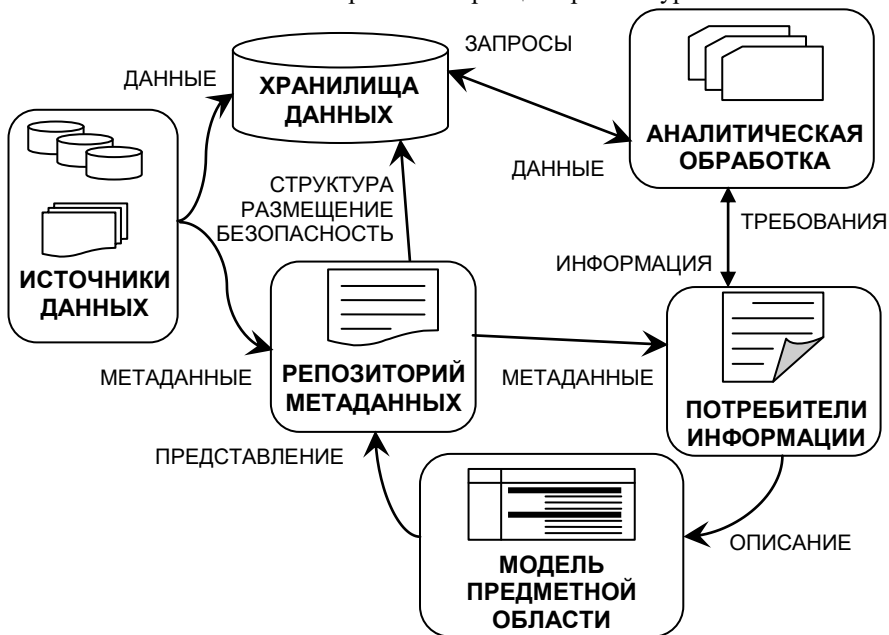


Рис. 3 Концептуальная модель хранилища данных

Физическая архитектура хранилища данных отталкивается от концептуальной архитектуры и упорядочивает физические компоненты на основе организационных принципов и норм. После определения физической архитектуры наступает этап реализации. Следует заметить, что компоненты архитектуры проектируются так, чтобы в процессе реализации хранилища можно было воплотить в жизнь корпоративное видение и стратегию.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод о том, что на современном этапе развития информационных технологий наиболее перспективной является концепция хранилищ данных, которая позволяет удовлетворять информационные потребности организации на всех уровнях управления.

Выводы. Методология построения хранилищ данных позволяет применить итеративный подход, при котором проект начинается с хранилища для одной предметной области, затем расширяется, охватывая другие предметные области. В рамках политики интеграции экономики Украины с экономикой соседних государств можно выделить следующие задачи создания единого информационного пространства.

1. Выбор основных направлений и сфер совместной внешнеэкономической деятельности (энергетика, транспорт, производство, использование природных ресурсов и т.д.).

2. Определение по каждому из направлений множества проблем для эффективного осуществления совместной деятельности.

3. На основании выделенного множества проблем по каждому из направлений совместной деятельности разработка эффективной системы сбора и хранения данных (хранилища данных, витрины данных, кубы данных).

4. Создание современной интегрированной информационной системы поддержки принятия решений на основе разработанных хранилищ данных (генераторы запросов ЛПР, информационно-поисковые системы, системы оперативной аналитической обработки - OLAP, системы интеллектуального анализа данных - Data mining).

Список литературы: 1. Гламаздин Е.С., Новиков Д.А., Цветков А.В. Управление корпоративными программами: информационные системы и математические модели. – М.: ИПУ РАН, 2003. – 159 с. 2. Волков И., Галахов И. Архитектура современной информационно-аналитической системы: www.citforum.ru. 2002. 3. Щавелёв Л.В. Оперативная аналитическая обработка данных: концепции и технологии: www.olap.ru. 2001. 4. Лисянский К. Архитектурные решения и моделирование данных для хранилищ данных и витрин данных: www.olap.ru. 2001. 5. Моренин А.В. Концепция проведения разработок системы интеллектуальной поддержки принятия решений «Эврика+». СПб, ЗАО «Эврика»: www.olap.ru. 2002. 6. Моренин А.В. Анализ математических методов поддержки принятия решений: www.olap.ru. 2001.

Поступила в редколлегию 18.01.05

Н.И. БЕЗМЕНОВ, канд. техн. наук, *А.С.БОГАРСУКОВ*, студент

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТОВ ОСВЕЩЕННОСТИ ПРИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ОБЪЕМНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

У статті розглянуто питання формування реалістичного зображення тривимірних сцен. Аналізується метод трасування променів з погляду можливості застосування його при описі тривимірних сцен. Наведено результати моделюванні тривимірних сцен і зроблені висновки про якість розглянутого методу й напрямках його удосконалювання.

Постановка задачи. Компьютерная графика остается одной из самых впечатляющих и быстро развивающихся технологий. Ее методы применяются в разработке обучающих тренажеров, производстве рекламы, кинофильмов, научных исследованиях. В частности, большая часть современных исследований в этой области связана с реализма получаемых изображений [1-4].

Чтобы получить реалистичное изображение сцены, необходимо сгенерировать проекции объектов и применить эффекты естественного освещения видимых поверхностей. Процедура, используемая для расчета цвета освещенной точки на поверхности, называется моделью освещения (затенения) и в основном определяет качество получаемого изображения [1].

Данная статья рассматривает метод трассировки лучей, оценивая его применимость для решения задачи получения реалистичных изображений.

Метод трассировки лучей. Метод основан на расчете траекторий движения лучей света между источниками освещения и наблюдателем. Он является относительно простой, мощной и расширяемой методикой визуализации, позволяя получать глобальные эффекты отражения и преломления.

Алгоритм визуализации основан на принципах геометрической оптики. В стандартном алгоритме для каждого пикселя генерируется один обращенный луч света. После этого находится точка пересечения луча с ближайшим объектом сцены. Если такая точка найдена, луч отражается от пересекаемой поверхности вдоль траектории зеркального отражения, для прозрачных поверхностей луч также посылается через поверхность в направлении преломления. Затем процедура трассировки повторяется для вторичных лучей. В процессе работы строится бинарное дерево, левые ветви которого используются для представления траекторий отражения, а правые – для траекторий пропускания. В каждой точке пересечения с поверхностью согласно модели освещенности определяется вклад в ее интенсивность, записываемый в соответствующий узел дерева. Максимальная глубина дерева задается пользователем. Путь луча от пикселя на бинарном дереве отбывается также, если он не пересекает поверхность или пересекает источник света, не

являющийся отражающей поверхностью. После того как для пикселя построено двоичное дерево, вклады интенсивности суммируются.

Рисунок 1 демонстрирует пересечение лучом поверхности и вектора, используемые для расчета интенсивности отраженного и преломленного света (все вектора на рисунке – единичные).

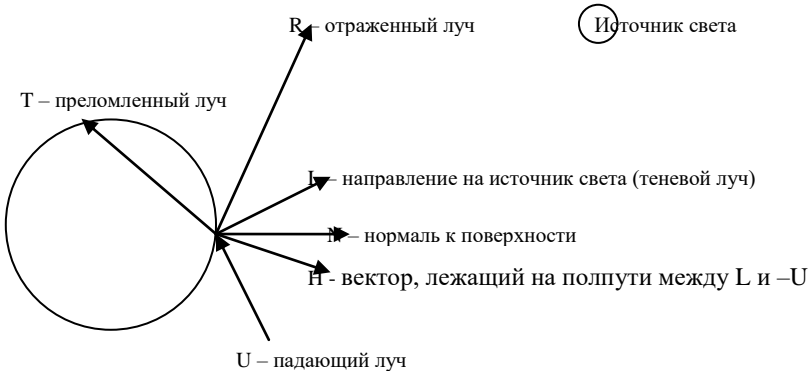


Рисунок 1. Основные лучи, участвующие процедуре трассировки лучей.

Интенсивность фонового излучения задается некоторой константой [2]. Диффузное и зеркальное отражение определяются формулами:

$$I_{diff} = k_{diff} I_{light} \cos \theta, \quad (1)$$

$$I_{spec} = W(\theta) I_{light} \cos^{n_s} \varphi, \quad (2)$$

где $W(\theta)$ и k_{diff} – коэффициенты зеркального и диффузного отражения, I_{light} – интенсивность источника света, θ – угол векторами N и L, φ – угол между векторами N и N, n_s – показатель зеркального отражения,.

Направление для отраженного и преломленного лучей:

$$R = U - 2(U, N)N \quad (3)$$

$$T = \frac{\eta_i}{\eta_r} U - \left(\cos \theta_r - \frac{\eta_i}{\eta_r} \cos \theta_i \right) N \quad (4)$$

Параметры η_i и η_r – это показатели преломления материала, в котором распространяется падающий и преломленный свет соответственно. Угол преломления θ_r можно вычислить по закону Снелла [1].

Результаты моделирования. Для тестирования метода была разработана тестовая сцена, состоящая из 3 зеркальных шаров, плоскости и двух источников освещения. Были получены изображения сцены с использованием

базового варианта вышеописанного метода трассировки лучей (см. Рисунок 3), а также методом, используемым большинством современных видеоадаптеров для моделирования освещенности объектов (см. Рисунок 2).

Как видно из рисунков, изображение, полученное с помощью метода трассировки лучей, выглядит значительно реалистичнее – в нем присутствуют тени, отражения окружения объектов, блики от источников освещения. Рисунок 2 же демонстрирует лишь присутствие диффузной и зеркальной компонент освещенности в цвете каждого из объектов. Однако, тогда как для генерации последнего из изображений потребовалось порядка 30 секунд, первый мог создаваться в реальном времени с частотой 30-50 кадров в секунду. Столь заметная разница в скорости методов объясняется прежде всего рекурсивной природой метода трассировки лучей – при увеличении глубины дерева на 1 объем вычислений увеличивается более чем в 2 раза. Кроме того, так как в базовом варианте этот метод создает лишь по одному лучу на пиксель, возникает вероятность не отобразить какой-либо удаленный объект – ликвидировать этот недостаток можно лишь увеличив количество лучей. Кроме того, скорость метода существенно зависит от разрешения результирующего изображения.

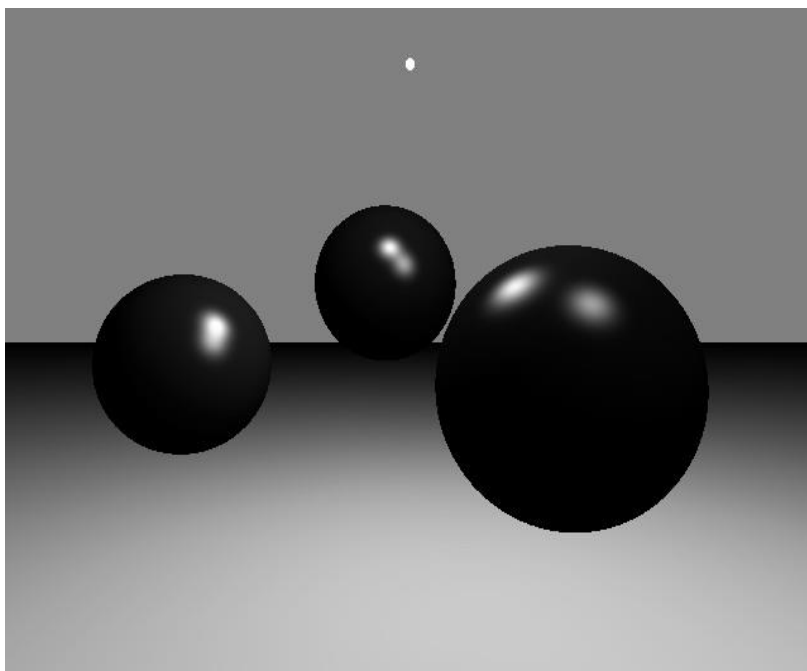


Рисунок 2. Простая сцена с минимальными световыми эффектами

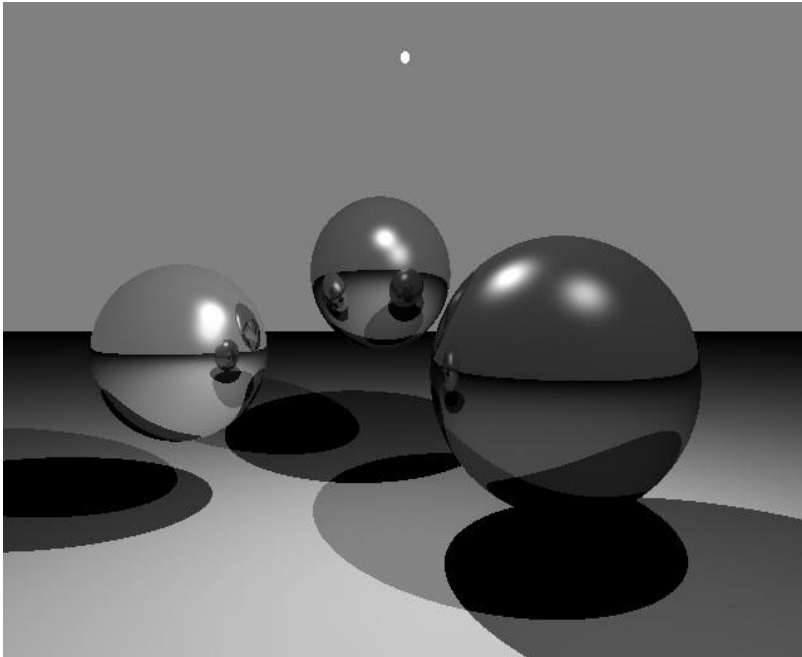


Рисунок 3. Изображение, полученное с методом трассировки лучей

Выводы. Суммируя все вышесказанное, можно сделать следующие выводы относительно метода трассировки лучей. Благодаря эффектам теней и преломления метод обеспечивает реалистичность результирующего изображения уже в базовом варианте. Однако, ценой этому является очень низкое быстродействие, причем проблему не решает даже использование аппаратного ускорения. Для метода очень актуальна проблема сглаживания получаемых изображений; увеличение разрешения изображения или количества лучей частично снимает данную проблему, но влечет за собой, как было отмечено, сильное падение быстродействия. Наконец, метод плохо приспособлен для работы с неточечными источниками освещения.

Список литературы: 1. Херн, Бейкер. Компьютерная графика и стандарт OpenGL. – М.: Издательский дом «Вильямс», 1168 стр. 2004. 2. Пореев В. Компьютерная графика. – СПб.: БХВ-Петербург, 2002. 3. Эйнджел Э. Интерактивная компьютерная графика. Вводный курс на основе OpenGL, 2-е изд.: Пер. с англ. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2001. 4. Хилл Ф. OpenGL. Программирование компьютерной графики. Для профессионалов. – СПб.: Питер, 2002. 5. Курош Г. Курс высшей алгебры. – М.: Издательство «Наука», 1975. 6. Страуструп Б. Язык программирования C++, спец. изд. – М.: СПб.: «Издательство БИНОМ» – «Невский Диалект», 2001.

Поступила в редколлегию 23.05.05

Л.Б. КАЩЕЕВ, канд. техн. наук, *Д.А. СТОГНИЙ*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОСТЫХ АЛГОРИТМОВ МОРФИНГА

В статті розглянути алгоритми обробки графічних зображень для покрокового перетворювання одного зображення в інше – морфінг. Здобута таким чином послідовність слайдів може використовуватися в анімації, рекламі, презентаціях.

Благодаря развитию программного обеспечения и увеличению требований к обработке изображений в рекламе, фильмах, видео роликах можно увидеть эффект "переливания" одного изображения в другое – "морфирование изображений". Морфинг – это плавное превращение одного изображения в другое, во время которого конкретный элемент исходного изображения "перетекает" в элемент результирующего изображения. Например, с помощью морфинга можно наблюдать за процессом эрозии природных объектов или старения человеческого лица.

Для реализации морфинга существует несколько методов: геометрический, цветовой, трансформационный, лучевой.

Входными данными геометрического морфинга являются два объекта: начальный и конечный. Каждый из этих объектов задается каркасной моделью (а если это графическое изображение, то на исходное и конечное изображение накладывается сетка), задаваемая множеством узлов. К примеру, при создании фоторобота узлами сетки являются характерные точки лица, у архитектурных объектов – углы дома, положение окон и др. В процессе геометрического морфинга каждый узел исходного изображения плавно трансформируется в соответствующий узел конечного. Координаты промежуточного положения узла (для данного кадра t) можно рассчитать по формулам:

$$x(t) = \left(1 - \frac{t}{m}\right) \times x_n + \frac{t}{m} \times x_k, \quad (1)$$

$$y(t) = \left(1 - \frac{t}{m}\right) \times y_n + \frac{t}{m} \times y_k, \quad (2)$$

где m – количество кадров промежуточных фаз преобразования, (x_n, y_n) – координаты узла начальной сетки, (x_k, y_k) – координаты соответствующего ему узла конечной сетки.

Метод цветового морфинга основывается на слиянии двух изображений, А и В. При этом в качестве цвета для каждой точки нового изображения берется смесь цветов соответствующих точек А и В в заданной пропорции. Степень влияния выражается в процентах. Для первого кадра влияние А – 100%, В – 0%, для последнего кадра В – 100%, А – 0%. Об остальных кадрах

можно сказать следующее: по мере увеличения номера кадра вклад А уменьшается, а вклад В увеличивается. Цвет промежуточной точки для кадра t рассчитывается по формуле:

$$c = c_1 + (c_2 - c_1) \times \frac{t}{m}, \quad 0 \leq t \leq m, \quad (3)$$

где C_1 и C_2 – цвет точки начального и конечного изображения, t – номер формируемого кадра, m – количество промежуточных фаз преобразования.

Трансформационный метод зависит от требуемого качества, скорости и способа задания соответствия элементов изображения. Удобно задавать соответствие сеткой. Сетку накладывают как на исходное, так и на конечное изображение.

Трансформационный метод объединяет в себе цветовой и геометрический морфинги и состоит из трех частей:

- tweening (движение сетки – геометрический морфинг);
- warping (искривление);
- dissolving (растворение – цветовой морфинг).

Tweening – интерполяция двух изображений для получения плавной анимации. Например, если соответствие элементов изображений задано точками, то интерполяцией положений точек можно получить промежуточные соответствия.

Warping (коробить, искривлять) – «втискивает» пиксели, принадлежащие начальному четырехугольнику, в соответствующий четырехугольник формируемого кадра. Расчет каждой точки этого изображения осуществляется по математическим формулам в зависимости от соответствия элементов изображения, которое задал художник. Во время warping'a элементы изображения пытаются принять положение и форму элементов второго изображения. Warping – самый сложный этап в формировании промежуточного кадра. Он делится на два подэтапа:

- определение геометрического положения пикселя в начальном и конечном кадре по методу парных точек;
- определение цвета пикселя в промежуточном кадре. Для этого применяется билинейная интерполяция.

Dissolving – слияние двух изображений, при котором в качестве цвета каждой точки нового изображения берется смесь цветов соответствующих точек двух исходных изображений в заданной пропорции.

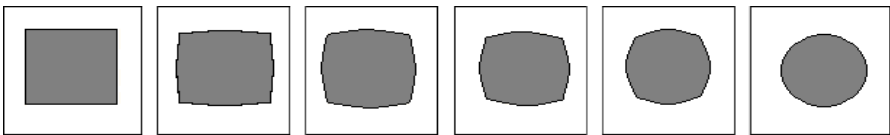


Рис. 1.

На рис.1 представлена серия кадров преобразования «квадрата» в «круг» за 5 шагов.

Аддитивная цветовая модель RGB используется для описания цветов, которые получаются с помощью устройств, основанных на принципе излучения. В качестве основных цветов выбран красный (Red), зеленый (Green) и синий (Blue) [1], рис. 2. Иные цвета и оттенки получаются смешиванием определенного количества указанных основных цветов.



Рис. 2.

Был проведен эксперимент, подставляя в формулу (3) усредненные компоненты цвета, получаем не плавный переход из желтого цвета, усредненная компонента которого равна 65535, в фиолетовый цвет, усредненная компонента которого равна 15145124. Результат этого преобразования приведен на рис. 3.



Рис. 3.

На рис.3 видно, что первый и последний кадры соответствуют поставленной задаче, а промежуточные кадры не соответствуют. Такой результат получен из-за того, что мы не учли основной закон колориметрии, говорящий о том, что цвет трехмерен. Поэтому нам следует усредненную компоненту цвета расщепить на RGB составляющие цвета. Также мы можем проследить изменение усредненного значения цвета и RGB составляющей цвета. В про-

граммном обеспечении, работающим с растровыми изображениями, цвет хранится в четырех байтах и записывается справа налево [2]. Пример представления записи цвета изображен на рис. 4.

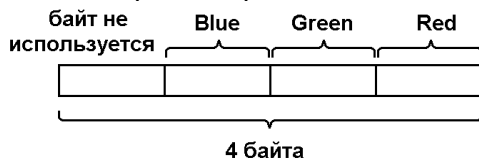


Рис. 4.

Для того чтобы получить требуемый результат необходимо (3) применять для каждой из трех компонент цвета, т.е. (3) преобразуется в следующий вид:

$$\begin{cases} c_r = c1_r + (c2_r - c1_r) \times \frac{t}{m} \\ c_g = c1_g + (c2_g - c1_g) \times \frac{t}{m} \\ c_b = c1_b + (c2_b - c1_b) \times \frac{t}{m} \end{cases} \quad (4)$$

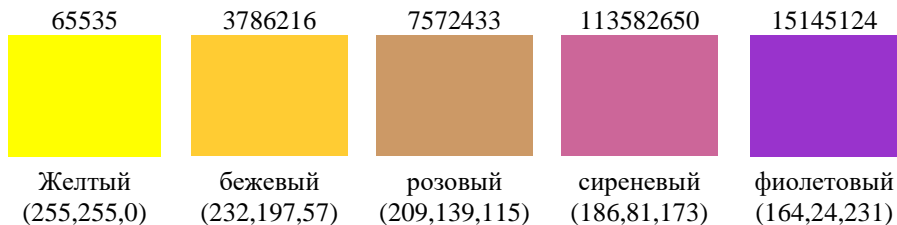


Рис. 5.

На рис.5 видно, что первый и последний кадры соответствуют поставленной задаче, а также и промежуточные кадры плавно переходят из начального в конечное изображение.

Таким образом, были рассмотрены несколько методов морфинга, который наиболее распространены в рекламе, цифровой анимации, графическом редактировании.

Список литературы: 1. Дунаев В.В., Дунаев В.В. Графика для WEB. - СПб., БХВ-Петербург: 2003. 640 с. 2. Никулин Е.А. Компьютерная геометрия и алгоритмы машинной графики.- СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 560 с.

Поступила в редколлегию 11.03.05

Е.А. КАМЕНИЮКА

PRUS – СРЕДСТВО МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ БУЛЕВЫХ УРАВНЕНИЙ

Предлагается высокопроизводительная технология решения булевых уравнений, основанная на использовании сферического однобитного мультипроцессора PRUS (Programmable Unlimited Systems), реализуемого на кристалле ASIC. Он позволяет осуществлять параллельную, последовательную и конвейерную обработку булевых уравнений, записанных в базе операций AND, OR, NOT, XOR. Мультипроцессор экономичен в аппаратном исполнении – для обработки системы уравнений, насчитывающей 20 миллионов вентилей, необходимо иметь всего 256 Мбайт оперативной памяти.

1. Актуальность создания мультипроцессора

Чтобы решить систему булевых уравнений, содержащую порядка миллиона линий или эквивалентных вентилей, существует несколько практически ориентированных технологий.

1. Можно использовать персональный компьютер или рабочую станцию на основе микропроцессора фирмы Intel. Здесь каждое уравнение будет решаться программным путем и последовательно, поскольку существует только один процессор, хотя и достаточно мощный. Стоимость решения проблемы, а также временные затраты очень высоки.

2. Реализовать специализированный параллельный процессор на основе PLD. В данном случае высокий параллелизм обработки уравнений компенсирует сравнительно низкую (по сравнению с CPU) тактовую частоту. Такое схемотехническое решение, к тому же с возможностью репрограммирования, является по производительности абсолютно выигрышным. Но здесь существенным недостатком будет выступать отсутствие гибкости, присущей программным методам решения уравнений. Кроме того, реализация системы на кристалле PLD имеет высокую стоимость, если объем будущих продаж составит десятки тысяч штук.

3. Третье решение связано с объединением достоинств CPU, PLD и ASIC, таких как:

- гибкость программирования системы уравнений, которая позволяет оперативно корректировать спецификацию в виде исходных кодов;
- минимально возможная мощность системы команд, приводящая к простым схемотехническим решениям аппаратурной реализации процессора;
- распараллеливание процесса решения уравнений, благодаря идеологии PLD, но с элементами CPU, что означает иметь много простых (однобитовых) взаимосвязанных между собой процессоров с собственной системой команд для параллельного программирования;

– имплементация мультипроцессора в кристалл ASIC, что позволит иметь максимально возможную тактовую частоту, минимальную стоимость одной микросхемы при большом объеме (более 10 000) выпуска продукции, низкое энергопотребление;

– конвейеризация решения системы уравнений есть исключительное свойство, присущее только для мультипроцессорной системы, где конвейерная обработка данных есть один из основных режимов наряду с параллельным и последовательным способами.

Таким образом, необходимость появления мультипроцессора для решения булевых уравнений со свойствами, упомянутыми выше, обусловлена существующими тенденциями на рынке электронных технологий. Что имеется здесь ввиду? В ближайшем будущем актуальные и вычислительно сложные проблемы должны будут решаться специализированными вычислительными микро- и мульти-процессорами. На рынке микроэлектроники возрастает показатель специализированной ориентации на решение конкретных задач – customization. Когда возможности универсальных компьютеров начинают превышать потребности данной области рынка, конкуренция смещает акценты с повышения общей производительности на усовершенствование свойств, за которые пользователь готов платить дополнительные деньги. Это – не только надежность и удобство, но и быстрдействие решения сложной проблемы, заказные свойства, энергосбережение, автономность, миниатюризация, гибкость и репрограммируемость.

2. Постановка задач проектирования мультипроцессора PRUS

PRUS (Programmable Unlimited Systems) есть ad hoc технология и специализированное вычислительное устройство, реализуемое в кристалле ASIC, для быстрого решения булевых уравнений. Архитектура PRUS представляет собой матрицу параллельных процессоров, каждый из которых связан с восемью другими линиями передачи данных. Структура PRUS и модель обработки уравнений разработаны доктором Stanley Hyduke и носят название “Compiler Synchronized Parallel-processor Network-based Logic Device” – сеть параллельных компилятивно синхронизированных процессоров. PRUS-технология и логический процессор, имеющий порядка 90 вентиляей, защищены патентами США, что подтверждает оригинальность архитектурных и процессных решений, ориентированных на эмуляцию системы булевых уравнений большой размерности.

Проектирование на основе PRUS подобно классической схеме (design flow) за исключением того, что стадия place and route заменяется фазой распределения булевых уравнений между сотнями (тысячами) логических процессоров, работающих параллельно. Boolean Equation Compiler™ (BECOM) обеспечивает размещение уравнений по процессорам, задает время формирования решения на выходе каждого из них, а также планирует передачу полученных результатов другому процессору.

PRUS есть эффективная сеть процессоров, которая обрабатывает систему логических уравнений и обеспечивает обмен данными между компонентами сети в процессе их решения. Простая схемотехника каждого процессора, требующая 48 бит памяти для эмуляции двухвходового вентиля, позволяет обрабатывать сверхбольшие проекты, насчитывающие более 20 миллионов вентиляей, затрачивая на это 256 Мбайт оперативной памяти. При этом ее затраты на описание триггера находятся в интервале 48 - 64 бит. Триггерные структуры могут располагаться в любой части комбинационной схемы, обеспечивая полную свободу проектирования.

Базовый вариант процессора PRUS может быть синтезирован на 90 вентилях, что дает возможность легко имплементировать, например, сеть, содержащую 4096 вычислителей, в ASIC, используя современную силиконовую технологию. Учитывая, что затраты памяти для эмуляции вентиляей и триггеров весьма незначительны, то PRUS может представлять интерес для проектирования систем управления в таких областях человеческой деятельности, как: индустрия, медицина, защита информации, геология, прогнозирование погоды, искусственный интеллект, космонавтика. Это представляет особый интерес для цифровой обработки данных, распознавания образов, криптоанализа. Одним из основных приложений PRUS в EDA (Electronic Design Automation) технологиях является эмуляция больших проектов, имплементируемых в ASICs и FPGA. Учитывая вышеизложенное, далее необходимо сформулировать проблему, цель и задачи исследования с учетом основного предназначения мультипроцессора.

Сферический мультипроцессор PRUS предназначен для решения системы булевых уравнений большой размерности за приемлемое для пользователя время.

Проблема обработки булевых уравнений, насчитывающих порядка миллиона вентиляей, связана с организацией вычислений на мультипроцессорной системе путем введения параллелизма и конвейеризации. Это позволяет уменьшить время получения решения в сотни раз по сравнению с последовательной обработкой данных.

Цель исследования – разработать однобитовый мультипроцессор, имплементируемый в ASIC, с матрично-сферической организацией взаимных связей и минимальным набором команд для повышения быстродействия решения систем булевых уравнений большой размерности в сотни раз.

Задачи исследования:

- 1) Разработать структуру сферического мультипроцессора PRUS, имплементируемого в кристалл ASIC и ориентированного на решение системы булевых уравнений большой размерности;
- 2) Спроектировать структуру секвенсера, как базовой ячейки PRUS, предназначенной для эмуляции примитивного элемента, выполняющего одну из следующих функций: AND, OR, NOT, XOR;

3) Разработать систему команд, достаточную для параллельного программирования и решения булевых уравнений на основе мультипроцессора PRUS;

4) Реализовать компилятор для преобразования HDL-описания системы булевых уравнений в язык машинных кодов мультипроцессора PRUS;

5) Разработать программный модуль оптимизации распределения системы булевых уравнений между секвенсерами PRUS, в целях максимального использования параллельного и конвейерного режимов работы мультипроцессора для получения решения за минимально возможное время;

6) Выполнить верификацию и тестирование мультипроцессора PRUS на доказательных примерах систем булевых уравнений, представляющих промышленный и научный интерес в целях оценивания быстродействия и аппаратных затрат на реализацию проекта.

3. Структура и функции мультипроцессора PRUS

Мультипроцессор PRUS в качестве основного составляющего компонента включает секвенсер, как hardware модуль, содержащий однобитовый процессор (Single Bit Processor – SBP) и оболочку (wrapper) в виде: памяти для хранения программного кода и данных, а также декодеров и мультиплексора. Собственно процессор представлен в виде модуля для реализации операций {AND, OR, NOT, XOR}. Далее мы будем считать секвенсер и процессор синонимами, если это не приведет к неверному толкованию излагаемого материала.

Для оптимизации распределения булевых уравнений по частям мультипроцессора необходимо иметь представление о его топологической структуре. Она отчасти подобна карте Карно (Karnaugh), поскольку каждый секвенсер имеет восемь соседей (в карте Карно – 4). Планарная структура PRUS представлена на рис. 1. Такое представление удобно для решения

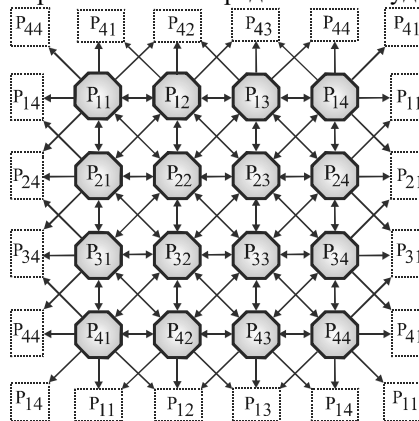


Рис. 1. Планарная структура процессора PRUS

оптимизационных задач на плоскости, к которым можно отнести: размещение булевых уравнений по процессорам, минимизацию функциональных связей между секвенсерами при эмуляции уравнений.

4. Архитектура секвенсера PRUS

Основным компонентом мультипроцессора является секвенсер, структура которого представлена на рис. 2.

Секвенсер эмулирует булевы уравнения. Все секвенсеры в сети функционируют синхронно и параллельно, обрабатывая однобитовый поток логических данных путем выполнения операций AND, OR, NOT, XOR. Результат моделирования сохраняется в памяти данных. В целях синхронизации всей вычислительной системы программная память каждого секвенсера в сети адресуется общим счетчиком адресов команд.

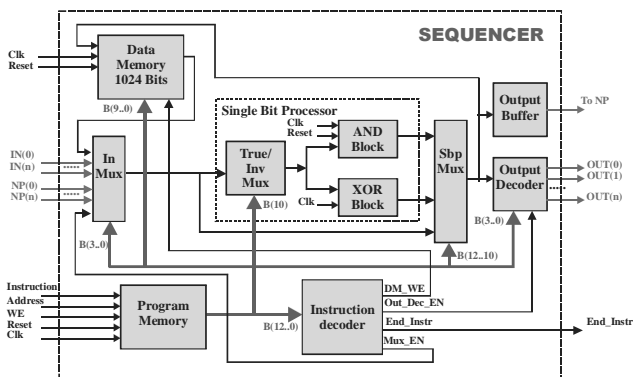


Рис. 2. Функциональная структура секвенсера

Program Memory предназначена для хранения программы моделирования уравнений в течение всего цикла, необходимого для их решения. Очередная команда выбирается с помощью адреса, формируемого на соответствующей шине. Код команды управляет работой всех блоков секвенсера.

Data Memory используется для хранения промежуточных результатов обработки уравнений на одном секвенсере. Здесь 10 младших разрядов командного слова используются как адрес памяти данных, если сигнал Data Memory Write Enable = 1. При таком количестве разрядов возможна адресация к 1024 ячейкам памяти данных.

InMux – используется для ввода внешних данных в секвенсер. Он может коммутировать один из восьми соседних процессоров (Mux_En = 1) или выбирать информацию из памяти данных.

Single Bit Processor (SBP) – выполняет две параллельные операции AND и OR над прямым или инверсным значением входной переменной.

SBP Mux – коммутирует выходы одного из четырех компонентов: AND block; инвертор содержимого AND block (operation ANDI); XOR block, InMux для передачи их на выход секвенсера. При этом коммутация блока InMux означает режим by pass для данного секвенсера в целях передачи информации ближайшему соседу.

Output Buffer – синхронизирует работу двух соседних процессоров и используется для передачи результирующей информации с выхода к соседу, после чего последний продолжает дальнейшую обработку уравнения.

Output Decoder – используется для выбора одного из n внешних выходов мультипроцессора PRUS в целях последующей передачи информации о решении системы уравнений.

Instruction Decoder – используется для декодирования адресов операндов и специальных команд, типа NOP, END. Он обеспечивает подачу управляющих сигналов для инициирования работы блоков: Output Decoder, Data Memory, Input Multiplexer и Single Bit Processor. Кроме того, он активизирует сигнал END_INSTR, который управляет работой программного счетчика адресов. При END_INSTR = 1 он обнуляется.

Каждый секвенсер имеет собственную программную память для хранения двоичных инструкций моделирования логических уравнений и память данных для сохранения результатов их решения. Во время программирования системы уравнений в память каждого секвенсера загружается собственное множество машинных команд, предназначенных для обработки логических уравнений. Поскольку все секвенсеры и соответствующие им памяти управляются одним общим регистром адреса, то они функционируют и обрабатывают логические уравнения синхронно и параллельно (рис. 3).

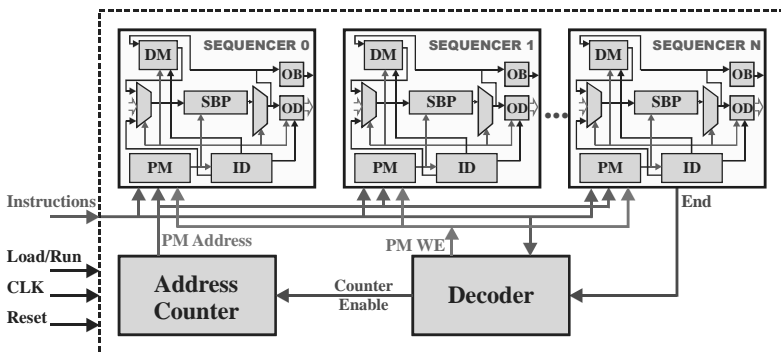


Рис. 3. Соединение секвенсеров

Счетчик адреса инкрементирует свое значение под управлением сигналов синхронизации системы CLK и Counter Enable – выходной сигнал декодера (Decoder), который равен 1 при достижении последней команды в программной памяти. Счетчик адреса может выбирать из памяти только последовательно идущие команды в программной памяти.

5. Структура и функции SBP

Однобитовый процессор SBP – основной компонент секвенсера. Его базовая структура представлена на рис. 4.

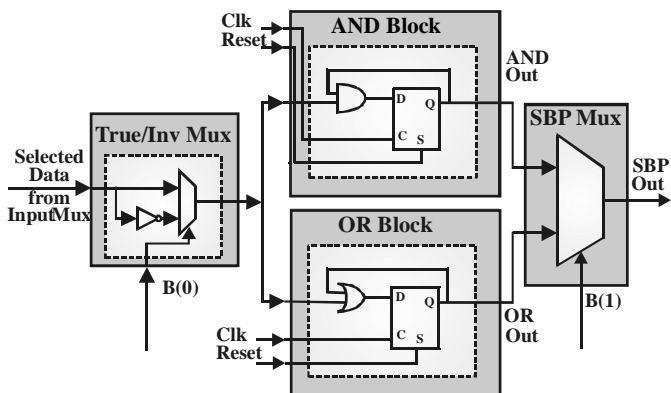


Рис. 4. Функциональная структура SBP

SBP предназначен для выполнения логических операций AND, OR, NOT, которых достаточно для решения любых сколь угодно сложных уравнений. В состав SBP входят также однобитовые OR- и AND-регистры для хранения промежуточных данных. SBP выполняет две операции над содержимым входа и регистра в параллельном режиме. Для выполнения операции AND (OR) на любом из блоков необходимо 2 временных такта: на первом выполняется загрузка первого операнда в однобитовый регистр, второй такт формирует результат на выходе D-триггера, как функцию, где X – вход данных для AND- или OR-блока. Один из полученных результатов передается на выход процессора с помощью мультиплексора SBP Mux. Функция мультиплексора True/Inv Mux заключается в передаче значения логической переменной в прямом или инверсном коде, что необходимо для обработки функций И-НЕ, ИЛИ-НЕ, а также простого инвертора или повторителя. Управление мультиплексором осуществляется одним битом командного слова. Данные для SBP могут быть доставлены со входа мультиплексора, от одного из соседних процессоров или из памяти данных. Что касается результата обработки уравнения, то он может быть передан в

память данных, соседнему процессору или на внешний выход мультипроцессора.

Базовая структура (см. рис.4) может быть модифицирована путем замены одного из функциональных блоков. Поскольку правила де Моргана позволяют **преобразовать** любую функцию к базису И-НЕ или ИЛИ-НЕ, то, естественно, что один из блоков AND- или OR-block можно считать избыточным. Поэтому OR-block предлагается исключить из SBP, поставив вместо него, модуль, выполняющий логическую операцию XOR logic operation (рис.5). Какие преимущества это дает? В базовой схеме SBP (см. рис.4) AND(OR)-регистр устанавливается в 1(0) перед началом обработки уравнения и он будет иметь в первом такте 1, если на вход поступит сигнал, равный 1. В модифицированной структуре SBP (см. рис.5) регистр XOR не требует первоначальной установки. Его инициализация выполняется единичным сигналом старшего бита командного слова. Обратная связь с выхода XOR на вход регистра сдвига позволяет вычислять XOR-операцию много раз. Такое расширение функций SBP оказывает положительное влияние на быстрдействие обработки булевых уравнений, имеющих операции XOR.

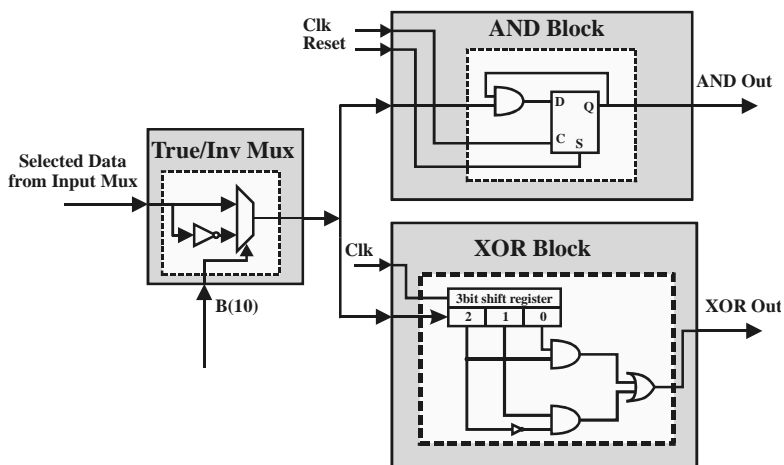


Рис. 5. Модифицированная структура SBP

6. Заключение

В качестве основных результатов, фигурирующих в предложенной PRUS-технологии, следует выделить два основных компонента: научную и практическую значимость. Первый компонент – научная новизна – определяется формулировкой следующих тезисов:

1. Предложена новая высокопроизводительная PRUS технология параллельного решения систем булевых уравнений, насчитывающих сотни миллионов эквивалентных вентиляей.

2. Разработана архитектура сферического мультипроцессора, где каждый однобитный процессор имеет непосредственные связи с восемью другими.

3. Представлена схемотехнически простая структура однобитного процессорного элемента, ориентированная на выполнение операций AND, OR, NOT, XOR, а также секвенсера, в состав которого входит память программы и данных, а также соответствующие схемы управления.

4. Предложена модель организации вычислительных процессов, заключающаяся в равномерном распределении системы булевых уравнений между вычислительными ресурсами мультипроцессора на основе применения метода половинного деления.

Литература: 1. *Design Automation Conference. Proceedings.* San Diego, California. 2004. 970p. 2. *Bass M.J. and Cristensen C.M.* The future of the Microprocessor Business.- IEEE Spectrum, April, 2002, P. 34-39. 3. *Don Edenfeld, Andrew B Kahng, Mike Rodgers, and Yervant Zorian,* "2003 Technology Roadmap for Semiconductors", Computer, January 2004, pp. 47-56. 4. *Nick Tredennock, Brion Shimamoto.* "Go Reconfigure". IEEE Spectrum. December 2003. P. 37-40. 5. *B. Gupta and M. Borgatti.* Different Approaches to Add Reconfigurability in a SoC Architecture // Design Automation and Test in Eurpe (DATE 03).- 2003.- P. 398-402. 6. *M. Borgatti, L. Calm, G. De Sandre, B. Forst, D. Iezzi, F. Lertora, G. Muzzi, M. Pasotti, M. Poles, P.L. Rolandi (STMicroelectronics)* A Reconfigurable Signal Processing IC with Embedded FPGA and Multi-Port Flash Memory // Design Automation Conference (DAC 03).- 2003.- P. 691-696. 7. *Linda Geppert.* "The New Indelible Memories". IEEE Spectrum. March 2003. P. 49-54. 8. UML-SOC 2004. UML for SOC Design. DAC 2004. Workshop. 58 p. 9. *Nikolaos S. Voros, Luis Sanchez, Alejandro Alonso, Alexios N. Birbas, Michael Birbas, Ahmed Jerraya.* Hardware-Software Co-Design of Complex Embedded Systems. Design Automation for Embedded Systems.- Boston: Kluwer Academic Publishers.- 2003.- P. 5-34. 10. *Yoo S. and Jerraya A.* Introduction to Hardware Abstraction Layers for SoC // Design Automation and Test in Europe (DATE 03).-2003.-P. 336-338. 11. *Vercauteren,S., J.V.D. Steen, and D Verkest.* Combining Software Synthesis and Hardware-Software Interface Generation to Meet Hard Real-Time Constraints.- DATE'99.- 1999.- P. 177-187. 12. *Boehm, B.* A Spiral model of Software Development and Enhancement. Science of Computer Programming.- Vol. 8.- 1988.- P. 231-274. 13. *Steve Farber.* ARM System-on-Chip architecture. Addison - Wesley. 2000. 420p. 14. *David Seal.* Architecture Reference Manual. Addison - Wesley. 2001. 560p. 15. *Active-HDL User's Guid.* Second Edition.- Copyright.- Aldec Inc.- 2003.- 213p. 16. *Samir Palnitkar.* Verilog HDL. A Guide to digital design and synthesis. Sunsoft Press. A prentice Hall Title. 2002. 396p.

Поступила в редакцию 16.06.2005

С.В. ЧУМАЧЕНКО, канд. физ.-мат. наук

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ В РЕЗОНАТОРНЫХ УСТРОЙСТВАХ СЛОЖНОЙ СТРУКТУРЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА СУММИРОВАНИЯ РЯДОВ В ГПВЯ

Наведено результати математичних моделей електромагнітних полів для двох резонаторних пристроїв, які отримані із застосуванням методу підсумовування рядів за вибірковими значеннями у гільбертовому просторі з відтворюючим ядром. Завдяки застосованому методу отримані рівняння, що описують розглядувані моделі, не містять рядів. Це дає можливість здобути точні результати рои чисельному моделюванні.

1. Введение

Процесс математического моделирования предполагает исследование проблемы; разработку алгоритма ее решения; написание кода на одном из языков программирования; тестирование и верификацию моделей, методов, алгоритмов, программ. Для решения конкретной задачи анализируется возможность использования (модернизации) известных или обосновывается необходимость разработки новых математических методов.

Электромагнитные резонаторы являются существенной составной частью многих современных технических устройств. Наряду с изучением открытых резонансных структур продолжается исследование и усовершенствование закрытых резонансных объемов. Моделирование электромагнитных колебаний в них сводится к определению собственных полей. Математическая задача при этом формулируется следующим образом: найти решение уравнений Максвелла в объемной области V , ограниченной поверхностью S , которое удовлетворяет определенным граничным условиям. Структура и свойства электромагнитного поля в резонаторе определяются его геометрическими размерами, способом возбуждения и свойствами среды, которая заполняет объем. Решение проблемы создания резонаторов с заданными характеристиками связано с исследованиями структур сложной геометрической конфигурации, для которых возникают соответствующие граничные задачи. Учет новых электродинамических и геометрических факторов приводит к усложнению вида уравнений, для которых точные решения встречаются достаточно редко. Среди известных методов можно указать следующие: квазистационарный, “возмущений”, эквивалентных схем (импедансный), вариационный, факторизации, частичных областей [1-9]. Однако все они являются приближенными. Определенный интерес представляет использование численных методов, реализуемых на основе полученных аналитических выражений. В этом случае погрешность и

вычислительная сложность будет строго зависеть от точности формул, которые чем проще, тем эффективнее численные расчеты, основанные на них.

В строгой формулировке граничной задачи искомое электромагнитное поле представляется в виде рядов Фурье по полным системам функций, а решение сводится к нахождению последовательностей коэффициентов разложения. Результирующая бесконечная система линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) позволяет получить решение численными методами с высокой степенью точности, а также допускает аналитическое решение для частных случаев с ограничениями на параметры задачи.

Таким образом, вычислительная сложность граничной задачи связана с решением бесконечных СЛАУ, которое может быть получено для произвольных параметров приближенными методами усечения или последовательных приближений [10].

Здесь предлагается точный метод решения СЛАУ на основе суммирования рядов в гильбертовом пространстве с воспроизводящим ядром (ГПВЯ). Исследование продолжает цикл работ, опубликованных по данному научному направлению. В [11, 14] приведены общие положения, на основе которых предлагается метод суммирования в ГПВЯ. В [12] представлено доказательство интегральных тождеств с использованием данного подхода. Решение сумматорных, интегральных уравнений и их системы с помощью предлагаемого метода приведено в [13], а численное обоснование метода – в [15].

Цель исследования – усовершенствовать метод решения граничных электродинамических задач моделирования резонаторных устройств на основе использования суммирования рядов в ГПВЯ для упрощения конечных формул в численных расчетах.

Для достижения поставленной цели необходимо решить граничные задачи электродинамики:

- 1) в цилиндрическом объемном резонаторе сложной формы на основе системы уравнений Максвелла;
- 2) для запердельного однозвенного волноводно-диэлектрического резонатора.

2. Основные теоретические соотношения

Используются следующие известные факты теории ГПВЯ [16].

Утверждение 1. В ГПВЯ $H_{\text{Кер}_3}$ любая функция $f \in H_{\text{Кер}_3}$ разлагается в ряд по выборочным значениям

$$f(s) = \sum_{k=1}^{\infty} f(k) \frac{2k}{s+k} \frac{\sin \pi(s-k)}{\pi(s-k)}, \quad 0 < s < \infty \quad (1)$$

или

$$f(s) = \sum_{k=0}^{\infty} f(k) \frac{\varepsilon_k k}{s+k} \frac{\sin \pi(s-k)}{\pi(s-k)}, \quad 0 < s < \infty. \quad (2)$$

Утверждение 2. В ГПВЯ $\mathbf{H}_{\text{Кер}_r}$ любая функция $f \in \mathbf{H}_{\text{Кер}_r}$ разлагается в ряд по выборочным значениям

$$f(s) = f(0) \frac{\sin \pi s}{\pi s} + \sum_{k=1}^{\infty} f(k) \frac{2s}{s+k} \frac{\sin \pi(s-k)}{\pi(s-k)}, \quad 0 < s < \infty \quad (3)$$

или

$$f(s) = \sum_{k=0}^{\infty} f(k) \frac{\varepsilon_k s}{s+k} \frac{\sin \pi(s-k)}{\pi(s-k)}, \quad 0 < s < \infty, \quad (4)$$

где $\varepsilon_k = \begin{cases} 1, & k = 0; \\ 2, & k = 1, 2, 3, \dots \end{cases}$ – число Неймана.

Таким образом, любой функции из ГПВЯ можно поставить в соответствие ряд по выборочным значениям. Если же имеется ряд, общий член которого можно привести к стандартному виду, – путем эквивалентных преобразований выделить воспроизводящее ядро, – то ему можно поставить в соответствие функцию из ГПВЯ. Другими словами, ряды могут быть просуммированы на основании (1)-(4).

3. Электромагнитные поля в цилиндрическом резонаторе с настрочным элементом типа «штемпель»

Рассматривается граничная электродинамическая задача для уравнения Гельмгольца в замкнутом цилиндрическом объеме со сложной конфигурацией внутренней ограничивающей поверхности. Объем исследуемой резонансной системы состоит из трех частичных областей, которые определяются следующими границами изменения координат: I – $d \leq r \leq b$, $0 \leq z \leq l$; II – $a \leq r \leq d$, $g_1 \leq z \leq l$; III – $0 \leq r \leq d$, $0 \leq z \leq g$. Области могут заполняться диэлектриками.

Необходимо определить собственные значения колебаний электрического типа рассматриваемого резонатора и соответствующие поля. Для этого следует найти нетривиальные решения уравнений Максвелла, которые удовлетворяют условиям: касательные составляющие вектора электрического поля равны нулю на идеально проводящих стенках резонатора; на границе раздела частичных областей электромагнитное поле непрерывно.

Составляющие электромагнитного поля вычисляются по известным формулам [17]:

$$E_z(r, z) = \frac{1}{i\omega} \left(k^2 + \frac{\partial}{\partial z^2} \right) \Pi(r, z), \quad E_r(r, z) = \frac{1}{i\omega} \frac{\partial^2 \Pi(r, z)}{\partial r \partial z}, \quad H_\varphi(r, z) = -\frac{\partial \Pi(r, z)}{\partial r}. \quad (5)$$

Для каждой частичной области потенциальные функции имеют вид:

$$\Pi(r, z) = \begin{cases} \Pi_1(r, z) = \sum_{n=0}^{\infty} \varepsilon_n A_n Z_n^I(p_n r) \cos \frac{\pi n z}{l}, & d \leq r \leq b, \quad 0 \leq z \leq l; \\ \Pi_2(r, z) = \sum_{m=0}^{\infty} \varepsilon_m B_m Z_m^{II}(q_m r) \cos \frac{\pi m(z - g_1)}{l_1}, & a \leq r \leq d, \quad g_1 \leq z \leq l; \\ \Pi_3(r, z) = \sum_{s=0}^{\infty} \varepsilon_s C_s J_0(f_s r) \cos \frac{\pi s z}{g}, & 0 \leq r \leq d, \quad 0 \leq z \leq g, \end{cases} \quad (6)$$

где

$$\begin{aligned} Z_n^I(p_n r) &= J_0(p_n r) N_0(p_n b) - J_0(p_n b) N_0(p_n r), \\ Z_m^{II}(q_m r) &= J_0(q_m r) N_0(q_m a) - J_0(q_m a) N_0(q_m r), \\ p_n &= \sqrt{k^2 - (\pi n/l)^2}, \quad q_m = \sqrt{k^2 - (\pi m/l_1)^2}, \quad f_s = \sqrt{k^2 - (\pi s/g)^2}, \end{aligned}$$

k – собственные числа, ε_j – число Неймана.

На границе раздела трех частичных областей должны выполняться следующие граничные условия

$$E_z^I(r, z) = \begin{cases} E_z^{II}(r, z), & g_1 \leq z \leq l, \quad r = d; \\ 0, & g \leq z \leq g_1, \quad r = d; \\ E_z^{III}(r, z), & 0 \leq z \leq g, \quad r = d; \end{cases} \quad (7)$$

$$H_\varphi^I(r, z) = \begin{cases} H_\varphi^{II}(r, z), & g_1 \leq z \leq l, \quad r = d; \\ H_\varphi^{III}(r, z), & 0 \leq z \leq g, \quad r = d \end{cases} \quad (8)$$

С помощью (6) и (5) определяются компоненты электромагнитного поля, при этом тангенциальные составляющие удовлетворяют граничным условиям (7) и (8) на поверхности раздела $r = d$. В результате получается система функциональных уравнений

$$\begin{aligned} \sum_{n=0}^{\infty} \varepsilon_n A_n p_n^2 Z_n^I(p_n d) \cos\left(\frac{\pi n}{l} z\right) &= \begin{cases} \sum_{m=0}^{\infty} \varepsilon_m B_m q_m^2 Z_m^{II}(q_m d) \cos \frac{\pi m(z - g_1)}{l_1}, & g_1 \leq z \leq l; \\ 0, & g \leq z \leq g_1; \\ \sum_{s=0}^{\infty} \varepsilon_s C_s f_s^2 J_0(f_s d) \cos \frac{\pi s z}{g}, & 0 \leq z \leq g; \end{cases} \\ \sum_{m=0}^{\infty} \varepsilon_m B_m q_m Z_m^{II'}(q_m d) \cos \frac{\pi m(z - g_1)}{l_1} &= \sum_{n=0}^{\infty} \varepsilon_n A_n p_n Z_n^I'(p_n d) \cos \frac{\pi n z}{l}, \quad g_1 \leq z \leq l, \\ \sum_{s=0}^{\infty} \varepsilon_s C_s f_s J_0'(f_s d) \cos \frac{\pi s z}{g} &= \sum_{n=0}^{\infty} \varepsilon_n A_n p_n Z_n^I'(p_n d) \cos \frac{\pi n z}{l}, \quad 0 \leq z \leq g, \end{aligned}$$

Отсюда следуют бесконечная однородная СЛАУ относительно неизвестных коэффициентов A_n :

$$\begin{aligned}
& A_n l p_n^2 Z_n^I(p_n d) - \sum_{m=0}^{\infty} \varepsilon_m \frac{q_m Z_m^{II}(q_m d)}{l_1 Z_m^{II'}(q_m d)} i_2(n, m) \sum_{j=0}^{\infty} \varepsilon_j A_j p_j Z_j^I(p_j d) i_2(j, m) - \\
& - \sum_{s=0}^{\infty} \varepsilon_s \frac{f_s J_0(f_s d)}{g J_0'(f_s d)} i_1(n, s) \sum_{j=0}^{\infty} \varepsilon_j A_j p_j Z_j^I(p_j d) i_1(j, s) = 0, \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (9)
\end{aligned}$$

и формулы для вычисления неизвестных коэффициентов B_m и C_s :

$$B_m = \frac{1}{l_1 q_m Z_m^{II'}(q_m d)} \sum_{n=0}^{\infty} \varepsilon_n A_n p_n Z_n^I(p_n d) i_2(n, m), \quad m = 0, 1, 2, \dots, \quad (10)$$

$$C_s = \frac{1}{g f_s J_0'(f_s d)} \sum_{n=0}^{\infty} \varepsilon_n A_n p_n Z_n^I(p_n d) i_2(n, s), \quad s = 0, 1, 2, \dots \quad (11)$$

где

$$i_1(n, s) = \frac{g}{2} \left[\frac{\sin \pi(n\theta - s)}{\pi(n\theta - s)} + \frac{\sin \pi(n\theta + s)}{\pi(n\theta + s)} \right], \quad \theta = \frac{g}{l}; \quad (12)$$

$$i_2(n, m) = \frac{n l_1^2 l}{\pi(m^2 l^2 - n^2 l_1^2)} \sin \frac{\pi n g l_1}{l}. \quad (13)$$

На основе (12) и (13) можно сформировать выражения, содержащие воспроизводящие ядра типов Ker_4 , Ker_3 соответственно [16]:

$$i_1(n, s) = g \frac{n\theta}{(n\theta + s)} \frac{\sin \pi(n\theta - s)}{\pi(n\theta - s)}, \quad (14)$$

$$i_2(n, m) = \frac{n}{\left(\frac{ml}{l_1} + n\right)} \frac{\sin \pi\left(\frac{ml}{l_1} - n\right)}{\pi\left(\frac{ml}{l_1} - n\right)} \frac{l \sin \frac{\pi n g l_1}{l} \cos \pi n}{\sin \frac{\pi m l}{l_1}}. \quad (15)$$

С учетом (14), (15) на основании суммирования в ГПВЯ, можно определить коэффициенты B_m и C_s в следующем виде:

$$B_m = A_m \frac{l}{l_1} \frac{Z_m^I(q_m d)}{Z_m^{II'}(q_m d)} \sin \frac{\pi m g l_1}{l_1} \text{ctg} \frac{\pi m l}{l_1}, \quad m = 0, 1, 2, \dots, \quad (16)$$

$$C_s = A_s \frac{l}{g} \frac{q_s Z_s^I(q_s d)}{f_s J_0'(f_s d)} \sin \frac{\pi s g l_1}{l_1} \text{ctg} \frac{\pi s l}{l_1}, \quad s = 0, 1, 2, \dots \quad (17)$$

Для вычисления собственных значений k оператора граничной задачи выписывается определитель системы (9), который приравняется нулю:

$$\det \{ \delta_{ni} l p_i^2 Z_i^I(p_i d) - p_i Z_i^I(p_i d) S_{ni} - p_i Z_i^I(p_i d) K_{ni} \} = 0, \quad n = 0, 1, 2, \dots; \quad i = 0, 1, 2, \dots, \quad (18)$$

где

$$S_{ni} = \sum_{m=0}^{\infty} \varepsilon_m \frac{q_m Z_m^{\text{II}}(q_m d)}{l_1 Z_m^{\text{II}}(q_m d)} i_2(n, m) i_2(i, m), \quad (19)$$

$$K_{ni} = \sum_{s=0}^{\infty} \varepsilon_s \frac{f_s J_0(f_s d)}{g J_0'(f_s d)} i_1(n, s) i_1(i, s), \quad (20)$$

δ_{ni} – символ Кронекера.

Далее суммирование рядов (19) и (20) с использованием методов ГПВЯ дает следующие результаты:

$$S_{ni} = - \frac{l_1 p_n Z_n^{\text{II}}(p_n d) \sin \frac{\pi n g_1}{l} \sin \frac{\pi i g_1}{l} \cos \frac{\pi n l}{l}}{Z_m^{\text{II}}(p_n d) \sin \frac{\pi i l}{l}} \frac{i}{i+n} \frac{\sin \pi \frac{l_1}{l} (i-n)}{\pi \frac{l_1}{l} (i-n)} \text{ctg} \frac{\pi n l_1}{l}, \quad (21)$$

$$K_{ni} = \frac{g p_n J_0(p_n d)}{J_0'(p_n d)} \frac{i}{i+n} \frac{\sin \pi \theta (i-n)}{\pi \theta (i-n)}. \quad (22)$$

Итак, в рассмотренной модели электромагнитного поля для амплитудных множителей B_m и C_s вместо приближенных выражений (10) и (11) предлагается использовать точные формулы (16) и (17) соответственно. Собственные значения оператора граничной задачи находятся из дисперсионного уравнения (18), где для S_{ni} и K_{ni} приняты обозначения в форме (21) - (22) вместо (19) - (20).

4. Моделирование электромагнитных полей в волноводно-резонаторной системе

В [18] рассматривается запердельный волноводно-диэлектрический резонатор с плоскими слоями. Он представляет собой два отрезка прямоугольного волновода с сечениями A , B , которые соединены с волноводом меньшего сечения a . Для решения задачи о возбуждении электромагнитного поля система координат выбирается, чтобы ось z совпадала с направлением распространения волны, ось x находилась в плоскости поперечного сечения структуры. При этом начало координат совпадает с соосным соединением подводящего и прямоугольного участков поперечного сечения.

В процессе решения граничной задачи выполняется переход от системы функциональных уравнений к бесконечной СЛАУ относительно неизвестных амплитудных коэффициентов падающих (+) и отраженных (-) волн в различных областях рассматриваемой структуры: $A_m^-, B_m^+, B_m^-, C_m^+, C_m^-$, D_m^+, D_m^-, E_m^+ , которые содержатся в выражения для искомых электромагнитных полей [18]:

$$\delta_{1m} + A_m^- = \sum_{n=1}^{\infty} v_{nm} (B_n^+ + B_n^-), \quad (23)$$

$$i\beta_m^A (-\delta_{1m} + A_m^-) = \sum_{n=1}^{\infty} \beta_n^I v_{nm} (-B_n^+ + B_n^-), \quad (24)$$

$$B_m^+ \exp(-\beta_m^I l_1) + B_m^- \exp(\beta_m^I l_1) = C_m^+ + C_m^-, \quad (25)$$

$$\beta_m^I [-B_m^+ \exp(-\beta_m^I l_1) + B_m^- \exp(\beta_m^I l_1)] = i\beta_m^{II} (-C_m^+ + C_m^-), \quad (26)$$

$$C_m^+ \exp(-i\beta_m^{II} l_2) + C_m^- \exp(i\beta_m^{II} l_2) = D_m^+ + D_m^-, \quad (27)$$

$$i\beta_m^{II} [-C_m^+ \exp(-i\beta_m^{II} l_2) + C_m^- \exp(i\beta_m^{II} l_2)] = \beta_m^{III} (-D_m^+ + D_m^-), \quad (28)$$

$$\sum_{p=1}^{\infty} \xi_{mp} [D_p^+ \exp(-\beta_p^{III} l_3) + D_p^- \exp(\beta_p^{III} l_3)] = E_m^+, \quad (29)$$

$$\sum_{p=1}^{\infty} \beta_p^{III} \xi_{mp} [-D_p^+ \exp(-\beta_p^{III} l_3) + D_p^- \exp(\beta_p^{III} l_3)] = -i\beta_m^B E_m^+. \quad (30)$$

В уравнениях (23)-(24) и (29)-(30) фигурируют составляющие v_{nm} и ξ_{mp} , которые определены так:

$$v_{nm} = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{a}{A}} \left[\frac{\sin \pi(n - m \frac{a}{A})}{\pi(n - m \frac{a}{A})} + \frac{\sin \pi(n + m \frac{a}{A})}{\pi(n + m \frac{a}{A})} \right], \quad (31)$$

$$\xi_{mp} = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{a}{B}} \left[\frac{\sin \pi(p - m \frac{a}{B})}{\pi(p - m \frac{a}{B})} + \frac{\sin \pi(p + m \frac{a}{B})}{\pi(p + m \frac{a}{B})} \right]. \quad (32)$$

На основе выражений (31), (32) можно сформировать воспроизводящие ядра в целях суммирования рядов из (23)-(24) и (29)-(30). Путем эквивалентных преобразований из (31), (32) получаем:

$$v_{nm} = \frac{ma}{nA} \sqrt{\frac{a}{A}} \frac{2n}{(m \frac{a}{A} + n)} \frac{\sin \pi(m \frac{a}{A} - n)}{\pi(m \frac{a}{A} - n)}, \quad (33)$$

$$\xi_{mp} = \frac{ma}{nB} \sqrt{\frac{a}{B}} \frac{2n}{(m \frac{a}{B} + n)} \frac{\sin \pi(m \frac{a}{B} - n)}{\pi(m \frac{a}{B} - n)}. \quad (34)$$

Далее вычисляются ряды из уравнений системы (23)-(30) с использованием метода суммирования в ГПВ:

$$\sum_{n=1}^{\infty} v_{mn} (B_n^+ + B_n^-) = \sqrt{\frac{a}{A}} (B_m^+ + B_m^-), \quad (35)$$

$$\sum_{n=1}^{\infty} \beta_n^I v_{mn} (-B_n^+ + B_n^-) = -\sqrt{\frac{a}{A}} i\beta_m^A (B_m^+ - B_m^-), \quad (36)$$

$$\begin{aligned} & \sum_{p=1}^{\infty} \xi_{mp} [D_p^+ \exp(-\beta_p^{\text{III}} l_3) + D_p^- \exp(\beta_p^{\text{III}} l_3)] = \\ & = \sqrt{\frac{a}{B}} [D_m^+ \exp(-i\beta_m^B l_3) + D_m^- \exp(i\beta_m^B l_3)], \end{aligned} \quad (37)$$

$$\begin{aligned} & \sum_{p=1}^{\infty} \beta_p^{\text{III}} \xi_{mp} [-D_p^+ \exp(-\beta_p^{\text{III}} l_3) + D_p^- \exp(\beta_p^{\text{III}} l_3)] = \\ & = \sqrt{\frac{a}{B}} i\beta_m^B [-D_m^+ \exp(-i\beta_m^B l_3) + D_m^- \exp(i\beta_m^B l_3)]. \end{aligned} \quad (38)$$

С учетом приведенных результатов первая и последняя пара уравнений системы (23)-(30) принимает вид:

$$\delta_{1m} + A_m^- = \sqrt{\frac{a}{A}} (B_m^+ + B_m^-), \quad (39)$$

$$-\delta_{1m} + A_m^- = -\sqrt{\frac{a}{A}} (B_m^+ - B_m^-), \quad (40)$$

$$\sqrt{\frac{a}{B}} [D_m^+ \exp(-i\beta_m^B l_3) + D_m^- \exp(i\beta_m^B l_3)] = E_m^+, \quad (41)$$

$$\sqrt{\frac{a}{B}} [-D_m^+ \exp(-i\beta_m^B l_3) + D_m^- \exp(i\beta_m^B l_3)] = -E_m^+. \quad (42)$$

Таким образом, уравнения (39)-(42) совместно с (25)-(28) образуют модифицированную систему относительно набора искоемых коэффициентов. В отличие от [18], где суммирование ведется по индексам n и r до значения m , в (39)-(42) учтены все члены соответствующих рядов, что даст возможность получить точные результаты.

5. Выводы

Решение граничной электродинамической задачи о цилиндрическом резонаторе с настроечным элементом типа «штемпель» позволило получить модель электромагнитного поля, которая описывается прямыми формулами и СЛАУ для неизвестных коэффициентов, а также дисперсионным уравнением собственных значений.

Для запредельного волноводно-диэлектрического резонатора получена СЛАУ для неизвестных коэффициентов, входящих в выражения искоемых электромагнитных полей, не содержащая бесконечных рядов. В отличие от

известных методов решения СЛАУ такого типа, при которых удерживается только нулевой/первый общий член ряда, метод суммирования в ГПВЯ дает возможность суммировать ряд без усечения и получать точный результат.

Научная новизна исследования определяется применением нового метода к суммированию рядов, встречающихся в процессе решения приведенных задач для получения точного результата и уменьшения вычислительной сложности при выполнении численного моделирования электромагнитных полей и резонаторов.

Практическая значимость работы связана с востребованностью точных аналитических методов при проектировании радиоэлектронных устройств, позволяющих уменьшить время синтеза и анализа и повысить качество изделий.

Перспективы исследований определяются возможностью упрощения методов решения граничных электродинамических задач для резонаторных и волноводных устройств, а также их систем на основе использования метода суммирования рядов в ГПВЯ.

Список литературы: 1. *Владимиров В.С.* Уравнения математической физики. М.: Наука, 1977. 512 с. 2. *Тихонов А.Н., Сахарский А.А.* Уравнения математической физики. М.: Наука, 1972. 735 с. 3. *Никольский В.В.* Вариационные методы для внутренних задач электродинамики. М.: Наука, 1967. 320с. 4. *Никольский В.В.* Электродинамика и распространение радиоволн. М.: Наука, 1978. 544с. 5. *Нобл Б.* Применение метода Винера-Хопфа для решения дифференциальных уравнений. Пер. с англ. М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1962. 280с. 6. *Вайнштейн Л.А.* Теория дифракции и метод факторизации. М.: Сов. радио, 1966. 432с. 7. *Смайт В.* Электростатика и электродинамика: Пер. с англ. М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1954. 604 с. 8. *Функциональный анализ.* Справочная математическая библиотека / М.Ш. Бирман, Н.Я. Виленкин и др. Под. ред. С.Г. Крейна. М.: Наука, 1972. 544 с. 9. *Шестопалов В.П.* Метод задачи Римана-Гильберта в теории дифракции и распространения электромагнитных волн. Харьков: Изд-во Харьк. ун-та, 1971. 400 с. 10. *Шестопалов В.П., Литвиненко Л.Н., Масалов С.А., Сологуб В.Г.* Дифракция волн на решетках. Харьков: Изд-во Харьк. ун-та, 1973. 288с. 11. *Chumachenko S.V.* Summation method of selected series for IP-core design // Proc. East-West Design & Test Conference. 2003. P. 197-203. 12. *Чумаченко С.В.* Теоремы о некоторых интегральных тождествах на основе метода суммирования рядов в ГПВЯ // Радиоэлектроника и информатика. 2004. № 1. С. 113-115. 13. *Чумаченко С.В.* Решение интегро-сумматорных уравнений и систем сложной структуры на основе методов суммирования рядов в ГПВЯ // Радиоэлектроника и информатика. 2004. № 2. С.122-125. 14. *Chumachenko S.V., Gowher Malik, Khavar Parvez.* Reproducing Kernel Hilbert Space Methods for CAD Tools // Proc. East-West Design & Test Workshop. 2004. P. 247-250. 15. *Чумаченко С.В.* Численное обоснование метода суммирования рядов в ГПВЯ // Радиоэлектроника и информатика. 2005. № 1. С. 111-114. 16. *Функции с двойной ортогональностью в радиоэлектронике и оптике:* Пер. М.К. Размахнина и В.П. Яковлева. М.: Сов. радио, 1971. 256с. 17. *Вайнштейн Л.А.* Электромагнитные волны. М.: Сов. радио, 1957. 581 с. 18. *Капилевич Ю.Б.* Волноводные диэлектрические фильтры. М.: Связь, 1980. 136с.

Поступила в редколлегию 16.06.2005

Н.А. МАРЧЕНКО, канд. техн. наук, *В.В. КРАСНОКУТСКИЙ*

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ ПРИКЛАДНОЙ КАРТОГРАФИИ

В даній статті наведено особливості розробки системи прикладної картографії та побудовані алгоритми рішення основних її функціональних задач: пошуку об'єкта, масштабування зображення, навігації пошуку оптимального маршруту. Розроблена система може використовуватися у різних областях муніципальної сфери міста.

Введение. Одним из современных направлений в компьютерных технологиях является географические информационные системы (ГИС), оперирующие с пространственными данными из различных областей науки (геология, геодезия, картография). Такие системы используются для решения практических задач в области градостроительства, ландшафтной архитектуры, инженерных сооружений и сетей, ведения кадастров, оптимизации природопользования и оценки природных ресурсов, а также в задачах экологического мониторинга, транспортных задачах, при управлении регионами и др. [1-4].

В большинстве случаев простое накопление информации без учета ее пространственного распределения не позволяет провести достаточно точный анализ. Поместив данные на географическую карту, можно уловить характер распределения объектов или явлений, проследить их изменение в пространстве и во времени путем сопоставления различных данных, сделать их анализ. При этом графическое представление данных, помещенных на карту, воспринимается намного лучше лицом, принимающим решение, чем большое количество различных графиков и диаграмм.

Необходимость проанализировать географическое расположение явлений и объектов, их количественные и качественные характеристики при помощи карты возникает у представителей различных профессий. Прежде всего, это – управляющие структуры, владеющие большими массивами информации, на основе которой принимаются решения. В картографических данных также нуждаются специалисты, оценивающие и прогнозирующие состояние какой-либо области человеческой деятельности, например, рынков сбыта продукции, экологии и т.п. Круг ее возможных потребителей чрезвычайно широк, это является одной из причин резко возросшего за последние годы спроса на географические информационные системы.

Постановка задачи. Целью данной работы является разработка концептуальной модели системы прикладной картографии (СПК), которая в последствии может использоваться в системах управления коммунальной сферы города Харькова. Исходя из обязательных функций ГИС [3], в СПК предполагается реализация возможности поиска объекта на карте, измерения расстояния между объектами находящимися на карте, поиск оптимального мар-

шрута и другие, характерные для подобных систем (см. рис. 1.). Исходной информацией для системы является карта-схема города Харькова масштаба 1 : 20 000, разработанная харьковской фирмой «СПАЭРО Плюс», которая была предварительно отсканирована, а затем объединена в один проект.

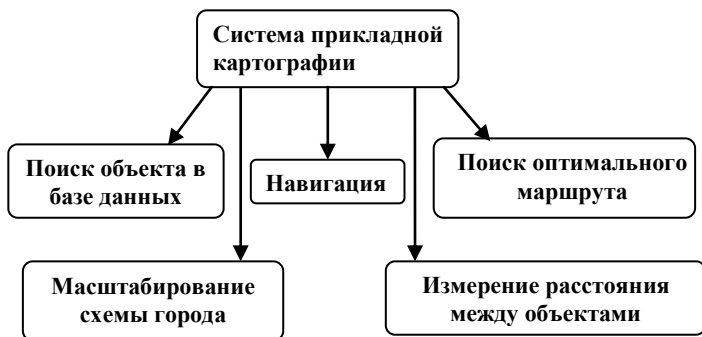


Рис. 1. Основные функциональные блоки СПК

Принцип измерения расстояний, масштабирования, навигации и поиск оптимального маршрута. В качестве формата представления данных в СПК был выбран растрово-векторный, т.е. на имеющуюся растровую основу (схему города) накладывалась необходимая векторная информация о слоях улиц и маршрутов передвижения транспорта. Одной из задач являлось измерение расстояний между объектами. Для этого был разработан алгоритм, позволяющий измерить расстояние между двумя точками схемы, выведенной на экран в растровом виде с учетом пересчета экранных координат в условные координаты местности. Данный алгоритм предусматривает определение, как суммарного расстояния, так и длины отдельного сегмента линейного объекта.

Возможность масштабирования – это неотъемлемая функция любой ГИС [1-4]. В разработанной картографической системе используется два вида масштабирования – масштабирование по выбранным частям схемы города и масштабирование всей схемы целиком. Т.к. первоначально карта города была отсканирована по частям, каждая составная часть схемы имеет точечный размер 1544×1214 при масштабе в 1 см–65 м. Эти составные части схемы города необходимо было привести к стандартным масштабам. В процессе масштабирования вначале пересчитывался масштаб по ширине, а затем по высоте. С учетом вышесказанного, точечный размер участка изображения схемы x при заданном отношении масштабов может быть определен по формуле

$$x = \frac{M_1 \cdot Sz}{M_2},$$

где M_1 – действительный масштаб;

M_2 – масштаб, к которому приводится изображение;

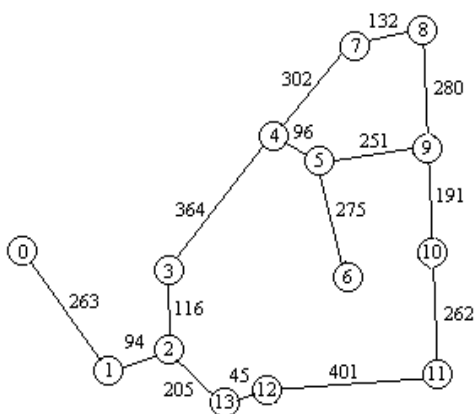
S_z – соответственно, ширина или высота отсканированной составной части схемы, в пикселях.

В основном навигация используется в специализированных геоинформационных системах. В данной СПК был использован общий принцип навигации, который заключается в следующем. При задании географической координаты (долготы, широты), в пределах которой находится город Харьков, предусмотрено вычисление точки на схеме города, которая принадлежит этим координатам, и последующий вывод ее на экран. Исходя из минимального значения долготы $mD = 36.080$ и широты $mS = 49.886$, определяется количество градусов, на которые необходимо произвести сдвиг экранного изображения. Затем вычисляется количество пикселей, приходящееся на каждый 0,001 градус отдельно по долготе и широте с учетом исходных размеров схемы и вывод изображения.

Для нахождения оптимального маршрута узловые точки, т.е. точки пересечения объектов типа «улица» и их изгибы, на схеме (см. пример на рис. 2а) представим как вершины графа (см. рис. 2б). При этом на рис. 2б показаны действительные расстояния между вершинами в метрах. Так как необходимо определить оптимальные расстояния между двумя конкретными вершинами, в качестве которых могут выступать произвольные вершины графа, и вывести оптимальный маршрут между этими двумя точками, использован алгоритм Дейкстры, поскольку он определяет не только минимальное расстояние между вершинами графа, но и позволяет вернуть сам оптимальный маршрут [5].



а)



б)

Рис. 2. Участок схемы и соответствующий ему граф

В.А. ГУЖВА, канд. техн. наук, *А.В. ТЕРЕХОВ*

К ВОПРОСУ О РАЗРАБОТКЕ ТРЕНАЖЕРОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТОРОВ ОПАСНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

У статті розглянуто один із можливих підходів до розробки тренажерів для навчання операторів на небезпечних хімічних виробництвах і приведена методика побудови математичної моделі системи керування технологічним процесом, як складової частини даного виду тренажера. Математична модель будувалась для системи керування технологічними параметрами в колоні синтезу карбаміду.

Химическая промышленность характеризуется многообразием процессов, которые протекают при образовании конечного продукта. Наиболее распространёнными здесь являются процессы превращения вещества, массообмена и теплообмена. В большинстве случаев, данные процессы протекают при высоких значениях давления и температур, а вещества, используемые в производствах являются небезопасными для обслуживающего персонала и окружающей среды.

Несмотря на то, что в современные АСУ ТП включены такие подсистемы, как подсистема блокировок и подсистема сигнализаций критических значений технологических параметров, которые позволяют предотвратить остановку производства, всё же большая часть всех остановок и аварий происходит по вине человеческого фактора. Поэтому первостепенной задачей является задача качественного обучения технического персонала. Принимая во внимание особенности технологических процессов, можно сформулировать основные требования к процессу обучения обслуживающего установку оператора:

- 1) процесс обучения должен быть максимально приближен к реальным производственным условиям;
- 2) обучение не должно отражаться на ходе технологического процесса;
- 3) оператор, проходящий обучение, должен отработать большинство нештатных ситуаций, возникающих в ходе производства.

В связи с небезопасностью технологических процессов целесообразным является проводить обучение оператора не на реальной установке, а на её модели. При этом обучающийся должен обладать практически теми же возможностями, что и оператор, сидящий за рабочей станцией. Таким образом возникает задача создания тренажера, имитирующего работу рабочей управляющей станции и производящего манипулирование не производственным процессом, а его моделью.

Вариант структуры такого тренажера представлен на рис. 1.

Здесь интерфейсом для оператора служит SCADA - система, при помощи которой реализуется визуализация технологического процесса, работа с

потоками данных и управляющие функции системы, а для создания математической модели используется один из пакетов моделирования. При этом важно, чтобы пакет моделирования и SCADA – система (Supervisory Control And Data Acquisition) обладали соответствующими интерфейсами для взаимодействия между собой.

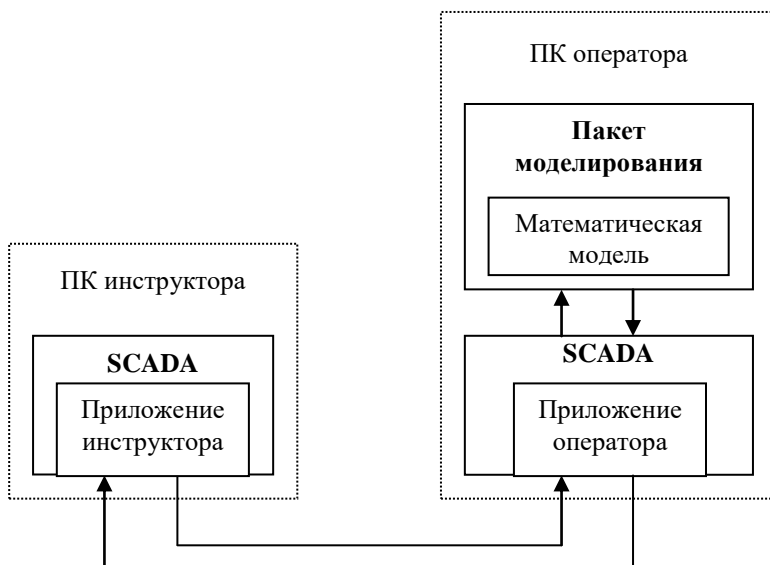


Рис.1. Структура тренажера

Компьютер инструктора и компьютер оператора могут взаимодействовать по локальной сети. Инструктор может изменять параметры технологического процесса с целью проверки действий операторов в различных нештатных ситуациях. Возможен и другой вариант обучения, когда на компьютере оператора имитируется конкретная ситуация и смотрится его поведение в данной ситуации.

Наиболее сложной и важной задачей при создании систем подобного рода является построение математической модели системы управления. Это обусловлено тем, что от степени адекватности модели реальному объекту зависит достоверность результатов получаемых при моделировании.

В качестве примера рассмотрим построение математической модели для имитации работы системы управления технологическими параметрами в колонне синтеза карбамида. Колонна синтеза карбамида представляет собой химический реактор, на вход которого подаются исходные реагенты: аммиак, двуокись углерода и раствор углеаммонийных солей. На выходе получают плав карбамида с содержанием последнего равным, приблизительно, 57% [1]. Схема взаимосвязей основных технологических параметров в колонне

синтеза представлена на рис. 2 (P – давление синтеза, T_{NH_3} – температура аммиака, T_{CO_2} – температура двуокиси углерода, $T_{PУAC}$ – температура раствора углеаммонийных солей, C_{H_2O} – концентрация воды в растворе углеаммонийных солей, $T_{1c}, T_{2c}, T_{3c}, T_n$ – температуры реакционного раствора по высоте колонны).

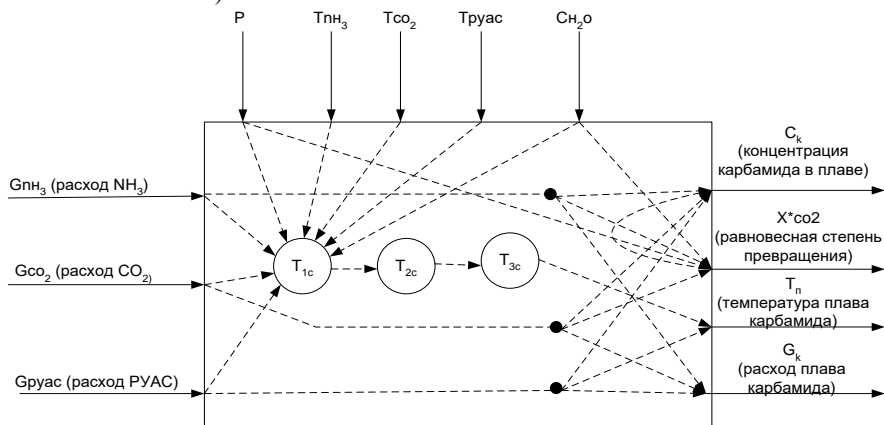


Рис.2. Взаимосвязь основных технологических параметров колонны синтеза

Следует отметить, что каждая взаимосвязь между технологическими параметрами отображается в математической модели передаточной функцией. В зависимости от вида переходной характеристики при построении математического описания аппаратов химических производств задаются, чаще всего, одним из видов передаточной функции [2]:

1) передаточная функция инерционного звена первого порядка с запаздыванием:

$$W(p) = \frac{k \cdot e^{-\tau \cdot p}}{T \cdot p + 1}, \quad (1)$$

где k – коэффициент усиления;

T – постоянная времени;

τ – время запаздывания.

2) передаточная функция интегрирующего звена с запаздыванием:

$$W(p) = \frac{k \cdot e^{-\tau \cdot p}}{p} \quad (2)$$

3) передаточная функция инерционного звена второго порядка с запаздыванием:

$$W(p) = \frac{k \cdot e^{-\tau \cdot p}}{(T_1 \cdot p + 1) \cdot (T_2 \cdot p + 1)} \quad (3)$$

Неизвестные параметры модели – k , T_1 и T_2 – определяются при проведении параметрической идентификации объекта. Параметрическая идентификация сводится к определению численных значений параметров математической модели при известной её структуре. При этом предполагаем, что исследователю известна реакция объекта управления на возмущение каждой входной переменной при стабилизации остальных входных переменных.

Схема идентификации параметров модели показана на рис. 3. (u – входной сигнал, $y(t)$ и $y_M(t)$ – значение выходного сигнала объекта управления и модели в момент времени t).

Следующим этапом построения модели является синтез регуляторов.

Производственные процессы характеризуются множеством регулируемых величин: температурой, давлением, расходом, концентрацией и т. д.

Применительно к исследуемому объекту управления регулируемые технологическими параметрами являются:

1) Расход аммиака – G_{nh3} ($m^3/час$), который регулируется изменением количества оборотов насоса G 901 – N_a (об/мин);

2) Температура аммиака на входе в колонну синтеза – $T_{nh3}(^{\circ}C)$, регулируемая изменением расхода пара в теплообменную часть подогревателя аммиака E910 bis – G_p ($m^3/час$);

3) Расход двуокиси углерода – G_{co2} ($m^3/час$), который регулируется изменением количества оборотов турбины FTP 901 – N_t (об/мин);

4) Расход карбамата аммония – G_{ka} ($m^3/час$), который регулируется изменением количества оборотов карбаматного насоса G 902 – N_{ka} (об/мин).

Технологические параметры схемы синтеза карбамида, значение которых подлежат только индикации, следующие:

1) Температура в колонне синтеза – показывается по высоте в четырёх точках – TR 901_3, TR 901_4, TR 901_5, TR 901_6;

2) Давление аммиака на входе в колонну синтеза – P_{nh3} ($кгс/см^3$). Индикация производится в точке PI 915;

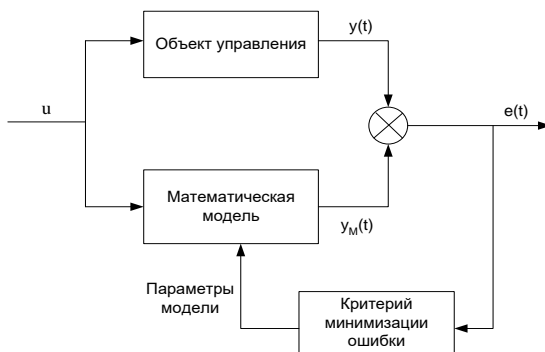


Рис.3. Схема определение параметров математической модели

3) Давление карбамата аммония на входе в колонну синтеза – $P_{ка}$ (кгс/см³). Индикация производится в точке PI 917;

4) Давление углекислого газа на входе в колонну синтеза – P_{co2} (кгс/см³). Индикация производится в точке PI 916.

Схема регулирования параметров технологического процесса при синтезе карбамида приведена на рис. 4.

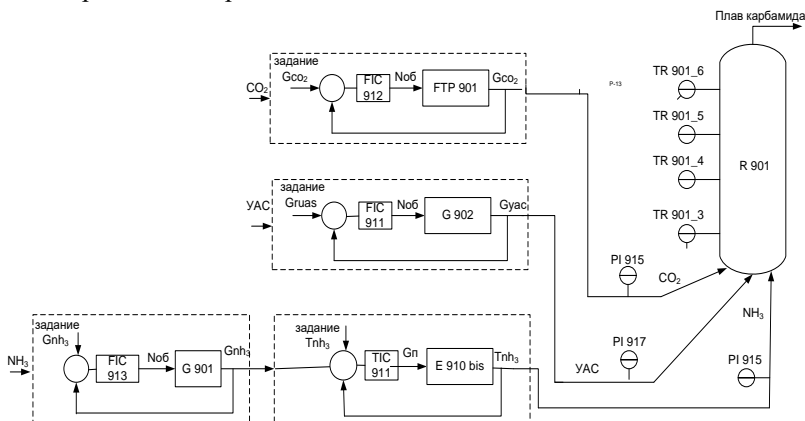


Рис.4. Схема автоматического регулирования отделения синтеза карбамида

При поиске оптимальных настроек регуляторов использовались методы аналогичные поиску параметров математической модели. В качестве неизвестных в данном случае выступали настройки регулятора.

Построенная модель будет реализовываться в одном из пакетов моделирования. В качестве пакета моделирования можно выбрать VisSim 5.0, который удовлетворяет всем перечисленным выше требованиям. Связь пакета моделирования с другими приложениями может осуществляться при помощи одного из способов:

- 1) путём использования протокола DDE (dynamic data exchange);
- 2) путём написания пользовательских dll – библиотек;
- 3) путём использования ActiveX компонент, входящих в стандартный пакет VisSim.

Выбор способа взаимодействия зависит от используемого SCADA пакета.

В заключении следует сказать, что в данной статье приведена только часть разрабатываемого тренажёра, который имитирует работу системы управления реальным объектом.

Список литературы: 1. Кучерявый В.И., Лебедев В.В. Синтез и применение карбамида. Л.: Химия, 1970, 420с. 2. Ветохин В.Н., Кафаров В.В. Основы автоматизированного проектирования химических производств. М.: Высшая школа, 1987, 343 с.

Поступила в редколлегию 12.04.05

Л.П.РИБАК, канд. техн. наук, доцент, Хмельницький нац-ний ун-т

ПОШУК КОНСТРУКЦІЙ ПРИРОДНИХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ПРОТОТИПІВ ЯК БАЗИ ДЛЯ СТВОРЕННЯ МЕДИЧНОГО ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО НАНОРОБОТА.

Ч2. ВИЗНАЧЕННЯ СТРУКТУРНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ „РОЗУМУ” В СИСТЕМІ СОНЦЯ І ЗЕМЛІ

Стаття присвячена пошуку природних інтелектуальних прототипів як бази для створення медичного інтелектуального наноробота визначенням наявності на фракталі Сонячної системи в динамічній структурі Сонця та Землі інтелектуальних структур – нейронних мереж. Визначено, що конструкції Сонця та Землі мають в своїй динамічній структурі елементи – нейрони, а самі структури Сонця та Землі є нейронними мережами і представляють собою інтелектуальні субстанції, що складаються з резонансних елементів - нейронів.

Важливою сферою застосування нанотехнологій є медицина, де, як один з напрямів, є розробка та застосування медичних нанороботів.

Медичні нанороботи, працюючи в судинному руслі, транспортують ліки безпосередньо до місця їх використання, в природних умовах діагностують стан організму, вирішують проблеми атеросклерозу, порушення обміну речовин та запобігають процесам природного старіння організму (www.klocke-nanotechnik.de/m_nanorobotics.html).

Аналіз сфери застосування нанороботів показує неможливість оптимального і економічно ефективного керування нанороботом в зоні, де людина не має уяви, що там робиться. Тому, враховуючи велику перспективу наноробототехніки, подальша розробка їх конструкцій проводилась в напрямку створення інтелектуальних медичних нанороботів. Це створює умови адаптації наноробота до зміни стану його зовнішнього середовища в режимі реального часу. Тобто перспективи розвитку мають тільки інтелектуальні нанороботи (ІНР).

В процесі досліджень штучних нейронних мереж, які проводились моделюванням нанотехнічної структури макротехнічної, встановлено, що крім уже відомих структур переробки інформації апаратно реалізована модель нейронної мережі, виконана на принципах резонансного поглинання енергії, має в своїй структурі і сенсорні, і виконавчі механізми. Тобто така нейронна мережа є інтелектуальним роботом [1-6]. Для подальших розробок ІНР потрібні прототипи.

Пошук природних конструкцій інтелектуальних прототипів як бази для створення інтелектуального наноробота, виходячи з гіпотези фрактальності конструкції „Розуму” для розробки наукових основ проектування конструкції ІНР, проведемо визначенням формування структур конструкції „Розуму” на верхніх фракталах [7]. Дослідженнями встановлено, що система Сонце –

Земля є чисто технічною системою і має в своїй структурі два вібробуджувачі – дебалансний (маса Сонця зміщена по радіусу від центру обертання є дебалансним вібробуджувачем) та параметричний (зміна відстані Землі від Сонця в часі стає параметричним вібробуджувачем), які створюють стабільність динаміки системи скочуванням в стан з мінімальною енергією – аттрактор. Система Сонце-планета має в своїй структурі суматор, який формує комбінований вихід, і функції активації, тобто система Сонце-планета є повнозв'язною нейронною мережею НМ(2), де зсув фаз дії виконавчих механізмів дорівнює 90° . Відповідно Сонячна система є нейронною мережею, а орбіти руху небесних тіл навколо Сонця є інтегральними кривими на фазовій площині, тобто – аттракторами і це є новий висновок про структури формування матеріальних космічних систем [7]. Надалі необхідно провести пошук природних інтелектуальних прототипів як бази для створення медичного інтелектуального наноробота визначенням наявності на фракталі Сонячної системи в динамічній структурі Сонця та Землі інтелектуальних структур – нейронних мереж.

Визначення структурної організації конструкції „Розуму” в системі планети Земля. Оскільки система Сонце - Земля є нейронною мережею то це повинно призводити до детермінації внутрішнього простору планети Земля з створенням нових нейронних мереж. Для того щоб підтвердити останнє необхідно визначити наявність автоколивальних процесів в динаміці функціонування планети Земля. Можна стверджувати, що обертання Землі навколо осі викликане дією сили енергетичної оптимізації [7]. Це призводить до добового ритму автоколивальних термодинамічних процесів на планеті Земля. Прецесія осі обертання Землі здійснюється з періодом 26000 років. Цей ритм теж впливає на ритм автоколивальних термодинамічних процесів на планеті Земля. Притягання Землі Місяцем складається з притягання Місяцем окремих частинок, з яких складається Земля. Частинки, які звернені до Місяця будуть притягуватись до нього сильніше ніж центральні, а частинки на зворотній стороні будуть відставати від центру. При переміщенні зі сходу на захід приливна хвиля треться по дну океанів і материків, в результаті чого в кожній місцевості прилив запізнюється по відношенню до моменту, коли Місяць знаходиться в найвищій точці над горизонтом. Приливна хвиля захоплює не тільки воду, а і тверду частину кори, піднімаючи її на 0,5м і втягуючи в круговорот і кору, і астеносферу. Вікові та добові коливання мають і елементи земного магнетизму. Відомий також механізм використання сонячної енергії тектонічними процесами – механізм ізостатичної компенсації. Сонячна енергія витрачається в тектонічних процесах і направляється в надра Землі механізмом ізостатичної компенсації. Ізостатична циркуляція має риси автоколивальних систем. Отже автоколивальний характер мають і тектонічні процеси, і магнітосфера, і атмосфера Землі, і погодні умови, і клімат та біосфера.

Все вище сказане свідчить, що планета Земля складається з досить великої кількості нейронів, які створюють нейронну мережу. Але, очевидно, що основною НМ планети Земля буде інтелектуальна субстанція – конструкція „Розуму”, яка здатна акумулювати енергію сонячного випромінювання і детермінувати свій внутрішній та зовнішній простір. Цією інтелектуальною субстанцією буде вода, якщо буде доведено наявність суматора та функції активації, наявність резонансних елементів-нейронів, здатних в резонансному режимі поглинати енергію сонячного випромінювання.

По результатах досліджень [8] чітко видно, що механізми молекулярної взаємодії в воді зовсім не схожі на ті ж механізми в інших рідинах. Теплоємність води надзвичайно висока. При нагріві вода поглинає багато тепла, яке при охолодженні вона віддає його назад. Тобто океани, моря, водосховища і водяні пари виконують роль акумуляторів тепла. Чітких пояснень причини таких явищ фізика води не дає. Але високу теплоємність води можна пояснити тим, що конструкція виконання водного середовища являє собою нейронні мережі виконанні з резонансних елементів-нейтонів, які в режимі протонного магнітного резонансу поглинають енергію сонячного випромінювання.

Формування нейронних мереж в воді проходить на принципах протонного магнітного резонансу (ПМР). ПМР мають ядра водню, що мають магнітний момент, виражений через спин ядра, і які здатні поглинати енергію електромагнітного випромінювання (ЕМВ) в режимі резонансу, яке співпадає по направленню з віссю обертання (рисунок).

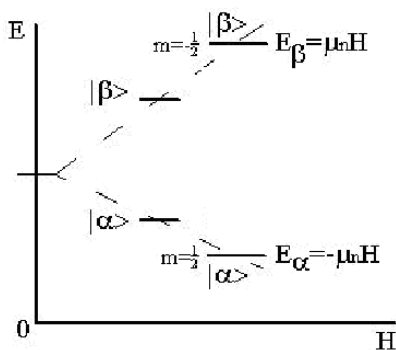


Схема енергетичних рівнів протона в магнітному полі

Така система характеризується магнітним моментом пропорційним кутовому моменту кількості руху. Магнітний момент протона (ядерний

магнетон): $\beta_n = \frac{e\hbar}{2m_p c}$, де e – заряд, m_p – маса протона, c – швидкість світла,

$\beta_n = 0,505 \cdot 10^{-26}$ Дж. Т. Обертання зарядженої магнітної частинки навколо осі створює магнітне поле. Для протона, який має спін (вектор спіну I), пропорційність магнітного моменту кутовому моменту кількості руху виражається співвідношенням $\mu_n = \gamma_n \hbar I$, де γ_n – гіромагнітне відношення.

Ядерний магнітний момент виражений через g – фактор, який представляє безрозмірна величина g_n , і через ядерний магнетон: $\mu_n = g_n \beta_n I$. При накладанні постійного магнітного поля, наприклад H_z виникає взаємодія між ним і магнітним полем ядра μ_n , яка при квантово-механічному описі виражається гамільтоніаном $\Gamma = -\mu_n H_z$. Енергія цієї взаємодії залежить від орієнтації вектора магнітного моменту відносно напрямлення поля. Якщо напрям магнітного поля H_z вибрати по осі Z декартової системи координат, а I_z – проекція ядерного спіну на цю вісь, то гамільтоніан взаємодії ядра з полем запишеться в виді $\Gamma = -\gamma_n \hbar H_z I_z = -g_n \beta_n I_z$. Протони мають спін $1/2$, можливі тільки два значення квантового числа m_I : $+1/2$, і $-1/2$, тобто два спінових стани з енергіями: $E_\alpha = -\mu_n H_z = -1/2 \gamma_n \hbar H_z = -1/2 g_n \beta_n H_z$; $E_\beta = 1/2 \gamma_n \hbar H_z = 1/2 g_n \beta_n H_z$, що описуються, відповідно, функціями $|\alpha\rangle$ і $|\beta\rangle$. Якщо протон знаходиться в магнітному полі, то, крім основного стану 0, для нього можливі збуджені стани 1, 2, 3, і т.д., коли вектори магнітних моментів ядра усе більш відхиляються від напрямку прикладеного магнітного поля H_z . Величини проекцій вектора моменту кількості руху на напрямок поля H_z , для таких станів менші, ніж для основного стану. Розщеплення рівнів енергії в магнітному полі означає, що можна викликати переходи ядер між сусідніми рівнями, затративши чи одержавши енергію $\Delta E = h\nu$, де ν – частота електромагнітного випромінювання, що поглинається чи виділяється при такому переході. Поглинання кванта енергії $h\nu$ змушує ядерний диполь повернутися, чи «перескочити», з однієї орієнтації в іншу, сусідню з колишньою.

Наприклад, для протонів, поміщених у магнітне поле Землі напруженістю $5 \cdot 10^{-5}$ Т (β_n дорівнює $0,505 \cdot 10^{-26}$ Дж · Т), частота ν дорівнює $2,128 \cdot 10^3$ Гц, що відповідає довжині хвилі - $\frac{c}{\nu} = \lambda = 140,977$ км. Таким чином, протон, що володіє магнітними властивостями, розміщений в магнітному полі, здобуває здатність поглинати чи випромінювати радіохвилі. Для збудження переходів в системі ядерних спінів необхідно: а) дія на систему постійного магнітного поля (протони води завжди знаходиться постійному магнітному полі Землі);

б) дія на систему змінного магнітного поля B_v , яке має енергію достатню для виконання зеемановського розщеплення енергетичних рівнів системи. При цьому можливе резонансне поглинання енергії за умови $B_v \perp H_z$ і для дворівневої системи: $h\nu = \gamma_n \hbar B = g_n \beta_n B_z$, що є умовою ПМР. Квантово-механічна імовірність переходу між i -м та j -м спіновими станами характеризується магнітним квантовим числом m_l . Оператором переходу є проекція спіну на вісь X , звідки виникає необхідність накладення високочастотного поля, перпендикулярного напрямку постійного поля H_z , яке співпадає по напрямку з віссю Z . В квантово-механічному описі при виконанні умов ПМР здійснюється перехід спінової системи з нижнього енергетичного рівня на верхній з поглинанням енергії. При цьому може наступити насичення (вирівнювання заселеності нижнього та верхнього рівнів і зникнення ПМР). Цього може не відбуватись якщо система швидко релаксує. Це досягається малим часом спин-гратової релаксації, яка повертає систему в вихідне положення за рахунок переходів без випромінення. Ці переходи індукуються локальними флуктуючими полями, поява яких зв'язана з молекулярним рухом, а енергія, що виділяється переходить в теплову енергію. Вплив на релаксаційні процеси в системі спінів має і спин-спінова релаксація, час якої набагато менший спин-гратової релаксації.

Вода містить магнітні ядра, в результаті чого виникають слабкі флуктуючі локальні магнітні поля, обумовлені міжмолекулярними і внутрішньо молекулярними рухами. Ці магнітні поля містять весь спектр коливань, у тому числі і тих, котрі збігаються з частотою ларморової прецесії магнітних ядер даного ізоотопу. Відповідна компонента цього локального поля може викликати перехід того чи іншого прецесуючого ядра з верхнього рівня на нижній і навпаки шляхом резонансної взаємодії з ним. Якщо не проходить вимушене випромінювання з верхнього рівня, то енергія передається молекулам води у вигляді додаткової поступальної, обертальної чи коливальної енергії, тобто перетворюється в теплову енергію.

Крім взаємодії між системою ядерних спінів, магнітні ядра конструкції можуть також взаємодіяти один з одним за допомогою магнітних полів. Один з шляхів такої взаємодії з'являється внаслідок того, що результуюче магнітне поле в місці розташування якого-небудь окремого ядра складається не тільки з зовнішнього магнітного поля H_z , але і слабого локального магнітного поля $B_{\text{лок}}$, створюваного сусідніми магнітними ядрами. В міру віддалення r від ядра напруженість локального магнітного поля швидко падає ($\sim 1/r^3$), так що істотний вплив на нього можуть робити тільки його найближчі сусіди. Але і цього досить, щоб окремі ядра резонуючої системи виявилися в трохі різних магнітних полях, нехай навіть прикладене магнітне поле H_z , ідеально однорідне. У результаті цього магнітні ядра того самого ізоотопу, що входять у

дану конструкцію, при накладенні однорідного магнітного поля H_z вступають у резонанс в деякому інтервалі частот.

Можливий ще один механізм спін-спінової релаксації. Якщо два ядра того самого ізотопу А і В, які мають антипаралельні спіни, виявилися в безпосередній близькості один до другого то оскільки обидва ядра прецесують з точно однаковою частотою, і при відповідному узгодженні фаз може відбутися резонансна взаємодія між ними, що складається в одночасній переорієнтації обох ядер (фліп-флоп процес). Такий процес є дипольною взаємодією.

Вище було описано тільки взаємодію ядер з зовнішнім магнітним полем. Але в воді має місце і вплив електронного оточення, і взаємодія спінів ядер між собою. Резонансні частоти ядер залежать від тонкої магнітної взаємодії, тобто, від особливостей будови і розподілу електронної густини. Рух електронів навколо ядра в умовах зовнішнього магнітного поля H_z утворює на ядрі додаткове магнітне поле B , яке пропорційне та направлене протилежно прикладеному полю. Таким чином, реально на ядро діє деяке ефективне поле $B_n = H_z + B' = (1 - \sigma)H_z$, де $\sigma = H_z - B_n / H_z$ – безрозмірна константа екранування. Наявність в воді ядер з різним гіромагнітним відношенням (гетероядерна система) та нееквівалентних ядер з одним і тим же гіромагнітним відношенням призводять до магнітної взаємодії між цими ядрами - спін-спінової взаємодії. Це виявляється в виді надтонкого розщеплення енергетичних рівнів ядер і є результатом того, що сумарне магнітне поле, яке діє на конкретне ядро може мати декілька значень в залежності від спінового стану сусідніх ядер. При цьому вода характеризується мультиплетністю ПМР. Для n спінів є 2^n мультиплікативних функцій, тобто базисних станів бінарних нейроподібних елементів.

В воді просліджується пряма диполь-дипольна взаємодія між ядрами та непряма спін-спінова взаємодія, яка передається, на відміну від прямої, не по лінії, що з'єднує ядра в просторі, а через сполучні електрони. Механізм спін-спінової взаємодії через електрони хімічного зв'язку наступний. Електрони взаємодіючих атомів в воді прагнуть зорієнтуватися таким чином, щоб система спінів мала можливо меншу енергію. Це буде в тому випадку, якщо вектори магнітних моментів електронів будуть антипаралельні векторам магнітних моментів найближчих до них ядер. Крім того, обидва електрони, що утворюють ковалентний зв'язок, прагнуть зорієнтувати свої спіни, а отже, і вектори магнітних моментів, також антипаралельно. Необхідно підкреслити, що між ядрами цілком еквівалентних атомів спін-спінова взаємодія не виявляється. Це пояснюється тим, що еквівалентні ядра не поглинають радіочастотну енергію незалежно одне від іншого. Ядра, що мають однакові хімічні зсуви, тобто однаково екрановані від зовнішнього магнітного поля

H_z , є еквівалентними. Еквівалентні ядра, у свою чергу, можуть мати як однакові, так і різні константи спин-спінової взаємодії – J з іншими магнітними ядрами. Константа J , яка є характеристикою внутрішньо молекулярної взаємодії ядер, не залежить від напруженості зовнішнього магнітного поля H_z .

В залежності від числа зв'язків, які розділяють взаємодіючі ядра, є прямі константи спин-спінової взаємодії $^1 J_{AB}$ (взаємодія безпосередньо з в'язаних ядер), є гемінальні константи $^2 J_{AB}$ (через два зв'язки), є віціальні константи $^3 J_{AB}$ (через три зв'язки) і є дальні константи $^4 J_{AB}$, $^5 J_{AB}$, Правила визначення характеру розщеплення при спин-спіновій взаємодії наступні: а) характер розщеплення резонансного сигналу даного ядра (чи даної групи еквівалентних ядер) визначається не кількістю ядер у даній групі, а числом сусідніх ядер, а саме: під впливом N інших еквівалентних магнітних ядер, що володіють спіном $1/2$ резонансна лінія даного ядра (чи групи ядер), розщеплюється на $N+1$ компоненту; б) компоненти розташовуються симетрично щодо центра мультиплету, причому їхні інтенсивності пропорційні коефіцієнтам розкладання бінома $(A + B)^N$ чи, що теж саме, пропорційно числам $N+1$ рядка числового трикутника Паскаля; в) відстані між усіма компонентами кожного мультиплету однакові і рівні J ; г) константи J двох взаємодіючих груп ядер рівні між собою.

Отже сутність спин-спінової взаємодії зводиться до того, що дане ядро через сполучні електрони одержує інформацію про можливі спінові стани сусідньої групи еквівалентних ядер у виді невеликих складових магнітного поля, що накладаються на зовнішнє магнітне поле B . У результаті цього сигнали ЯМР високого розділення здобувають надтонку структуру. Вид цієї структури залежить від числа й електронного оточення магнітних ядер, зв'язаних з даним ядром. В загальному спин-спіновий зв'язок ядер є сумарним результатом трьох ефектів взаємодії ядер і електронів. По перше, магнітний момент ядра діє на електронне поле, обумовлене орбітальним рухом електронів, а це поле, в свою чергу, взаємодіє з магнітним полем другого ядра. По друге, має місце взаємодія магнітних диполів, в якій приймають участь не тільки ядра, а і електрони. По третє, враховуючи симетрію атомних s – орбіталей, є відмінна від нуля електронна спінова густина на ядрах (контактна взаємодія Фермі). Наявність електронного спіну та зв'язаного з ним магнітного моменту μ_e обумовлює можливість зняття вироджених спінових станів зовнішнім магнітним полем та індукування переходів між ними.

Отже вода, являючись нейронною мережею, де формування нейронів відбувається на ПМР протонів, накопичує енергію сонячного випромінення і утримує її в режимі динамічного акумулятора енергії. Тобто протон води поглинає енергію, переходячи на вищий збуджений енергетичний рівень і

знову її випромінює, але енергія утримується в масі води тому, що енергія випромінювана одними протонами, поглинається іншими.

Все вище сказане свідчить, що планета Земля складається з великої кількості нейронів, які створюють нейронну мережу – конструкцію „Розуму”, яка накопичує енергію сонячного випромінювання та детермінує свої внутрішні і, в зоні досяжності, зовнішні процеси, і як результат, ця НМ дає дуже вузький діапазон температурних автоколивачів, який і спричинив виникнення наступного фракталу - біологічних нейронних мереж, а останні створюють умови для виникнення технічних НМ.

Визначення структурної організації конструкції „Розуму” в системі Сонця. Оскільки Сонячна система, яка включає Сонце і планети, є повно зв’язною нейронною мережею [7], то очевидно більша частина її енергії буде сконцентрована в найбільшому по масі матеріальному тілі - Сонці. Висунемо гіпотезу, що при наявності енергії, в залежності від її концентрації, в матерії Сонця виникає певна структурна організація. Одним з видів такої структурної організації теж можуть бути НМ. Як ми вже встановили НМ будуть стримувати викид енергії в космічний простір, розтягуючи в часі діапазон існування матеріальної системи – термін її життя. Якщо це підтвердиться, то Сонце можна вважати найбільшою розумною живою структурою в Сонячній системі, і виникнення похідних НМ в останній буде закономірним явищем, тому що Земля знаходиться в сонячній атмосфері. А на даний час вже відомо, що зірки типу Сонця ефективно утримують енергію (є зірки, які хоч мають набагато більше енергії ніж Сонце, але дуже швидко її втрачають). Отже потрібно визначити, чи не є НМ причиною довгого існування деяких зірок.

Добре відомий факт наявності автоколивального циклу в процесах сонячної активності, що вже є підтвердженням висунутої гіпотези, коливання сонячної активності [9,10]. Останні дуже добре корелюють з періодом обертання Юпітера навколо Сонця. Метою досліджень цього підрозділу є визначення наявності НМ і їх конструктивної організації в структурі Сонця.

Конструкторський системний аналіз свідчить, що основою довготривалого існування динамічного матеріального об’єкту любого походження є необхідність наявності в його структурі джерела енергії, яке є першою умовою існування технічної системи. Сонце забезпечується енергією з термоядерних реакцій: 1) протон - протонний (pp) цикл (95%); 2) вуглецево-азотний (CN) цикл (5%). На даний час відомо, що термоядерні реакції на Сонці носять автоколивальний характер. Так в результаті термоядерних реакцій в центрі Сонця накопичується гелій і зола, що знижує темп термоядерного горіння. Коли доля гелію перевищує критичну, вона змінює процес теплопередачі і проходить різке конвективне перемішування центральної зони. При цьому гелій виноситься за її межі і замінюється на свіжі порції водню і проходить охолодження центру (середній інтервал автоколивачів 250 млн. років). Це призводить до охолодження самого Сонця, що викликає падіння середньорічної температури Землі на 5% і на планеті

проходить глобальне покриття поверхні кригою. По геофізичним даним такі процеси на Землі якраз і проходять з інтервалом 250 млн. років, і останнє відбулось 3 млн. років назад.

Отже, аналіз структур сонячної активності і виробництва енергії на Сонці вже показує наявність НМ і тому продовжимо визначати структурну організацію матерії Сонця на нанорівні. Хоча структур організації матерії є напевно багато, зупинимось, виходячи з основної задачі досліджень – створення ІНР, на розгляді наноструктур Сонця, оскільки по цій проблемі є певна база даних і нашою задачею буде провести її системний аналіз.

Наявність в структурі Сонця джерела енергії свідчить про те, що його наноструктури будуть живими, отже поглинання фотонів, що йдуть з центру буде переводити атоми, з яких складається Сонце, в збуджений стан.

Джерелом фотонів в структурі Сонця є термоядерні реакції. Для розгляду проблеми «Розуму» при аналізі нейронних мереж Сонця важливим є те, що первісний фотон є жорсткий квант гама-випромінювання з довжиною хвилі порядку $0,001\text{\AA}$ і енергією порядку 10^4 keV . В процесі дифузії цих квантів до поверхні Сонця проходить поступове дроблення кожного з них на кванти менших частот. Це відбувається тому, що речовина зірки поглинає фотони, які йдуть з внутрішніх шарів, і знову їх випромінює, тільки на менших частотах.

Характерною особливістю Сонця є збуджений стан атомів. Причому при збудженні електрон проходить ряд енергетичних рівнів. Поглинання і випромінювання фотона атомом переводить електрон на вищий або нижчий енергетичний рівень, що є пороговою функцією активації системи. Організація наноструктур Сонця повністю відповідає інформаційній структурній моделі штучного нейрона [1], тобто Сонце є надпотужною, повнозв'язною по електричному, магнітному та термодинамічному каналах нейронною мережею. Отже, Сонце є надпотужний «Розум», який виконує свою основну задачу – мінімізує витрати своєї енергії, і ця система є квантовою?

Важливою рисою квантової системи є факт, що хвильові функції оперують не класичними змінними, а квантовими амплітудами або векторами в гільбертовому просторі. Формування НМ в квантовій системі Сонця має слідуочу картину. Якщо квантова система складається з n спінів, то кожен спін має два базисних стани, а вся система має 2^n базисних станів $|x_1, \dots, x_n\rangle$, де кожна з змінних x_1, \dots, x_n приймає значення 0 або 1. Згідно з принципами квантової механіки можливими станами квантової системи є також суперпозиції виду $\sum_{x_1, \dots, x_n} c_{x_1, \dots, x_n} |x_1, \dots, x_n\rangle$, де c_{x_1, \dots, x_n} - комплексні числа, які називають амплітудами. Суперпозиція є вектор в 2^n - мірному комплексному просторі. Квадрат модуля амплітуди $|c_{x_1, \dots, x_n}|^2$ дорівнює імовірності знайти

систему в базовому стані $|x_1, \dots, x_n\rangle$ при зміні значень перемінних x_j . Тому повинна виконуватись умова $\sum_{x_1, \dots, x_n} |c_{x_1, \dots, x_n}|^2 = 1$, і загальний стан системи, тобто суперпозиція, це є вектор одиничної довжини в 2^n - мірному комплексному просторі, в якому зафіксований деякий базис $\{|0\rangle, |1\rangle\}$.

Тобто квантова система створює НМ, причому для створення НМ використовуються як звичайні електронні рівні, так і рівні тонкої та надтонкої структури. Наприклад, 100 збуджених атомів створюють НМ розміром 2^{100} , а вся матерія Сонця буде НМ таких розмірів, яку навіть трудно уявити, і виникнення свідомості в такій системі є дуже закономірне.

З вище приведених даних, можна зробити дуже важливий висновок – Сонце є матеріальна система, яка є природною інтелектуальною субстанцією, створеною на базі нейронних мереж, яка включає джерело енергії, динамічний акумулятор енергії та виконавчі механізми, що повністю детермінують внутрішній простір і в зоні досяжності – зовнішній простір. Основною характеристикою нейронних мереж Сонця є збуджений стан електронів і саме він є характерною ознакою „Живої” розумної системи.

По базі даних астрофізики кількість зірок типу Сонця можна порахувати на пальцях рук. Характерною ознакою зірок типу Сонця є наявність в спектрах ліній металів. Зірки, спектри яких не мають металів, дуже швидко вигорають. Тому висунемо гіпотезу, що крім самих нейронних мереж в структурах „Розуму” повинна бути наявність важких атомів, які створюють ще більш ефективні умови для затримки енергії в системі.

Сонце є зірка третього покоління, яка утворилась з пилу вибухів так званих „наднових” зірок. По перше, на відміну від величезної кількості інших зірок, Сонце має в своєму спектрі лінії металів, в основному заліза і кобальту. Це є дуже важливим фактом. По друге, Сонце має порівняно невелику масу (набагато меншу критичної маси). І це теж дуже важливий факт. По третє, Сонце, не дивлячись на велике чисельне значення випромінюваної енергії (потужність випромінювання дорівнює $3,8 \cdot 10^{26}$ Вт), горить надзвичайно економно. При масі $2 \cdot 10^{32}$ г, воно випромінює енергію $3,8 \cdot 10^{26}$ Дж/с. Тобто, його питома потужність дорівнює всього $1,9 \cdot 10^{-7}$ Вт/г, що в десять тисяч раз менше питомої потужності людини, і в 50 млрд. раз менше питомої потужності запаленого сірника (~ 10000 Вт/г). По четверте, строк життя Сонця (15 млрд. років) набагато перевершує строк життя мільярдів інших зірок. По п'яте, тільки Сонце знаходиться в такому місці Галактики, де його швидкість навколо центра Галактики практично збігається з швидкістю спірального рукава. Це дає високу детермінованість простору. Саме на цій віддалі від центра за всю історію свого існування Сонце жодного разу не потрапляло в спіральний рукав, де бурхливі процеси, що породжують кванти високої енергії, знищили б усе живе на Землі.

Слід відмітити, що виходячи з вище приведених даних, атом в основному стані гіпотетично теж повинен бути конструкцією з структурою нейронної мережі. Дуалізм квантової механіки при взаємодії ядра і електрона буде формувати специфічну функцію активації, що створюється з врахуванням електрона як частинки і електрона як хвильового пакету. Квантова механіка стверджує, що хвильова функція, описуючи стан, сама не має фізичного змісту. Фізичний сенс має квадрат модуля хвильової функції, який дає імовірнісне трактування динаміки. Але відомо, що імовірнісний підхід використовується для опису фізичних систем, які складаються з багатьох компонентів. Це є математичний апарат статистичної фізики, який використовується для спрощення розв'язання її задач. Імовірнісний підхід в квантовій механіці дає хороші результати, тому що він описує багатовитковий процес обертання електрона навколо ядра, особливо якщо врахувати, що орбіта електрона в кулоновому полі, на відміну від орбіти планети в полі тяжіння, не має переважаючої площини, і якраз вона носить імовірнісний характер, що дуже добре корелює з зображенням квантовою механікою s -, p -, і т. д. орбіталей.

Виходячи з того, що взаємодія ядра та електронів в кулоновому полі в атомі здійснюється по закону обернених квадратів, який є аналогічним закону всесвітнього тяжіння (відсутня тільки стала гравітаційного тяжіння), то структурна схема взаємодії ядро – електрон, гіпотетично, теж буде нейронною мережею.

Таке представлення взаємодії ядра і електрона свідчить, що в результаті дії сили колективу і ядро любого атому, і електрон, при швидкості процесів взаємодії, що дорівнює швидкості світла, будуть мати форму тора. Причому тор може бути деформований, утворюючи складні фігури Лісажу.

Отже, за основу для розробки конструкції ІНР візьмемо організацію НМ Сонця і будемо створювати ІНР на квантових принципах.

Виходячи з попередніх досліджень, розробка ІНР повинна базуватись на створенні спеціальної конструкції НМ. Відомий спосіб створення НМ – багатовимірної рецепторно-ефекторної нейроподібної мережі, яка росте (БРЕНМ), що включає операції створення кінцевої підмножини рецепторів, кінцевої підмножини нейронів рецепторної зони, кінцевої підмножини дуг рецепторної зони, кінцевої множини порогів збудження нейронів рецепторної зони, кінцевої множини змінних коефіцієнтів зв'язності рецепторної зони, кінцевої підмножини ефекторів, кінцевої підмножини нейронів ефекторної зони, кінцевої підмножини дуг ефекторної зони, кінцевої множини порогів збудження нейронів ефекторної зони, кінцевої множини змінних коефіцієнтів зв'язності ефекторної зони і при цьому БРЕНМ змінюється в залежності від значення і часу поступання інформації на рецептори [11]. Система створюється дворівневою архітектурою – архітектура з послідовною обробкою інформації в архітектурі з паралельною

обробкою інформації на побудові БРЕНМ, причому нарощування потужності здійснюється створенням багатомодульної структури.

Наявність в теорії способу побудови цієї НМ рецепторної і ефекторної зон свідчить про можливість створення на її базі інтелектуального робота. Недоліком цього способу є відсутність операцій реальної апаратної реалізації НМ.

Виходячи з загальної концепції, створення ІНР на базі квантових систем по прототипу організації НМ Сонця потрібно розглянути відомі квантові конструкції. Проведені вище дослідження дозволяють ідентифікувати природну інтелектуальну систему на базі нейронних мереж - кулясту блискавку. Проведені вище дослідження дозволяють пояснити її загадковість та закони функціонування (автор сам був свідком факту переходу лінійної блискавки в десяток оранжевих кулястих блискавок діаметром 150-300мм).

Енергія лінійної блискавки при ударі може переводити електрони в збуджений стан, на високі рівні енергії, а, оскільки, всі електрони є взаємозв'язаними, то цей перехід є функцією активації і електронна плазма формується в нейронну мережу, яка на явищах резонансу акумулює частину енергії лінійної блискавки. Термін життя кулястої блискавки визначається часом переходу електронів в основний стан. Система кулястої блискавки є інтелектуальним прототипом ІНР, але висока температура електронної плазми не дозволить використовувати цю систему для створення конструкції медичного ІНР. Тому потрібно створювати конструкцію медичного ІНР на базі електронної плазми, що може існувати при кімнатній температурі.

Робоча гіпотеза розробки конструкції медичного ІНР буде наступною:

1. Делокалізовану електронну плазму має лінійний провідник.
2. Якщо лінійний провідник замкнути в коло, то в першому наближенні, при наявності магнітопроводу, отримаємо рецепторно-ефекторну систему прототипом якої є електромагніт (магнітна ефекторна дія на довкілля). Така система має добре виражені ефекторні властивості і менш виражені рецепторні.

3. Для збільшення рецепторних властивостей можна взяти два замкнуті в коло лінійних провідники і в другому наближенні, при наявності магнітопроводу, отримаємо рецепторно-ефекторну систему прототипом якої є трансформатор. Така система має добре виражені і рецепторні і ефекторні властивості.

4. Якщо положення п.1 - 3 локалізувати в кристалі, то отримаємо систему з вираженим п'єзоефектом, який дозволить створити магнітну і ультразвукову дію на довкілля та електромагнітну і ультразвукову локацію зовнішнього середовища, що є важливим для роботи медичного ІНР в судинній системі організму людини.

5. Для забезпечення ІНР енергією потрібно організувати в кристалі резонансне поглинання нейронною мережею енергії від стороннього джерела енергії.

6. Система медичного ІНР повинна бути квантовою конструкцією.

Висновки:

1. Встановлено, що матеріальні структури Землі і Сонця є нейронними мережами, тобто є природними інтелектуальними субстанціями. Нейронні мережі Землі і Сонця складаються з резонансних елементів - нейронів, здатних поглинати та акумулювати енергію. Основними природними інтелектуальними структурами Землі і Сонця є, відповідно, вода та електронна плазма. Акумулювання енергії проходить за рахунок її поглинання резонансними нейронами, а так як процес акумулювання енергії є динамічний, то в інтелектуальному середовищі енергія, яка випромінюється пересічним нейроном не покидає середовища, оскільки поглинається іншими нейронами.

2. Розроблено робочу гіпотезу створення медичного інтелектуального наноробота. Система медичного інтелектуального наноробота повинна бути квантовою конструкцією.

Список літератури: 1. *Рибак Л. П.* Визначення напрямку, плану та гіпотез створення інтелектуальних нанороботів для медичних цілей // Вісник Тернопільського державного технічного університету.-2004.-т.9.-№3.-с. 99-107. 2. *Рибак Л. П.* Визначення методики створення та досліджень медичних інтелектуальних нанороботів // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Випуск 11 (29).-2004.-с.205-211. 3. *Рибак Л.П.* До питання визначення законів функціонування штучного інтелекту // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах , 2000. №2, - С.30 -36. 4. *Рибак Л.П.* Синтез структурних схем нейронів та нейронних мереж // Вісник Технологічного університету Поділля -№ 4. 2003. С206-213. 5. *Рыбак Л.П., Р.И. Силин.* Интеллект человека как научная проблема // Искусственный интеллект, 2002. №3 – С.150 – 160. 6. *Рибак Л.П., Сілін Р.І., Кінтик В.Д.* Перспективи розвитку техносфери ХХІ століття // Машиностроение и техносфера на рубеже ХХІ века, Сборник трудов VII международной научно-технической конференции. –Донецк, 2000. – С.104-110. 7. *Рибак Л.П.* Пошук конструкцій природних інтелектуальних прототипів як бази для створення медичного інтелектуального наноробота. Визначення структурної організації “Розуму” в системі Сонце-Земля. // Вестник национального технического университета “ХПИ”. – № 36, 2004, -Харьков. с.73-84. 8. *Зацепина Г.Н.* Свойства и структура воды, М. Изд. МГУ.-1974. 9. *Ювелакер, Др.Эрих.* Солнце. –М.: Слово.1996.- 48 с. 10. *Чижевский А.Л.* Космический пульс жизни. – М.:Мисль.1995.-767с. 11. *Яценко В.А.* Рецепторно-эффektorные нейроразподобные растущие сети – эффективное средство моделирование интеллекта // Кібернетика и системний аналіз. 1995. №4. – С.54-62.

Надійшла до редколегії 30.05.05

Ю.И. ДОРОФЕЕВ, канд. техн. наук
В.В. МЯКОТИН, студент НТУ «ХПИ»

ОЦЕНИВАНИЕ СТОИМОСТИ ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

У статті розглянуто методи оцінки ринкової вартості об'єктів нерухомості. Запропоновано евристичний спосіб реалізації за допомогою штучної нейронної мережі методу прямого порівняльного аналізу продажів для оцінки вартості квартири. Наведена експериментальна оцінка якості роботи запропонованого підходу.

Жилая недвижимость является специфическим товаром, стоимость которого зависит от большого числа разнообразных факторов. Наиболее существенными являются следующие факторы:

- 1) *физические*, которые делятся на природные – земля, климат, ресурсы – и созданные человеком – сооружения, коммуникации, коммунальные объекты и др.;
- 2) *социальные*: тенденции изменения численности населения, омоложения или старения, стиль и уровень жизни, тенденции изменения образовательного уровня и уровня преступности, отношение к соседним объектам недвижимости и их владельцам;
- 3) *экономические*: тенденции изменения уровня доходов, арендной платы, цен, кредитная политика и др.;
- 4) *административные*: ограничительные или либеральные строительные нормы и правила, услуги муниципальных служб, налоговая политика и др.

На практике при оценке стоимости квартир учитывают следующие факторы: удаленность от центра города, близость к метро, количество комнат, общая площадь, жилая площадь, площадь кухни, состояние жилья, этажность здания, этаж, на котором расположена квартира, особенности санузла, наличие в доме лифта, наличие телефона.

Для оценки рыночной стоимости недвижимости применяют либо метод капитализации, либо методы затратного подхода: метод сравнительной единицы или поэлементный метод. Однако, так как явный вид зависимости стоимости квартир от перечисленных выше факторов неизвестен, стандартные методы оценивания не всегда оказываются эффективными. Поэтому задача оценивания квартир обычно решается экспертами на основе сравнительного подхода, который включает два основных метода – метод прямого сравнительного анализа продаж и метод валового рентового мультипликатора.

Метод прямого сравнительного анализа продаж заключается в анализе фактических сделок купли-продажи аналогичных объектов недвижимости,

сравнении их с оцениваемым объектом и внесении соответствующих поправок. Главным недостатком такого подхода является субъективность или недостаточная опытность оценщика. Устранить указанный недостаток позволяет применение методов искусственного интеллекта.

Для решения задачи оценки стоимости квартир в данной работе предлагается синтезировать искусственную нейронную сеть прямой передачи сигналов, обучение которой выполняется методом обратного распространения ошибок. На вход сети подается вектор, содержащий оцифрованные данные, характеризующие квартиру, а на выходе сети формируется оценка стоимости квартиры.

Для формирования обучающей выборки были использованы данные агентства недвижимости “Аверс” о проданных 146 квартирах в четырех районах города Харьков за летний период 2004 года.

Стоимость проданных квартир зависит как от перечисленных выше факторов, так и от некоторых субъективных показателей (стремление продавца продать квартиру в краткие сроки, неопытность продавца или покупателя и т.д.). Следовательно, обучающие данные могут включать случайные величины. Предположим, что векторы, описывающие квартиры из обучающей выборки, включают случайные величины, распределенные по нормальному закону. Для ограничения разброса случайных величин была выполнена нормировка данных так, чтобы они имели среднее значение, равное 0, и стандартное отклонение, равное 1.

Затем применена процедура факторного анализа, с помощью которой решены следующие задачи: 1) выполнена ортогонализация входных векторов, чтобы исключить их взаимную корреляцию; 2) из массива входных векторов удалены факторы, вклад которых в оценку стоимости составляет менее 5%. В результате из исходных двенадцати факторов, влияющих на стоимость квартиры, были отобраны семь.

Для исключения эффекта «переобучения» сети [1] применяется процедура прерывания обучения. Для этого исходные данные разделяются на три подмножества: обучающий набор (половина имеющихся данных), контрольный набор и тестовый набор (по четверти всех имеющихся данных). Обучающее подмножество используется для настройки параметров сети; контрольное подмножество используется в течение всего процесса обучения для того, чтобы контролировать представительность используемой выборки. Как правило, ошибка для контрольного подмножества на начальной фазе обучения уменьшается, так же, как и ошибка для обучающего подмножества. Однако, когда ошибка для контрольного подмножества начинает увеличиваться, это означает, что в сети начал проявляться эффект переобучения. В этом случае фиксируется итерация, на которой ошибка для контрольного подмножества была минимальной, и восстанавливаются соответствующие значения настраиваемых параметров сети.

Для оценки качества обучения сети выбрана средняя суммарная квадратичная ошибка, получаемая на выходе сети при подаче всех векторов из обучающего набора:

$$E = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (C_i - Y_i)^2,$$

где Y_i – оценка стоимости i -й квартиры, полученная на выходе нейронной сети, C_i – цена, по которой была продана i -я квартира, N – количество векторов входа. Для ускорения процесса сходимости алгоритма обратного распространения ошибки применена методика Левенберга-Марквардта [2].

Для решения задачи оценивания стоимости квартир была синтезирована нейронная сеть прямой передачи сигналов, состоящая из двух слоев нейронов. Выходной слой сети состоит из одного нейрона, на выходе которого формируется величина стоимости квартиры, вектор описания которой подается на вход. Активационные функции нейронов сети выбираются в ходе эксперимента, целью которого является минимизация ошибки сети. Наилучшие результаты достигаются при использовании в первом слое нейронов с сигмоидальной функцией активации, а в выходном слое – с линейной функцией активации.

Для окончательного выбора архитектуры нейронной сети, предназначенной для решения рассматриваемой задачи, необходимо выбрать число нейронов в скрытом слое. В работе [3] при выборе архитектуры сети предлагается использовать следующее эвристическое правило: количество нейронов в скрытом слое определяется половиной суммарного количества входов и выходов. На рис.1 приведены результаты исследования зависимости точности оценки от количества нейронов в первом слое сети. Результаты усреднены по 100 реализациям сети. Как видно из графика, с поставленной задачей лучше всего справляется сеть с семью нейронами в первом слое.

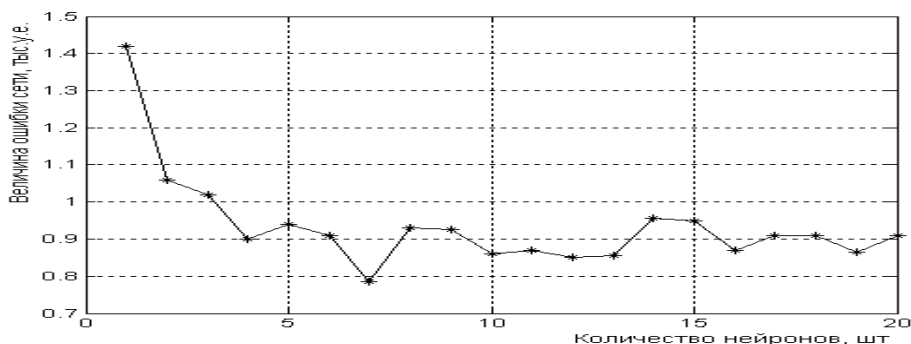


Рис. 1. Зависимость величины ошибки сети от количества нейронов в первом слое

При этом величина ошибки на выходе сети, усредненная по 100 реализациям, составила 0.791 тыс. у.е., что соответствует 2.6 % от средней стоимости квартир. На рис.2,а приведены результаты обучения сети, построенной на основе изложенных выше принципов с применением процедуры прерывания обучения. Очевидно, что после восьмой итерации возникла тенденция к переобучению, поэтому в качестве окончательных выбраны параметры сети, полученные после шести итераций.

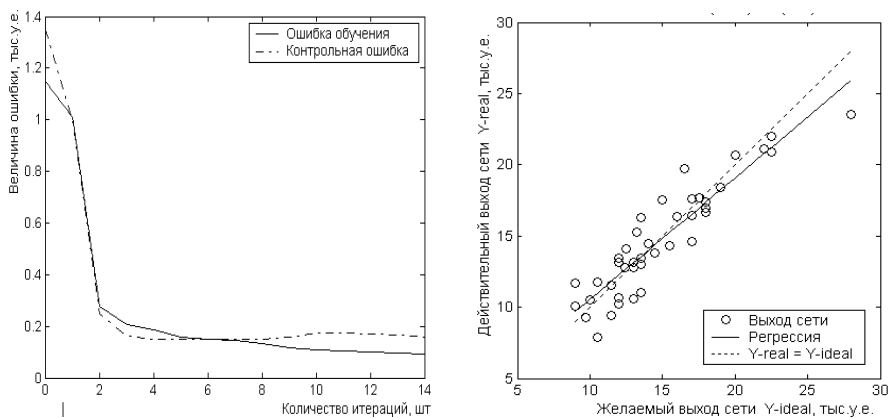


Рис.2. Результаты обучения (а) и регрессионного анализа (б) нейронной сети

Для оценки качества синтезированной нейронной сети выполнен регрессионный анализ выходов сети и соответствующих целей. Полученные результаты представлены на рис.2,б.

Коэффициенты уравнения регрессии, определяющие наклон и смещение линии регрессии в координатах цель-выход, соответственно равны $A = 0.853$ и $B = 2.03$, а коэффициент корреляции равен 0.917. Если выходы сети точно совпадают с целями, то наклон равен 1, а смещение 0. На приведенном графике видно, что полученные параметры достаточно точно отражают линейную регрессию. Коэффициент корреляции близок к 1, что указывает на существенную корреляцию между выходами сети и целевыми значениями, т.е. малые изменения цели будут адекватно отражаться в выходах нейронной сети, что является характеристикой ее высокого качества.

Список литературы: 1. *Осовский С.* Нейронные сети для обработки информации / Пер. с польского И.Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с. 2. *Haykin S.* Neural Networks, a Comprehensive Foundation. – N.Y.: Macmillan College Publishing Company, 1994. 3. *Медведев В.С., Потемкин В.Г.* Нейронные сети. MATLAB 6 / Под общ. ред. В.Г.Потемкина. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. – 496 с.

Поступила в редколлегию 14.06.05

И.В. КОНОНЕНКО, доктор технических наук, **И.В.ПРОТАСОВ**

МАКСИМИЗАЦИЯ ПРИБЫЛИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ТИПАЖА ПЕРСПЕКТИВНОЙ ПРОДУКЦИИ

В условиях жесткой конкуренции актуальным питанням управління виробництвом є вирішення задачі максимізації прибутку виробництва. Однією з найбільш складних і важливих задач, що виникають при управлінні розвитком виробництва, є задача планування перспективного ряду продукції. У цій статті розглянута модель динамічної задачі оптимізації перспективного ряду продукції в постановці, що враховує можливість максимізації прибутку виробника. Обмеження в моделі можуть бути представлені як аналітичними, так і алгоритмічними та імітаційними моделями.

Одной из сложных задач, возникающих при формировании стратегии развития производственно-экономических систем, является задача определения наиболее выгодных для выпуска типов перспективной продукции. Можно утверждать, что от качества ее решения в значительной степени зависит эффективность формируемой стратегии.

Традиционно задачи оптимизации типов продукции решались исходя из критерия минимизации затрат на всех этапах жизненного цикла продукции.

В работе [1] рассматриваются модели оптимизации типоразмерных рядов продукции в различных постановках. Также предлагаются алгоритмы решения задач данного типа, в основе которых лежит метод ветвей и границ. Приведенные в данной работе модели не учитывают алгоритмические формы целевой функции и ограничений, что является важным для более адекватного отражения моделью свойств исследуемого объекта.

В работе [2] предложены несколько вариантов стохастических моделей оптимизации типоразмерных рядов продукции. При использовании данного подхода возможно осуществить поиск только локального экстремума многоэкстремальной целевой функции. В рассматриваемых моделях учитываются затраты на адаптацию изделий у потребителей.

В работе [3] предложена концепция автоматизированного проектирования технико-экономических систем. В работе рассматриваются задачи проектирования типоразмерных рядов изделий, а также задачи перераспределения существующего парка изделий с целью повышения его эффективности. Предложенные модели и алгоритмы ориентированы на решение статических и динамических задач оптимизации типоразмерных рядов изделий и позволяют учесть параметры реальной задачи, важные для практического использования. При решении динамических задач, предложенный метод прикрепления заявок применяется совместно с методом скользящего планирования, что дает возможность адаптировать динамический типоразмерный ряд к возникающим изменениям с течением

времени. Описанные в работе методы позволяют находить приближенные решения задач, но при этом отсутствуют оценки отклонения полученного решения от оптимального.

В работе [4] предложены модели оптимизации динамических типоразмерных рядов изделий в однокритериальной постановке, в которых наряду с ограничениями, задаваемыми в аналитической форме, также используются ограничения в виде алгоритмов и имитационных моделей. Разработаны алгоритмы точного решения этих задач.

В работе [5] разработаны математическая модель и метод решения немарковской задачи многокритериальной оптимизации динамических типоразмерных рядов изделий. Модель задачи направлена на минимизацию затрат на всех стадиях жизненного цикла продукции и учитывает предпочтения потребителей, включает ограничения, содержащие как аналитические выражения, так и алгоритмы или имитационные модели. В основу метода решения задачи положены минимаксный подход и идея неявного перебора.

В работе [6] рассмотрена модель динамической задачи оптимизации типажа продукции с нечетко заданными ограничениями, а также предложен метод ее решения.

При проектировании сложных систем для обеспечения достаточной степени адекватности исследуемым явлениям необходимо применение методики имитационного моделирования.

Существенный вклад в этом направлении был сделан в работах [7]. Авторами предложен оптимизационно-имитационный подход к решению задач математического программирования с алгоритмическими и аналитическими целевыми функциями и ограничениями.

В работе [8] предложена методика направленного имитационного моделирования для минимизации алгоритмически заданных функционалов, где алгоритмической функции ставится в соответствие аналитическая модель, направление спуска которой используется для приближенного поиска экстремума алгоритмического функционала.

При решении задач оптимизации перспективных типов продукции с точки зрения коммерческих предприятий, функционирующих в условиях рыночной экономики, более адекватным является использование целевой функции как прибыли от реализации ряда продукции потребителям.

Целью данной работы является разработка математической модели задачи максимизации прибыли при планировании перспективного ряда продукции, где целевая функция и ограничения могут быть выражены как аналитическими, так и алгоритмическими и имитационными моделями.

Предположим, что с помощью продукции типа i , $i = \overline{1, m}$ можно обслужить заявку j , $j = \overline{1, n}$. Необходимое для обслуживания заявки j

количество единиц продукции обозначим p_{ij} . Длительность периода планирования перспективного ряда продукции принимается равной T .

Модель динамической задачи оптимизации перспективного ряда продукции с точки зрения максимизации прибыли в течение периода T имеет вид:

$$\sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^m \left[C_i \left(\sum_{j=1}^n p_{ij} x_{ij} \right) \right] \times \left(\sum_{j \in \{j: j/\chi = t\}} p_{ij} x_{ij} \right) \alpha_t \beta_t^{(II)} - \sum_{i=1}^m \left[w_i \left(\sum_{j=1}^n p_{ij} x_{ij} \right) \right] \alpha_t \beta_t^{(w)} - \quad (1)$$

$$\sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^m \left[v_i \left(\sum_{j=1}^n p_{ij} x_{ij} + p_{i, \text{нред}} \right) \right] \times \left(\sum_{j \in \{j: j/\chi = t\}} p_{ij} x_{ij} \right) \alpha_t \beta_t^{(v)} - \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m z_{ij} \alpha_t \beta_t^{(z)} x_{ij} \rightarrow \max_{x_{ij}} \quad (2)$$

$$\alpha_t^{(q)} = f(\alpha_{t-1}^{(q)}, x_{ij}), i = \overline{1, m}, j \in \{j: j/\chi = t\};$$

$$\alpha_t^{(q)} = \begin{cases} \leq \\ \geq \end{cases} e_t^{(q)} \quad \forall q \in Q, t = \overline{1, T};$$

$$x_{ij} = x_{ij}^0, i = \overline{1, m}, j = \chi(1-g) + 1, \chi(1-g) + 2, \dots, 0; \quad (3)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\}, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}$$

Величина w_i учитывает затраты на все виды подготовки производства, которым относят научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, технологическую подготовку производства и т.д.

Величина v_i учитывает затраты на производство единицы продукции i -го типа.

z_{ij} - затраты на транспортировку, наладку и возможную доводку продукции i -го типа при обслуживании заявки j .

Для учета изменения цен в течение жизненного цикла вводится величина дисконта α_t , $t = \overline{t_n, t_k}$, где t_n, t_k - начальный и конечный годы жизненного цикла перспективного ряда продукции соответственно. Также вводятся коэффициенты $\beta_k^{(II)}$, $\beta_k^{(w)}$, $\beta_k^{(v)}$, $\beta_k^{(z)}$, $\beta_k^{(II)}$, $\beta_k^{(IT)}$.

Φ - множество типов продукции, производство которых подготовлено на предыстории.

$$t_i = \min_{j=1, n} T_j, \text{ если } i \notin \Phi; T_i = \{t_j: t_j = j/\chi, x_{ij} = 1, j = \overline{1, n}\};$$

T_i - количество лет жизненного цикла продукции i -го типа.

$a_k = (1 + E_H)^{t_p - k}$, E_H - норматив приведения разновременных затрат, t_p - расчетный год, $a_{t_i} = 0$ при $i \in \Phi$

$p_{i, \text{нред}}$ - количество продукции i -го типа, выпущенной на предыстории

$a_t^{(q)}$ - параметр, оцениваемый с помощью аналитической функции, алгоритма или имитационной модели, $e_t^{(q)}$ - требование к параметру в t -м году.

Если продукция не может быть использована для обслуживания заявки j , то полагаем $p_{ij} = \infty$, $z_{ij} = \infty$.

Рассматриваемая задача планирования перспективного ряда продукции относится к классу задач дискретного программирования, для решения которых применяются методы перебора. При использовании неаналитических моделей и реальных размерностях задач полный перебор вариантов не целесообразен, а чаще всего невозможен по временным затратам. В этом случае применяются методы неявного перебора [9]. Общей чертой данных методов является замена полного перебора возможных решений частичным. Это обеспечивается выделением и последующим исключением из дальнейшего рассмотрения заведомо неперспективных подмножеств решений.

Выводы. В работе был проведен обзор основных подходов к решению задачи оптимизации типоразмерных рядов продукции и предложена модель задачи максимизация прибыли при планировании производства перспективного ряда продукции. В дальнейших работах будет описан метод решения данной задачи.

Список литературы: 1. Береснев В.Л., Гимади Э.Х., Дементьев В.Т. Экстремальные задачи стандартизации. Новосибирск: Наука, 1978.-334 с. 2. Антпенко В.С., Кац Г.Б., Петрушов В.А. Модели и методы оптимизации параметрических рядов. М: Машиностроение, 1990.-176 с. 3. Дабагян А.В. Проектирование технических систем. – М.: Машиностроение, 1986. – 256 с. 4. Кононенко И.В. Оптимизация динамического типоразмерного ряда оборудования // Вестник НТУ «ХПИ», 1990.-№10 – с.48-51. 5. Кононенко И.В., Роговой А.И. Векторная оптимизация динамического типоразмерного ряда продукции // Кибернетика и системный анализ, 2000.-№2. – с.157-163. 6. Кононенко И.В., Деревянченко Б.И. Оптимизация типажа продукции, предназначенной для последовательного обслуживания заявок, при нечеткой исходной информации // Вестник НТУ «ХПИ», 1999.-№73 – с.84-88. 7. Цвиркун А.Д., Акинфиев В.К., Филиппов В.А. Имитационное моделирование в задачах синтеза структуры сложных систем (оптимизационно-имитационный подход). – М.: Наука, 1985. – 174 с. 8. Гамбаров Л.А. Системная оптимизация комплексных планов в структурной иерархии производство-распределение-потребление. Киев, 1988. – 17 с. 9. Рихтер К. Динамические задачи дискретной оптимизации. – М.: Радио и связь, 1985.- 156 с.

Поступила в редколлегию 23.06.05

В. М. ВАРТАНЯН, д-р. техн. наук, **А.В. КОНОНЕНКО**

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНСТАНТЫ СГЛАЖИВАНИЯ В ПРОГНОЗНОЙ МОДЕЛИ ПРОДАЖ

Розглядається рішення задачі вибору наладжуемого параметру у методі експоненціального згладжування для прогнозування продажу в моделях тимчасових серій. Наведено приклад використання методу з оцінкою ймовірності здобутих результатів.

Имеется целый ряд процессов, сложно поддающийся факторному анализу, в связи с чем, построение причинной модели в виде линейной регрессии не представляется возможным [1, 2].

Рассмотрим одну из задач прогноза, состоящую в установлении количественных оценок тенденций развития исследуемого процесса, путем анализа временных серий и проецирования их вперед на период интервала получения статистических данных.

Одним из методов получения необходимого решения является экспоненциальное сглаживание, базовая формула которого имеет вид

$$f_t = \alpha A_{t-1} + \sum_{i=1}^{t-2} \alpha (1 - \alpha)^i A_{t-(i+1)}, \quad (1)$$

где F_t – прогноз, α – вес или константа сглаживания ($0 < \alpha < 1$), $A_{t-(i+1)}$ – текущие продажи прошлого периода.

Константа сглаживания α может быть изменена для придания большего веса текущим данным (когда α высока) или большего веса прошлым данным (когда α низка) и представляет собой настраиваемый параметр [3].

Рассмотрим одну из задач прогноза, состоящую в установлении константы сглаживания, которая характеризует особенности сезонного спроса на конкретный товар и региональные характеристики рынка.

Одним из методов получения необходимого результата является решение обратной задачи по имеющимся данным продаж. Суть предлагаемого подхода состоит в расчете констант сглаживания для известных данных f_i , в моменты $T_T, T_{T-1}, T_{T-2}, \dots$, а затем в решении прямой задачи вычислении прогнозного значения константы сглаживания в прогнозируемый момент времени - T_{II} методом сплайн-аппроксимации.

Здесь f_i , - значение исследуемой функции в текущий - T_T и предшествующие моменты времени, T_{T-1}, T_{T-2}, \dots

Это позволит повысить достоверность прогноза за счет учета особенностей конкретных условий реализации товаров, что заключается в адаптации прогнозной модели к специфике реальной ситуации.

Пример. Предположим, что динамика изменений продаж некоторого исследуемого процесса имеет вид $f_i[n]=1000(3+\sin(0.3+0.2T[n]))$, представленный на рис. 1

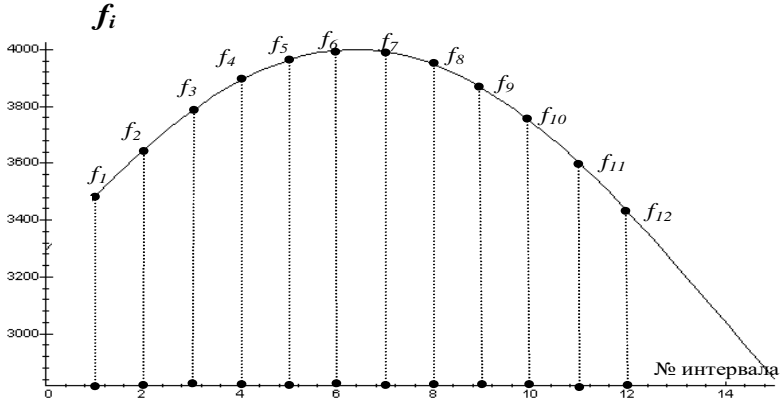


Рис. 1. Моделируемая функция продаж

Численные значения продаж на рассматриваемых интервалах времени сведены в таблице.

№ интервала	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Период	T_{T-10}	T_{T-9}	T_{T-8}	T_{T-7}	T_{T-6}	T_{T-5}	T_{T-4}	T_{T-3}	T_{T-2}	T_{T-1}	T_T	T_{II}
Значение параметра	3483	3651	3782	3893	3954	3999	3991	3942	3853	3739	3588	f_{12}

Константа сглаживания α может быть изменена для придания большего веса текущим данным (когда α высока) или большего веса прошлым данным (когда α низка) и представляет собой настраиваемый параметр.

Для рассмотренного примера

$$f_{12}(\alpha) = 41875\alpha - 208150\alpha^2 + 614745\alpha^3 - 1211667\alpha^4 + 1675747\alpha^5 - 1659010\alpha^6 + 1175215\alpha^7 - 583545\alpha^8 + 19337\alpha^9 - 38481\alpha^{10} + 3483\alpha^{11}. \quad (2)$$

График зависимости прогнозируемого значения исследуемого параметра от величины константы сглаживания представлен на рис. 2.

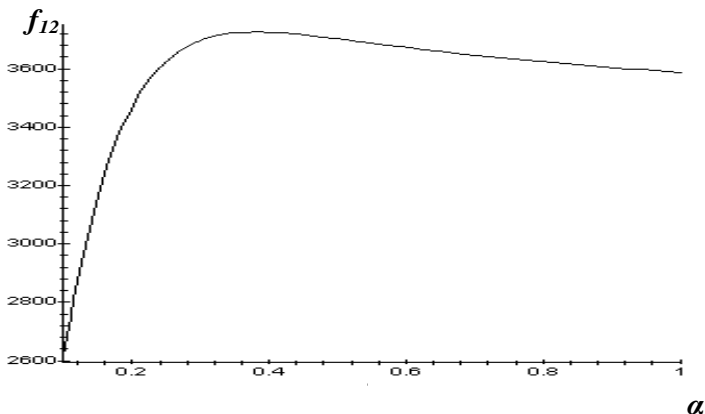


Рис. 2. Зависимость прогнозного значения продаж от величины константы сглаживания

Построим последовательность полиномов относительно константы сглаживания для известных значений исследуемой функции по таблице.

Для T_T : $34998\alpha^9 - 169863\alpha^2 - 3588 - 766785\alpha^4 + 444882\alpha^3 + 908962\alpha^5 - 158378\alpha^8 + 425167\alpha^7 - 750048\alpha^6 + 38287\alpha - 3483\alpha^{10} = 0$.

Откуда $\alpha_T = 0,233731$.

Для T_{T-1} : $34548\alpha - 135315\alpha^2 - 3739 + 451744\alpha^5 - 298304\alpha^6 + 126863\alpha^7 - 31515\alpha^8 + 3483\alpha^9 + 309567\alpha^3 - 457218\alpha^4 = 0$.

Откуда $\alpha_{T-1} = 0,296315$.

Для T_{T-2} : $30695\alpha - 3853 + 204947\alpha^3 - 252271\alpha^4 + 199473\alpha^5 - 104620\alpha^2 - 98831\alpha^6 + 28032\alpha^7 - 3483\alpha^8 = 0$.

Откуда $\alpha_{T-2} = 0,377524$.

Для T_{T-3} : $26753\alpha - 77867\alpha^2 + 3483\alpha^7 + 74282\alpha^5 - 24549\alpha^6 + 127080\alpha^3 - 125191\alpha^4 - 3942 = 0$.

Откуда $\alpha_{T-3} = 0,512089$.

Для T_{T-4} : $-3991 + 22762\alpha - 55105\alpha^2 + 71975\alpha^3 - 53216\alpha + 21066\alpha - 3483\alpha^6 = 0$

Откуда $\alpha_{T-4} = 0,858407$.

Аппроксимирующие полиномы на интересующем нас участке имеют вид:

$$\alpha_{Пл} = 0.548 - 0.063t; \quad (3)$$

$$\alpha_{Пк} = 1.115857117 - 0.413178548t + 0.07098213937t^2 - 0.004732142624t^3. \quad (4)$$

График изменения константы сглаживания, построенный по найденным значениям методом линейной и кубической сплайн-аппроксимации, представлен на рис. 3.

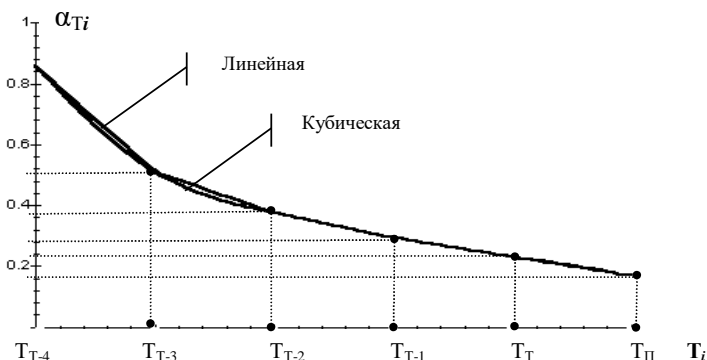


Рис. 3. Сплайн-аппроксимация константы сглаживания α_{Ti}

Совпадающее прогнозное значение константы сглаживания для линейной и кубической аппроксимации на рассматриваемый период составляет 0.17, что дает значение величины реализации на интервале № 12 равную:

$$\begin{aligned}
 f_{12} = & f_{11}\alpha + f_{10}\alpha(1-\alpha) + f_9\alpha(1-\alpha)^2 + f_8\alpha(1-\alpha)^3 + f_7\alpha(1-\alpha)^4 + \\
 & + f_6\alpha(1-\alpha)^5 + f_5\alpha(1-\alpha)^6 + f_4\alpha(1-\alpha)^7 + f_3\alpha(1-\alpha)^8 + \\
 & + f_2\alpha(1-\alpha)^9 + f_1\alpha(1-\alpha)^{10} = 3313.
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

С учетом того, что моделируемая функция в рассматриваемом примере известна, то вычисленная ошибка прогноза составляет $\Delta = 2.93\%$, что является вполне удовлетворительным, с точки зрения прогноза продаж.

Т.о. рассмотрено решение задачи выбора настраиваемого параметра в методе экспоненциального сглаживания для прогнозирования продаж в моделях временных серий. Искомое значение константы сглаживания находится решением обратной задачи для серии текущих значений продаж в ретроспективе. Окончательное значение искомого параметра предложено определять путем сплайн-аппроксимации полученных значений константы сглаживания, вычисленных для предыдущих периодов.

Приведен пример использования метода с оценкой достоверности полученных результатов. Численно-аналитическое решение задачи выполнено с использованием интегрированного математического пакета MAPLE.

Список литературы: 1. Хьюбер Дж. Робастность в статистике. – М.: Мир, 1984. – 304 с. 2. Дубров А.М., Мхитарян В.С., Трошин Л.И. Многомерные статистические методы. – М.: Финансы и статистика, 1998. – 352 с. 3. Егоров В.В., Параднов Г.А. Прогнозирование национальной экономики. – М.: ИНФРА-М, 2001.

Поступила в редколлегию 11.05.05

И.В.КВИТКО, аспирант, ДонГИИИ (г. Донецк),

ПРОГНОЗ СТОИМОСТИ ЦЕННЫХ БУМАГ

В статті проведено аналіз характеристик акцій українських емітентів та макроекономічних показників, з'ясовано основні закономірності їх динаміки. Розроблено статичну статистичну модель прогнозу вартості акції, яка є основою синтезу системи управління прибутком інвестора в умовах українського ринку цінних паперів.

The article contains analysis of Ukrainian emitent's asset parameters and macroeconomic indexes. The main features of their dynamics were researched and static statistic model of asset price prognosis was developed, as a basic level of an investor's profit control system creation.

1. Постановка проблемы. В настоящее время на фоне активно развивающегося украинского фондового рынка становится актуальной задача синтеза системы управления прибылью инвестора, оперирующего портфелем акций. Реализация подобной системы, предусматривает разработку нескольких подсистем: подсистемы управления прибылью посредника портфельного инвестора, на базе модели формирования портфеля акций, подсистемы управления доходом оператора биржевых торгов, на базе модели формирования торговых сигналов, подсистемы управления загруженностью торговых площадок, на базе модели прогноза загруженности площадки, а также подсистем, формирующих правила функционирования мест проведения торгов и обеспечивающих раскрытие информации о текущем состоянии фондового рынка. Модель формирования портфеля в свою очередь включает подмодели прогноза стоимости акции и стоимости пакета акций.

Реализация моделей, обеспечивающих функционирование системы управления прибылью инвестора, предусматривает анализ характеристик моделируемого объекта, выбор класса моделей, разработку моделей и их численное исследование.

Таким образом, для выбора класса и реализации базовых моделей прогноза стоимости акции и пакета акций необходим анализ характеристик ценных бумаг, характеристик пакетов ценных бумаг и макроэкономических показателей.

2. Анализ исследований и публикаций. В ряде литературных источников [1,2] отражены результаты проведенного авторами анализа характеристик акций и пакетов акций [3], также представлены модели прогноза [3,4] этих характеристик, но анализ и модели не учитывают особенностей украинского фондового рынка. Таким образом, возникла необходимость провести классификацию и формализацию характеристик акций, пакетов акций и макроэкономических показателей в рамках фондового рынка Украины и на основе это-

го анализа осуществить выбор класса модели прогноза стоимости акции, как основы синтеза системы управления прибылью инвестора.

3. Постановка задачи. В работе рассматривается постановка задачи математического моделирования прогноза стоимости акции, как основы синтеза системы управления прибылью инвестора, оперирующего портфелем акций на фондовом рынке Украины.

4. Основной материал. Множество ценных бумаг состоит из трех подмножеств:

$$Aca = Aca_1 \cup Aca_2 \cup Aca_3, \quad (1)$$

где Aca_1 - множество акций, Aca_2 - множество облигаций, Aca_3 - множество производных ценных бумаг.

В качестве множества ценных бумаг в рамках данной работы будет рассматриваться только множество акций. Акция – это ценная бумага, закрепляющая права ее владельца (акционера) на получение части прибыли акционерного общества в виде дивидендов, на участие в управлении акционерным обществом и на часть имущества, остающегося после его ликвидации.

Характеристики ценных бумаг можно описать следующим множеством:

$$A = \bigcup_{i=1}^4 A_i, \quad (2)$$

где A_1 – стоимостные характеристики ценной бумаги, A_2 – количественные характеристики ценной бумаги, A_3 – характеристики дивидендной политики, A_4 – оценочные характеристики ценной бумаги.

Стоимостные характеристики ценных бумаг описываются следующим множеством:

$$A_1 = \bigcup_{i=1}^4 A_{1i}, \quad (3)$$

где A_{11} – номинальная стоимость ценной бумаги, A_{12} – рыночная стоимость покупки ценной бумаги, A_{13} – рыночная стоимость продажи ценной бумаги, A_{14} – стоимость в последней сделке.

Количественные характеристики ценных бумаг описываются следующим множеством:

$$A_2 = \bigcup_{i=1}^5 A_{2i}, \quad (4)$$

где A_{21} – объем эмиссии ценной бумаги, A_{22} – объем спроса на ценную бумагу, A_{23} – объем предложения ценной бумаги, A_{24} – объем последней сделки, A_{25} – объем продаж за день.

Характеристики дивидендной политики описываются следующим множеством:

$$A_3 = A_{31} \cup A_{32}, \quad (5)$$

где A_{31} – размер дивидендов, A_{32} – периодичность выплат дивидендов.

Оценочные характеристики ценных бумаг описываются следующим множеством:

$$A_4 = \bigcup_{i=1}^8 A_{4i}, \quad (6)$$

где A_{41} – средняя рыночная стоимость ценной бумаги, A_{42} – внутренняя стоимость ценной бумаги, A_{43} – разброс стоимости, A_{44} – ликвидность ценной бумаги, A_{45} – капитализация, A_{46} – доходность, A_{47} – волатильность, A_{48} – направление тренда.

Множества A_{44} , A_{48} являются нечеткими и описывают качественные характеристики ценных бумаг.

Операции с ценными бумагами, производимые на фондовом рынке, осуществляются над множествами – пакетами ценных бумаг. Характеристики пакетов ценных бумаг оказывают влияние на характеристики ценных бумаг, входящих в пакет.

Характеристики пакетов ценных бумаг можно описать следующим множеством:

$$B = \bigcup_{i=1}^3 B_i, \quad (7)$$

где B_1 – стоимостные характеристики пакета ценных бумаг, B_2 – количество ценных бумаг в пакете, B_3 – оценочные характеристики пакета ценных бумаг.

Стоимостные характеристики пакета описываются следующим множеством:

$$B_1 = B_{11} \cup B_{12}, \quad (8)$$

где B_{11} – рыночная стоимость покупки пакета, B_{12} – рыночная стоимость продажи пакета.

Оценочные характеристики пакета ценных бумаг описываются следующим множеством:

$$B_3 = \bigcup_{i=1}^5 B_{3i}, \quad (9)$$

где B_{31} – внутренняя стоимость пакета ценных бумаг, B_{32} – доходность пакета ценных бумаг, B_{33} – ликвидность пакета, B_{34} – тип пакета, B_{35} – значимость пакета.

Множества B_{33} , B_{35} являются нечеткими и описывают качественные характеристики пакетов ценных бумаг.

Характеристики макроэкономической ситуации, оказывающей влияние на фондовый рынок, можно описать следующим множеством:

$$E = \bigcup_{i=1}^5 E_i, \quad (10)$$

где E_1 – множество значений фондовых индексов, E_2 – котировки валют, E_3 – уровни цен на драгоценные металлы, E_4 – стоимость бареля нефти марки Brent, E_5 – показатель инфляции, E_6 – объемы торгов на МВРУ, E_7 – объемы торгов на ПФТС.

Множество значений фондовых индексов описываются следующим образом:

$$E_1 = \bigcup_{i=1}^2 E_{1i}, \quad (11)$$

где E_{11} – значение индекса DowJones, E_{12} – значение индекса ПФТС.

Множество котировок валют описываются следующим образом:

$$E_2 = \bigcup_{i=1}^3 E_{2i}, \quad (12)$$

где E_{21} – стоимость доллара США, E_{22} – стоимость Евро, E_{23} – стоимость российского рубля.

Множество уровней цен на драгоценные металлы описываются следующим образом:

$$E_3 = \bigcup_{i=1}^3 E_{3i}, \quad (13)$$

где E_{31} – стоимость унции золота, E_{32} – стоимость унции серебра, E_{33} – стоимость унции платины.

Оценочные характеристики ценных бумаг могут быть рассчитаны согласно формулам: (1) - (6). Средняя рыночная цена S может быть вычислена по формуле:

$$S = A_{41} = (A_{13} + A_{12}) / 2. \quad (14)$$

Капитализация акции - это рыночная цена акции, умноженная на количество акций компании обращающихся на рынке:

$$Cap = A_{45} = S \cdot A_{21}. \quad (15)$$

Ликвидность акции представляет собой количественную характеристику способности акции в короткий срок быть преобразованной в денежный эквивалент, она характеризуется обобщенным коэффициентом ликвидности и рассчитываемым по формуле:

$$Liq = A_{44} = \frac{(A_{22} * A_{23})}{A_{21} \cdot (A_{12} / A_{13})^2}. \quad (16)$$

Внутренняя стоимость – это денежное выражение стоимости акций при возможной купле-продаже на дату оценки с учетом полной информации об инвестиционных и правовых свойствах акций. Внутренняя стоимость акции,

отличается от ее цены, т.к. отражает субъективное мнение потенциального инвестора, тогда как цена фиксирует условия конкретной сделки. Для оценки внутренней стоимости ценных бумаг применяется модель дисконтирования дивидендов (DDM), базирующаяся на методе капитализации дохода, предполагающем, что истинная стоимость финансового актива основана на потоке платежей, ожидаемых в будущем в результате обладания данным активом.

Доходность акции на промежутке времени $[t_0, t_1]$ рассчитывается по формуле:

$$P = A_{46} = \frac{S_1 - S_0}{S_0}, \quad (17)$$

где S_1 - рыночная цена акции в момент времени $t = t_1$, S_0 - рыночная цена акции в момент времени $t = t_0$, P - доходность акции.

Волатильность рыночной цены акции выражается либо как оценка абсолютного изменения цены определённого актива, либо как оценка относительного изменения (доходности). Мера изменчивости (показатель риска) рыночной цены акции на заданном промежутке времени $[t_0, t_1]$, рассчитывается как стандартное отклонение изменения цены (СКО).

$$Vol = A_{47} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\Delta S_i - \overline{\Delta S})^2}{N - 1}}, \quad (18)$$

где $\overline{\Delta S}$ - среднее значение изменения цены (доходности) актива, ΔS_i - значение изменения цены (доходности) актива за i -й период, N - количество наблюдений (длина исторической выборки).

Разброс стоимости акции *Spread* вычисляется по формуле:

$$Spread = A_{43} = A_{13} - A_{12}. \quad (19)$$

Для удобства при проведении анализа введем набор переменных, соответствующих значениям макроэкономических показателей:

$$\begin{aligned} DOW &= E_{11}; PFTS = E_{12}; USD = E_{21}; EURO = E_{22}; \\ RUR &= E_{23}; GOLD = E_{31}; SILVER = E_{32}; PLATIN = E_{33}; \\ BRENT &= E_4; INFL = E_5; MVRU = E_6; PFTS_V = E_7. \end{aligned} \quad (20)$$

Синтез системы управления прибылью инвестора базируется на разработке модели прогноза прибыли инвестора, модели прогноза стоимости акции и модели прогноза стоимости пакета акций. Таким образом, модель прогноза стоимости акции является базовой в задаче моделирования прогноза прибыли инвестора. При синтезе этой модели проведены статистический и корреляционный анализ характеристик акций, позволяющие учитывать влияние внутренних и внешних (макроэкономических) факторов на стоимость акции. Для проведения анализа выбраны акции нескольких украинских эмитентов. Информация о ежедневных значениях характеристик этих акций за период с 1999 по 2004 годы была получена из печатных источников и электронной информационно-аналитической системы ЛИГА. Те же источники использовались для получения информации о ежедневных значениях макроэкономических показателей.

Анализ характеристик акций включает исследование динамики цены, доходности, ликвидности, волатильности и капитализации акций, выявление сезонных и циклических закономерностей изменения стоимости акций, анализ динамики стоимости пакетов акций.

Динамика рыночных цен акций „Центрэнерго” на временном промежутке 1 год представлена на рисунке 1.

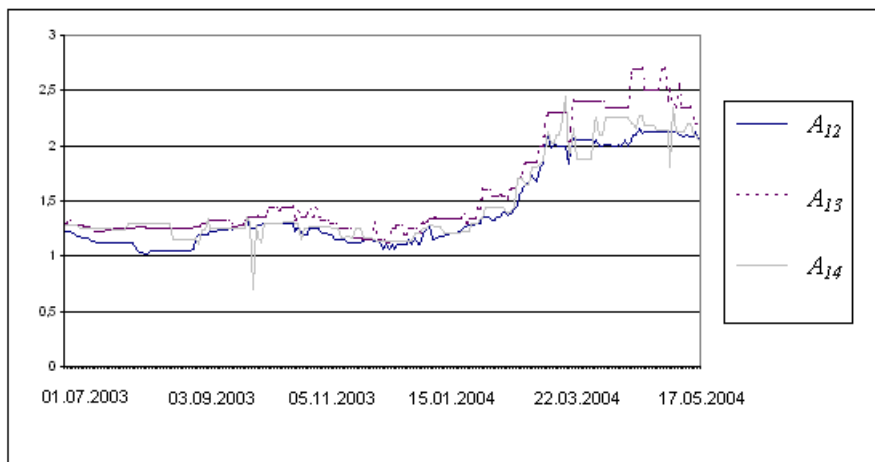


Рис. 1. Динамика цен акций „Центрэнерго”

Динамика изменения относительной доходности акций представлена на рисунке 2.

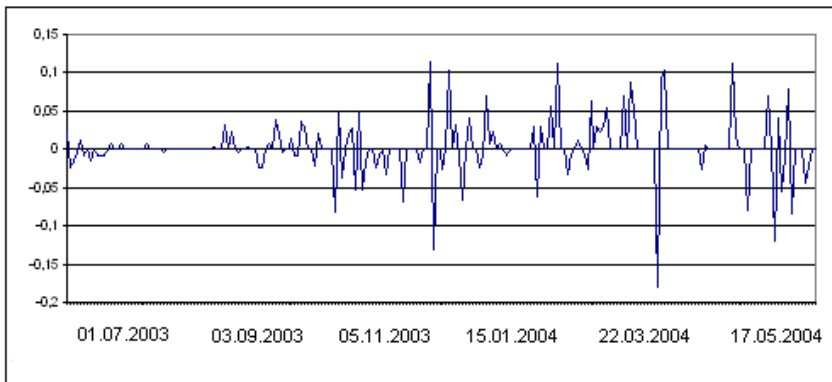


Рис. 2. Динамика изменения относительной доходности акций „Центрэнерго”

Плотность распределения доходности как случайной величины представлена на рис 3 ($p(A_{46}(x))$ – плотность распределения доходности, $p(N(x))$ – плотность нормального распределения).

Анализ графика позволяет выдвинуть гипотезу о нормальном распределении вероятности изменения доходности на анализируемом временном промежутке.

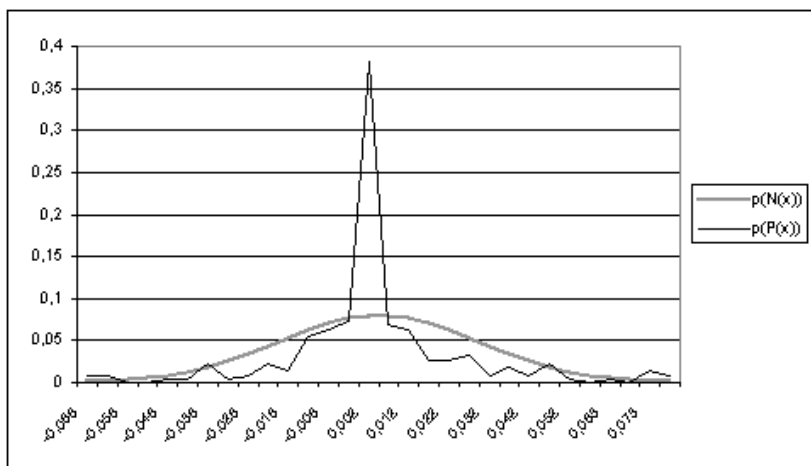


Рис. 3. График плотности распределения доходности акций „Центрэнерго”

Анализ динамики цен акций ОАО „Донбассэнерго” представлен на рисунке 4.

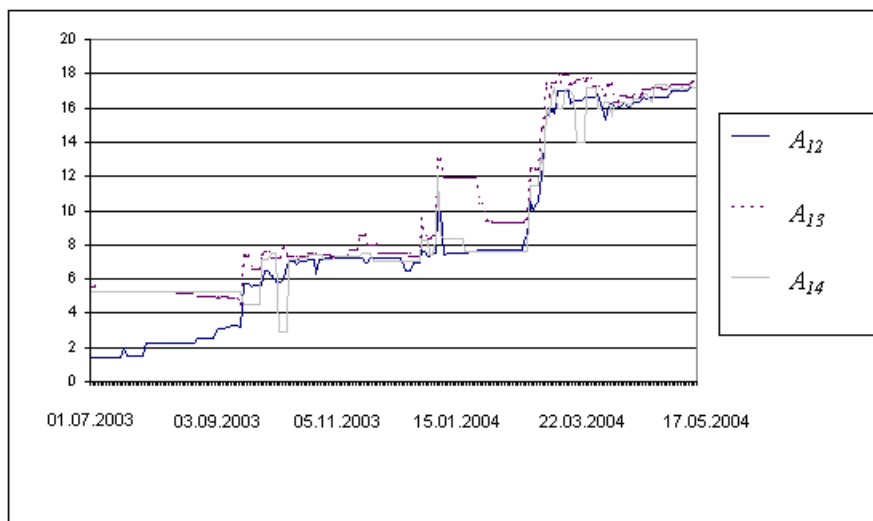


Рис. 4. Динамика цен ОАО „Донбассэнерго”

На графике присутствуют участки резкого изменения цен, что говорит о нестационарности процесса ценообразования.

Для проверки гипотезы о нормальном распределении доходности акций использован критерий χ^2 , который выполняет сравнительный анализ фактической частоты в выборке с ожидаемой частотой. Результаты проверки гипотезы о нормальном распределении доходности акций украинских эмитентов на временном промежутке 1 год (длина выборки $n = 218$) представлены в таблице 1. В ходе анализа выполнено сравнение закона распределения доходности акций с нормальным распределением.

Таблица 1

Результаты проверки гипотезы о нормальном распределении доходности акций

Название эмитента	Значение критерия χ^2
ОАО Центрэнерго	0,999999996
ОАО Днепрэнерго	0,999998
ОАО Концерн Стирол	0,999972
ОАО Азовсталь	0,999982
ОАО Донбассэнерго	0,999269659

Таким образом гипотеза о нормальном распределении доходности акций принимается. Следовательно, возможна реализация диффузионной модели изменения доходности (цен акций) на основе случайных величин распределенных по нормальному закону. Однако, кроме случайности в динамике доходности акций существуют некоторые закономерности. В ходе анализа зави-

симости доходности акции от периодически изменяющихся внешних факторов, получены следующие результаты: динамика доходности акций, представленная на рисунке 5, отражает влияние эффекта конца года (резкое увеличение доходности) и эффект января (длительный период отрицательной доходности). Исследованы средняя доходность $P_{ср}$ на промежутках с 01.07.03 по 19.12.03, с 20.12.03 по 31.12.03, с 02.01.04 по 31.01.04, с 01.02.04 по 05.06.04, изменение доходности в конце декабря ΔP_1 и в начале января ΔP_2 . Результаты анализа влияния периодических закономерностей для группы украинских эмитентов представлен в таблице 2.

Таблица 2

Анализ влияния периодических закономерностей на доходность акций

Название эмитента	$P_{ср}$, на промежутке 01.07-19.12	$P_{ср}$, на промежутке 20.12-31.12	ΔP_1 , %	$P_{ср}$, на промежутке 02.01-25.01	ΔP_2 , %	$P_{ср}$, на промежутке 02.01-01.06
ОАО Центрэнерго	-0,00065	0,00858	0,9231	-0,0001	0,0520	0,0059
ОАО Донбассэнерго	0,00463	0,04267	3,8047	-0,0161	-2,0749	0,0055
ОАО Азовсталь	0,00087	0	-0,0872	0	-0,0872	0,0201
ОАО Киевэнерго	0,00006	0,02794	2,7879	-0,0208	-2,0901	0,0014
ОАО Ровноазот	-0,00578	0,00758	1,3358	-0,0520	-4,6300	-0,0166
ОАО Западэнерго	0,00346	0,00569	0,2224	0,0013	-0,2130	0,0051
ОАО Концерн Стирол	-0,00041	0	0,0405	0,0162	1,6604	0,0099
ОАО Укртелеком	-0,00150	0,02751	2,9005	-0,0106	-0,9194	0,0043
ОАО Укрнафта	0,00176	0,01849	1,6728	0,0083	0,6576	0,0074
ОАО Кримэнерго	-0,01019	-0,07447	-6,4277	0,0260	3,6231	-0,0405
ОАО Ясиновский коксохимический завод	-0,05060	0,00551	5,6113	-0,3270	-27,648	-0,0764
Среднее значение	-0,00530	0,00632	1,1622	-0,0341	-2,8791	-0,0067

Результаты анализ исследуемой закономерности изменения средней доходности $P_{ср}$, средней положительной и отрицательной доходностей $P_{ср+}$, $P_{ср-}$ для 240 украинских акций представлены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3

Анализ средней доходности, капитализации и ликвидности

Период	$Liq_{ср}$	$Cap_{ср}$	$P_{ср}$	$Liq_{ср-}$	$Cap_{ср-}$	$P_{ср-}$
6 месяцев 2003 г.	390,1	$103 \cdot 10^6$	-0,0041	26,56	$22 \cdot 10^6$	-0,007
Конец декабря 2003 г.	1038,4	$109 \cdot 10^6$	0,0023	55,12	$5,8 \cdot 10^6$	-0,0024
Начало января 2004 г.	1427,3	$99 \cdot 10^6$	-0,0566	724,55	$39,8 \cdot 10^6$	-0,0614
5 месяцев 2004 г.	267,1	$134 \cdot 10^6$	-0,0481	258,98	$25,5 \cdot 10^6$	-0,0494

Таблица 4

Анализ положительных составляющих показателей

Период	Liq_{cp+}	Cap_{cp+}	P_{cp+}
6 месяцев 2003 г.	363,5	$81 \cdot 10^6$	0,003
Конец декабря 2003 г.	983,2	$103 \cdot 10^6$	0,005
Начало января 2004 г.	702,7	$59 \cdot 10^6$	0,005
5 месяцев 2004 г.	8,14	$108 \cdot 10^6$	0,002

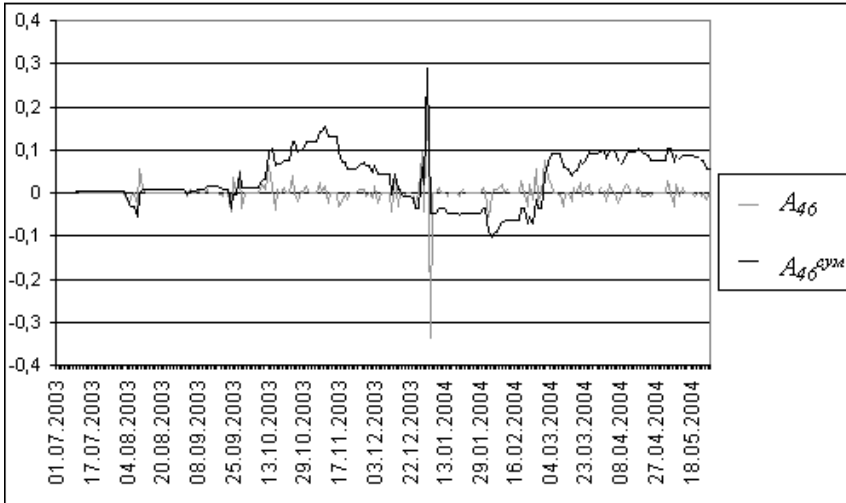


Рис. 5. Динамика изменения доходности акций ОАО Киевэнерго

Анализ изменения средней доходности показывает ее рост в конце декабря 2003 года и падение в январе 2004 года, причем наблюдается рост как положительной, так и отрицательной составляющих доходности ΔP_{cp+} и ΔP_{cp-} . Изменение доходности связано с показателем средней ликвидности, который достигает больших значений на коротких временных промежутках, что связано со значениями спроса и предложения в этот период. В целом средняя ликвидность выше в январе, чем в декабре.

Таблица 5

Анализ изменения средней доходности

Отношение	ΔP_{cp} , %	ΔP_{cp-} , %	ΔP_{cp+} , %
$P_{cp}(18.12.03-31.12.03)$ к $P_{cp}(01.07.03-18.12.03)$	0,6525047	0,4583634	0,1941413
$P_{cp}(01.01.04-31.01.04)$ к $P_{cp}(01.02.04-05.06.04)$	-0,848134	-1,1958684	0,3477339
$P_{cp}(01.01.04-31.01.04)$ к $P_{cp}(01.07.03-18.12.03)$	-5,248899	-5,4399274	0,1910287

Анализ влияния дня недели на доходность акций представлен на рисунках 6 и 7.

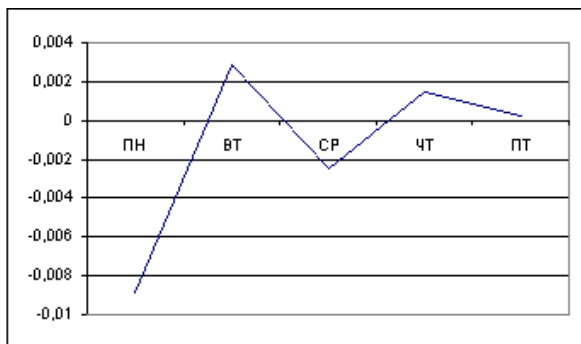


Рис. 6. Средняя доходность акций ОАО „Стирол” по дням недели

Рост доходности в пятницу более четко выражен для акций ОАО „Донбассэнерго”

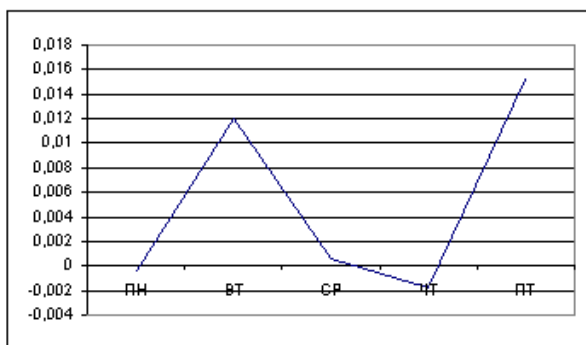


Рис. 7. Средняя доходность акций ОАО „Донбассэнерго” по дням недели

Результаты анализа влияния дня недели на средние характеристики акций 240 украинских эмитентов представлены в таблице 6.

Таблица 6

Средние значения характеристик акций по дням недели

День	Liq_{cp}	Cap_{cp}	P_{cp}
ПН	299,36127	107396037,1	-0,103887
ВТ	290,22758	110092472,3	-0,023227
СР	287,05171	110778956,9	-0,005761
ЧТ	324,2956	109137185,1	-0,02256
ПТ	386,15626	111791258,6	-0,01698

Таким образом, может быть построен график зависимости средней доходности акций от дня недели (рисунок 8).

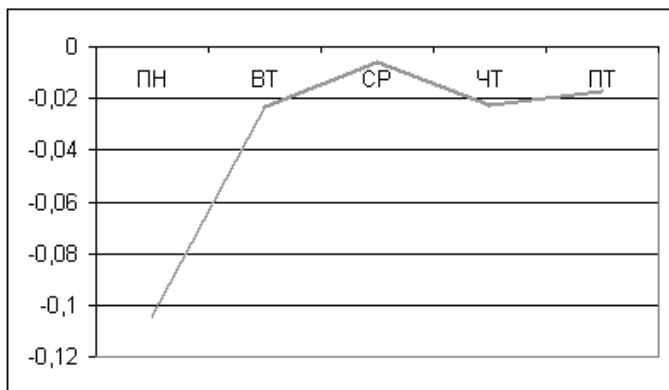


Рис. 8. График средней доходности акций по дням недели

Результаты анализа показывают наличие отрицательной доходности в первый день недели и высокую доходность в последний день, эту закономерность, а также эффект конца года следует учитывать при построении модели прогноза рыночной цены акции. Таким образом, необходим анализ как внутренних связей между характеристиками акций, так и влияния внешних факторов на эти характеристики. Анализ капитализации, средней и суммарной доходности, волатильности и средней ликвидности акций группы украинских эмитентов представлен в таблице 7.

Таблица 7

Характеристики акций украинских эмитентов

Название эмитента	S	Ac	Cap	P _{cp}	P _{сум}	Vol	Liq _{cp}
ОАО Центрэнерго	1,1	369*106	406*106	0,002	0,448	0,0006	0,73
ОАО Азовсталь	1,275	3174*106	4047*106	0,0083	1,851	0,0031	0,16
ОАО Донбассэнерго	17,4	23,6*106	411*106	0,0058	1,301	0,0023	0,09
ОАО Днепрэнерго	135,3	3,9*106	530*106	-0,0001	-0,009	0,0021	0,02
ОАО Стирол	29,75	27,1*106	806*106	0,0041	0,862	0,0022	1,76

Анализ связей между средними на промежутке 1 год характеристиками акций 240 украинских эмитентов представлен в таблице 8.

Таблица 8

Корреляционная матрица свойств акций

	Liq	S _{cp}	Spread	Ac	Cap	P _{cp}	Vol
Liq	1	-0,0190	-0,01518	0,005647	0,066073	-0,63167	0,59752
S _{cp}		1	0,385728	-0,02421	-0,022320	0,01643	-0,0156
Spread			1	-0,01906	-0,008629	0,0127	-0,0121
Ac				1	0,845703	-0,00042	0,00159
Cap					1	0,02158	-0,0179
P _{cp}						1	-0,9899
Vol							1

Анализ корреляционной матрицы показывает наличие сильной положительной связи ($k > 0,56$) между ликвидностью и волатильностью, тогда как волатильность и ликвидность связаны с доходностью сильной отрицательной связью. Для получения единого критерия оценки акций на базе их основных характеристик необходимо построить комплексный показатель инвестиционной привлекательности INV.

Результаты исследования свойств пакетов акций на украинском рынке представлены на рисунке 9. Цена акции в пакете Last отличается от рыночной цены акции S в каждой сделке, причем при заключении сделок по крупным пакетам согласно рисунку 10, наблюдается наибольшая разница в ценах.

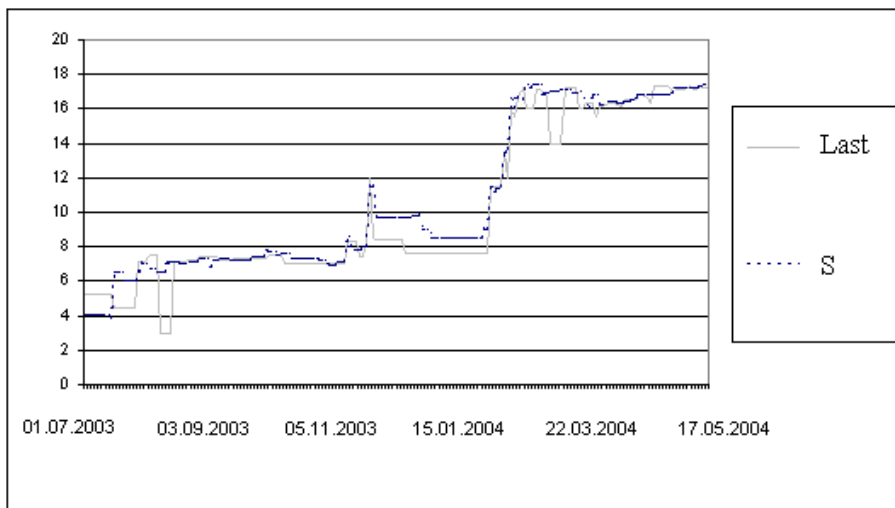


Рис. 9. Отличие рыночной цены акции „Донбассэнерго” от цены в пакете

Цена акции в пакете Last отличается от среднерыночной цены S, т.е. на нее оказывают влияние внутренние и внешние факторы сделки. Следовательно, возникает задача разработки модели рыночной стоимости SPack и доходности PPack пакета акций, учитывающей влияние внутренних и внешних факторов.

Внешние факторы E, оказывающие влияние на фондовый рынок – это значения фондовых индексов DowJones (DOW) и ПФТС (PFTS), котировки валют (USD,EURO,RUR), цены на драгоценные металлы (GOLD,EURO,PLATIN), стоимость бареля нефти марки Brent (BRENT), показатель инфляции INFL, объемы торгов на МВРУ (MVRU) и ПФТС (PFTS_V).

Анализ влияния внешних факторов (макроэкономических показателей) на котировки акций украинских эмитентов представлен в таблице 9.

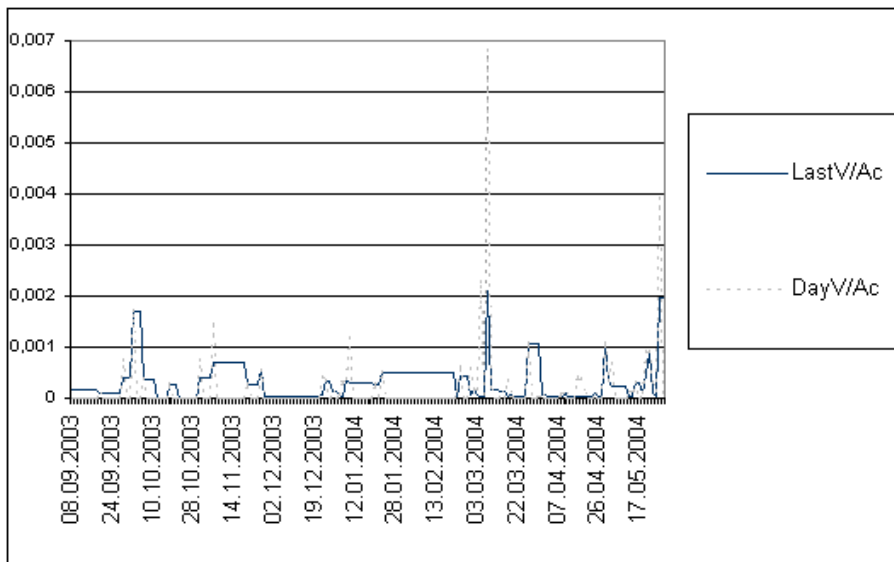


Рис. 10. Динамика объемов сделок по акциям „Донбассэнерго”

Таблица 9

Корреляционная матрица внешних факторов и котировок акций

KIEN	DNEN	DOEN	MVRU	EURO	USD	RUR	GOLD	PLATIN	SILVER	PPTS	PPTS_V	BRENT	DOW	INFL
1,000	0,440	0,654	0,246	0,353	-0,630	0,579	0,527	0,566	-0,639	0,662	0,141	0,633	0,533	-0,572
	1,000	0,707	0,111	-0,154	-0,697	0,224	0,571	0,648	-0,241	0,706	-0,022	0,611	0,049	-0,369
		1,000	0,363	0,436	-0,898	0,748	0,808	0,870	-0,726	0,961	0,162	0,845	0,604	-0,850
			1,000	0,388	-0,361	0,417	0,350	0,340	-0,433	0,358	0,181	0,327	0,442	-0,414
				1,000	-0,366	0,831	0,519	0,486	-0,724	0,496	0,245	0,405	0,760	-0,782
					1,000	-0,714	-0,804	-0,852	0,759	-0,933	-0,161	-0,900	-0,648	0,798
						1,000	0,771	0,769	-0,914	0,808	0,230	0,690	0,838	-0,945
							1,000	0,990	-0,683	0,875	0,090	0,708	0,514	-0,812
								1,000	-0,690	0,920	0,101	0,755	0,525	-0,832
									1,000	-0,780	-0,213	-0,702	-0,925	0,855
										1,000	0,162	0,858	0,630	-0,895
											1,000	0,152	0,255	-0,254
												1,000	0,636	-0,794
													1,000	-0,798
														1,000

Результаты анализа показывают сильную положительную корреляцию

между курсом акций ОАО Киевэнерго (KIEN) и группой внешних факторов: RUR, GOLD, PLATIN, PFTS, BRENT, DOW. Наблюдается также отрицательная корреляция курса акции и показателей: USD, SILVER, INFL. Существует и взаимное влияние факторов: так показатель инфляции INFL отрицательно коррелирован с DOW, PFTS, GOLD, PLATIN, EURO, RUR, BRENT и положительно с USD, SILVER.

Анализ влияния макроэкономических факторов на стоимость акций позволяет построить статическую статистическую модель прогноза стоимости акций. Для прогноза стоимости акций „Донбассэнерго” с помощью пакета прикладных программ *Stat1* была разработана следующая модель:

$$\begin{aligned}
 S_{DOEN} = & 57,95512 + 0,10236 \cdot MVRU + 0,12322 \cdot EURO - \\
 & -174,67531 \cdot RUR - 0,03048 \cdot GOLD + 0,02351 \cdot PLATIN + \\
 & + 2,72041 \cdot PFTS - 487,12732 \cdot PFTS_V - 0,71302 \cdot BRENT + \\
 & + 0,59098 \cdot DOW.
 \end{aligned}
 \tag{21}$$

Результаты моделирования на обучающем множестве представленные на рисунке 11, отражают совпадение прогноза по модели с реальными данными. При изменении промежутка прогнозирования наблюдаются расхождения прогноза и реальных значений стоимости, что отражено на рисунке 12. Таким образом, прогноз по модели (21) способен определить тенденцию изменения стоимости акции, но не позволяет прогнозировать ее скачкообразные нестационарные изменения, также он не учитывает зависимость цены от размера пакета акций.

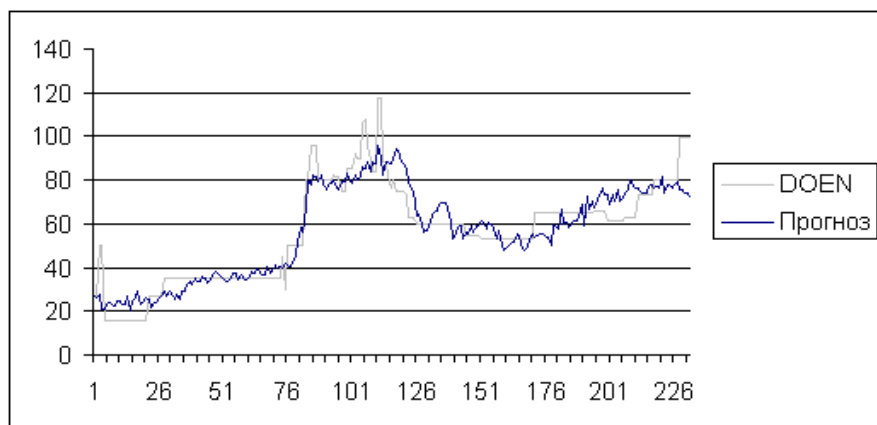


Рис. 11. Прогноз стоимости акций „Донбассэнерго” на обучающем временном интервале

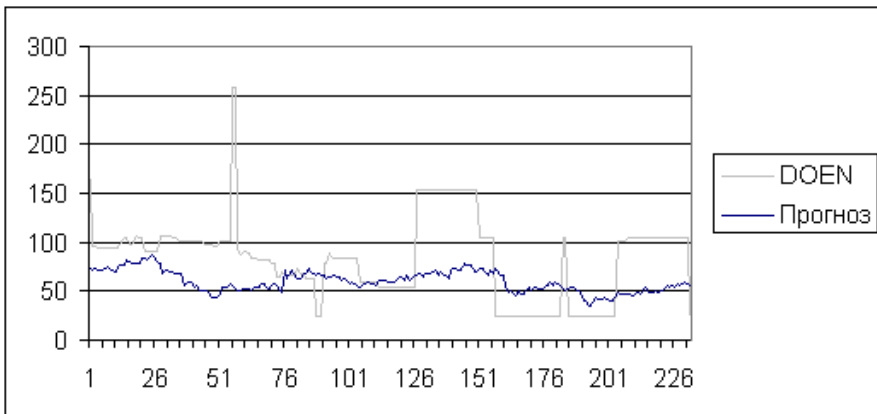


Рис. 12. Прогноз стоимости акций „Донбассэнерго”

В ходе анализа характеристик акций и пакетов акций также выявлен ряд циклических и сезонных закономерностей. Следовательно, необходимо разработать динамическую модель прогноза стоимости и доходности акций, которая войдет в состав системы управления прибылью инвестора на фондовом рынке Украины.

Выводы и перспективы. В результате анализа характеристик акций и пакетов акций были выявлены сезонные и циклические закономерности их динамики. Наряду с этим анализ построенной статической статистической модели прогноза стоимости акции показал ее неспособность прогнозировать скачкообразные, нестационарные изменения стоимости. Анализ литературных источников показал отсутствие на данный момент моделей прогноза стоимости акции и стоимости пакета акций, применимых в условиях фондового рынка Украины. Соответственно для реализации системы управления прибылью инвестора возникла необходимость реализации динамических моделей прогноза стоимости акции и пакета акций, и на их базе формирование оптимального портфеля акций.

Список литературы: 1. А.И.Гинзбург, М.В.Михейко, Рынки валют и ценных бумаг. – СПб.: Питер, 2004. – 251 с. 2. С.А.Тертырышиный, Рынок ценных бумаг и методы его анализа - СПб.: Питер, 2004.-220 с. 3. А.Я.Запорожан, Все об акциях. – СПб: Питер, 2001. – 256 с. 4. Уильям Ф.Шарп, Гордон Дж. Александер, Джефффри В.Бэйли, Инвестиции. - М.: Инфра-М, 2001. - 1027 с. 5. Дж.О’Брайен, С.Шривастава, Финансовый анализ и торговля ценными бумагами, перевод с английского. - М.: Дело Лтд, 1995. -207 с.

Поступила в редколлегию 12.04.05

Б. П. БОЧАРОВ

ИНТЕРАКТИВНАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ БИБЛИОТЕКОЙ

У роботі запропоновано архітектуру і структуру інтерактивної системи підтримки прийняття рішень при керуванні сучасною університетською бібліотекою. Обрано модель представлення даних, що найкраще враховує особливості процесу керування бібліотекою. Приведено приклади практичного використання інтерактивної системи.

Формулировка проблемы. По мере роста накапливаемой человечеством информации всё более актуальной становится проблема хранения этой информации и возможности её оперативного получения и использования. Традиционно эта роль возлагалась на библиотеки, деятельность которых строилась, как правило, на субъективных предпочтениях и оценках.

Однако за последнее десятилетие в связи с развитием информационных технологий роль библиотеки претерпевает существенные изменения. В отличие от предыдущих лет библиотеки перестают быть исключительно хранителями печатной продукции. Современные автоматизированные библиотеки являются краеугольным камнем в фундаменте информационного общества.

В настоящее время стал очевидным тот факт, что для повышения качества обслуживания университетские и другие научные библиотеки во всем мире нуждаются в разработке инструментария для эффективного управления своей работой. В этих условиях особую важность приобретает автоматизация управления современной университетской библиотекой.

Анализ последних исследований. В настоящее время автоматизированная информационно-библиотечная система (АИБС) в первую очередь ориентирована на обеспечение пользователю доступа к электронному каталогу и другим базам данных библиотеки с максимальным соответствием полученной информации читательскому запросу; такие направления автоматизации управления, как экспертные системы и системы поддержки принятия решений (СППР), развиваются не очень активно.

Цели статьи и формулировка задачи исследования. В статье представлен программный комплекс «Интерактивная система поддержки принятия решений при управлении библиотекой», который автоматизирует основные этапы принятия решений при управлении библиотекой ВУЗа:

- выдвижение целей; поиск альтернативного способа их достижения;

- логика выбора альтернатив и обоснование механизма выбора;
- анализ решения.

Изложение основного материала исследований. Анализ известных задач поддержки принятия решений (традиционное математическое программирование, математическое программирование в порядковых шкалах и обобщенное математическое программирование) позволил сделать заключение о том, что задача управления библиотекой ВУЗа относится к категории задач обобщенного математического программирования [1-3]. Это обусловлено тем, что в традиционном математическом программировании в качестве целевой функции выступает скалярная функция, а задача исследования является многокритериальной. Математическое программирование в порядковых шкалах предполагает на каждом шаге решения задачи при анализе предъявлений (альтернативных решений) сравнение векторов характеристик задачи. Размерность вектора очень значительна, а результат сравнения – трудноформализуемая процедура.

Поэтому задача обобщенного математического программирования, где на этапе сравнения альтернативных решений сравнению подлежат векторные критерии, наиболее полно на содержательном уровне описывает процедуру принятия рационального решения.

Математическая формулировка задачи выбора лучшей стратегии управления библиотекой имеет следующий вид.

Необходимо оптимизировать векторный критерий

$$K(x) = (K_1([r_{ij}], \dots, K_n([r_{ij}]), K_{n+1}(\tilde{X}), \dots, K_{n+m}(\tilde{X})), \quad (1)$$

где x – предъявление, или вектор регулируемых параметров задачи.

Оптимальное значение x находится в области компромиссов:

$$X_{adm} = \{x \in X : B = B^0 \cup B^+, \bar{B} = \bar{B}^0 + \bar{B}^+, \sum_{i=1}^{N_B} q_i^+ b_i^+ \leq H_Q, F_S(B, \bar{B}) \leq H_S ;$$

$$[r_{ij}], i = \overline{1, N_B}, j = \overline{1, N_G}, \forall i = \overline{1, N_B} : \sum_{j=1}^{N_G} r_{ij} \leq b_i, \forall i = \overline{1, N_B}, \forall j = \overline{1, N_G} : r_{ij} \leq g_j,$$

$$\forall i = \overline{1, N_B} : \sum_{j=1}^{N_G} r_{ij} = \min \{b_i, \sum_{j=1}^{N_G} g_j t_{ij}\}; \tilde{X} = (\tilde{x}_1, \dots, \tilde{x}_N), \forall m = \overline{1, \tilde{N}} : l_m^- \leq \tilde{x}_m \leq l_m^+,$$

где $B = \{B_i, i = \overline{1, N_B}\}$ – множество наименований учебной литературы в фонде библиотеки,

$\bar{B} = (b_1, \dots, b_{N_b})$ – вектор, определяющий количества экземпляров книг,

B^0 – множество книг, имеющихся в фонде (\bar{B}^0 – вектор количеств экземпляров),

B^+ – множество книг, поступивших в фонд (\bar{B}^+ – вектор количеств экземпляров),

q_i^+ – цена i -й книги из B^+ ,

H_Q – сумма, которая может быть потрачена на комплектование учебной литературой,

$F_S(B, \bar{B})$ – функция, определяющая площадь, необходимую для хранения учебной литературы,

H_S – площадь, которая может быть выделена для хранения учебной литературы,

G – множество студентов, разбитое на непересекающиеся подмножества G_j таким образом, чтобы студенты из каждого подмножества использовали в учебном процессе одну и ту же литературу,

$\bar{G} = (g_1, \dots, g_{N_G})$ – вектор, определяющий количество студентов в каждом подмножестве G_j .

$[r_{ij}]$ – матрица распределения учебной литературы,

t_{ij} – величина, определяющая использование в учебном процессе студентами из подмножества G_j книгу B_i ,

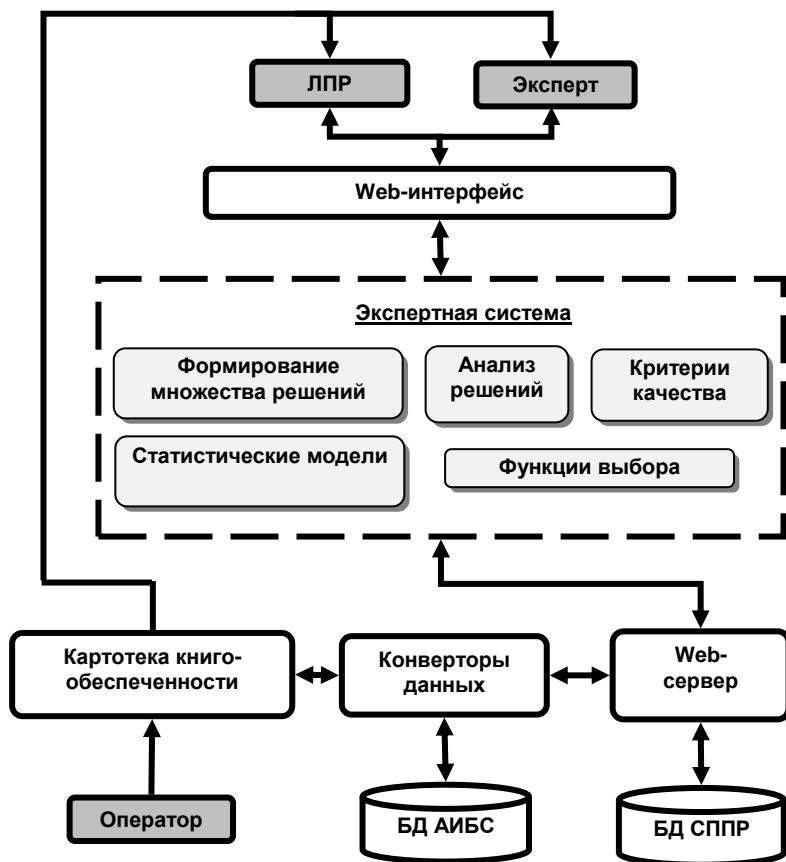
X – вектор выбранных ЛПП технологических параметров.

В соотношении (1) параметры $K_1([r_{ij}]), \dots, K_n([r_{ij}])$ представляют собой коэффициенты книгообеспеченности множества студентов \tilde{G} множеством книг \tilde{B} и определяются по формуле:

$$K_i([r_{ij}]) = \frac{\sum_{i: B_i \in \tilde{B}} \sum_{j: G_j \in \tilde{G}} r_{ij}}{\sum_{j: G_j \in \tilde{G}} \left(\sum_{i: B_i \in \tilde{B}} t_{ij} \right) g_{ij}}.$$

Архитектура системы (см. рисунок) представляет собой сложную систему взаимодействий объекта (библиотеки), экспертов, ЛПП, операторов, экспертной системы СППР, различных СУБД и интерфейса, связывающего эти подсистемы.

Вся информация о фонде библиотеки и учебном процессе вводится в отдельную подсистему программного комплекса – «картотеку книгообеспеченности». Эта подсистема может эксплуатироваться автономно и дает возможность генерировать для экспертов и ЛПП набор стандартных отчетов.



Архитектура СППР при управлении библиотекой

В качестве основы для реализации системы выбрана технология «клиент-сервер». Взаимодействие ЛПР и экспертной системы осуществляется с помощью web-интерфейса.

При выборе инструментальных программных средств, с помощью которых осуществлялась разработка СППР, учитывались следующие условия:

1. Наличие СУБД при использовании реляционной модели данных, возможность конвертации в формат других СУБД.

2. Возможность использования библиотеки расчетных задач.

3. Возможность графической визуализации данных.

4. Объектно-ориентированная модель диалоговой системы с использованием многооконного интерфейса, расширенного использованием вспомогательных функциональных элементов (кнопки, переключатели и пр.).

5. Возможность доступа к ресурсам памяти для проведения расчетов для объектов значительной размерности.

6. Возможность эксплуатации СППР при управлении библиотекой, по крайней мере, в двух операционных системах – Windows и UNIX (сюда включаются и UNIX-подобные системы, например, Linux и FreeBSD).

Так как задачи, решаемые каждой подсистемой СППР, различны, то целесообразно для каждой подсистемы выбирать специфические инструментальные программные средства.

Для картотеки книгообеспеченности выбрана среда программирования Delphi. Простота проектирования интерфейсных элементов, открытость формируемых приложений делают использование этой среды более продуктивным, чем работа в других средах.

Для создания конверторов данных используется универсальная программа работы с текстовыми файлами AWK, которая поддерживает полноценный язык программирования и регулярные выражения. Программа распространяется свободно, имеет открытый исходный код и адаптирована для многих операционных систем, поддерживающих язык программирования C.

В настоящее время выбор инструментальных программных средств, реализующих технологию «клиент-сервер» и web-интерфейс, по сути дела превращается в выбор из двух альтернатив – либо приобрести лицензионные продукты, общая стоимость которых может составлять десятки тысяч долларов, либо воспользоваться бесплатными программными продуктами с открытыми исходными кодами.

Выбор свободно распространяемых программ может быть обусловлен следующими соображениями:

1. Программные продукты с открытым кодом, как правило, адаптированы к нескольким операционным системам (Windows, UNIX-подобные системы и другие).

2. Получение полноценной технической поддержки лицензионных программных продуктов весьма проблематично.

3. Бесплатные программные продукты в некоторых случаях работают лучше, чем коммерческие (это подтверждают многочисленные тесты). Программы постоянно тестируются миллионами пользователей и все найденные ошибки устраняются в очень короткие сроки.

Исходя из всего вышеизложенного, можно определить инструментальные программные средства, используемые для реализации технологии «клиент-сервер» и web-интерфейса:

Web-сервер – *Apache*.

Система управления базами данных – *MySQL*.

Средства генерации динамических страниц HTML на стороне сервера с возможностью подключения к базам данных – *PHP*.

Средства генерации динамических страниц на стороне клиента – *JavaScript*.

Отдельные компоненты системы внедрены более чем в 30 ВУЗах России. Полностью система внедряется в библиотеках ХГАК и ХНАГХ.

Выводы исследования и перспективы дальнейших исследований в данном направлении. В статье описываются архитектура и структура интерактивной системы поддержки принятия решений при управлении современной университетской библиотекой. Выбрана модель представления данных, наилучшим образом учитывающая особенности процесса управления библиотекой.

Предложены примеры практического использования интерактивной системы.

Программное обеспечение активно используется в учебном процессе Харьковской национальной академии городского хозяйства для подготовки специалистов различных учебных специальностей.

Список литературы: 1. *Рябченко И.Н., Бочаров Б.П.* Формирование множества критериев, адекватно характеризующих процедуру автоматизированного управления современной библиотекой вуза.// Вісник книжкової палати. – 2004.– №11.– с. 26–29. 2. *Рябченко И.Н., Бочаров Б.П.* Применение статистических методов при формировании векторного критерия оценки качества управления современной библиотекой.// Вісник книжкової палати. – 2005.– №4.– С. 24–27. 3. *Рябченко І.М, Восводіна М.Ю., Бочаров Б.П.* Картоотека книгозабезпеченості в системі автоматизованого керування сучасною бібліотекою.// Вісник книжкової палати. – 2005.– №3.– с. 27–30.

Поступила в редколлегию 13.06.05

В. И. БУЛКИН, канд. техн. наук, доц. Макеевского экономико-гуманитарного института (г. Макеевка)

О ПРЕДСТАВЛЕНИИ ЗНАНИЙ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

У статті розглянуто питання щодо множин однорідних і комплексних форм подання семантичної інформації. Показано, що множини однорідних й комплексних форм представлення інформації можуть бути задані у вигляді рівнянь алгебри скінчених предикатів. Одержані рівняння припускають схему реалізацію у вигляді перемикаючих ланцюгів.

Актуальность. Изобретение современных вычислительных машин привело к настоящей революции в сфере информационных технологий. На базе использования высокопроизводительной компьютерной техники появились новые информационные технологии и высокие информационные технологии. Однако современные компьютеры все еще продолжают использоваться в качестве средства усиления интеллектуальных способностей человека. Современный компьютер может решать только формализуемые задачи, т. е. задачи, для решения которых можно составить алгоритм.

Решение сложных неформализуемых задач, задач творческого, эвристического характера является прерогативой человека. Для решения этих задач человеку необходим партнер. В качестве такого партнера могут выступать компьютеры будущих поколений, которые должны отличаться от современных компьютеров, прежде всего более высоким уровнем интеллекта, а также как можно более широкими знаниями об окружающей действительности. В идеале компьютер должен стать настоящим помощником человека в решении задач творческого характера, задач с неполными и нечеткими исходными данными и других задач, не поддающихся формализации. Для решения таких задач необходимо повышать уровень «интеллекта» компьютера. На пути решения проблемы интеллектуализации компьютера возникает немало трудностей, связанных с созданием дружественного интерфейса, использующего естественный язык для общения с пользователем.

Большие трудности возникают при попытке создания систем параллельной обработки информации, так называемых мозгоподобных компьютеров. Актуальной остается проблема создания систем понимания, обрабатывающих семантическую информацию. Предварительным этапом, который может помочь решению выше перечисленных задач, должен стать этап разработки и исследования функционирования информационных семантических систем, построенных на качественно ином принципе.

Информационные семантические системы – это системы, которые служат для достижения цели «понимания» естественно языковых запросов и адекватного реагирования на них. Главной особенностью этих систем является семантическая (смысловая, осмысленная) обработка семантической информации. Семантической информацией считается множество сведений о различных сторонах и отношениях изучаемых объектов заданной предметной области. Определение понятия семантической информации во многом совпадает с определением понятия знаний. Поэтому в дальнейшем, наряду с термином «семантическая информация» будем использовать термин «знания» Под семантической обработкой информации подразумевается:

- создание первичной семантической информации (первичных знаний) о заданной предметной области;
- преобразование одной формы представления первичной семантической информации (первичных знаний) в другую форму представления;
- преобразование первичной семантической информации (первичных знаний) во вторичную (сжатие первичной семантической информации);
- поиск семантической информации;
- передача семантической информации (знаний) от одного объекта к другому.

Постановка задачи исследования. В данной статье ставится задача описания различных форм представления знаний. Множества форм представления знаний предлагается описывать с помощью уравнений алгебры конечных предикатов, которые допускают их аппаратную реализацию в виде переключательных схем. Определенный интерес представляет проблема преобразования первичной информации во вторичную и использование принципа семантической топологии для создания систем преобразования семантической информации из одной формы в другую.

Решение поставленных задач. Формы представления знаний в интеллектуальных информационных системах подразделяются на однородные и комплексные. Множество однородных форм представления знаний можно определить следующим выражением:

$$M_1 = \{t, s, v, g\}, \quad (1)$$

где t – текстовая форма представления знаний (книги, газеты, журналы, и т.д.), s – аудиальная форма представления знаний (речь, звуки, музыка), v – визуальная форма представления знаний (анимация, балет, пантомима, жесты, мимика), g – графическая форма представления знаний (картины, рисунки, схемы, графики и т. д.).

На языке алгебры конечных предикатов (АКП) множество M_1 можно записать в виде следующего уравнения:

$$x^t \vee x^s \vee x^v \vee x^g = 1, \quad (2)$$

где x – предметная переменная однородных форм представления знаний [1].

Очевидно, что совокупность корней данного уравнения совпадает с множеством M_1 . Переключательная цепь, реализующая уравнение (1), представлена на рис. 1 [2].

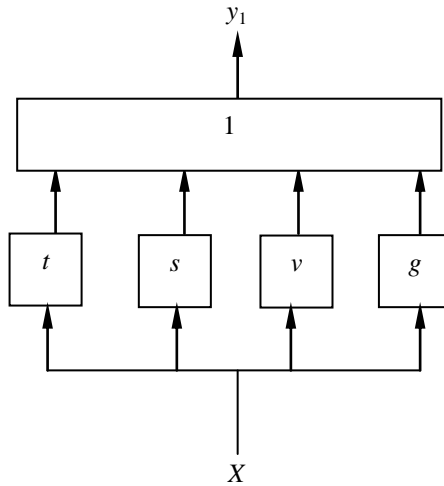


Рис. 1 Переключательная цепь

Комплексные формы представления знаний являются комбинацией однородных форм. Декартовым квадратом M_1^2 множества M_1 можно задать множество M_2 бинарных комплексных форм представления знаний:

$$M_2 = M_1^2 = \left\{ \begin{matrix} (t, t), (t, s), (t, v), (t, g), (s, t), (s, s), (s, v), (s, g), \\ (v, t), (v, s), (v, v), (v, g), (g, t), (g, s), (g, v), (g, g) \end{matrix} \right\} \quad (3)$$

На языке алгебры конечных предикатов множество M_2 может быть задано следующим уравнением:

$$\begin{aligned}
 & x_1^t x_2^t \vee x_1^t x_2^s \vee x_1^t x_2^v \vee x_1^t x_2^g \vee x_1^s x_2^t \vee x_1^s x_2^s \vee x_1^s x_2^v \vee x_1^s x_2^g \vee \\
 & x_1^v x_2^t \vee x_1^v x_2^s \vee x_1^v x_2^v \vee x_1^v x_2^g \vee x_1^g x_2^t \vee x_1^g x_2^s \vee x_1^g x_2^v \vee x_1^g x_2^g = 1
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

где x_1, x_2 – переменные однородные формы представления знаний. Совокупность корней уравнения (4) совпадает с множеством M_2 бинарных комплексных форм представления знаний. Переключательная цепь, реализующая уравнение (4), представлена на рис. 2.

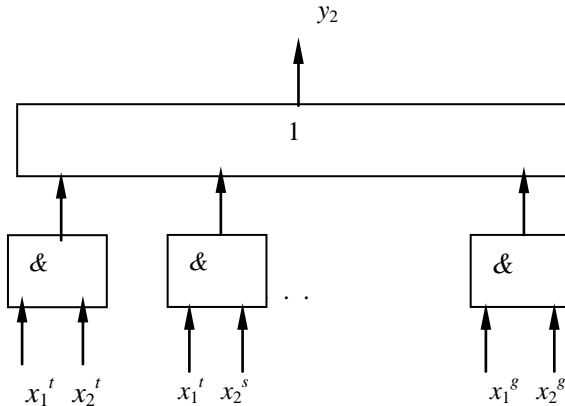


Рис. 2 Переключательная цепь, заданная для (4)

Декартов куб, множества M_1 , задает множество тернарных комплексных форм представления знаний и может быть записан следующим образом:

$$M_3 = M_1^3 = \{(t, t, t), (t, t, s), (t, t, v), (t, t, g), \dots, (g, g, t), (g, g, s), (g, g, v), (g, g, g)\} \tag{5}$$

Множество M_3 можно формально задать с помощью соответствующего уравнения алгебры конечных предикатов.

$$\begin{aligned}
 & x_1^t x_2^t x_3^t \vee x_1^t x_2^t x_3^s \vee x_1^t x_2^t x_3^v \vee x_1^t x_2^t x_3^g \vee \dots \\
 & x_1^g x_2^g x_3^t \vee x_1^g x_2^g x_3^s \vee x_1^g x_2^g x_3^v \vee x_1^g x_2^g x_3^g = 1
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

Корнями этого уравнения являются элементы множества M_3 . Уравнение (6) можно представить с помощью переключателя цепи (рис.3).

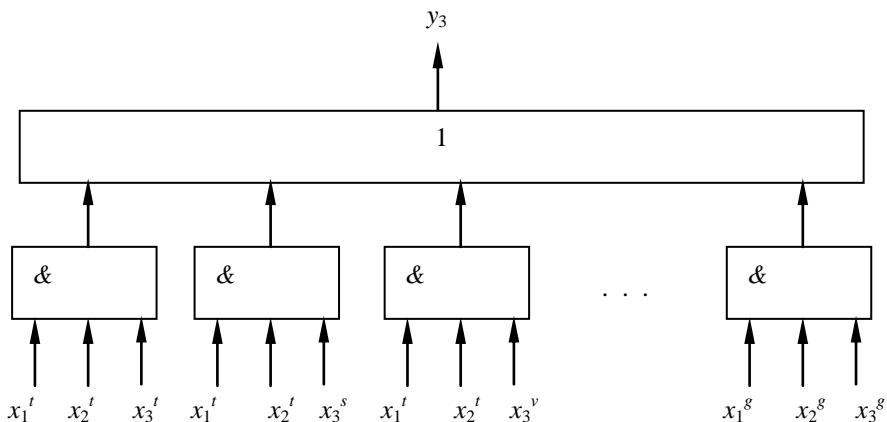


Рис. 3

Поступая аналогичным образом, можно получить множество комплексных форм представления знаний, состоящее из элементов четвертой степени M_1^4 множества однородных форм представления знаний M_1 и т. д. Использование комплексных форм представления знаний имеет большое практическое значение. Это особенно важно для повышения эффективности учебного процесса. Используя одновременно несколько однородных форм представления знаний во время чтения лекций, например, можно значительно увеличить степень усвоения учебного материала. Обычно на лекционных занятиях используется речевая форма (s – форма) и текстовая форма в виде записей на доске (t – форма). Если к этим традиционным формам представления знаний добавить видео (v – форма) и графическую форму (g – форма), то это, несомненно, будет способствовать повышению эффективности учебного процесса.

Таким образом, на основании изложенного выше можно предположить с достаточно большой степенью уверенности, что использование комплексных форм представления знаний повышает эффективность учебного процесса.

Различают следующие виды семантической информации (знаний) – первичную и вторичную. Первичной считается семантическая информация, представленная в виде знаков и отображающая сведения о различных сторонах, свойствах и отношениях изучаемого объекта. Это могут быть результаты наблюдения, изучения, исследования изучаемого объекта, а также обобщения, имеющие заверченный характер. При этом форма представления знаний не имеет значения. Адекватной первичной семантической информацией по отношению к объекту познания, считается

информация, которая носит объективный характер и наиболее полно характеризует свойства изучаемого объекта.

Вторичная семантическая информация любой формы представления – это результат аналитико-синтетической и логической обработки первичной семантической информации. Для получения вторичной семантической информации необходим анализ и переосмысление первичной семантической информации, и этот процесс можно рассматривать как продолжение процесса познания объекта, когда знания об объекте становятся более обобщенными и структурированными. Вторичная семантическая информация (вторичные знания об объекте) является моделью первичной семантической информации, которая, в свою очередь, является моделью объекта изучения. Поэтому вторичную семантическую информацию можно рассматривать как модель модели.

Степень толерантности первичных и вторичных знаний об объекте зависит от целей, которые ставятся при обработке первичных знаний. Так, например, степень толерантности реферата на статью выше степени толерантности аннотации, так как реферат еще может сохранять структуру первичного документа, а в аннотации на документ этого сделать невозможно. Носителями первичной семантической информации являются первичные документы. Примерами первичных документов однородной формы представления знаний являются: *t* – форма (книги, журналы, статьи, диссертации, авторские свидетельства и т. д.), *s* – форма (аудиозаписи речей, выступлений, музыкальных произведений, стихотворений и т. д.), *v* – форма (видеозаписи анимации, балета, пантомимы, мимики и жестов), *g* – форма (картины, рисунки, графики, схемы, карты и т. д.). Вторичными документами однородных форм представления знаний являются: *t* – форма (рефераты, аннотации, рецензии, карточки библиотечных каталогов и т. д.), *s* – форма (аудиозаписи фрагментов речей, выступлений, фрагментов музыкальных произведений, и т. д.), *v* – форма (видеозаписи фрагментов анимации, балета, пантомимы, мимики и жестов), *g* – форма (обобщенные схемы, контурные карты, приближенные и обобщенные графики, схемы, и т. д.).

Примером первичных знаний комбинированных форм представления может быть кинофильм с субтитрами (*svt* - форма), где *s* – речь, *s* – музыка, *v* – движения актеров, *t* – текст субтитров. Примерами вторичных знаний комбинированной формы представления информации являются кинореклама, видео клипы, радиореклама, фотомонтаж. В интеллектуальных информационных системах носителями первичных и вторичных знаний всех форм представления являются как человек, так и ЭВМ. Исследования в области интеллектуальных информационных систем позволили сформулировать принцип семантической топологии [3]. Формулируется он так: семантическая информация остается неизменной независимо от формы ее представления. На языке исчисления предикатов этот принцип формулируется следующим образом:

$$\forall f (f \in F) (IS_{f_1} \sim IS_{f_2} \sim \dots \sim IS_{f_i} \sim \dots \sim IS_{f_n}). \quad (7)$$

Запись (7) читается так: для всех форм f представления семантической информации, принадлежащих множеству F форм представления информации, семантическая информация IS_{f_1} формы f_1 эквивалентна семантической информации IS_{f_2} формы f_2 , и т. д. В процессе функционирования интеллектуальных информационных систем этот принцип используется в виде возможности преобразования семантической информации из одной формы представления в другую без изменения ее смысла. Так, например, возможно преобразование аудиальной (s – формы) представления семантической информации в текстовую (t – форму). Уже сейчас существуют так называемые системы речевого ввода, основанные на средствах распознавания речи.

Возможно и обратное преобразование текстовой формы в аудиальную с помощью систем речевого вывода. Аналогичным образом и человек способен осуществлять подобные преобразования при чтении вслух текстовой информации ($t - s$ преобразование) и при записи речевых сообщений ($s - t$ преобразование). Однако в настоящее время не существует единой теории преобразования как первичной, так и вторичной семантической информации. Такие преобразования являются прерогативой человека и осуществляются им интуитивно эвристическими способами. В то же время существует настоятельная необходимость создания искусственных систем преобразования семантической информации из одной формы в другую. Для решения этой очень важной задачи, с нашей точки зрения, необходимо прежде всего разработать математические модели и системы понимания как текстовой (t), так и аудиальной (s) формы представления информации.

Примеры систем $t - s$ и $s - t$ преобразователей приведены на рис. 4 а, б, соответственно, где Y_t – текстовая форма представления семантической информации, а Y_s – аудиальная форма представления семантической информации. Для создания этих систем необходимо разработать математические модели процессов $t - s$ и $s - t$ преобразования на языке алгебры предикатов в виде системы предикатных уравнений и осуществить схемную реализацию полученных моделей. В отличие от существующих систем, которые осуществляют преобразование информации из одной формы в другую программным (алгоритмическим) путем предлагаемые системы основаны на параллельной обработке информации с использованием переключательных схем, построенных на основе разработанных математических моделей.

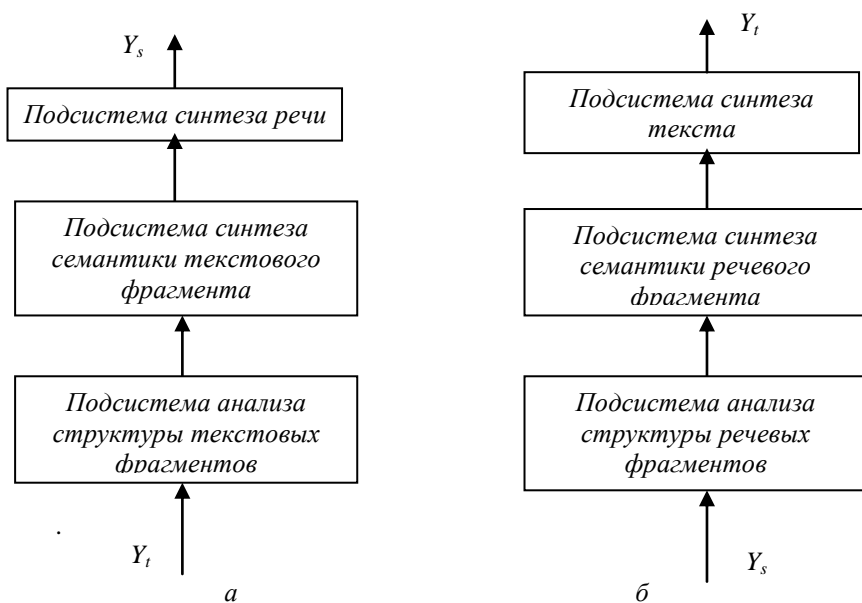


Рис. 4 Текстовая и аудиальная форма представления семантической информации

Значение полученных результатов и выводы. В результате анализа состояния вопросов, связанных с множествами однородных и комплексных форм представления семантической информации, с первичной и вторичной семантической информацией, установлено, что

1) множества однородных и комплексных форм представления информации могут быть заданы в виде уравнений алгебры конечных предикатов;

2) полученные уравнения допускают схемную реализацию в виде переключательных цепей.

Полученные результаты исследований позволили сформулировать принцип семантической топологии; описать возможные методы создания систем преобразования семантической информации из одной формы в другую.

Список литературы: 1. Шабанов –Кушнаренко Ю.П. Теория интеллекта . Математические средства. Х.: ХГУ, 1984. – 144 с. 2. Шабанов –Кушнаренко Ю.П. Теория интеллекта . Технические средства. Х.: ХГУ, 1986. –136 с. 3. Кокорева Л.В., Перевозчикова О.Л. Ющенко Е. Л. Диалоговые системы и представление знаний. Киев: Наукова думка, 1993. – 448 с.

Поступила в редколлегию 00.02.05

Ю.Ф. КУЧЕРЕНКО, канд. техн. наук, ОНИИ ВС, Харьков,
С.Н. АЛЕКСАНДРОВ, канд. техн. наук, ОНИИ ВС, Харьков,
Е.В. ШУБИН, ОНИИ ВС, Харьков

ВЛИЯНИЕ ВИДА ОПЕРАТОРА СКРЕЩИВАНИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОИСКА РЕШЕНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИМ АЛГОРИТМОМ СИНТЕЗА ТОПОЛОГИИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ

В статті наведено порівняльний аналіз впливу однорідного оператора схрещення та оператора схрещення з однією точкою розриву на ефективність пошуку рішення генетичним алгоритмом синтезу топології телекомунікаційної мережі. Отримані аналітичні залежності імовірності виникнення нової комбінації каналів зв'язку для заданого вузла телекомунікаційної системи в результаті застосування однорідного оператора схрещення та оператора схрещення з однією точкою розриву.

In this paper we present the comparative analysis for one-point crossover and uniform crossover in genetic algorithms to identify the best topology of network. Presented Analytical dependences of probability of origin of a new combination of links for the set knot of network as a result of application of one-point crossover and uniform crossover.

В настоящее время мировое сообщество находится в значительной зависимости от качества функционирования телекоммуникационных систем. Выход из строя элементов телекоммуникационной сети (ТКС) может иметь последствия, превосходящие последствия аварий энергосистемы, а в случае, если это системы силовых либо транспортных ведомств, последствия могут носить катастрофический характер. В связи с этим **проблема** создания надежных, экономически эффективных ТКС носит актуальный характер.

Стоимость и структурная надежность ТКС, главным образом, определяются ее топологией. В связи с чем возникает **задача разработки** эффективных методов синтеза топологии ТКС, обеспечивающих оптимум одного из показателей (стоимость, надежность) и учитывающие ограничения по другим.

Задача синтеза топологии ТКС относится к классу задач, в которых зафиксировать вид функциональной зависимости выходных параметров от входных очень сложно, а получить аналитическое описание такой зависимости еще сложнее. Перспективным направлением в решении задач данного класса, является применение методов на основе генетического алгоритма (ГА) [1].

Немаловажную роль на эффективность поиска решения генетическим алгоритмом оказывает вид оператора скрещивания. На настоящее время известны ряд работ [2, 3] в которых проводился анализ влияния вида оператора скрещивания на работу ГА. В данных работах различные виды

операторов скрещивания оценивались по степени их разрушающего воздействия на схемы с различной определяющей длиной. На основании анализа разрушающего воздействия делались выводы об эффективности применения того или иного оператора скрещивания.

В тоже время, анализ применения операторов скрещивания в различных проблемно-ориентированных ГА [4, 5] показывает, что на выбор эффективного оператора скрещивания в значительной степени влияет характер решаемой задачи.

Целью данного исследования является анализ эффективности применения различных операторов скрещивания в ГА с использованием информации о характере решаемой задачи и способе кодирования решений.

Как правило, при решении задач топологического синтеза, наиболее наглядным и компактным способом задания топологии является матрица смежности. В силу того, что отношение смежности в неориентированном графе симметрично, следует симметричность матрицы смежности относительно главной диагонали. Поэтому, чтобы иметь всю информацию о топологии, достаточно задать только верхнюю треугольную матрицу. Развернув все строки такой матрицы в одну, получим бинарную строку, кодирующую топологию (см. рис. 1).

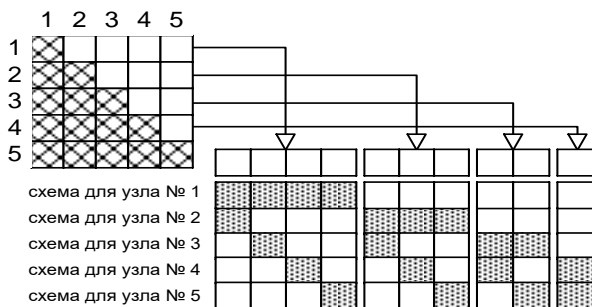


Рис. 1.

Задача синтеза топологии ТКС может быть представлена как задача поиска такой комбинации инцидентных каналов связи для каждого узла ТКС, при которой будет обеспечен оптимум целевой функции при заданных ограничениях (например, на связность и на среднее время задержки пакета). При решении данной задачи методом генетического алгоритма, основным механизмом, обеспечивающим формирование новых сочетаний комбинаций каналов связи инцидентных узлам ТКС, является оператор скрещивания. Располагая информацией о выбранном способе кодирования, можно произвести анализ интенсивности комбинирования каналов для каждого центра коммутации, в зависимости от вида оператора скрещивания. Интенсивность комбинирования каналов связи, для заданного узла, может

быть выражена вероятностью возникновения новой комбинации каналов связи для заданного узла P_c , в результате скрещивания. Данная вероятность, по сути, является вероятностью разрушения схемы кодирующей инцидентность каналов заданному узлу при применении оператора скрещивания. На рис. 1 приведен пример, раскрывающий принцип формирования таких схем для узлов ТКС.

Анализ принципа формирования схем, кодирующих инцидентность каналов связи для заданного узла, позволяет выявить следующую функциональную зависимость между порядковым номером узла i , в матрице смежности, и определяющей длиной схемы l_i , кодирующей инцидентность каналов связи данному узлу:

$$l_i = \begin{cases} \sum_{j=1}^i (N - j) - i + 2, & i \neq 1; \\ N - 1, & i = 1, \end{cases}$$

где N - количество узлов в ТКС.

В таком случае, при применении однотоочечного оператора скрещивания, вероятность P_c будет равна вероятности попадания точки разрыва в границы схемы для заданного узла с определяющей длиной l_i :

$$P_{c_i} = \frac{l_i}{L},$$

где L длина бинарной строки кодирующей генотип топологии, и определяется выражением

$$L = \frac{N(N-1)}{2}.$$

Тогда, в случае применения однотоочечного оператора скрещивания

$$P_{c_i} = \frac{2 \cdot l_i}{N \cdot (N-1)} \quad (1).$$

В случае применения однородного оператора скрещивания, вероятность P_c , будет определяться вероятностью, того, что хотя бы в одной позиции, определяющей инцидентность каналов для заданного узла, значение будет изменено

$$P_{c_i} = 1 - 0.5^{N-1} \quad (2).$$

С использованием выражения (1) были получены зависимости значений P_c , для узлов с заданными номерами (согласно соответствующей матрице смежности), от количества узлов в ТКС (см. рис. 2).

Анализ полученных зависимостей показывает, что при применении однотоочечного оператора скрещивания, в ГА синтеза топологии ТКС, поиск комбинации инцидентных каналов для узлов с начальными номерами

происходит значительно медленнее, нежели для узлов с последними номерами. При увеличении размерности сети данная тенденция усиливается. В случае применения однородного оператора скрещивания интенсивность поиска комбинации инцидентных каналов для всех узлов одинакова (2), а ее зависимость от размерности сети незначительна.

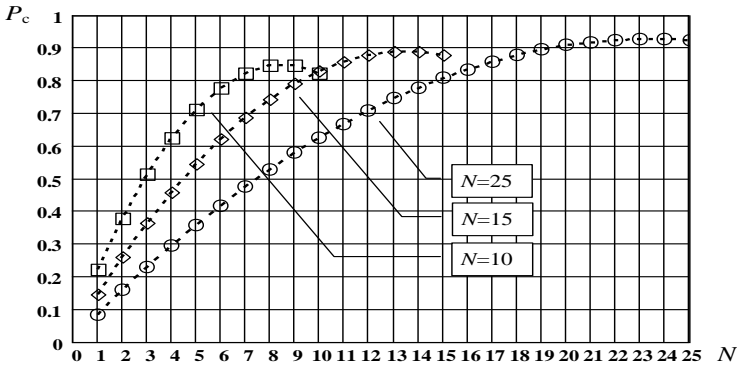


Рис. 2.

Проведенный анализ позволяет сделать **вывод** о том, что при решении задачи синтеза топологии ТКС методом генетического алгоритма однородный оператор скрещивания является более эффективным, нежели одноточечный. Более высокая эффективность однородного оператора скрещивания обусловлена главным образом независимостью его работы от принятого принципа кодирования решения.

Проведенные исследования позволяют сделать предположение, что для определенного вида оператора скрещивания, за исключением однородного, существует свой оптимальный принцип кодирования решений и который определяется характером решаемой задачи.

Список литературы: 1. Вороновский Г.К., Махотило К.В., Петрашев С.Н., Сергеев С.А. Генетические алгоритмы, искусственные нейронные сети и проблемы виртуальной реальности. – Х.: Основа, 1997. – 112 с. 2. De Jon K.A., Spears W.M. A formal analysis of the role of multi-point crossover in genetic algorithms // Annals of Mathematics and Artificial Intelligence. 1992. № 5. P. 1-26. 3. Sastry K. Analysis of Mixing in Genetic Algorithms: A Survey // IlliGAL report № 2002012. – University of Illinois, Urbana-Champaign. 2002. 4. Литвиненко В.И., Фефелов А.А., Ткачук А.А. Генетические алгоритмы в математическом моделировании // Вісник Запорізького державного університету. 2001. № 2. 5. Каширина И.Л. Генетический алгоритм решения квадратичной задачи о назначениях специального вида // Вестник Воронежского государственного университета. 2003. № 1: Серия физика, математика.

Поступила в редколлегию 18.03.05

Л.В. СТУЛОВ, канд. техн. наук
С.В. НОВИЧЕНКО

ОПТИМИЗАЦИЯ БЕЗОТКАЗНОСТИ ЭЛЕКТРОРАДИОИЗДЕЛИЙ МНОГОРЕЖИМНЫХ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ, С УЧЕТОМ СТРАТЕГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЖИМОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

В статті викладені результати теоретичних досліджень оптимізації безвідмовності елементів багаторежимних радіоелектронних систем на стадії проектування та розробки, з урахуванням стратегії використання режимів функціонування. Розроблено дві методики оптимізації безвідмовності елементів за рахунок зміни базових значень інтенсивності відмов та за рахунок вибору елементів із однотипних по рівню безвідмовності для досягнення мінімальної вартості виготовлення багаторежимних радіоелектронних систем при виконанні вимог щодо рівня їх безвідмовності.

Постановка задачі. На стадии проектирования и разработки радиоэлектронных средств [1], возникает задача обеспечения заданного уровня надежности, который в той или иной степени гарантировал бы выполнение задач, поставленных перед воинскими подразделениями, использующими радиоэлектронные средства. При этом, одной из важных задач, которые решаются при проектировании радиоэлектронной аппаратуры является снижение затрат средств на изготовление.

В [2] изложен метод расчета интенсивности отказов многорежимных радиоэлектронных систем (МРС). В методе учитываются изменения значений коэффициентов электрических нагрузок электрорадиоизделий (ЭРИ), при функционировании.

Анализ аналитической модели по расчету интенсивности отказов МРС показал, что вклад безотказности ЭРИ, составляющих различные режимные единицы в безотказность МРС, изменяется в зависимости от изменения стратегии использования режимов, т.е. от изменения значений параметров процесса функционирования.

В таких условиях, возникает задача оптимизации распределения требований к значениям показателей безотказности ЭРИ с целью создания МРС с заданным уровнем безотказности при минимальном расходовании средств на изготовление.

Анализ литературы. Исходя из общих требований к надежности радиоэлектронных средств, производят оптимальное распределение требований к надежности подсистем, а также внутри подсистем (ЭРИ). Так, в работе [3], при распределении требований к надежности ЭРИ предлагается использовать имеющийся опыт производства и эксплуатации РЭА данного вида, который учитывается в методе весовых коэффициентов.

Данный метод исключает произвольные неоправданные решения, способствует рациональному распределению средств и усилий разработчиков и сокращению сроков проектирования, однако его реализация требует наличия опыта производства и эксплуатации конкретного вида РЭА, что при разработке принципиально новой сложной радиоэлектронной системы невозможно.

Цель статьи. Поскольку влияние безотказности ЭРИ, входящих в различные режимные единицы, на безотказность МРС зависит от параметров процесса функционирования, то с использованием аналитического аппарата по расчету интенсивности отказов МРС, представленного в [2], можно оптимально предъявлять требования к значениям показателей безотказности ЭРИ, в зависимости от стратегии использования режимов функционирования.

Таким образом, целью данной статьи является *методика оптимизации безотказности ЭРИ МРС на стадии проектирования и разработки, учитывающая стратегию использования режимов функционирования.*

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ЗАДАНИЯ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРЕБУЕМЫХ УРОВНЕЙ БЕЗОТКАЗНОСТИ ЭРИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Установление (задание) количественных и качественных требований к надежности радиоэлектронных средств, производится путем нормирования надежности [4], с соответствующей записью в нормативно-технической и (или) конструкторской документации.

Обеспечение высокого уровня эксплуатационной надежности радиоэлектронных систем при проектировании и производстве осуществляется [5] по нескольким направлениям, одним из которых является повышение надежности комплектующих элементов (ЭРИ).

Из анализа моделей в [2] следует, что изменение уровня безотказности ЭРИ возможно по нескольким направлениям, одним из которых является изменение базового значения интенсивности отказов ЭРИ, достигаемое путем применения разных материалов, принципов построения, и т.д.;

Таким образом, возникает необходимость рассмотреть оптимизационную задачу по распределению требований к безотказности ЭРИ МРС за счет изменения базовых значений интенсивности отказов ЭРИ.

МЕТОДИКА ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К БАЗОВЫМ ЗНАЧЕНИЯМ ИНТЕНСИВНОСТЕЙ ОТКАЗОВ ЭРИ МРС, С УЧЕТОМ СТРАТЕГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЖИМОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

Задача оптимального распределения требований к базовым значениям интенсивности отказов ЭРИ МРС, состоит в минимизации затрат на

изготовление, при обеспечении заданного значения эксплуатационной интенсивности отказов системы в целом.

Используя аналитическую модель по расчету интенсивности отказов МРС, изложенную в [2], была получена система неравенств, задающая множество допустимых решений, при стационарном (в узком смысле) процессе функционирования

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{q=1}^Q \left(\lambda_q^{\acute{a}} \cdot \sum_{j=1}^m \left(\xi_j \cdot \psi_q(K_{\acute{y}\acute{e}}^q(j)) \cdot \prod_{v=1}^{b_q} K_v^q \right) \right) \leq \lambda_{\delta\delta}^C, \\ \lambda_q^{\acute{a}*} > 0, \quad q = \overline{1, Q}, \end{array} \right. \quad (1)$$

где q – номер ЭРИ;

Q – количество ЭРИ в МРС;

$\lambda_q^{\acute{a}}$ – базовое значение интенсивности отказов q -го ЭРИ, приведенное к условиям: электрическая нагрузка, равная номинальной, температура окружающей среды $t = 25^\circ \text{C}$;

j – номер режима функционирования МРС;

m – количество режимов функционирования МРС;

ξ_j – значение вероятности использования МРС в j -м режиме функционирования в произвольный момент времени функционирования;

$\psi_q(K_{\acute{y}\acute{e}}^q(j))$ – функция коэффициента режима q -го ЭРИ, зависящая от значения коэффициента электрической нагрузки $K_{\acute{y}\acute{e}}^q(j)$, который в свою очередь зависит от номера функционирующего режимного множества;

K_v^q – коэффициенты, учитывающие изменение значения исходной, базовой интенсивности отказов q -го ЭРИ, вследствие действия различных факторов;

b_q – количество учитываемых факторов, для q -го ЭРИ;

$\lambda_{\delta\delta}^C$ – требуемое значение интенсивности отказов МРС.

Критерий оптимальности данной оптимизационной задачи состоит в минимизации стоимости изготовления МРС

$$C = \varphi^N \left(\lambda_q^{\acute{a}}, \quad q = \overline{1, Q} \right) \Rightarrow \min ,$$

где $\varphi^{\bar{N}}(\lambda_q^{\bar{a}}, q = \overline{1, Q})$ – многомерная функция стоимости изготовления МРС, аргументами которой, являются базовые значения интенсивности отказов ЭРИ.

Для детализации критерия оптимальности данной оптимизационной задачи была проведена декомпозиция многомерной функции стоимости изготовления МРС на сумму одномерных функций стоимости ЭРИ, следующим образом:

$$C = \sum_{q=1}^Q \varphi_q^{\bar{y}}(\lambda_q^{\bar{a}}) + \Delta^C \Rightarrow \min, \quad (2)$$

где $\varphi_q^{\bar{y}}(\lambda_q^{\bar{a}})$ – функция стоимости изготовления ЭРИ имеющего номер q , аргументом которой является базовое значение интенсивности отказов;

$\Delta^C = \sum_{z=1}^Z K_z^C$ – затраты на изготовление МРС, без учета стоимости изготовления ЭРИ.

Затраты K_z^C , $z = \overline{1, Z}$ в каждом конкретном случае могут иметь различную сущность: стоимости изготовления монтажных элементов, элементов охлаждения, подогрева, проведения монтажных работ и других мероприятий, не связанных с изготовлением ЭРИ.

Также, при декомпозиции многомерной функции стоимости изготовления МРС, определяя функции стоимости изготовления ЭРИ $\varphi_q^{\bar{y}}(\lambda_q^{\bar{a}})$, $q = \overline{1, Q}$, необходимо учесть удорожание или удешевление затрат, которые определены параметрами K_z^C , $z = \overline{1, Z}$, вследствие изменения уровня безотказности ЭРИ.

Таким образом, функциями стоимости изготовления ЭРИ $\varphi_q^{\bar{y}}(\lambda_q^{\bar{a}})$, $q = \overline{1, Q}$ учитываются не только стоимости изготовления ЭРИ имеющих заданный уровень безотказности, но и все расходы и экономия средств, которые связаны с изменением уровня безотказности ЭРИ (удорожание или удешевление монтажа, расходы на дополнительное оборудование или экономия средств, вследствие отказа от него, и т.д.).

Такой подход при декомпозиции многомерной функции стоимости изготовления МРС позволяет разграничить затраты связанные с проведением общих мероприятий, не имеющих отношения к изменению уровня безотказности ЭРИ, и затраты связанные с проведением мероприятий, имеющих отношения к изменению уровня безотказности ЭРИ.

Множество допустимых решений настоящей оптимизационной задачи, определяемое системой линейных неравенств (1), является выпуклым, потому

что, согласно [6], пересечение выпуклых множеств образует выпуклое множество, а любое линейное неравенство, из которых и состоит система (1), задает выпуклое множество.

Критерий оптимальности настоящей оптимизационной задачи, представленный выражением (2), состоит в минимизации функции стоимости изготовления МРС, составляющей целевую функцию $C = \sum_{q=1}^Q \varphi_q^y(\lambda_q^{\dot{a}}) + \Delta^C$, которая является нелинейной, по отношению к параметрам оптимизации $\lambda_q^{\dot{a}}$, $q = \overline{1, Q}$.

Нелинейность целевой функции по отношению к параметрам оптимизации следует из общего характера функции стоимости ЭРИ. Также, из общего характера функции стоимости ЭРИ, нетрудно показать, что целевая функция настоящей оптимизационной задачи является выпуклой на выпуклом множестве допустимых решений.

Таким образом, настоящая оптимизационная задача относится к классу задач нелинейного, выпуклого программирования с условной оптимизацией, методы решения которых, на сегодняшний день, достаточно развиты [6], [7].

В результате выполнения итерационных алгоритмов [6], [7] определяется оптимальное решение задачи, т.е. определяются такие значения набора параметров $\lambda_q^{\dot{a}*}$, $q = \overline{1, Q}$, из множества допустимых решений, заданного системой (1), при которых достигается минимум стоимости изготовления МРС и обеспечивается требуемый уровень ее безотказности.

Применение оптимизационной задачи по распределения требований к уровням безотказности ЭРИ за счет изменения их базовых значений интенсивностей отказов оправдано в условиях крупных проектов с большой серией выпуска МРС.

Это обусловлено сравнительно большими расходами средств на внедрение нужных технологий производства, материалов и других мероприятий, связанных с изменением базовых значений интенсивностей отказов ЭРИ [8].

Применяя данную методику, исполнителем осуществляется индивидуальный подход к разработке и производству каждого ЭРИ в отдельности.

В условиях средних и малых проектов, использование такой методики потребует сравнительно больших затрат денежных средств и времени.

При сравнительно небольшом финансировании проектных, конструкторских и производственных работ, как правило, не производят разработку и изготовление ЭРИ, а ограничиваются закупкой готовых у предприятий специализирующихся на их выпуске.

При этом у исполнителя есть возможность выбора ЭРИ с разным уровнем безотказности.

По этому возникает необходимость в разработке методики оптимального выбора ЭРИ, по уровню безотказности, при проектировании МРС, с учетом стратегии использования режимов функционирования.

МЕТОДИКА ОПТИМАЛЬНОГО ВЫБОРА ЭРИ, ПО УРОВНЮ БЕЗОТКАЗНОСТИ, ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ МРС, С УЧЕТОМ СТРАТЕГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЖИМОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

При выполнении небольших проектов направленных на разработку и производство радиоэлектронных средств, экономически оправданным является выбор и приобретение ЭРИ, которые изготавливаются специализированными предприятиями, для дальнейшей сборки, настройки, отладки и других мероприятий, связанных с разработкой и производством радиоэлектронных средств.

Предприятия, специализирующиеся на изготовлении ЭРИ большое внимание уделяют дифференциации надежности изготавливаемой продукции.

Так, при выпуске однотипных ЭРИ, предназначенных для выполнения одних и тех же функций, закладываются различные уровни надежности.

Например, в зарубежной практике изготовления электрорадиоизделий существует их деление на четыре условных уровня: "General", "Industrial", "Military", "Space".

ЭРИ этих четырех уровней надежности имеют абсолютно одни и те же значения электрических параметров. Различие составляет уровень их надежности и стоимости.

Учитывая вышеизложенные соображения и используя аналитическую модель, изложенную в [2], была определена система неравенств, задающая множество допустимых решений, при стационарном процессе функционирования $j(t)$ (в узком смысле)

$$\begin{cases} \sum_{q=1}^Q \left(\sum_{j=1}^m (\lambda_q^{\mu_q} \cdot \psi_q(K_{\text{вб}}^q(j)) \cdot \xi_j) \right) \leq \lambda_{\text{од}}^C, \\ \mu_q \in \{1, 2, 3, 4\}, \quad q = \overline{1, Q}, \end{cases} \quad (3)$$

где $\lambda_q^{\mu_q}$ – значение эксплуатационной интенсивности отказов q -го ЭРИ, без учета коэффициента электрической нагрузки, при условном уровне μ_q ;

μ_q – номер условного уровня ("General" = 1, "Industrial" = 2, "Military" = 3, "Space" = 4), для q -го ЭРИ.

Предприятия, специализирующиеся на изготовлении ЭРИ, декларируют значение эксплуатационной интенсивности отказов, по типам ЭРИ, для определенного уровня коэффициента режима $\lambda_q^{\mu_q} \Big|_{K'_p}$.

Исходя из моделей в [2] можно определить значение эксплуатационной интенсивности отказов q -го ЭРИ, без учета коэффициента электрической нагрузки, при условном уровне μ , следующим образом:

$$\lambda_q^{\mu_q} = \frac{\lambda_q^{\mu_q} \Big|_{K'_p}}{K'_p}.$$

Критерий оптимальности данной оптимизационной задачи, как и предыдущей, состоит в минимизации стоимости изготовления МРС, однако параметрами данной задачи, являются номера условных уровней μ_q , $q = \overline{1, Q}$, т.е.

$$C = \varphi^N(\mu_q, q = \overline{1, Q}) \Rightarrow \min,$$

где $\varphi^N(\mu_q, q = \overline{1, Q})$ – многомерная функция стоимости изготовления МРС, аргументами которой, являются значения номеров условного уровня μ_q ЭРИ.

Для детализации критерия оптимальности данной оптимизационной задачи была произведена декомпозиция многомерной функции стоимости изготовления МРС на сумму одномерных функций стоимости ЭРИ, следующим образом:

$$C = \sum_{q=1}^Q C_q^{\mu_q} + \Delta^C \Rightarrow \min$$

где $C_q^{\mu_q}$ – стоимость q -го ЭРИ, имеющего условный уровень надежности μ_q .

Учитывая то, что в системе (3) имеется ограничение типа целочисленности, то решение данной оптимизационной задачи можно получить при использовании методов целочисленного математического программирования [9 – 12].

В результате решения данной оптимизационной задачи, определяются оптимальные значения параметров оптимизации μ_q^* , $q = \overline{1, Q}$, при которых достигается минимум стоимости изготовления МРС и обеспечивается требуемый уровень ее безотказности.

ВЫВОДЫ

Используя методологию теории оптимизации и параметрических задач синтеза, была разработана методика оптимального распределения требований к базовым значениям интенсивностей отказов ЭРИ МРС.

Отличительной чертой данной методики является использование аналитической модели расчета интенсивности отказов МРС, учитывающей изменения значений коэффициентов электрических нагрузок ЭРИ при функционировании, что составляет новизну полученного научного результата.

Такое отличие позволяет снизить затраты денежных средств на изготовление МРС, за счет параметрической оптимизации, используя априорную информацию о нагрузочных характеристиках ЭРИ, в различных режимах функционирования систем, и прогнозируемые параметры процесса функционирования.

Практическая значимость полученного научного результата состоит в рациональном использовании ресурсов, при крупносерийном изготовлении МРС.

При среднесерийном и малосерийном производстве МРС, экономически оправданным является использование методики оптимального выбора ЭРИ, по уровню безотказности, при проектировании МРС.

Практическая значимость полученного научного результата состоит в рациональном использовании ресурсов, при среднесерийном и мелкосерийном производстве МРС.

Список литературы: 1. *Львович Я.Е., Фролов В.Н.* Теоретические основы конструирования, технологии и надежности РЭА. – М.: Радио и связь, 1986. – 192с. 2. *Стулов Л.В., Новиченко С.В.* Метод расчета интенсивности отказов многорежимных радиоэлектронных средств, образцов вооружения и военной техники, учитывающий стратегию использования режимов функционирования // Збірник наукових праць ХУПС. – 2005. – Вип. 2(2). – С. 66-68. 3. *Улинич Р.Б.* Практическое обеспечение надежности РЭА при проектировании. – М.: Радио и связь, 1985. – 112с. 4. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення; Введ. 01.01.96. – К.: Держстандарт України, 1995. – 92с. 5. *Куликов В.А.* Обеспечение надежности сложной радиоэлектронной аппаратуры при мелкосерийном производстве. – М.: Советское радио, 1966. – 136с. 6. *Колесников А.А.* Прикладная математика. – Л.: ВАС, 1987. – 209с. 7. *Аптетков А.В., Галкин С.В. и др.* Методы оптимизации. / Под ред. *Зарубина В.С., Крищенко А.П.* – М.: МГТУ им Н.Э. Баумана, 2003. – 440с. 8. *Катасонов В.Ю., Морозов Д.С. и др.* Проектное финансирование: Мировой опыт и перспективы для России / Под ред. *В.Ю. Катасонова.* – М.: Едиториал УРСС, 2002. – 304с. 9. *Софиева Ю.Н., Цирлин А.М.* Условная оптимизация. Методы и задачи. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 144с. 10. *Измаилов А.Ф., Солодов М.В.* Численные методы оптимизации: Учебное пособие. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 304с. 11. *Бирюков С.И.* Оптимизация. Элементы теории. Численные методы: Учебное пособие. – М.: МЗ-Пресс, 2003. – 248с. 12. *Галеев Э.М.* Оптимизация: теория, примеры, задачи: Учебное пособие. – М.: Едиториал УРСС, 2002. – 304с.

Поступила в редколлегию 21.05.05

С.Н. ТЕЛЮКОВ, О.Л. СМИРНОВ, канд. техн. наук, *Г.Н. ЗУБРИЦКИЙ*,
канд. техн. наук, *Г.В. АКУЛИНИН*, канд. техн. наук

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ИЗМЕРЯЕМОЙ ГАЗОВОЙ КОМПОНЕНТЫ СПУТНОГО СЛЕДА АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ ЦЕЛИ В ПРЕДЕЛАХ ПОЛЯ ЗРЕНИЯ ЛИДАРНОЙ ГОЛОВКИ САМОНАВЕДЕНИЯ ЗЕНИТНОЙ УПРАВЛЯЕМОЙ РАКЕТЫ

Розроблена математична модель розподілу концентрації вимірюваної газової компоненти супутнього сліду аеродинамічної цілі в межах поля зору лідарної головки самонаведення зенітної керованої ракети, за допомогою якої може бути проведено дослідження можливості вимірювання куткових координат аеродинамічної цілі по її супутньому сліду.

Постановка задачи. На современном этапе развития военной техники необходимо исследование возможности использования лидарных измерений характеристик спутного следа аэродинамической цели (АДЦ) для создания перспективных и усовершенствования существующих средств ПВО. В работе [1] была дана оценка эффективности функционирования системы наведения зенитной управляемой ракеты (ЗУР) с использованием лидарной головки самонаведения (ГСН) в условиях применения ложных тепловых целей (ЛТЦ). Показаны преимущества при использовании лидарной ГСН по сравнению с обычной оптоэлектронной ГСН в вышеуказанных условиях, что обуславливает необходимость проведения дальнейших исследований по определению целесообразности использования лидарных измерений концентрации выхлопных газов спутного следа АДЦ в ГСН ЗУР.

В существующих работах по данной тематике [2 – 6] был проведен анализ различных методов лазерного дистанционного зондирования для получения информации о характеристиках спутного следа АДЦ. Однако не рассматривалась практически важная задача по принятию решения о достаточности технических характеристик лидарных средств как устройств поиска, обнаружения и измерения координат АДЦ. В статье [7] был разработан показатель и критерий для оценки и принятия такого решения. Однако не было рассмотрено влияние распределения концентрации измеряемой газовой компоненты спутного следа АДЦ в пределах поля зрения лидарной ГСН ЗУР на возможность по измерению угловых координат данной АДЦ. В настоящее время нет способов и методик решения задачи моделирования распределения концентрации анализируемой газовой компоненты в спутном следе АДЦ и процесса сканирования лучом лидарной ГСН для поиска максимума концентрации данной компоненты.

Анализ литературы. В [8,9] показаны зависимости распределение концентрации анализируемой газовой компоненты в продольном и поперечном сечении спутного следа АДЦ. На основе метода статистических испытаний [10] и при заданных характеристиках спутного следа АДЦ и сопла двигательной установки (ДУ), а также технических характеристик лидарной ГСН ЗУР как устройства поиска, обнаружения и измерения угловых координат, возможно разработать модель распределения концентрации измеряемой газовой компоненты спутного следа АДЦ в пределах поля зрения лидарной ГСН ЗУР.

Цель стат.м. Разработка математической модели распределения концентрации измеряемой газовой компоненты спутного следа АДЦ в пределах поля зрения лидарной ГСН ЗУР.

Основная часть. Рассматриваемая математическая модель распределения концентрации измеряемой газовой компоненты спутного следа АДЦ в пределах поля зрения лидарной ГСН ЗУР с учетом процесса сближения ракеты с целью представляет новый математический аппарат (совокупность взаимосвязанных математических выражений), который заменяет реальный физический процесс. Она должна учитывать параметры законов распределения измеряемой газовой компоненты в спутном следе АДЦ, характеристики лидарной ГСН, а также процесс сближения ракеты с целью.

Максимальное значение концентрации анализируемой газовой компоненты спутного следа находится непосредственно возле источника – выхлопного сопла ДУ АДЦ. Изменение концентрации анализируемой газовой в продольном направлении спутного следа АДЦ описывается экспоненциальным распределением, в поперечном сечении – распределением Гаусса [8,9].

Спутный след АДЦ может быть аппроксимирован усеченным конусом. Кроме того, для расчетов используем следующие величины:

- радиус выхлопного сопла ДУ АДЦ – l_0 ;
- угол расходимости спутного следа АДЦ – α ;
- максимальное значение концентрации выхлопного газа в спутном следе АДЦ – $N_{\text{АДЦ}_{\text{max}}}$;
- значение концентрации того же газа в окружающем пространстве – $N_{\text{фона}}$.

На основе экспоненциального закона, выражение для распределения концентрации выхлопного газа в продольном направлении спутного следа АДЦ, можно записать в виде:

$$N_{\text{АДЦ}}(Z) = N_{\text{АДЦ}_{\text{max}}} \cdot \exp \left\{ - \left[\frac{1}{2 \cdot l_0 \cdot \text{ctg}(\alpha)} \cdot \ln \frac{N_{\text{фона}}}{N_{\text{АДЦ}_{\text{max}}}} \cdot (Z - z_0) \right] \right\}, \quad (1)$$

где Z - текущее расстояние от сопла ДУ АДЦ по продольной оси спутного следа до точки наблюдения, z_0 - начальное значение вершины усеченного конуса.

На рис. 1 представлены результаты расчета распределения концентрации выхлопных газов в продольном сечении спутного следа АДЦ, выполненные согласно выражению (1), в зависимости от угла α при фиксированном

отношении $\frac{N_{\text{АДЦ}_{\text{max}}}}{N_{\text{фона}}} = 10^4$.

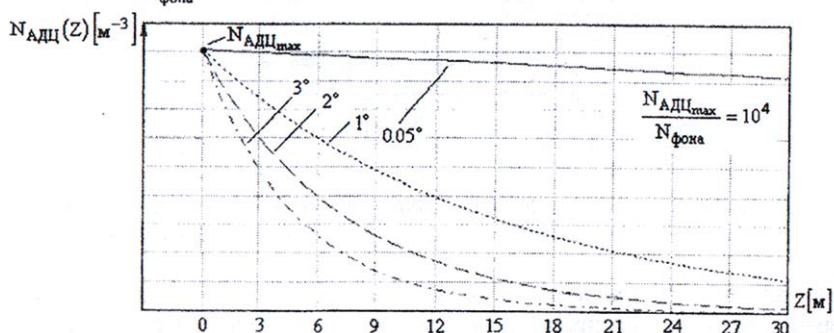


Рис. 1. Распределение концентрации выхлопных газов в продольном сечении спутного следа АДЦ в зависимости от угла расходимости спутного следа α

Анализ полученных результатов показывает, что при малом угле расходимости спутного следа АДЦ закон распределения концентрации выхлопного газа стремится к равномерному закону по всей продольной оси. Данное обстоятельство может негативно сказаться на возможности определения максимума концентрации $N_{\text{АДЦ}_{\text{max}}}$ спутного следа АДЦ, на который должна наводиться ЗУР, оснащенная лидарной ГСН. Однако в реальных условиях величина угла $\alpha \geq 1^\circ$ [8,9], что позволяет найти область максимальной концентрации анализируемой газовой компоненты в спутном следе обстреливаемой АДЦ.

На рис. 2 показано продольное распределение концентрации выхлопного газа спутного следа АДЦ, описываемое экспоненциальным законом распределения.

Шаг разбиения ΔN интервала между максимальным значением концентрации измеряемого газа спутного следа АДЦ $N_{\text{АДЦ}_{\text{max}}}$ и фоновым значением того же газа $N_{\text{фона}}$ характеризует точность измерения

концентрации. Количество разбиений на поперечные сечения распределения концентрации выхлопного газа спутного следа АДЦ определяется как:

$$N_{x(z)} = \frac{N_{\text{АДЦ}_{\text{max}}} - N_{\text{фона}}}{\Delta N} \quad (2)$$

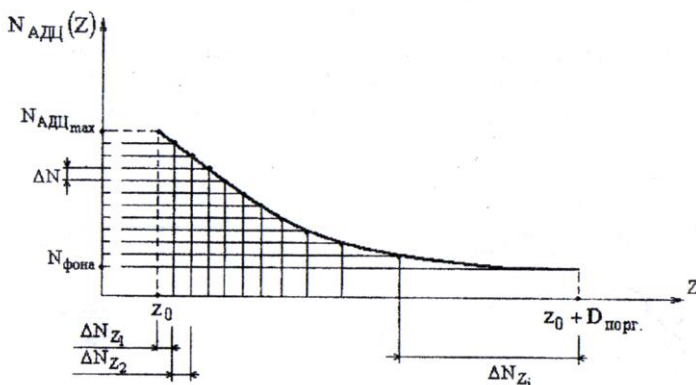


Рис. 2. Продольное распределение концентрации выхлопного газа спутного следа АДЦ, описываемое экспоненциальным законом распределением

Из анализа соотношения (2) следует, что количество разбиений на поперечные сечения распределения концентрации выхлопного газа спутного следа АДЦ $N_{x(z)}$ не зависит от закона распределения этой концентрации в продольном сечении. Его значение определяет лишь количество разбиений по продольной оси (оси Z). Шаг разбиения в продольном сечении следа ΔN_{z_i} (ось Z) зависит как раз закона распределения в данном сечении ($\Delta N_{z_1} < \Delta N_{z_2} < \dots < \Delta N_{z_i}$, $i = [1, N_{x(z)}]$), как показано на рис. 2.

Распределение концентрации выхлопного газа спутного следа АДЦ в его продольном сечении с учетом выражения (1) записывается в следующем виде:

$$z_i = D_{\text{порог}} \cdot \frac{\ln \left(\frac{N_{\text{АДЦ}_{\text{max}}}}{n_{zz_i}} \right)}{\ln \left(\frac{N_{\text{АДЦ}_{\text{max}}}}{N_{\text{фона}}} \right)} + z_0 \quad (3)$$

$$n_{zz_i} = N_{z_i} \cdot \Delta N + N_{\text{фона}} \quad (4)$$

где n_{zz_i} - элемент вектора значений концентрации измеряемого газа, полученный в результате разбиения с шагом ΔN интервала между

максимальным и фоновым значениями его концентрации ($N_{\text{АДЦ}_{\text{max}}}$ и $N_{\text{фона}}$ соответственно), N_{z_i} – элемент вектора значений номеров уровня концентрации измеряемого газа спутного следа АДЦ.

На рис. 3. схематично показано распределение концентрации выхлопного газа спутного следа АДЦ в продольном (плоскость ZOX) и поперечном (плоскость XOY) сечениях

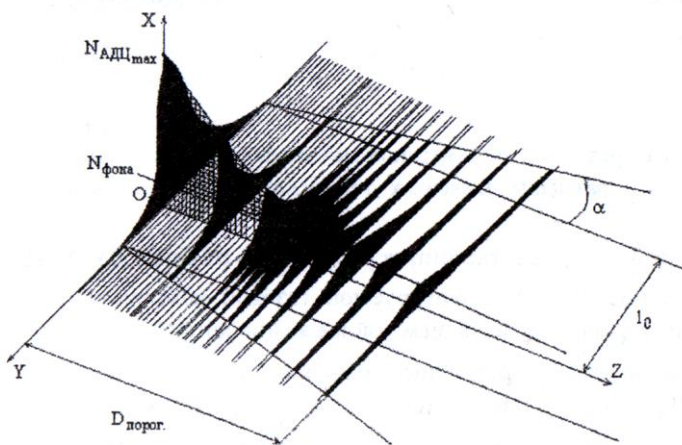


Рис. 3. Схема распределения концентрации выхлопного газа в продольном и поперечном сечениях спутного следа АДЦ

При аппроксимации спутного следа усеченным конусом возможно ориентировочно указать интервал практически всех возможных значений отклонения (среднеквадратическое отклонение) молекулы (частицы) анализируемого выхлопного газа АДЦ от поперечной оси ее следа (в картинной плоскости):

$$\sigma_{\text{ХОУ}}^{\text{АДЦ}} = \frac{[(Z - z_0) \cdot \text{tg}(\alpha)] + l_0}{3}. \quad (5)$$

Из анализа выражения (5) следует, что $\sigma_{\text{ХОУ}}^{\text{АДЦ}}$ увеличивается как в зависимости от величины удаления точки наблюдения от сопла ДУ АДЦ по оси OZ, так и при возрастании угла α .

Т.о., соотношения (1) – (5) представляют собой искомую математическую модель распределения концентрации выхлопного газа ДУ в спутном следе АДЦ.

На рис. 4 показаны результаты расчета распределения концентрации выхлопных газов в спутном следе АДЦ, полученные с использованием

разработанной математической модели (1) – (5) при различных значениях угла расходимости спутного следа АДЦ.

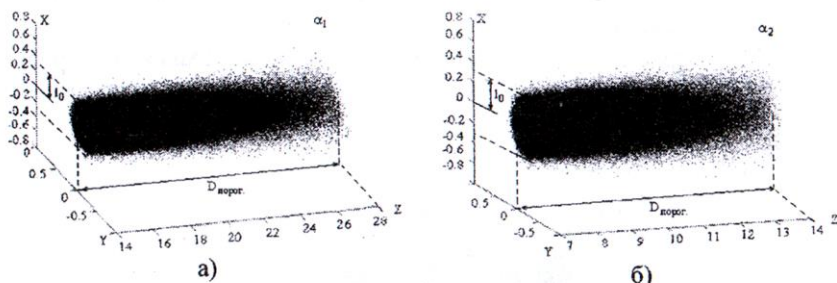


Рис 4. Распределение концентрации выхлопных газов в спутном следе АДЦ при различных значениях угла расходимости α ($\alpha_1 < \alpha_2$)

На рис. 4 $D_{\text{порог}}$ соответствует расстоянию от сопла ДУ АДЦ, на котором уровень концентрации анализируемой газовой компоненты в следе АДЦ, соизмерим с фоновым значением той же компоненты ($N_{\text{АДЦ}} = N_{\text{фон}}$).

Очевидно, что при различных значениях α значение расстояния от сопла ДУ АДЦ $D_{\text{порог}}$ изменяется, поэтому распределение концентрации выхлопных газов в спутном следе АДЦ, полученное при помощи (1) – (5), адекватно отображает реальные физические процессы, описанные в [8,9].

На рис.5 представлены результаты математического моделирования распределения концентрации измеряемой газовой компоненты спутного следа АДЦ в пределах поля зрения лидарной ГСН ($N_{\text{АДЦ}}^{\text{норм}}$ - нормированное значение концентрации по отношению к максимальному ее значению).

Они отражают реальный физический процесс увеличения угловых размеров области распределения концентрации измеряемой газовой компоненты спутного следа АДЦ в пределах поля зрения лидарной ГСН при сближении ракеты с целью и различных значениях угла расходимости спутного следа α .

При помощи данной модели может быть проведено исследование возможности измерения угловых координат АДЦ по ее спутному следу с учетом:

- технических характеристик лидарной ГСН как устройства поиска, обнаружения и измерения угловых координат АДЦ системы наведения ракеты;
- закона распределения концентрации анализируемой газовой компоненты в спутном следе АДЦ;
- процесса сближения ЗУР с АДЦ.

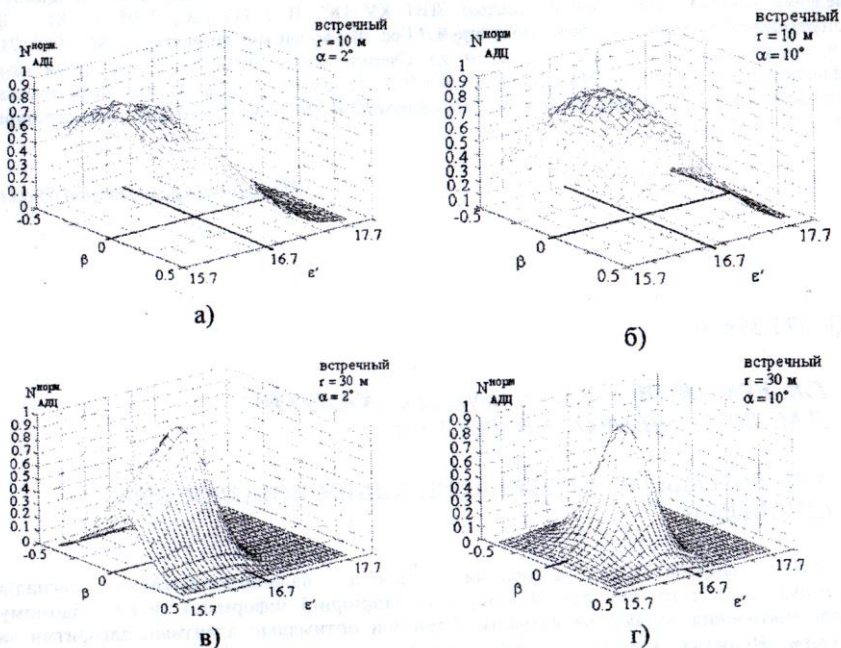


Рис. 5. Результаты математического моделирования распределения концентрации измеряемой газовой компоненты спутного следа АДЦ в пределах поля зрения лидарной ГСН.

Вывод. Получена математическая модель распределения концентрации измеряемой газовой компоненты спутного следа АДЦ в пределах поля зрения лидарной ГСН ЗУР, которая может быть использована для определения целесообразности использования лидарных измерений концентрации выхлопных газов спутного следа АДЦ в ГСН ЗУР.

Список литературы: 1. Телюков С.Н., Смирнов О.Л. и др. Оценка эффективности функционирования системы наведения ЗУР с использованием лидарной ГСН. ЗНП // Системы обработки информации В 11 (39), X: ХВУ, 2004. С. 203 – 208. 2. Дзедзь В.П., Кондрат В.В. и др. Применение методов лазерной доплеровской анемометрии для обнаружения малозаметных АДЦ// Вестник НТУ «ХПИ» Колесные и гусеничные машины специального назначения. № 27. 2003. С. 107 – 111. 3. Доля Г.Н., Пашенко Р.Э. и др. Обнаружение изменения состояния газового потока по оценке фрактальной размерности выходного сигнала лидара// Восточный Европейский журнал передовых технологий. № 4 (10).-X., 2004. С. 128 – 131. 4. Тюрин С.В., Романюк В.А. и др. Оценка дальности обнаружения малозаметных целей лидарными средствами// ЗНП ХВУ. Вып. 1 (39). 2002. С. 108 – 110. 5. Межерис Р. Лазерное дистанционное зондирование. – М., Мир., 1987. 208 с. 6. Козинцев В.И., Орлов В.М., Белов М.Л. Оптико-электронные системы экологического мониторинга природной среды.// Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана/ Под ред. Рождествина В.Н. –М., 2002. 528 с. 7. Телюков С.Н. Техническое обоснование требований к

лидарной ГСН, измеряющей угловые координаты АДЦ по ее спутному следу в процессе наведения зенитной управляемой ракеты// ЗНП ХУ ПС, В 1 (1), -Х., 2005. С. 81 – 84.
8. *Абрамович Г.Н.* Теория турбулентных струй// Гос. изд-во физмат литературы. -М., 1960. 715 с.
9. *Авдуевский В.С., Ашратов Э.А., и др.* Сверхзвуковые неизобарические струи газа// Машиностроение, -М., 1985. 248 с.
10. *Бусленко Н.П., Голенко Д.И. и др.* Метод статистических испытаний (метод Монте-Карло). Под. ред. Шрейдера Ю.А. -М., Гос. изд-во физ-мат литературы. 1962. 331 с.

Поступила в редколлегию 05.03.05

УДК 621.396.96

Г.В. ЕРМАКОВ, д-р техн. наук, ***Д.С. КАЛУГИН***,
Д.М. ЛИТОВЧЕНКО, ***А.В. РОГУЛЯ***

АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ СИГНАЛОВ

В статті запропоновані алгоритми обробки надширокополосних сигналів відеоімпульсного типу при повній відсутності апріорної інформації та при відомому періоді повторення зондуючих сигналів. Отримані оптимальні адаптивні алгоритми за критерієм Неймана-Пірсона та побудовані характеристики виявлення. Визначені переваги обох методів.

Анализ литературы. Задача обнаружения сигналов, скрытых в шумах, исследована достаточно подробно [1–7]. Однако синтезированные оптимальные обнаружители предназначены, в основном, для обнаружения узкополосных сигналов известной формы (или случайных сигналов с известным законом плотности распределения вероятностей) с гармонической несущей.

Сверхширокополосные (СШП) сигналы ультракороткой длительности видеоимпульсного типа не содержат несущих колебаний и, как правило, удовлетворяют условию

$$\frac{2l}{c\tau_n} \gg 1,$$

где τ_n – длительность импульса, c – скорость света, l – протяженность цели.

Актуальность исследований. Форма СШП сигналов неоднократно меняется в процессе излучения, отражения и приема [8, 9]. Эти изменения определяются как структурой антенны РТС и угловым положением цели, так и количеством и расположением отражателей –

"блестящих точек" – на поверхности цели, эффективной поверхностью рассеяния отражателя, его импульсной и поляризационной характеристиками. Изменение формы импульсного сигнала проявляется в изменении его длительности, числа максимумов, их положения, амплитуды и полярности. Форма отраженного от сложной многоточечной цели СШП эхосигнала несет информацию о конфигурации и других свойствах цели. Однако при решении задачи обнаружения такой сигнал является неизвестным. Отсутствие информации о форме эхосигнала не позволяет применить для его обнаружения классические алгоритмы обнаружения.

Цель статьи. Таким образом, целью данной статьи является разработка алгоритмов обнаружения сигналов неизвестной формы при СШП локации.

Основная часть. Применение СШП сигналов наносекундной длительности для обнаружения удаленных объектов требует увеличения энергетического потенциала РЛС, что можно обеспечить двумя путями: с помощью формирователей зондирующих сигналов с мегаваттными уровнями, основанных на новых физических принципах, а также с помощью накопления энергии когерентной последовательности импульсов.

1. Обнаружение при полном отсутствии априорной информации

Считаем лоцируемый объект пространственно–распределенной целью. Проблема обнаружения таких целей рассмотрена в [7]. Для зондирования используется узкополосный сигнал наносекундной длительности. Задача обнаружения решается в предположении, что амплитуда принятого сигнала подчиняется рэлеевскому распределению, которое справедливо в том случае, когда в разрешающем элементе находится несколько «блестящих» точек со случайным расположением и сравнимой интенсивностью. Выборки огибающей сигнала также будут следовать рэлеевскому распределению как в случае сигнала при наличии шума, так и в случае одного шума, но с различными параметрами.

При условии, что цель содержит N элементов разрешения, " k " из которых отражают зондирующий сигнал согласно рэлеевскому распределению таким образом, что средняя энергия сигнала на элемент составляет E/k (E – энергия отраженного сигнала). Остальные $N - k$ элементов не являются отражающими.

Плотности вероятности выборки огибающей x_i для сигнала от отражающего элемента определяются уравнениями:

$$p_i = \frac{x_i}{\sigma_1} \exp\left(-\frac{x_i^2}{2\sigma_1}\right)$$

и для пустого элемента

$$p_i = \frac{x_i}{\sigma_0} \exp\left(-\frac{x_i^2}{2\sigma_0}\right),$$

где σ_0, σ_1 – дисперсии.

Составленный логарифм отношения правдоподобия имеет вид:

$$\Theta(\bar{x}) = \frac{1}{C_N^k} \left(\frac{\sigma_0}{\sigma_1}\right)^k \sum_{i=1}^{C_N^k} \left[\left(\frac{1}{2\sigma_0} - \frac{1}{2\sigma_1} \right) \sum_{i=1}^k x_i^2 \right], \quad (1)$$

где C_N^k – число сочетаний.

Полученные по этому алгоритму кривые обнаружения представлены в [7] и в статье не обсуждаются.

Возможен и другой подход к определению качественных показателей обнаружения. Поскольку принимаемый сигнал является портретом цели, форма которого в общем случае неизвестна и зависит от целого ряда случайных параметров, то принимаемый СШП сигнал можно рассматривать в виде случайного нормального процесса с нулевым средним $\langle m_c \rangle = 0$. Дискретизировав сигнал в соответствии с теоремой Котельникова, зададимся дисперсией случайного процесса – σ_c^2 .

Считаем, что собственный шум тракта представляет собой случайный стационарный гауссовский процесс с нулевым средним $\langle m_p \rangle = 0$ и дисперсией σ_p^2 . Предполагаем, что в полосе пропускания канала различные дискреты некоррелированы между собой.

Таким образом, задачу обнаружения СШП сигнала можно свести к известной задаче обнаружения некоррелированной последовательности на фоне другой некоррелированной последовательности. Алгоритм решения подобной задачи описан в [10].

Подобная задача ставится следующим образом: на основании имеющейся последовательности y_1, y_2, \dots, y_K надо решить, является ли она смесью полезного сигнала и помехи ($y_i = x_i + n_i$) или чистой помехи ($y_i = n_i$).

Функция правдоподобия для задачи обнаружения имеет вид:

$$\Theta = \frac{P_{cp}(y)}{P_p(y)} = \frac{\sigma_c^K}{\sigma_p^K} \exp\left(-\frac{S}{2}\right), \quad (2)$$

где,

$$S = \frac{\sigma_c^2}{\sigma_p^2(\sigma_c^2 + \sigma_p^2)} \sum_{i=1}^K y_i^2. \quad (3)$$

Решение о наличии или отсутствии сигнала можно принять по величине S , поскольку Θ есть монотонно возрастающая функция S .

Формула (3) показывает, что оптимальный приемник обнаружения шумоподобного сигнала является нелинейным устройством. В данном случае приемник должен суммировать квадраты выборок выходного сигнала.

Оптимальное правило решения будет иметь вид:

если $S \geq S^*$, то считаем $y = x + n$,

если $S < S^*$, то считаем $y = n$.

Для определения характеристик обнаружения по критерию Неймана–Пирсона (вероятностей ложной тревоги F и правильного обнаружения D) будем считать, что величина S подчиняется χ^2 -распределению с $2L$ степенями свободы [10], имеющему вид

$$p(S, \sigma^2) = \frac{1}{2\sigma^2 \Gamma(L)} \left(\frac{S}{2\sigma^2} \right)^{L-1} \exp\left(-\frac{S}{2\sigma^2}\right), \quad (4)$$

где $\Gamma(L)$ – гамма-функция,

$L = K/2$ – параметр формы,

K – количество импульсов в пачке,

$\sigma^2/2$ – параметр масштаба.

Вероятности ложной тревоги и правильного обнаружения будут

$$F = \int_{Kx_p}^{\infty} p(S, \sigma_p^2) dS = f(x_{nop}), \quad (5)$$

$$D = \int_{Kx_p}^{\infty} p(S, \sigma_c^2) dS = f\left(\frac{x_{nop}}{1 + \mu}\right), \quad (6)$$

где $f(x) = \exp(-x) \sum_{i=0}^{K-1} \frac{x^i}{i!}$ – функция “выживания” распределения Эрланга

с $\sigma^2 = 1$ [11], $\mu = \frac{\sigma_c^2}{\sigma_p^2}$ – энергетическое соотношение сигнал–шум,

$x_p = x_{nop} \sigma_p^2$ – фиксированный уровень, обеспечивающий заданную вероятность ложной тревоги F (5).

Энергия одного импульса, отраженного от цели и принимаемого РТС, невелика. Чтобы выделить сигнал на фоне шумов, РТС должна облучать цель последовательностью импульсов, которые впоследствии накапливаются в приемнике, благодаря чему улучшается соотношение сигнал–шум. Чем больше накапливается импульсов, тем больше это отношение.

При излучении последовательности из K импульсов

$$x'_{\text{пор}} = \frac{x_{\text{пор}}}{K}$$

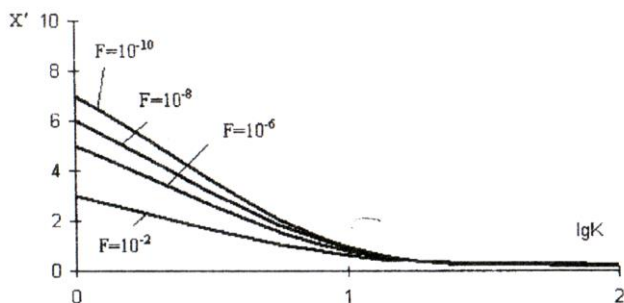


Рис. 1. Семейство зависимостей для обеспечения заданной вероятности ложной тревоги F

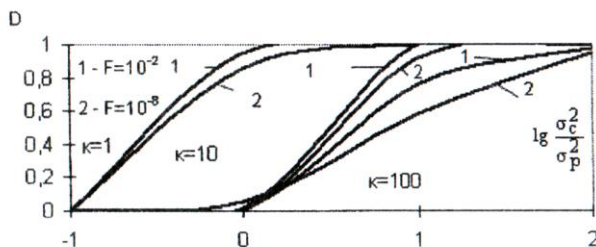


Рис. 2 Характеристики обнаружения

На рис. 1 для наборов значений $F = 10^{-2} \dots 10^{-10}$ показано семейство превышения порогового уровня для обеспечения заданной вероятности ложной тревоги F . Наблюдаемое уменьшение $x'_{\text{пор}}$ с ростом K обусловлено уменьшением “хвостов” распределения (4).

На рис. 2 приведены рассчитанные по (6) характеристики обнаружения $D(\sigma_c^2 / \sigma_p^2)$ для нескольких значений вероятности ложной тревоги и объемов выборки K . Для $K > 1$ они иллюстрируют улучшение характеристик обнаружения за счет накопления K независимых значений сигнала.

При использовании СШП сигнала кроме применения обычной линии задержки с параметром, определяемом максимальной дальностью цели, необходимо использовать адаптивные нониусные линии задержки с отводами, поскольку каждый последующий импульс последовательности будет отражаться от “другого” элемента цели.

$$x'_{\text{пор}} = \frac{x_{\text{пор}}}{K}$$

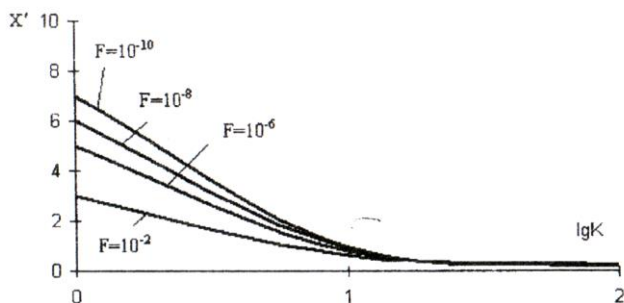


Рис. 1. Семейство зависимостей для обеспечения заданной вероятности ложной тревоги F

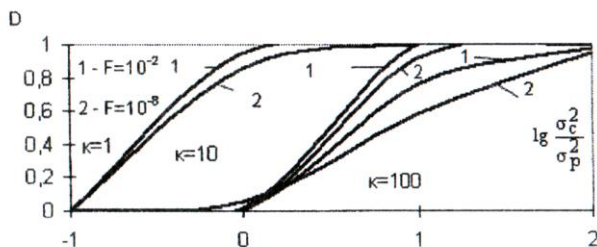


Рис. 2 Характеристики обнаружения

На рис. 1 для наборов значений $F = 10^{-2} \dots 10^{-10}$ показано семейство превышения порогового уровня для обеспечения заданной вероятности ложной тревоги F . Наблюдаемое уменьшение $x'_{\text{пор}}$ с ростом K обусловлено уменьшением “хвостов” распределения (4).

На рис. 2 приведены рассчитанные по (6) характеристики обнаружения $D(\sigma_c^2 / \sigma_p^2)$ для нескольких значений вероятности ложной тревоги и объемов выборки K . Для $K > 1$ они иллюстрируют улучшение характеристик обнаружения за счет накопления K независимых значений сигнала.

При использовании СШП сигнала кроме применения обычной линии задержки с параметром, определяемом максимальной дальностью цели, необходимо использовать адаптивные нониусные линии задержки с отводами, поскольку каждый последующий импульс последовательности будет отражаться от “другого” элемента цели.

Такой подход позволяет получить из (10) оптимальный (по критерию Неймана–Пирсона) адаптивный алгоритм обнаружения в виде

$$U_{\text{вых}} = \int_0^T \left[\sum_{i=0}^{K-1} u(t + iT_n) \right]^2 dt < (>) U_{\text{пор}},$$

где $U_{\text{пор}}$ – порог обнаружения.

Оптимальный алгоритм в данном случае сводится к суммированию отрезков принятой реализации (длительностью T каждый) на тех интервалах времени, где ожидаются сигналы, вычислению энергии этой суммы и сравнению ее с порогом, определяемым заданной вероятностью ложной тревоги. В общем, это – известный энергетический обнаружитель, но используемый для суммы отрезков принятых реализаций [14].

В ряде случаев такой подход может быть более предпочтительным, в частности, в отношении требований к устройствам обработки.

Список литературы: 1. *Сосулин Ю.Г.* Теоретические основы радиолокации и радионавигации. –М.: Радио и связь. – 1992 –492 с. 2. Теоретические основы радиолокации. *Под ред. Я.Д. Ширмана.* –М.: Сов. радио. –1970. –560 с. 3. Теоретические основы радиолокации. *Под ред. В.Е. Дулевича.* –М.: Сов. радио. –1978. –382 с. 4. *Гуткин Л.С.* Теория оптимальных методов радиоприема при флуктуационных приемах. –М.:Сов. радио. –1972. –274 с. 5. *Левин Б.Р.* Теоретические основы статистической радиотехники. –М.: Радио и связь. –1989. –396 с. 6. *Имморесев И.Я.* Сверхширокополосная (СШП) локация: основные особенности и отличия от традиционной радиолокации// Электромагнитные волны и электронные системы. –М.,1997. –т.2.- №1.С. 26 – 33. 7. *Ван дер Спек* Обнаружение пространственно–распределенной цели// Зарубежная радиоэлектроника. –№3.- –М.:1972. –С.14–21. 8. *Имморесев И.Я.* Сверхширокополосные радары: новые возможности, необычные проблемы, системные особенности// Вестник МГТУ им. Баумана. –1998.- Вып.4. –М.:С.27–32. 9. *Вовшин Б.М.* Сверхширокополосная видеоимпульсная система с синтезированной апертурой для параллельного обзора пространства// Радиотехника и электроника. –М.: –1999. –т.44. –№12.С. 44 – 52 10. *Вайнштейн А.А., Зубаков В.Д.* Выделение сигналов на фоне случайных помех. –М.: Сов. Радио. – 1960. –447с. 11. *Хастингс Н., Пикок Дж.* Справочник по статистическим распределениям. –М.: Наука. – 1970. – 90с. 12. *Репин В.Г., Тартаковский Г.П.* Статистический синтез при априорной неопределенности и адаптации информационных систем. –М.: Сов. радио. –1977. –484 с. 13. *Черняк В.С.* Получение радионизображений объектов// Радиотехника и электроника. –К.: 1979. –№12. 14. *Черняк В.С.* Многопозиционная радиолокация. М.: Радио и связь. –1993. –426с.27 – 33

Поступила в редколлегию 05.03.05

ФИРАС САМИ МАХМУД АЛЬ СААЙДА, аспирант ХНУ имени
В.Н. Каразина

К ПОСТРОЕНИЮ БАНКА МОДЕЛЕЙ АУДИТА

Проаналізовано механізм оцінювання ефективності технологічних нововведень. Розглянуто мультиплікативну модель аудиту інноваційного проекту. Зазначено границі її застосування. Запропоновано методіку її використання. На конкретному прикладі показана працездатність моделі і можливість включення в банк моделей аудита.

Аудиту подвергаются различные объекты и процессы. В зависимости от специфики их описания с помощью системы существенных факторов и характеризующих их показателей формируется соответствующая модель аудита. В настоящей статье предлагается модель аудита инновационного проекта, являющаяся уточнением модели оценки эффективности инновационного проекта.

Одним из этапов управления инновационным проектом выступает контроль реализуемости каждой фазы и всего проекта в целом. Инструментом, обеспечивающим такой контроль, выступает аудит инновационного проекта. Суть аудита инновационного проекта заключается в получении ответа на следующий вопрос. Какие факторы и в какой степени могут обусловить изменение ожидаемой эффективности инновационного проекта на заданную величину? Для построения модели аудита инновационного проекта можно предложить следующий подход.

Американскими инженерами при оценке технических нововведений предложен подход к установлению степени экономического риска [1, с. 105]. В нем сделана попытка учесть как вероятностный характер ожидаемого результата в условиях неопределенности, так и затраты и общий ожидаемый эффект. Механизм оценки эффективности технологических нововведений представлен следующим соотношением

$$\mathcal{E} = \frac{\Pi \times C \times T \times P_T \times P_K}{E_s} \quad (1)$$

где \mathcal{E} – эффективность реализации нововведений;

Π – ежегодный объем продаж нового изделия;

C – продажная цена изделия;

T – жизненный цикл новшества (предполагаемый срок производства нового изделия или период его освоения до снятия с производства);

P_T – вероятность технического успеха (вероятность практического повторения исследовательских идей в новой продукции);

P_K – вероятность коммерческого успеха (возможность сбыта продукции на рынке и получение ожидаемых прибылей);

E_3 – сумма затрат на реализацию, включая затраты на разработку и освоение производства и текущие производственные затраты.

P_T, P_K рассчитываются экспертным путем.

Выполним критический анализ этого соотношения. Обратим внимание на размерность показателя эффективности реализации нововведений \mathcal{E} , которая получается, если учесть размерности ее составляющих:

$$[\mathcal{E}] = \frac{[П] \times [С] \times [Т] \times [P_T] \times [P_K]}{[E_3]} =$$

$$= \frac{[\text{штуки}] \times [\text{ден.ед.}] \times [\text{время}] \times [\text{д.ед.}] \times [\text{д.ед.}]}{[\text{ден.ед.}]} = [\text{штуки}] \times [\text{время}] \times [\text{д.ед.}]^2$$

Таким образом, показатель эффективности реализации нововведений \mathcal{E} не является безразмерным. Отсюда можно сделать вывод, что «сваливание в кучу» объективно существенных характеристик нововведений приводит к неожиданным казусам. Хотя и можно декларировать эффективность \mathcal{E} в виде соотношения (1), попытка наполнить его экономическим содержанием оказалась безуспешной. Тем не менее, соотношение (1) имеет право на существование и может быть использовано в качестве основы для аудита нововведения с помощью соответствующей системы моделей. Другие модели аудита представлены в публикациях [2-7]. В каждой из них имеется своя специфика, которую следует учитывать при формировании модели аудита на основе системных принципов и включении в банк моделей.

Необходимо сделать два замечания.

1. Проблемы с размерностью в (1) исчезают, если в это соотношение добавить нормирующий множитель-константу A :

$$\mathcal{E} = A \times \frac{П \times C \times T \times P_T \times P_K}{E_3}. \quad (2)$$

Тогда показатель эффективности инновации \mathcal{E} в зависимости от целей исследования может иметь необходимую размерность. Более того, следующим шагом будет использование представления эффективности в виде производственной функции:

$$\mathcal{E} = AP^{a_1} C^{a_2} T^{a_3} (P_T P_K)^{a_4} (E_3)^{-a_5}, \quad (2')$$

где A, a_i – неотрицательные параметры производственной функции.

Для формулировки задачи аудита инновационного проекта используем соотношение (2). Воспользуемся следующей модификацией метода обратных вычислений, соответствующей такой предметной

области как инновационная деятельность. Предварительно заметим, что соотношение (2) является детерминированной функцией шести аргументов. Метод обратных точечных вычислений предполагает наличия корректных прямых зависимостей (типа (2)), дополнительной информации о целях, преследуемых лицом, формирующим решение (в нашем случае – аудит) [8, с. 14-15]. С помощью так называемой целевой установки исходные формулы трансформируются в соответствующую постановку обратной задачи.

Выпишем необходимые соотношения:

$$\mathcal{E}_0 = \hat{A} \frac{\Pi_0 C_0 T_0 P_T^0 P_K^0}{E_3^0}, \quad (3)$$

$$\mathcal{E}_0 + \Delta \mathcal{E} = \hat{A} \frac{(\Pi_0 + \Delta \Pi)(C_0 + \Delta C)(T_0 + \Delta T)(P_T^0 + \Delta P_T)(P_K^0 + \Delta P_K)}{E_3^0 - \Delta E_3}, \quad (4)$$

$$0 < P_T^0 + \Delta P_T \leq 1, \quad (5)$$

$$0 < P_K^0 + \Delta P_K \leq 1, \quad (6)$$

$$0 < T_0 + \Delta T \leq \hat{T} < \infty, \quad (7)$$

$$0 < C_0 + \Delta C \leq \hat{C} < \infty, \quad (8)$$

$$0 < \Pi_0 + \Delta \Pi \leq \hat{\Pi}, \quad (9)$$

$$0 < E_3^0 - \Delta E_3 \leq \hat{E}_3 < \infty, \quad (10)$$

где $\Pi_0, C_0, T_0, P_T^0, P_K^0, E_0$ – соответствующие базисные объемы продаж, цены, жизненного цикла новшества, вероятность технического успеха, вероятность коммерческого успеха, затраты; $\Delta \Pi_0, \Delta C_0, \Delta T_0, \Delta P_T^0, \Delta P_K^0, \Delta E_0$ – приращения этих показателей.

По поводу соотношений (3)-(10) необходимо сделать следующие замечания. Вероятности технического успеха P_T и коммерческого успеха P_K связаны с рисками соответствующих фаз инновационного проекта. Длительность жизненного цикла инновационного проекта T

определяется как разность между моментом окончания $T_{кон}$ и моментом его начала $T_{нач}$:

$$T = T_{кон} - T_{нач} .$$

Продажная цена изделия C формируется, во-первых, исходя из рыночной конъюнктуры (внешние факторы) и, во-вторых, из себестоимости его проектирования и производства и др. (внутренние факторы).

Ежегодный объем продаж $П$ определяется бизнес-планом. Оценка величины затрат E_3 может быть получена из бухгалтерской отчетности.

Отметим, символ «-» над показателем означает, что взята его оценка.

Знак минус в знаменателе соотношения (4) означает, что будет анализироваться эффект возрастания эффективности. Наконец, для всех приращений предполагается их положительность (неотрицательность).

Задача аудита инновационного проекта может быть сформулирована следующим образом: для заданных

$\mathcal{E}_0, \Delta\mathcal{E}, \hat{A}, P_0, C_0, T_0, P_T^0, P_K^0, E_3^0$ необходимо

найти $\Delta P, \Delta C, \Delta T, \Delta P_T, \Delta P_K, \Delta E_3$, удовлетворяющие

соотношениям (3)-(10) и обуславливающие прирост эффективности в размере $\Delta\mathcal{E}$. Естественно считать, что оценки $\hat{P}, \hat{C}, \hat{T}, \hat{E}_3$ также известны (например, получены экспертным путем).

Формально задача аудита инновационного проекта представлена как задача нахождения шести переменных путем решения системы уравнений и неравенств (3)-(10).

Существует другой путь решения задачи аудита инновационного проекта. Он основан на применении процедуры свертки/развертки. Процедура свертки/развертки основывается на введении фиктивных переменных, объединяющих блоки по два аргумента. В каждом блоке определяется направление изменения аргументов и указываются два коэффициента относительной важности, в сумме составляющие единицу. Далее рассматриваются знаки приростов аргументов. Если знаки одинаковы, то общий знак прироста в зависимости от формы связи аргументов будет или тот же, что и аргументов, или противоположным. В последнем случае берется знак аргумента, имеющего больший коэффициент относительной важности. Коэффициент относительной важности группы берется равным сумме коэффициентов относительной важности аргументов. Таким образом получается *свертка* функции. Далее вычисляются новые значения ее аргументов. Затем начинается обратный процесс – *развертка*. Определяется общий прирост функции, зависящий от коэффициентов относительной важности объединенных аргументов.

Выполняется нормирование коэффициентов относительной важности для отдельных аргументов. И, наконец, определяется прирост аргументов, объединенных в блоки. Чтобы расчеты были корректными, необходимо соблюдать принцип пропорционального изменения прироста аргументов прямой функции.

Нами предлагается следующий способ ее решения.

Перейдем от абсолютных переменных к относительным, разделив уравнение (4) на уравнение (3), а в неравенствах – на соответствующие базовые значения показателей.

В результате получим следующую систему:

$$1 + \frac{\Delta \mathcal{E}}{\mathcal{E}_0} = \frac{(1 + \Delta \Pi / \Pi_0)(1 + \Delta C / C_0)(1 + \Delta T / T_0)(1 + \Delta P_T / P_T^0)(1 + \Delta P_K / P_K^0)}{1 - \Delta E_3 / E_3^0}$$

$$0 < 1 + \Delta P_T / P_T^0 \leq 1 / P_T^0, 0 < 1 + \Delta P_K / P_K^0 \leq 1 / P_K^0,$$

$$0 < 1 + \Delta T / T_0 \leq \hat{T} / T_0, 0 < 1 + \Delta C / C_0 \leq \hat{C} / C_0,$$

$$0 < 1 + \Delta \Pi / \Pi_0 \leq \hat{\Pi} / \Pi_0, 0 < 1 - \Delta E_3 / E_3^0 \leq \hat{E}_3 / E_3^0$$

Решение этой системы можно найти с помощью надстройки Excel Поиск решения. Оно имеет следующий вид (см. табл.).

В качестве критерия был использован квадрат невязки, предоставляемый первым уравнением системы. Ограничениями выступили неравенства системы.

Из результатов решения следует, что наибольшую значимость в реализации проекта играют: P_T – вероятность технического успеха (вероятность практического повторения исследовательских идей в новой продукции):

$$\Delta P_T = 0,0320453517.$$

P_K – вероятность коммерческого успеха (возможность сбыта продукции на рынке и получение ожидаемых прибылей):

$$\Delta P_K = 0,0231479805.$$

Таким образом, получено *два результата*: во-первых, продемонстрирована работоспособность методики аудита; и, во-вторых, по значениям вероятностей технического ΔP_T и коммерческого успеха ΔP_K (их положительным приростам) можно судить о необходимости более углубленной проработки возможностей сбыта продукции на рынке и

обеспечению повышения эффективности реализации инновационного проекта.

Исходные данные и результаты решения задачи аудита
инновационного проекта

Исходные данные		Решение	
$Э_0=$	10000000,00		
$По=$	3000,00	$\Delta По=$	0,0000054680
$Со=$	10000,00	$\Delta Со=$	0,0000016404
$То=$	5,00	$\Delta То=$	0,0032799663
$Р_T=$	0,50	$\Delta Р_T=$	0,0320453517
$Р_K=$	0,70	$\Delta Р_K=$	0,0231479805
$Ез=$	5000000,00	$\Delta Ез=$	0,0000000033
$\Delta Э_0=$	1000000,00		
Критерий	0,000000000000060179690		

Рассмотренная модель может быть включена в банк моделей аудита.

В качестве направления дальнейших исследований может быть анализ обобщения мультипликативной модели (2) на класс производственных функций (2').

Список литературы: 1. Кини Р.Л., Райфа Х. Принятие решения при многих критериях. – М.: Радио и связь, 1981. – 380 с. 2. Дик В.В. Методология формирования решений в экономических системах и инструментальные среды их поддержки. – М.: Финансы и статистика. – 2000. – 300 с. 3. Иващенко П.А. Адаптация в экономике. – Х.: Основа. – 1986. – 144 с. 4. Козаченко Г.В., Пономарьев В.П., Ляшенко О.М. Економічна безпека підприємства: сутність та механізм забезпечення. – К.: Лібра. – 2003. – 280 с. 5. Одинцов Б.Е. Проектирование экономических экспертных систем. – М.: ЮНИТИ. – 1996. – 166 с. 6. Романов А.Н., Одинцов Б.Е. Автоматизация аудита. – М.: ЮНИТИ. – 1999. – 336 с. 7. Али Абдаллах Ахмад. Управление инновационной деятельностью предприятия. Диссертация. – Х.: Харьковский государственный экономический университет, 2003. – 222 с. 8. Одинцов Б.Е. Обратные вычисления в формировании экономических решений. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 192 с.

Поступила в редколлегию 01.04.05

В. М. ДЕМІНА, канд. техн. наук

ВЛИЯНИЕ СУБЪЕКТИВНОГО ФАКТОРА НА КАЧЕСТВО ОЦЕНИВАНИЯ ЗНАНИЙ ПРИ АВТОМАТИЗИРОВАННОМ КОНТРОЛЕ

Наведено підхід до перевірки впливу суб'єктивного фактора на якість оцінювання під час контролю знань викладачем-експертом або автоматизованою системою оцінювання знань випробуваного, яка використовує логіку викладача, за допомогою статистичних методів.

Современный этап развития национальной школы Украины требует внедрение прогрессивных технологий обучения, в том числе совершенствования автоматизированных систем обучения и контроля полученных знаний. При этом вопрос о качестве оценивания знаний остаётся открытым. При традиционной форме контроля знаний только преподавателем на оценку кроме объективных факторов – совокупности знаний обучаемого — влияют и субъективные: организация контроля, подготовка группы к каждой форме контроля, поведение испытуемых, настроение преподавателя, его личное отношение к обучаемым и т.д.

В данной статье рассматривается сравнительное влияние субъективного фактора при оценивании знаний обучаемого преподавателем-экспертом и автоматизированной контролирующей системой.

Была разработана целостная технология оценки уровня подготовленности испытуемого человеко-машинной системой «Тест», которая моделирует логику преподавателя [1-3]. Апробация проведена на основе сравнения оценивания знаний преподавателем-экспертом (традиционный контроль) и автоматизированной системой. В ходе эксперимента студенты были организованы в группы: контрольные и экспериментальные, с одинаковым количеством обучаемых (табл. 1). За исключением формы контроля, экспериментальные и контрольные группы поставлены в одинаковые условия обучения. Уровень способностей обучаемых в блоках контрольных и экспериментальных групп подбирался одинаковым. Требования к знаниям испытуемых оговорены заранее и были едиными как у группы экспертов-преподавателей, так и у автоматизированной системы. Было проведено 160 человеко-проверок.

Уровень знаний обучаемых оценивался по пятибалльной системе. Каждый из них мог получить 2, 3, 4 или 5 в зависимости от ряда факторов, которые полностью учесть невозможно. С этой точки зрения оценку можно рассматривать, как случайную величину, то есть каждое из значений x_i системы

оценок имеет вероятность p_i ($i \in \{2, 3, 4, 5\}$). Очевидно, что $\sum_{i=1}^5 p_i = 1$ [4].

Таблица 1

Распределение учебных групп на контрольные и экспериментальные.

Группы	Номера групп	Количество обучаемых в группе	Общее количество обучаемых
контрольные	Группа № 1	26	80
	Группа № 2	27	
	Группа № 3	27	
экспериментальные	Группа № 4	26	80
	Группа № 5	26	
	Группа № 6	28	

После изучения каждой темы в контрольной группе проводился опрос обучаемых. Из общего количества оценок N , полученных за время эксперимента, было определено количество двоек n_1 , троек n_2 , четверок n_3 и пятёрок n_4 . Затем найдены частоты по следующей формуле:

$$p_i^* = \frac{n_i}{N}, \quad (1)$$

где p_i^* – i -я частота (то есть частота оценки $(i+1)$), а n_i – i -я частость [5].

В частности, результаты расчетов по данным эксперимента в группе № 1 сведены в табл. 2, называемую статистическим рядом, в которой оценки располагаются в порядке их возрастания. Аналогично рассчитаны частоты и частоты по формуле (1) для экспериментальной группы № 5, на основании которых построен статистический ряд (табл. 3).

Для дальнейшего анализа необходимо вычислить такие числовые характеристики статистического распределения, как математическое ожидание m^* , дисперсию D^* , среднеквадратического отклонения σ^* , асимметрию S_k^* , эксцесс E_x^* и коэффициент вариации V^* по следующим формулам:

$$m^* = \sum_{i=1}^k x_i p_i^*, \quad (2)$$

$$D^* = \sum_{i=1}^k (x_i - m^*)^2 p_i^*, \quad (3)$$

$$\sigma^* = \sqrt{D^*} = \sqrt{\sum_{i=1}^k (x_i - m^*)^2 p_i^*}, \quad (4)$$

$$V^* = \frac{\sigma^*}{m^*} \cdot 100, \quad (5)$$

где p_i^* – i -я частота (то есть частота оценки $(i+1)$), рассчитывается по формуле (1), $\{x_i\}_{i=2}^5$ – значения оценок. Расчеты по формулам (2) – (5) для каждой из групп сведены в табл. 4.

Таблица 2

Статистический ряд контрольной группы № 1

Форма контроля	x_i	2	3	4	5
1 контрольная работа	n_i	1	9	7	9
	p_i^*	0,038	0,346	0,269	0,341
2 контрольная работа	n_i	1	8	10	7
	p_i^*	0,038	0,308	0,385	0,262
Итоговая контрольная работа	n_i	2	10	10	4
	p_i^*	0,077	0,385	0,385	0,154

Таблица 3

Статистический ряд экспериментальной группы № 5

Форма контроля	x_i	2	3	4	5
1 контрольная работа	n_i	1	5	8	12
	p_i^*	0,038	0,192	0,308	0,462
2 контрольная работа	n_i	3	9	7	7
	p_i^*	0,0115	0,346	0,269	0,269
Итоговая контрольная работа	n_i	2	6	9	9
	p_i^*	0,077	0,231	0,346	0,346

Таблица 4

Числовые характеристики статистических распределений

Характеристики	Форма контроля	m^*	D^*	σ^*	V^*
Контрольная группа № 1	1 контрольная работа	3,92	0,84	0,92	23,37
	2 контрольная работа	3,88	0,72	0,85	21,81
	Итоговая контрольная работа	3,62	0,7	0,82	23,11
Экспериментальная группа № 5	1 контрольная работа	4,16	0,77	0,88	20,94
	2 контрольная работа	3,69	0,98	0,99	26,84
	Итоговая контрольная работа	3,96	0,88	0,94	23,72

Математическое ожидание m^* является средним значением оценки, а дисперсия D^* показывает степень рассеяния значений оценки около m^* . Согласно полученным результатам (табл. 4), m^* для 2 контрольной работы, которая имеет наибольшую сложность, в экспериментальной группе № 5 ниже, чем в других. Однако, в контрольной группе №1 — имеет средний показатель, что связано с влиянием на точность измерения знаний субъективных факторов.

Следует отметить, что совокупность оценок в рассматриваемом примере (табл. 4) можно считать однородной, поскольку коэффициенты вариации $V^* < 30\%$. Также коэффициент вариации может характеризовать относительную меру влияния случайных причин, которые могут быть определены как субъективный фактор. Чтобы измерить влияние только данного субъективного фактора и отбросить параметр сложности контрольных работ, рассмотрено изменение оценок по каждой контрольной работе среди блока контрольных и экспериментальных групп. К каждой совокупности было применено правило сложения (разложения) вариации в статистическом анализе [6]. В качестве примера для данной методики рассмотрим 1 контрольную работу. Имеется совокупность оценок ($N_o = 80$) по трем группам: группе № 1, группе № 2, группе № 3 (табл. 5). Данная выборка сделана по признаку влияния субъективных факторов различных преподавателей экспертов на оценку обучаемого.

Таблица 5
Распределение оценок по контрольным группам в 1 контрольной работе

Оценка	Группа № 1	Группа № 2	Группа № 3
2	1	1	1
3	9	7	9
4	6	7	9
5	10	12	8
Количество:	26	27	27

Для данных групп можно вычислить такие виды вариаций: общую (W_o), межгрупповую (W_m) и внутригрупповую (W_b). W_o характеризует колеблемость признака под влиянием всех определяющих ее условий. W_m характеризует систематическую вариацию, обусловленную факторным признаком, положенным в основу группировки. В данном случае это субъективность преподавателя-эксперта. W_b характеризует вариацию, обусловленную не учитываемыми при группировке факторами (это полученные знания обучаемых).

$$W_o = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{N_o}; \quad (6)$$

$$W_m = \frac{\sum (\sum x_{gr})^2}{n_{gr}} - \frac{(\sum x)^2}{N_o}; \quad (7)$$

$$W_b = \sum x^2 - \frac{\sum (\sum x_{gr})^2}{n_{gr}}. \quad (8)$$

Для рассматриваемого примера по данным табл. 5 $n_{gr} = (26+26+27)/3 = 26,67$.

Общий объем вариации признака равен сумме межгрупповой и внутригрупповой вариации: $W_o = W_m + W_b$. Указанное равенство и является правилом сложения (разложения) вариации. Сопоставляя объемы межгрупповой и общей вариации, определяют степень влияния факторного признака, положенного в основу группировки, на колеблемость результативного признака. Итак, для данного примера, используя (6) – (8) получим: общий объем вариации оценок $W_o = 66,99$; объем межгрупповой вариации $W_m = 1,23$; объем внутригрупповой вариации $W_b = 65,76$. Общая вариация оценок обучаемых при прохождении 1 контрольной работы (66,99) расчленена на систематическую, обусловленную влиянием субъективного фактора (1,23), и случайную, вызванную действием не учтенного в данной группировке фактора — полученных знаний отдельных испытуемых (65,76). Найдем долю субъективного фактора η_m и объективного η_b по формулам: $\eta_m = \frac{W_m}{W_o}$ и $\eta_b = \frac{W_b}{W_o}$. Проведя вычисления, получим $\eta_m = 1,829$, а $\eta_b = 98,171$. Следовательно, 1,829% общего колебания вариации приходится на субъективный фактор η_m , а 98,171% – на объективный фактор η_b .

Рассмотрим, как варьируют факторы η_m и η_b при контрольных работах разной сложности во всех контрольных и экспериментальных группах, прошедших эксперимент (табл. 6 и табл. 7)

Таблица 6

Доля факторов, влияющих на качество оценивания в контрольных группах

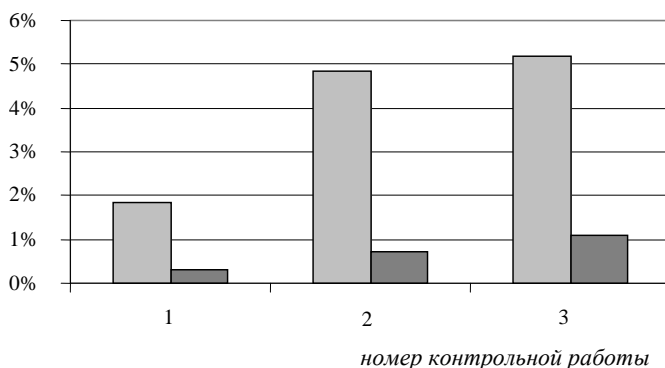
Фактор, влияющий на оценку	1 контрольная работа	2 контрольная работа	3 контрольная работа
субъективный η_m	1,829	4,845	5,176
объективный η_b	98,171	95,156	94,824
Итого:	100	100	100

Таблица 7

Доля факторов, влияющих на качество оценивания в экспериментальных группах

Фактор, влияющий на оценку	1 контрольная работа	2 контрольная работа	3 контрольная работа
Субъективный η_m	0,296	0,711	1,079
Объективный η_b	99,704	99,289	98,921
Итого:	100	100	100

Для большей наглядности приведем изменение доли субъективного фактора η_m для контрольных групп № 1-№ 3 и экспериментальных групп № 4-№ 6 (значения η_m приведены в табл. 6 и 7) на столбиковой диаграмме (рисунок).



Влияние субъективных факторов на качество оценивания знаний:

- контрольные группы;
- экспериментальные группы.

Следовательно, при измерении знаний в традиционной форме контроля с личным участием преподавателя наблюдается достаточно большая роль субъективного фактора. При автоматизированном контроле этот параметр значительно снижается: η_m практически близко к нулю (см. табл. 6, 7 и рисунок). По всей видимости, на значения данного фактора влияют и другие, неучтенные параметры, такие как, например, психологический настрой обучаемого.

Таким образом, изложенный подход лежит в основе разработанного метода оценки влияния субъективного фактора на качество оценивания знаний.

Список литературы: 1. Ситников Д. Е. Логічні засоби оцінювання знань студентів / Д. Е. Ситников, Г. Г. Асеев, В. М. Вакулєнко // Вісник ХДК. — Харків, 1999. — С.176-181. — Вип.1. — Бібліотекознавство. Документознавство. Інформатика. 2. Асеев Г. Г. Об одном логико-алгебраическом подходе к построению автоматизированных систем контроля знаний / Д. Э. Ситников, Г. Г. Асеев, В. М. Вакулєнко // Вестник ХГПУ. — Вып.51. — Системный анализ, управление и информационные технологии. — Харьков, 1999. — С. 193-198. 3. Ситников Д. Э. Представление процесса формирования оценки знаний в виде логических уравнений с конечными предикатами / Д. Э. Ситников, В. М. Дёмина // Вестник ХГПУ. — Харьков, 2000. — С. 115-119. — Вып.93. — Системный анализ, управление и информационные технологии. 4. Суздаль В. Г. Программирование учебного материала и оценка эффективности его реализации / В. Г Суздаль, И. А Высокодворский // Программированное обучение: Сб. ст. — Л., 1968. — С.76-103. 5. Ситников Д. Э. Оценка эффективности автоматизированной контролирующей системы / Д. Э. Ситников, В. М. Дёмина // АСУ и приборы автоматики. — Х., 2001. — Вып. 115. — С. 76-81. 6. Горкавий В. К. Статистика: підручник /В. К. Горкавий. — Київ: Вища шк., 1995. — 415с.

Поступила в редакцию: 05.05.05

З.П.КОНОХОВА, канд. экон. наук, доцент, НТУ «ХПИ»,
Н.В.СУХОРУКОВА, ст. преп., НТУ «ХПИ», **Ю.В.КОНОХОВА**,
инженер, НТУ «ХПИ»

СПЕЦИФИКАЦИЯ ПРАВ СОБСТВЕННОСТИ В ПРОЦЕССЕ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УКРАИНЫ

Статтю присвячено проблемам розподілу та захисту прав власності у процесі формування економічної системи України. Досліджуються чинники “розмивання” прав власності, аналізується його вплив на ефективність функціонування економіки.

The article is devoted to the problems of division and defense of ownership rights in the process of forming of the economic system of Ukraine. The factors of “washing” out of ownership rights are explored; his influence is analyzed on efficiency of functioning of economy.

Общая постановка проблемы основывается на зависимости эффективности функционирования экономической системы от принципов распределения и механизма защиты прав собственности. Спецификация прав собственности формирует у субъекта хозяйствования систему стимулов, ориентируясь на которые, он организует свою деятельность тем или иным образом. Механизм согласования/подчинения интересов субъектов хозяйствования, общества и государства определяет, таким образом, условия роста и развития экономической системы.

Связь проблемы с важнейшими научными и практическими задачами определяется отсутствием четкой спецификации прав собственности в современной Украине, что отражает конфликт интересов государства и субъектов хозяйствования, создает условия для развития внеправового, полуправового и даже криминального секторов экономики, существенно снижает эффективность функционирования легального сектора.

Анализ актуальных исследований и научных публикаций дает возможность сделать вывод о том, что сущность, структура прав собственности, проблемы их спецификации и модернизации в связи с вопросами эффективности функционирования экономики, являются предметом исследования таких выдающихся ученых, как Р. Коуз, А. Алчян, Л. де Алесси, Д. Норт, А. Пигу, М. Фридмен, Дж. Стиглер, Дж. Бьюкенен и др., разработавших теорию прав собственности как особое направление в институциональной теории. К сожалению, в отечественной литературе эта проблема практически не исследуется. Некоторое внимание уделяют ей российские исследователи, в частности, В.И.Кузнецов и Р.И. Капелюшников.

Цель настоящей работы состоит в исследовании некоторых аспектов спецификации прав собственности в условиях современной Украины, переживающей период трансформации экономической системы.

Таким образом, **основное содержание работы** определяется необходимостью теоретического исследования процесса формирования основного экономического отношения в трансформируемом национальном хозяйстве. При этом мы исходим из следующих положений.

Формирование в Украине экономической системы рыночного типа делает настоятельной необходимостью теоретическое исследование ее атрибутов применительно к особенностям современных трансформационных процессов.

Любая экономическая система имеет свойства, отражающие как ее специфику (особенное), так и принадлежность к определенному классу систем (общее). Принцип функционирования любой экономической системы определяется на основе взаимодействия так называемых «исходного» и «основного» экономических (производственных) отношений, которые идентифицируют, соответственно, характер и механизм реализации связей между элементами системы (субъектами хозяйствования).

Для экономики рыночного типа исходным является товарное отношение, предполагающее, что владельцы благ являются обособленными субъектами хозяйственных отношений, то есть относятся друг к другу как частные собственники ресурсов и товаров. Товарные отношения могут принимать различные формы, специфика которых определяет тип конкретной экономической системы и выражается в основном экономическом отношении, реализуемом в подавляющем большинстве связей между субъектами хозяйствования.

Основное производственное отношение представляет собой экономическую форму соединения экономических ресурсов, в которой реализуется комплекс отношений собственности. В свою очередь, отношения собственности закрепляются в комплексе прав собственности, распределение и защита (спецификация) которых составляют обязательное условие формирования целостной, жизнеспособной, эффективной экономической системы.

Проблема спецификации/размывания прав собственности заняла такое большое место в работах западных экономистов (по словам С. Пейовича и Э. Фьюрбота, она является ядром современной теории фирмы) [1, с.47], потому что именно через нее вскрываются сложные обратные связи между собственностью и экономической организацией производства. Как подчеркивается теоретиками прав собственности, содержание и распределение этих прав влияют и на аллокацию ресурсов, и на объем и

условия обмена, и на распределение и уровень дохода, и на процессы ценообразования [2, с.14].

Права собственности понимаются упомянутыми авторами как санкционированные поведенческие отношения между людьми, которые возникают в связи с существованием благ и касаются их использования. Эти отношения определяют нормы поведения по поводу благ, которые любое лицо должно соблюдать в своих взаимодействиях с другими людьми или же нести издержки из-за их несоблюдения. Господствующая в обществе система прав собственности есть в таком случае сумма экономических и социальных отношений по поводу редких ресурсов, вступив в которые отдельные члены общества противостоят друг другу [1, с.3].

Право собственности описывает отношения между людьми по поводу использования редких вещей, а не отношения между людьми и вещами, то есть, рассматривается как «пучок или *доля* прав по использованию ресурса» [3, с.17]. "Полное" определение прав собственности, которое к настоящему времени стало хрестоматийным, было предложено английским юристом А. Оноре [4, с.125].

Теория прав собственности исходит из базового представления, выказанного еще в XIX веке Е. Бем-Баверком [5] о том, что любой акт обмена есть по существу обмен пучками правомочий. Из этой трактовки следует, что товар - это определенная сумма не только физических характеристик, но также связанных с ним прав и юридических ограничений. Поэтому ценность товара (и его денежная цена) определяется совокупностью всех этих факторов. Чем шире набор прав, связанных с данным ресурсом, тем выше его ценность. Кроме того, экономические агенты, естественно, не могут передать в обмене больше правомочий, чем они имеют. Поэтому расширение или сужение имеющихся у них прав собственности, будет приводить также к изменению условий и масштабов обмена (увеличению или уменьшению числа сделок в экономике).

Существенное влияние на условия и масштабы обмена оказывает определенность в распределении и защита (спецификация) прав собственности. Формирование в Украине экономики рыночного типа заставляет обратить пристальное внимание на особенности спецификации собственности, т.е. методы исключения субъектов, не являющихся владельцами данного ресурса, из свободного доступа к нему. Высшая степень исключительности свойственна частной собственности, на которой, как известно, базируется исходное производственное отношение экономических систем рыночного типа.

Высокая степень исключительности, свойственная частной собственности, имеет два поведенческих следствия, с которыми западные теоретики связывают решающие преимущества частнособственнического правового режима.

Во-первых, исключительность права предполагает, что на собственника и только на него падают все положительные и отрицательные результаты осуществляемой им деятельности. Поэтому он оказывается заинтересованным в максимально полном их учете при принятии решений. Это - важнейший экономический стимул, который обеспечивает эффективность принимаемых решений (в смысле преобладания положительных последствий над отрицательными), способствуя тем самым повышению благосостояния общества: "Чем определеннее права частной собственности, тем теснее отношение между благосостоянием индивидуума и экономическими (социальными) последствиями его решений. Как результат, тем сильнее для него стимул учитывать те выгоды или тот ущерб, которые его решения приносят другим индивидуумам" [6, с.4].

Во-вторых, исключительность права отчуждения означает, что в процессе обмена вещь будет передана тому экономическому агенту, который предложит за нее наивысшую цену (т.е. для кого она представляет максимальную ценность). Тем самым обеспечивается эффективная аллокация ресурсов, поскольку в ходе обмена они будут перемещаться от менее производительных употреблений - к более производительным, от лиц, меньше их ценящих, - к лицам, ценящим их больше.

Спецификация прав собственности способствует созданию устойчивой экономической среды, уменьшая неопределенность и формируя у индивидуумов стабильные ожидания относительно того, что они могут получить в результате своих действий и на что они могут рассчитывать в отношениях с другими экономическими агентами.

Неполнота спецификации именуется западными теоретиками "размыванием" (attenuation) прав собственности. В гипотетической ситуации, где правомочия собственников оставались бы абсолютно неопределенными, всякая деятельность, направленная не на удовлетворение сиюминутных потребностей, а, к примеру, на инвестирование, консервацию ресурсов, образование запасов и др., стала бы невозможна. Экономическая активность общества была бы низведена на самый примитивный уровень. Именно такая ситуация наблюдалась в Украине в 1991-1998 годах, о чем свидетельствует обширная статистика [7, с.511-582].

Размывание прав собственности может происходить либо потому, что они неточно установлены, плохо защищены и непредсказуемо меняются, либо потому, что они подпадают под разного рода ограничения (главным образом - со стороны государства), в том числе экономического характера (например, неоправданно высокая налоговая нагрузка, создание льготных условий функционирования объектов, находящихся в сфере бизнес-интересов представителей различных лоббистских групп). Способствует размыванию прав собственности и высокий уровень коррумпированности государственных чиновников, выполняющих в отношении владельцев и

объектов собственности контролирующие функции. Односторонний и принудительный характер ограничения прав собственности государством снижает эффективность функционирования экономической системы, формирует сегменты, находящиеся вне сферы государственного контроля (теневой сектор экономики).

В переходной экономике Украине процессы размывания прав собственности протекают чрезвычайно активно. Основание их было заложено характером и механизмом разгосударствления и приватизации объектов государственной собственности. Практически полная непрозрачность приватизационных процессов объяснялась, очевидно, стремлением государственного аппарата провести целевую передачу объектов собственности лицам и структурам, приближенным к высшим государственным чиновникам. Приватизация ключевых объектов сопровождалась, как известно, соперничеством финансово-политических группировок, в процессе которого вопрос эффективной аллокации экономических ресурсов вообще не поднимался. В результате в Украине до сих пор не произведена структурная перестройка экономики, практически отсутствуют стимулы к инвестированию средств иностранными субъектами хозяйствования, велики инвестиционные риски.

Кроме того, размыванию прав собственности в современных условиях способствует, на наш взгляд, действие следующих факторов:

- непосильная налоговая нагрузка, возложенная на хозяйствующих субъектов, структура налогов, не ориентированная на стимулирование предпринимательства, отсутствие автоматизма функционирования налоговой системы;

- чрезмерная регламентация экономической деятельности;

- неоправданное увеличение масштабов государственного вмешательства в экономику.

По оценкам экспертов [8, с.37], 55% предприятий полностью или частично уходят в тень из-за непосильной налоговой нагрузки, и, прежде всего, из-за высокого уровня отчислений в фонды социального страхования, высокого уровня НДС, избирательного характера возмещения этого налога и наличия огромной задолженности государства по выплатам возмещения (на 01.03.05 задолженность по возмещению НДС оставалась достаточно большой и составляла 1 млрд.грн. [9, с.9]). Кроме того, огромен объем «неофициальных» налогов, сопоставимый с объемом налогов, законодательно оформленных.

Между совокупным уровнем налогообложения доходов и масштабами развития теневой экономики существует прямая зависимость. Так, в Греции, Италии, Бельгии и Швеции, где изымается в виде налогов 72-78% прибыли, доля ВВП, производимого теневым сектором, составляет от 23,4 до 29%. В США и Швейцарии, где процент изъятия составляет, соответственно, 41,4 и

39,7%, указанная доля равна 8,9 и 8,0% [8, с.37]. В Украине в виде официальных налогов изымается от 76 до 98 и более процентов прибыли. Уже эти данные дают возможность оценить масштаб национальной теневой экономики.

Проявление процесса размывания прав собственности является и отсутствие единых для всех субъектов хозяйствования правил уплаты налогов. Так, по случайному стечению обстоятельств через три недели после назначения нового премьер-министра был списан налоговый долг корпорации ЕЭСУ в размере 7,4 млрд. грн.[9, с.9]¹

Чрезмерная регламентация экономической деятельности выражается в запрете на обращение определенных товаров и услуг, административном вмешательстве в ценообразование, частой смене законодательства. Количество нормативных актов, принимаемых в течение года, неуклонно увеличивается. Так, по сведениям Международной финансовой корпорации, в 2001 году было принято 150 нормативных актов, касающихся регулирования налогообложения, 230 – регулирующих предпринимательство, промышленность, ТЭК, 220 – касающихся ВЭД и таможенного законодательства. В 2002 году количество решений, регулирующих указанные сферы деятельности, составило, соответственно, 140, 210 и 260, а в 2003 – 225, 260 и 347 [10.с.32]. Проявлением чрезмерной регламентации хозяйственной деятельности является также огромное количество проверок действующих предприятий контролирующими инстанциями (например, в 2003 году их было проведено более 4 млн., т.е. в среднем каждое предприятие было проверено 13 раз). Большинство предпринимателей отмечают, что требования контролирующих органов выполнить намного сложнее, чем заплатить штраф или взятку [10, с.32]. Таким образом, резко повышается стоимость ведения бизнеса. Результатом низкого качества бизнес-среды в Украине является также образование и рост нелегальных рынков труда, товаров, финансовых и других ресурсов, снижение предпринимательской активности в легальном секторе экономики.

Неоправданное увеличение масштабов государственного вмешательства в экономику связано, прежде всего, с формированием и распределением бюджетных фондов.

В промышленно развитых странах через бюджет перераспределяется 30-60% ВВП. Для них характерна прямая связь между долей государственных расходов в ВВП и масштабами теневой экономики.

В государствах с переходной экономикой, и в Украине в том числе, эта связь имеет обратный характер. Сокращение расходов государства приводит к росту теневого сектора. По оценкам экспертов, на каждый процентный

¹ Общая сумма налогового долга на 01.03.05 составляла 15,5 млрд. грн.

пункт снижения доли бюджета в ВВП приходится один процентный пункт роста теневой экономики [8, с.37].

В Украине через бюджет перераспределяется 27,6% ВВП. По сравнению с развитыми странами это немного. Но бюджетные расходы на государственное администрирование постоянно растут, как и масштабы теневой экономики. Это свидетельствует о крайне неэффективном расходовании бюджетных средств, столь же неэффективном государственном управлении, прежде всего, процессом спецификации прав собственности.

В Украине стало привычным, что существуют реальный и формальный собственники имущества. Низкая эффективность работы многих приватизированных предприятий говорит о том, что они лишь формально перешли в частную собственность. Реальный собственник кровно заинтересован в прибыльности своего бизнеса, стремится осуществлять инвестиции, обеспечивать рост и развитие своего бизнеса. Наиболее показательными, на наш взгляд, данными о последствиях развития теневого сектора в экономике является соотношение долей в официальном ВВП инвестиций и оценочного объема продукта, произведенного теневым сектором экономики (см. рис.1.).

Свидетельством неопределенности прав собственности и отсутствия четкого механизма их экономической реализации является и то, что до сих пор законодательно не определены понятия государственной и национальной компании, не сформулированы принципы формирования государственного сектора экономики. Многие «госхолдинги», будучи субъектами хозяйствования, и оперируя на том или ином рынке, получают полномочия контролирующих органов, что позволяет им дискриминировать своих частных конкурентов. С другой стороны, некоторые прибыльные приватизированные предприятия, имеющие существенные доли соответствующих рынков, часто пользуются льготами в сфере налогообложения, тарифов и др.

Таким образом, очевидно, что в процессе распределения прав собственности сталкиваются два основных критерия – критерий эффективности и критерий максимизация дохода управляющего субъекта. Критерий эффективности порождается назначением экономической системы, должен рассматриваться как стратегический, реализуемый в длинном временном интервале в процессе самоорганизации системы, т.е. как объективный. Критерий максимизации дохода управляющего субъекта формируется вместе с формированием его обособленных интересов, имеет перманентно-периодический характер, краткосрочен и субъективен. Д. Норт в этой связи отметил: "...фактически наиболее очевидные уроки истории состоят в том, что политические системы имеют врожденную склонность устанавливать неэффективные права собственности, что приводит к стагнации и упадку.

Такому исходу есть две главные причины.

Во-первых, извлекаемый правителями доход может быть больше при неэффективной структуре прав собственности, которая, однако, допускает более действенный контроль и поэтому более внушительное взимание налогов, чем при эффективной структуре прав собственности, которая имеет высокие издержки по контролю и регулированию.

Во-вторых, правители редко могут позволить себе устанавливать эффективные права собственности, потому что они вызвали бы этим недовольство среди значительной части подданных и, таким образом, сделали бы свое положение менее надежным. То есть даже тогда, когда правители желали бы установить правила, исходя из критериев эффективности, соображения выживания будут диктовать им иной курс действий, потому что эффективные правила вызвали бы раздражение могущественных политических групп со специальными интересами" [12, с.422].

Как полагает Д. Норт, этим объясняется конфликт между задачами экономического роста и большинством существовавших в экономической истории правовых режимов собственности: "На самом деле структура прав собственности, которая максимизирует ренту для правителя (или правящего класса), находится в конфликте со структурой, которая обеспечивала бы экономический рост" [13, с.28].

Вопрос о наделении членов общества правами собственности тесно связан с вопросом о способах передачи и комбинирования этих прав (т.е. о матрице контрактных отношений). Переструктурирование прав собственности неизбежно сопровождается видоизменением организационных форм их реализации, сдвигами в системе экономических стимулов, изменением поведения экономических агентов в диапазоне от временного прекращения хозяйственной деятельности до открытого сопротивления проводимым реформам.

Сопrotивление институциональным нововведениям может преодолеваться двумя способами - либо убеждением (что требует выработки межгрупповых компромиссов), либо навязыванием новых "правил игры" силой. Любые попытки переструктурирования прав собственности, следовательно, будут приняты субъектами хозяйствования только в том случае, если ожидаемые выгоды превосходят ожидаемые издержки.

В условиях трансформирования экономической системы Украины переструктурирование прав собственности является условием формирования рыночной инфраструктуры, установления необходимой критической массы горизонтальных связей между хозяйствующими субъектами, развития процессов самоорганизации в экономической системе, изменения принципов

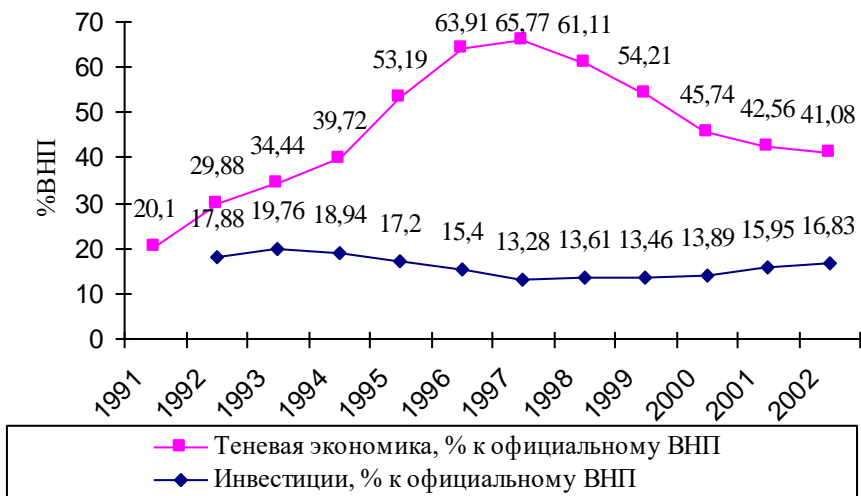


Рис 1. Инвестиции и теневая экономика в официальном ВВП²

и методов управления, как на микро-, так и на макроуровне.

Управление экономической системой как процесс, требующий наличия специфического механизма и направленный на формирование структуры и обеспечение эффективного функционирования системы, развивается и видоизменяется во взаимосвязи с эволюцией самой экономической системы. Диалектика этой взаимосвязи заключается в том, что, с одной стороны, характер системы определяет принципы и механизм управления ею, а с другой, - управление системой может стать фактором, во многом определяющим ее характер. Эволюционное развитие системы актуализирует первую, объективную сторону взаимосвязи, революционные, катастрофические преобразования – вторую, субъективную. Трансформация экономики Украины, состоящая, по сути, в формировании системы рыночных связей между экономическими субъектами, требует теоретической разработки принципов управления данным процессом. Последнее, в свою очередь, становится возможным лишь на основе научного представления об объективных закономерностях осуществления системных кризисов.

Эффективная институциональная структура, и, прежде всего, - система прав собственности, оказывается, таким образом, важнейшей предпосылкой роста и развития экономической системы. Главная функция институтов - экономия транзакционных издержек. В той мере, в какой они справляются с этой задачей, углубляются процессы специализации и разделения труда,

² Рассчитано по: [11, с.44-46].

возрастают интенсивность и масштабы обмена, повышается степень целостности экономической системы, а значит – ее возможности в удовлетворении растущих потребностей общества. В той мере, в какой институты уклоняются от выполнения упомянутой задачи и начинают служить интересам отдельных социальных групп, экономический прогресс тормозится или вовсе приостанавливается.

Выводы.

1.Формирование основного экономического отношения в трансформируемой экономике Украины имеет две существенные особенности. Первая заключается в том, что процессы трансформации неизбежно сопряжены с переструктурированием прав собственности. Принцип, в соответствии с которым осуществляется переструктурирование (разгосударствление и приватизация, развитие частного предпринимательства и корпоратизации), не выводится из критерия эффективности функционирования экономики.

Вторая особенность состоит в активном развитии процессов размывания прав собственности, что в корне противоречит объективному требованию формирования целостной жизнеспособной зрелой экономической системы и эффективного ее функционирования.

2.Размывание прав собственности способствует криминализации экономики, то есть, формированию ее сектора, находящегося вне контура государственного управления.

3.Крайне низкая эффективность государственного управления экономикой, высокие риски, в том числе, инвестиционные, не позволяют развивать инновационную деятельность, что тормозит экономический рост.

4.Снижение темпов экономического роста как неизбежное следствие размытости прав собственности и неэффективного управления экономикой ставит под вопрос возможность обеспечения социальной направленности ее (экономики) функционирования.

Список литературы: 1.The economics of property rights. Ed. by *Furuboth E. G., Pejovich S.* - Cambridge, 1974. 2.*Pejovich S.* Fundamentals of economics: a property rights approach. - Dallas, 1981. 3.*Demsetz H.* Toward a theory of property rights. - "American Economic Review", 1967, v. 57, N 2. 4.*Олейник А.Н.* Институциональная экономика. - М.: ИНФРА-М, 2004. 5.*Böhm-Bawerk E.* Rechte und Verhältnisse vom Standpunkt der volkswirtschaftlichen Güterlehre. - Innsbruck. 1981. 6.*De Alessi L.* The economics of property rights: a review of evidence. – "Research in Law and Economics", 1980, v. 2. 7. Перехідна економіка/ За ред. В.М. Гейця. - К.: Вища школа, 2003. 8.*В.Калугин, А.Волченко.* Тень, закрывающая солнце. - Бизнес. 2003. №22 (541). 9. В переулке чекистов. - Бизнес. 2005. №12. 10.*Н.Медведева.* Страна под колпаком. - Бизнес. 2004. №40. 11.*В.Калугин.* Власть смотрит в тень. - Бизнес.2003. №25 (544). 12.*North D. C.* Institutions, transaction costs, and economic growth. - "Economic Inquiry", 1987, v. 25, N 3. 13.*North D. C.* Structure and change in economic history. - N. Y., 1981.

Поступила в редколлегию 28.04.05

Л.Г. РАСКИН, д-р. техн. наук,
В.С. ЗАРУБИН, аспирант

ПЛАНИРОВАНИЕ МОДУЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Розглянуто задачу планування багатонаменклатурного виробництва з використанням модулів. Задача формалізована у виді багатоіндексної задачі булевої програмування. Запропонований простий ітераційний алгоритм її розв'язання.

Введение. Особенностью современного многонаменклатурного массового производства является разнообразие ассортимента выпускаемой продукции, перечень типов которой содержит сотни наименований. Для изготовления этой продукции используется различное оборудование, в том числе станки, специальные приспособления и т.д. Каждый такой станок, как правило, является многофункциональным и, после соответствующей переналадки, может выполнять необходимые технологические операции для разных типов изделий. При этом продолжительность переналадки зависит от того, с какого именно типа изделия и на какой осуществляется переналадка. Важнейшей задачей такого производства является рациональное назначение оборудования для выполнения операций по изготовлению изделий.

В условиях крупного промышленного производства количество типов выпускаемых изделий и количество станков, используемых в производстве, исчисляется сотнями. В связи с этим возникающая здесь задача оптимального назначения оборудования имеет очень высокую размерность. Эффективное направление преодоления "проклятия размерности" при решении подобных задач состоит в декомпозиции. Следует отметить, что идея декомпозиции моделей хорошо согласуется с общей тенденцией упрощения и унификации структуры производства, основанной на все более широком использовании модульного принципа организации производства. При этом все множество станков разбивается на совокупность модулей. Каждый такой модуль состоит из набора станков, обеспечивающих выполнение всех операций, предусмотренных технологией при изготовлении конкретного типа изделий. Поскольку все станки являются переналаживаемыми, каждый модуль может изготавливать изделия разных типов, образующих группу, "привязанную" к этому модулю. При этом в каждую такую группу естественно включать те типы изделий, для которых продолжительности взаимных переналадок минимальны. Таким образом, каждому модулю будет поставлена в соответствие одна или несколько групп изделий, которые могут быть изготовлены этим модулем. На втором этапе решения задачи осуществляется рациональное назначение для каждого из модулей групп изделий, таким

образом, чтобы план производства был максимально эффективным. Формализуем задачу.

Постановка задачи.

Введем следующие обозначения:

i - номер группы, $i=1,2,\dots,m$,

j - номер типа изделия, $j=1,2,\dots,n$,

k - номер типа модуля, $k=1,2,\dots,p$,

$M_k, k=1,2,\dots,p$, - множество групп изделий, которые могут изготавливаться k -м модулем,

$E_i, i=1,2,\dots,m$, - множество типов изделий, входящих в i -ю группу,

h_i - количество типов изделий, входящих в i -ю группу,

η_{jk} - производительность k -го модуля при изготовлении изделий j -го типа - [ед./смена],

t_{kj,i_1,j_2,i_2} - время переналадки k -го модуля с изготовления j_1 -го изделия группы i_1 на изготовление j_2 -го изделия группы i_2 .

Введем теперь матрицу $X = (x_{ik})$, задающую план назначений. Здесь

$$x_{ik} = \begin{cases} 1, & \text{если } i - \text{я группа изделий производится } k - \text{м модулем,} \\ 0 & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

В качестве критерия эффективности плана назначений используем суммарное количество изготавливаемых изделий всех типов при условии удовлетворения заданному плану-заказу производства.

Формальная модель задачи имеет вид: найти план $X = (x_{ik})$, максимизирующий

$$F(x) = \sum_{k=1}^p \left\{ A_k - \sum_{i \in M_k} \left[\left(\sum_{j \in E_i} \frac{b_j}{\eta_{jk}} \right) + h_i t_{ki}^{(1)} \right] x_{ik} - \left(\sum_{i \in M_k} x_{ik} \right) t_k^{(2)} \right\} = \sum_{k=1}^K R_k(X) \tag{1}$$

и удовлетворяющий ограничениям

$$R_k(X) \geq 0, \quad k = 1, 2, \dots, p, \tag{2}$$

$$\sum_{k=1}^K x_{ik} = 1, \quad i = 1, 2, \dots, m. \tag{3}$$

Здесь A_k - временной ресурс k -го модуля, равный минимальному из ресурсов станков, входящих в этот модуль,

$t_{ki}^{(1)}$ - продолжительность переналадки k -го модуля для изделий i -й группы,

$t_k^{(2)}$ - продолжительность переналадки k -го модуля для изделий разных групп.

Введем $T_{ik} = \left(\sum_{j \in E_i} \frac{b_j}{\eta_{jk}} \right) + h_i t_{ki}^{(1)}$ - время выполнения плана по изделиям,

входящим в i -ю группу, k -м модулем с учётом переналадок. Тогда соотношения (2) и (3) упростятся к виду

$$F(x) = \sum_{k=1}^K \left[A_k - \sum_{i \in M_k} T_{\sum ik} x_{ik} \right], \quad (4)$$

$$R_k(X) = A_k - \sum_{i \in M_k} T_{\sum ik} x_{ik} \geq 0, \quad T_{\sum ik} = T_{ik} + t_k^{(2)}, \quad k = 1, 2, \dots, p. \quad (5)$$

Методика решения задачи. Рассмотрим методику решения сформулированной задачи. Оптимизационная процедура решения задачи состоит из двух этапов: предварительного и основного. На предварительном этапе последовательно осуществляется назначение наиболее производительного модуля для каждой из групп изделий.

Понятно, что формируемый при этом план назначений является оптимальным в смысле критерия (4), если не учитывать ограничений (5). Поэтому, если полученный на предварительном этапе план удовлетворяет ограничениям (5), то решение первой подзадачи получено.

В противном случае, на основном этапе осуществляется коррекция плана, полученного на предварительном этапе, с целью удовлетворения этим ограничениям.

Пусть $X^{(0)} = (x_{ik}^{(0)})$ - план, полученный на предварительном этапе. Вычислим значения ресурса модулей, расходуемого для реализации плана.

$$G_k^{(0)} = \sum_{i=1}^m T_{\sum ,ik} \cdot x_{ik}^{(0)}.$$

В результате сравнения полученных значений $G_k^{(0)}$ с ресурсными ограничениями R_k , $k=1, 2, \dots, K$., все множество номеров модулей $M = \{1, 2, \dots, K\}$ разобьется на три подмножества:

$$M^- = \left\{ k : G_k^{(0)} > R_k \right\}, \quad M^+ = \left\{ k : G_k^{(0)} < R_k \right\}, \quad M^{(0)} = \left\{ k : G_k^{(0)} = R_k \right\}$$

Столбцы плана, имеющие номера $k \in M^{(0)}$, будем называть нулевыми, столбцы с номерами $k \in M^+$ - избыточными (ресурс модуля не использован полностью, избыточен), столбцы с номерами $k \in M^-$ - недостаточными (план не может быть реализован ввиду недостаточности ресурса).

Множество модулей, входящих в $M^{(0)}$, исключим из дальнейшего рассмотрения.

Процедура коррекции выполняется на основном этапе. Решаемая этой процедурой задача состоит в том, чтобы из выбранного недостаточного столбца передать назначение на выполнение работы в избыточный столбец с минимальными потерями производительности. В соответствии с этим выберем тройку (i_1^*, k_1^*, k_2^*) , для которой

$$(i_1^*, k_1^*, k_2^*) = \arg \min_{\substack{i_1 \in M^- \\ k_2 \in M^+}} \{T_{\sum ik_2} - T_{\sum ik_1}\}$$

Теперь план назначений $X^{(0)}$ изменим следующим образом:

$$x_{ij} = \begin{cases} x_{ik}^{(0)} - I, & i = i^*, k = k_1^* \in M^-, \\ x_{ik}^{(0)} + I, & i = i^*, k = k_2^* \in M^+, \\ x_{ik}^{(0)}, & [(i = i^*) \cap (k \neq k_1^*) \cap (k \neq k_2^*)] \cup i \neq i^*. \end{cases} \quad (6)$$

Понятно, что реализация преобразования (6) делает столбец k_1 менее недостаточным, а столбец k_2 - менее избыточным. Повторение этих одношаговых коррекций через конечное число шагов приведет к целочисленному плану, удовлетворяющему ограничениям.

Выводы. Разработана методика планирования многономенклатурного производства с использованием модулей. При этом каждый модуль состоит из набора станков, выполняющих необходимые операции при изготовлении конкретных типов изделий. Задача формализована в виде многоиндексной задачи булева программирования. Предложен простой итерационный алгоритм ее решения.

Поступила в редколлегию 4.07.05

О.В. СЕРАЯ, канд. техн. наук

НЕЧЕТКОЕ ЛИНЕЙНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ

Розглянуто методику розв'язання задачі лінійного програмування у нечіткій постановці. Задачу розв'язано у припущенні, що параметри цільової функції є нечіткі гаусові числа. Запропоновано ітераційну процедуру рішення.

Введение. Каноническая задача линейного программирования формулируется следующим образом:

найти набор (x_1, x_2, \dots, x_n) , максимизирующий

$$L(x) = \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

и удовлетворяющий ограничениям

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i \quad i = 1, 2, \dots, m,$$

$$x_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n.$$

Эти соотношения в векторной форме имеют вид:

$$L(x) = C^T X, \quad (1)$$

$$AX = B, \quad (2)$$

$$X \geq 0, \quad (3)$$

где

$$C = \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \dots \\ c_n \end{pmatrix}, \quad A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_m \end{pmatrix}, \quad X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{pmatrix}.$$

Для решения этой задачи используется стандартный симплекс-метод.

Типичная особенность реальных задач техники, экономики, биологии и т.д. состоит в том, что исходные данные (параметры) задач являются неопределенными. При этом достаточно часто характер неопределенности таков, что эти данные не могут быть интерпретированы, как случайные величины, поскольку закон их распределения неизвестен. В этой ситуации

наиболее естественным является представление этих данных в виде нечетких чисел. Понятно, что стандартная технология решения задачи линейного программирования в этих условиях неприемлема.

Поставим задачу разработки методики решения задачи (1)-(3) для случая, когда параметры целевой функции (1) являются нечеткими числами.

Постановка задачи. Пусть c_j - нечеткие числа с функциями принадлежности соответственно равными

$$\mu_j(c_j) = \exp\left\{-\frac{(c_j - \bar{c}_j)^2}{2D_j}\right\}, \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (4)$$

Тогда функция принадлежности $L(x)$ имеет вид:

$$\mu(y) = \mu[L(x)] = \exp\left\{-\frac{(y - m(x))^2}{2D(x)}\right\}, \quad (5)$$

где

$$m(x) = \sum_{j=1}^n \bar{c}_j x_j, \quad (6)$$

$$D(x) = \sum_{j=1}^n D_j x_j^2 = \sum_{j=1}^n d_j^2 x_j^2. \quad (7)$$

Выберем некоторое фиксированное значение уровня принадлежности $\mu(y) = a$, которому соответствует $y = y^*$, то есть

$$\exp\left\{-\frac{(y^* - m(x))^2}{2D(x)}\right\} = a.$$

Отсюда

$$(y^* - m(x))^2 = -2D(x) \ln a.$$

Далее, выбирая значение y^* так, чтобы выполнялось неравенство

$$y^* > m(x),$$

получим

$$\begin{aligned} y^*(x) &= m(x) - (-2D(x) \ln a)^{\frac{1}{2}} = m(x) - D(x) \left(\ln \frac{1}{a^2}\right)^{\frac{1}{2}} = m(x) - kD(x) = \\ &= \sum_{j=1}^n \bar{c}_j x_j - k \left(\sum_{j=1}^n d_j^2 x_j^2\right)^{\frac{1}{2}}, \quad k = \left(\ln \frac{1}{a^2}\right)^{\frac{1}{2}}. \end{aligned} \quad (8)$$

Теперь задачу нечеткого линейного программирования естественно сформулировать следующим образом:

найти вектор $X^T = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, максимизирующий $y^*(x)$ на множестве ограничений $G(x)$, где

$$G(x) = \{X : AX = B, X \geq 0\}.$$

Рассмотрим одну из возможных процедур приближенного решения этой задачи.

Методика решения нечеткой задачи линейного программирования.

В соответствии с (8) максимизация подлжежит функционал

$$y(x) = \sum_{j=1}^n \bar{c}_j x_j - k \left(\sum_{j=1}^n d_j^2 x_j^2 \right)^{\frac{1}{2}}.$$

Пусть $X^{(0)}$ - каким-либо образом выбранное начальное приближение к решению задачи. Ясно, что итерационное улучшение решения будет получено, если на каждом шаге переходить к новому набору X , для которого уменьшаемое в (8) возрастает, а вычитаемое – уменьшается. Заметим, что к указанному желаемому характеру изменения компонентов соотношения (8) приводит и максимизация другого функционала:

$$\tilde{L}(x) = \sum_{j=1}^n \bar{c}_j x_j \Big/ \left(\sum_{j=1}^n d_j^2 x_j^2 \right)^{\frac{1}{2}}. \quad (9)$$

Далее, максимизация (9), очевидно, эквивалентна максимизации

$$L(x) = \left(\tilde{L}(x) \right)^2 = \left(\sum_{j=1}^n \bar{c}_j x_j \right)^2 \Big/ \sum_{j=1}^n d_j^2 x_j^2. \quad (10)$$

Введем столбцы \bar{C} , X и матрицу D следующим образом

$$\bar{C} = \begin{pmatrix} \bar{c}_1 \\ \bar{c}_2 \\ \dots \\ \bar{c}_n \end{pmatrix}, \quad X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{pmatrix}, \quad D = \begin{pmatrix} d_1^2 & & & O \\ & d_2^2 & & \\ & & \dots & \\ O & & & d_n^2 \end{pmatrix}.$$

Тогда функционал (10) в матричной форме имеет вид

$$L(X) = \frac{X^T \bar{C} \cdot \bar{C}^T X}{X^T D X} = \frac{X^T C X}{X^T D X}, \quad (11)$$

$$C = \bar{C} \bar{C}^T.$$

Теперь задача сведена к отысканию набора X , максимизирующего (11) и удовлетворяющего

$$AX=B, \quad (12)$$

$$X \geq 0. \quad (13)$$

Решение этой задачи может быть получено в результате реализации следующей итерационной процедуры.

Выберем произвольный вектор $X^{(0)}$, являющийся решением системы уравнений $AX = B$ и удовлетворяющий ограничению $X \geq 0$. Если этот вектор не является решением задачи, то есть не максимизирует (11), то должен существовать некоторый другой вектор $X^{(1)}$, для которого

$$L(X^{(1)}) - L(X^{(0)}) > 0. \quad (14)$$

Так как $X^T DX > 0$, то из (14) следует, что

$$\left(L(X^{(1)}) - L(X^{(0)}) \right) X^{(1)T} DX^{(1)} = X^{(1)T} CX^{(1)} - X^{(1)T} DX^{(1)} L(X^{(0)}) \geq 0. \quad (15)$$

С учетом (15) задача сводится к отысканию вектора $X^{(1)}$, удовлетворяющего (12), (13) и максимизирующего

$$R(X^{(1)}) = X^{(1)T} (C - L(X^{(0)})D) X^{(1)}.$$

Если получаемый при этом вектор не максимизирует (11), то должен существовать некоторый очередной вектор $X^{(2)}$, для которого

$$L(X^{(2)}) - L(X^{(1)}) > 0.$$

Таким образом, исходная задача сведена к итерационной процедуре отыскания последовательности удовлетворяющих (12), (13) векторов,

$$X^{*(1)}, X^{*(2)}, \dots, X^{*(k)}, X^{*(k+1)},$$

для которых выполняется рекуррентное соотношение

$$X^{*(k+1)T} C X^{*(k+1)} - X^{*(k+1)T} D X^{*(k+1)} L(X^{*(k)}) = \max_{X^{(k+1)}} X^{(k+1)T} D_k X^{k+1}. \quad (16)$$

Вычислительную процедуру естественно остановить, когда будет выполнено неравенство

$$\|X^{(k+1)} - X^{(k)}\| < \varepsilon,$$

где ε - некоторое достаточно малое число.

Каждая из последовательности задач (16) легче исходной задачи, поскольку здесь максимизация дробно-квадратичного функционала (11) заменена оптимизацией обычного квадратичного функционала (16).

Выводы. Предложена простая вычислительная процедура решения задачи линейного программирования, параметры целевой функции которой заданы нечетко. Процедура является итерационной и, как показано на многочисленных примерах, быстро сходится.

Поступила в редколлегию 4.07.05.

**В.Г. КАМБУРГ, В.П. НЕЗДОРОВІН, В.І. СЕМЕНЮК,
В.В. СЕМЕНЮК**, Хмельницький Національний університет Поділля
Г.В. ПОТАШНИКОВА, Хмельницький центр підвищення та
перепідготовки кадрів Державної митної служби України

ОПРАЦЮВАННЯ ОПЕРАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ПІДТРИМКИ РІШЕНЬ У ПРАВОВОМУ ПОЛІ

Розглядається питання, пов'язане з побудовою моделі, у якій правопорушення виступає як об'єкт опису. При цьому правопорушення розглядається в у вигляді системи, що складається з двох елементів: «зовнішній прояв - внутрішній прояв». Для опису такої системи використані методи теорії графів.

Рассматривается вопрос, связанный с построением модели, в которой правонарушение выступает в качестве объекта описания. При этом правонарушение рассматривается в виде системы, состоящей из двух элементов: «внешнее проявление - внутреннее проявление». Для описания такой системы использованы методы теории графов.

Пропорушення – родові поняття, яке означає будь які дії, порушення певних норм права. Поділяються пропорушення на: громадянські (нанесення шкоди особі, майну громадянина або установі), адміністративні, дисциплінарні, злочини. Пропорушення є порушенням права, акт, що суперечить праву, його нормам, законодавству. Скоїти пропорушення – означає порушити право.

Кожне окреме пропорушення як явище реальної дійсності завжди конкретне і має риси, що дозволяють розмежувати кримінальні пропорушення (злочини), адміністративні пропорушення, порушення цивільного, трудового законодавства тощо.

Вчення про склад пропорушення займає одне з центральних місць в правовій науці і має велике практичне значення. По перше, воно сприяє виявленню найбільш істотних ознак антигромадських діянь, їхньому розмежуванню і встановленню справедливих санкцій; по друге, допомагає правовим органам правильно кваліфікувати пропорушення й обирати адекватні їм заходи впливу; по третє, дозволяє зрозуміти закон, допомагає навчання юристів і правовому вихованню громадян.

Склад пропорушення – це сукупність об'єктивних і суб'єктивних ознак, встановлених законом, які характеризують такі суспільно-небезпечні діяння як пропорушення [1, 2, 6, 7, 9, 11]. Пропорушення складається з об'єктивних елементів (об'єкт, об'єктивна сторона) і суб'єктивних елементів (суб'єкт, суб'єктивна сторона) [9, 11, 15] (рис. 1).



Рис. 1. Склад правопорушення

Склад адміністративного правопорушення поділяється на зовнішні і внутрішні прояви. Зовнішні – об'єкт, об'єктивна сторона. Внутрішні – суб'єкт, суб'єктивна сторона.

Основними складовими схеми, згідно з чинним законодавством, є:

1. Об'єкт – суспільні відносини, які охороняються законом і яким, в результаті суспільно небезпечного посягання завдається чи може бути завдана шкода.

2. Об'єктивна сторона – це сукупність передбачених законом ознак, які характеризують зовнішній прояв суспільно-небезпечної дії, що посягає на об'єкти кримінально-правової охорони, а також об'єктивні умови цього посягання. Об'єктивна сторона - це зовнішній прояв злочинного посягання, який спричиняє шкоду суспільним відносинам, а також об'єктивні умови місця, часу, способу і обставин скоєння злочину.

3. Суб'єкт злочину — це фізична особа (людина), яка винна в скоєнні суспільно-небезпечного діяння, визначеного законом як злочин, осудна і на момент скоєння злочину досягла віку, визначеного законом.

4. Суб'єктивна сторона — це психічне відношення особи до скоєного нею суспільно небезпечного діяння і його наслідків (злочину). До суб'єктивної сторони входять також мотив і мета скоєння злочину.

Вплив зовнішніх і внутрішніх проявів складу правопорушення один на одного можливо представити наступною схемою (рис. 2), де БЛОК-1 – це зовнішній прояв, БЛОК-2 – внутрішній прояв.

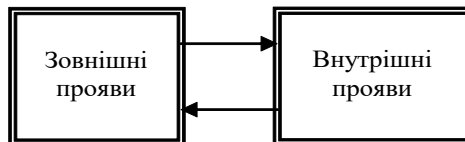


Рис. 2. Зв'язок між зовнішніми та внутрішніми проявами адміністративного правопорушення

Зовнішні прояви складу правопорушення містять в собі Об'єкт правопорушення та Об'єктивну сторону правопорушення, а внутрішні складові – Суб'єкт та Суб'єктивну сторону правопорушення. Причому між даними блоками існує чіткий зв'язок, показаний на рис. 2.

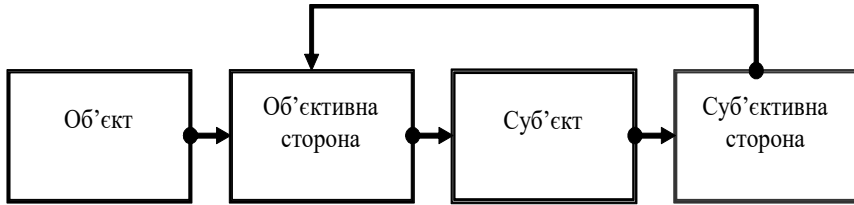


Рис. 3. Зв'язок між складовими зовнішніх та внутрішніх проявів складу адміністративного правопорушення

Кожну з складових ми будемо розглядати як логічні блоки, а зв'язки між ними – як інформаційні потоки.

Для визначення ієрархії приведені на рис. 3 схеми ми використовуємо декомпозиційний метод. При цьому необхідно вирішити наступні задачі:

- визначити наявність в схемі груп логічних блоків (ЛБ), які розглядаються комплексно і виділити ці логічні комплекси (ЛК);
- для кожного ЛК визначити оптимальну кількість інформаційних потоків (ІП), що розриваються, і послідовність розгляду ЛК;
- визначити ієрархію ЛБ системи.

Розглянемо схему рис. 2 в термінах теорії графів. Тоді вершинами графу будуть ЛБ, а дугами – ІП. Вводимо позначення вершин у графі:

1. Об'єкт.
2. Об'єктивна сторона.
3. Суб'єкт.
4. Суб'єктивна сторона.

По визначенням на рис. 3 зв'язкам будемо оргграф (рис. 4)

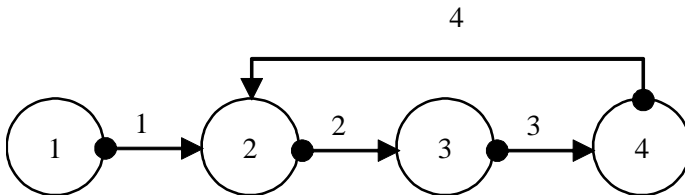


Рис.4. Оргграф

Будуємо для визначеного орграфу матрицю суміжності. Число рядків і стовпців дорівнюють кількості ЛБ; якщо у орграфі є ПІ з і-го ЛБ у j-ий, то елемент матриці суміжності $a_{ij}=1$, у протилежному випадку $a_{ij}=0$.

$$[A] = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Проводимо викреслювання по нульовим стовпцям і отримуємо нову матрицю суміжності:

$$[A] = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Більше нульових стовпців або строк немає. Проводимо піднесення матриці суміжності послідовно до квадрату, кубу і т.д., доки вона не повторить сама себе:

$$[A] = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}; [A]^2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}; [A]^3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}; [A]^4 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Матриця повторилась у четвертій степені; виявлено один ЛК, в який входять 2, 3 і 4 ЛБ і 2, 3 і 4 ПІ.

Для визначення оптимального розриву ПІ будуємо матрицю розриву ПІ:

	2	3	4	Ранг
1	1	1	1	3
f	1	1	1	

Для розриву обираємо ПІ №2 – тому що при його розриві в ЛБ №2 залишаться лише вхідні потоки – при його розриві контур буде розімкнено. На рис. 5 наведено оргграф з розірваними ПІ.

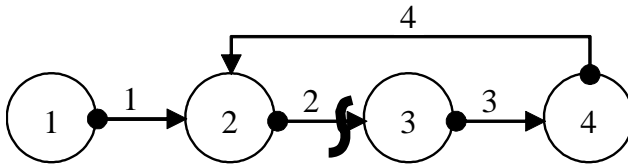


Рис. 5. Орграф з розірваним контуром

Для розірваного орграфу будемо матрицю суміжності:

$$[A_p] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Після проведення викреслювання по нульовим стовпцям та рядкам отримуємо розрахункову ієрархію системи [13]: 1–3–4–2; тобто, згідно введених вище позначень, ієрархія розгляду складу правопорушення наступна: Об'єкт-Суб'єкт-Суб'єктивна сторона-Об'єктивна сторона.

Отже, запропоновану формалізацію аналізу складу правопорушення з застосуванням методів математично-комп'ютерного моделювання можна розглядати як систему підтримки прийняття рішень на якісному рівні. Це, безумовно, різко скоротить час розгляду варіантів відпрацювання складових правопорушення. Подальший розвиток цього підходу буде стосуватись введенням якісних експертних оцінок в окремих логічних блоках розрахунків та визначення параметричності інформаційних потоків в системі.

Для кращого розуміння механізму побудованої авторами системи візьмемо приклад порушення митних правил як один з видів адміністративного правопорушення. Так, 8 лютого 2003 року на митному посту "Бровари" було затримано партію кінескопів. Під час митного огляду виявилось, що заявлена кількість кінескопів не відповідає товаросупровідним документам і зменшена аж на 400 одиниць.

В даному випадку, об'єктом правопорушення є посягання на встановлений порядок переміщення товарів та транспортних засобів через митний кордон України. Суб'єктом правопорушення є ЗАТ "Пригма Прес" в особі власника. Об'єктивна сторона правопорушення – це сукупність передбачених законодавством ознак, які характеризують зовнішній прояв суспільно-небезпечної дії (або бездіяння), тобто заявлення в митній декларації неправдивих відомостей про кількість кінескопів у партії. Суб'єктивна сторона правопорушення – показання водія відносно правопорушення.

Водій ЗАТ "Пригма Прес", який переправляв вантаж через кордон, засвідчив, що за даним фактом нічого пояснити не може, оскільки документи

та завантажений автомобіль отримав від власника кінескопів – ЗАТ "Пригма Прес", і не перевіряв чи відповідає кількість кінескопів вказаній у товаросупровідних документах. Відповідальність буде нести у цьому випадку власник ЗАТ "Пригма Прес" (ст. 340 частина 2 МКУ– штраф від 500 до 1 тис. неоподаткованих мінімумів доходів громадян або конфіскація товару).

Проте, через тиждень, після факту порушення, водій змінює свідчення. Він наполягає на тому, що при оформленні товаросупровідних документів власник користувався інформацією, поданою самим водієм, яка була завідомо неправдивою (ст. 340 частина 1 Митного Кодексу України – штраф у розмірі від ста до тисячі неоподатковуваних мінімумів доходів громадян або конфіскацію цих товарів).

Таким чином, суб'єктивна сторона, безпосередньо вплинувши на об'єктивну сторону, призвела до зміни впливу правопорушення на суб'єкт, що доводить наявність прямого зв'язку «Суб'єктивна сторона-Об'єктивна сторона».

Список літератури: 1. Конституція України. Прийнята на п'ятій сесії Верховної Ради України 28 червня 1996. - К.: Юрінком Інтер, 1998. 2. Кримінально – процесуальний кодекс України з постатейними матеріалами. Станом на 1 січ. 2001 р. / За ред. *Шибіко В.П.* – К.: Юрінком Інтер, 2000. 3. Науково-практичний коментар кримінально-процесуального кодексу України. (За станом на 1 серп. 1995 р.): Офіційне видання. – К.: Юрінком, 1995. – 639 с. 4. Кримінальний кодекс України: Закон України від 5 квітня 2001 року №2341-III // Відомості Верховної Ради України. – 2001.- № 25-26. (набрав чинності з 1 вересня 2001 року). 5. Митний кодекс України: Офіційне видання. Станом на 2 серп. 1999 р. – Ужгород: Інформаційно – видавничче агентство “ІВА”, 1999. – 268 с. 6. Кодекс України про адміністративні правопорушення з постатейними матеріалами. Станом на 1 січня 2001 р. / За ред. *Демського. Е.Ф.* – К.: Юрінком Інтер, 2001. 7. Положення про провадження в справах про порушення митних правил. Наказ Державного митного комітету України від 4 листоп. 1992 р.– № 205. 8. Положення про порядок передачі до відділення або служби по боротьбі з контрабандою і порушеннями митних правил матеріалів справ про порушення митних правил, заведених іншими підрозділами митниці: Наказ Державної митної служби від 6 січ.1999 р. № 8. 9. Про судову практику в справах про контрабанду та порушення митних правил: Постанова Пленуму Верховного Суду України від 26 лютого 1999 р. № 2. 10. Про виконання судами України законодавства і постанов Пленуму Верховного Суду України з питань судового розгляду кримінальних справ і постановлення вироку: Постанова Пленуму Верховного Суду України від 29 черв. 1990 р. № 5 Із змінами, внесені згідно з постановами Пленуму Верховного Суду України від 4 черв. 1993 р. № 3, від 3.груд.1997 р. № 12. 11. Про застосування конституції України при здійсненні правосуддя: Постанова Пленуму Верховного Суду України від 1 листоп. 1996 р. № 9. 12. Про посилення судового захисту прав та свобод людини і громадянина: Постанова Пленуму Верховного Суду України від 30 травня 1997 р. № 7. 13. *Колтаков В.К.* Адміністративне право України: Підручник – 2 вид., доп. – К.: Юрінком Інтер, 2000. 14. *Каложний Р.А.* Адміністративне право України: Підручник. – К.: Юрінком Інтер, 1999., 15. *Камбург В.Г., Семенюк В.І., Семенюк В.В. та інші.* Операційна модель системи підтримки рішень при аналізі складу правопорушення. /Вісник Технологічного університету Поділля №3. Том 2: Технічні науки. Хмельницький, 2002 - с. 257-261. 16. *Незодоровін В.П., Камбург В.Г., Семенюк В.І. та інші.* Опрацювання операційної моделі підтримки рішень у правовому полі. / Вісник Технологічного університету Поділля №4. Частина 1: Технічні науки. Хмельницький, 2002 - с. 128-131.

Надійшла до редакції 30.05.05

И.В.ЦЕХМИСТРО, аспирант, ХНУРЭ

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

В статті розглядаються сучасні методи та засоби імітаційного моделювання бізнес-процесів. Проводиться аналіз існуючих проблем імітаційного моделювання. На основі проведеного аналізу пропонується новий підхід який може вирішити розглянуті проблеми. Цей підхід базується на конструюванні імітаційних моделей з використанням аналізу «Вузол-Функція-Об'єкт» (ВФО-аналіз) і використанні логіки антонімів для аналізу результатів моделювання.

This article reviews modern methods and tools for simulation modeling of business processes. The analysis of existing problems of imitating modeling is carried out. As result it is proposed new approach which can resolve considered problems. This approach is based on designing of imitating models with use of the analysis "Unit-Function-Object" and on using of antonyms logic for the analysis of results of modeling.

1 Введение

Имитационное моделирование (ИМ) - это инструментарий для управленческих изменений. Профессионалы в области управления бизнес-процессами знают критическую важность аккуратного перехода организаций и людей от старых методов ведения бизнеса к новым, и имитационное моделирование это способ ускорить изменения. Эти возможности выходят из способности моделирования вносить ясность в причины изменений. Моделирование обеспечивает больше чем просто ответ: оно показывает, как был получен ответ; позволяет пройти путь от причины к следствию; и позволяет создать разъяснения к выводам.

В современных условиях развития предприятия все большую роль играет оперативность управления, оптимальность производственных процессов, распределения ресурсов и средств. В этой связи использование современных методов сбора, обработки, хранения, анализа и представления информации для подготовки управленческих решений является одним из важнейших рычагов развития бизнеса.

Каждая компания представляет собой сложный механизм, изменяющийся во времени. Представление сотрудников об иерархии властных полномочий часто ограничивается границами своего подразделения. Наглядность модели организационной структуры (отвечающей на вопрос: "кто и чем занимается") повышает прозрачность границ ответственности сотрудников [1].

Создание бизнес-модели предприятия в графическом, текстовом или каком-либо еще виде, позволяет выявить причинно-следственные связи предметной области (отразить организационную, функциональную или

информационную структуры предприятия). Модель бизнеса проявляет функции компании во внешнем мире. Она показывает, что является окружающей средой компании, и как компания взаимодействует с этой средой. Модель должна отображать архитектуру, т. е. статические структуры компании, а кроме того, различные потоки событий, т.е. динамическое поведение элементов архитектуры [2]. Модель бизнеса - важнейшая исходная информация при разработке информационных систем, поддерживающих бизнес-процессы компании.

При построении модели бизнеса необходимо четко понимать, для чего она создается. Иначе масса времени будет потрачена впустую.

Путем "опроса": кто занимается? на основе чего? когда? зачем? где? и т.д. можно построить концептуальную модель предприятия. В настоящее время существует множество подходов к построению бизнес-моделей (инфраструктура Захмана, модель 3D-предприятия Зиндера, архитектура здания Шеера и т.д.), некоторые из них широко поддержаны инструментальными средствами (например, здание Шеера -- программный продукт ARIS Toolset) [2].

Многие из подходов к моделированию бизнес-процессов были разработаны для моделирования информационных систем, и уже только потом стали применяться при моделировании предприятий. Поэтому при моделировании следует помнить об особенностях моделирования бизнеса (например, в подходах к описанию могут отсутствовать фиксация цели функционирования предприятия, описание организационной структуры т.д.).

Таким образом, все известные подходы к моделированию бизнеса принадлежат к одному семейству методов моделирования информационных сложных систем. Приведем наиболее известные подходы [1]:

- 1) Структурный анализ и структурное проектирование (Structured Analysis and Structured Design - SA/SD).
- 2) Методика IDEF (Integrated computer manufacturing DEFinition).
- 3) Методика SADT (Structured Analysis and Design Technique).

Все эти методики, основаны на моделировании информационных систем, которые разбиваются на составные части, каждая из которых рассматривается отдельно от других. Главный недостаток подобного метода - последовательное выполнение этапов, что приводит к большим потерям времени и не согласуется с итеративным характером разработки программной системы.

4) Объектно-ориентированный подход (ООП). Главная его особенность заключается в том, что нет строгой последовательности выполнения отдельных этапов. Эффективность методик анализа и проектирования при ОПП имеет решающее значение для судьбы проектов. Но при всех достоинствах ООП следует подчеркнуть, что он ориентирован на программистов, а не на менеджеров. Эту проблему можно решить с использованием интеграции современных технологий.

5) Интегрированные подходы к разработке моделей: интеграция инженерии знаний ООП, CASE-технологии, имитационное моделирование процессов и “активная” графика.

В настоящее время только ООП позволяет описывать как данные о сущностях, так и их поведение. Однако модели, создаваемые в соответствии с этой методологией, достаточно сложны, и мало вероятно, что менеджеры компаний смогут работать с ними так же естественно и легко, как профессионалы в области ИТ.

CASE-технологии ориентированы на разработчиков ИС и это приводит в настоящее время к тому, что их начинают объединять с другими современными технологиями, в первую очередь с объектно-ориентированными.

Майкл Хаммер и Джеймс Чампи, признанные специалисты в области реинжиниринга бизнес-процессов (Business Process Reengineering - BPR), отмечают в своей книге «Реинжиниринг корпорации», что только около 30% изученных ими проектов реорганизации предприятия завершились успешно. Одна из главных причин столь низкого уровня результативности заключается в том, что анализ, на основе которого строятся оценки эффективности, часто проводится с помощью потоковых диаграмм и электронных таблиц[3].

Хотя потоковые диаграммы и таблицы адекватно отвечают на вопрос «что», они не могут ответить на вопросы «как», «когда» и «где». Бизнес-процессы слишком сложны и динамичны. Их невозможно понять и проанализировать, используя одни лишь потоковые диаграммы и электронные таблицы.

В то же время, у организаций есть возможность закрепить за имитационным моделированием статус стандартного инструментария для поддержки проведения BPR. Имитационное моделирование является единственным методом, который обеспечивает как точный анализ, так и визуальное представление альтернативных вариантов.

Когда руководитель достигает подлинного понимания проблемы и начинает свободно управлять своей моделью, он обретает способность видеть содержание своей работы с иных точек зрения. Он захочет проверить на модели множество альтернативных вариантов, чтобы оценить открывавшиеся ему новые возможности [4]. По сути, он использует модель для повышения своего мастерства управления, позволяющие ему на новом уровне четко установить все существенные последствия вносимых в систему изменений. Вот почему он обращается к модели как к средству оценки своих новых интуитивных предположений и умозаключений.

Имитационное моделирование обеспечивает наиболее глубокое представление моделей для непрограммирующего пользователя, а также наиболее полные средства анализа таких моделей. Однако существующие недостатки имитационного моделирования: трудоемкость процесса, и сложность оценки адекватности модели, - значительно затрудняют

построение реальных имитационных моделей и требуют от пользователя специальной подготовки.

2 Постановка задачи

Проблемы имитационного моделирования бизнес-систем преодолеваются с помощью применения методов инженерии знаний. Благодаря им, можно непосредственно представлять в моделях плохо формализуемые знания менеджеров о бизнес-процессах, в частности рабочих процедурах. Кроме того, применение системного анализа при построении моделей значительно увеличивает степень адекватности модели реальной системе; а применение визуальных графоаналитических моделей решает проблему создания интеллектуального интерфейса конечного пользователя со сложными средствами анализа моделей. Графическое конструирование имитационных моделей – это инновация, которая значительно продвигает моделирование.

В случаях, когда для моделирования сложных объектов применение точных методов невозможно или связано с огромными затратами времени и ресурсов применяют приближенные методы моделирования, основывающиеся на нечетких (неоднозначных) логиках [1]. Они наиболее часто применяются в системах поддержки принятия решений, а также в экспертных системах для оценки параметров сложных объектов.

В такой ситуации на первый план выступает не установление аналитических связей между параметрами, а учет причинно-следственных зависимостей между отдельными параметрами и их совокупностями. Задачи, указанные выше, относятся к задачам, плохо формализуемым, поскольку являются чрезвычайно сложными, содержащими большое количество параметров. Такого рода задачи принято называть задачами с нечеткой исходной информацией. Для выявления причинно-следственных зависимостей между параметрами применяются логические методы. Очевидно, что дискретные логики, предполагающие полную определенность в информации не могут быть использованы в полной мере.

В настоящее время среди формализмов, построенных различными авторами, единственным аппаратом, отвечающим указанным требованиям, является логика противоположностей - логика антонимов, автором которой является Я.Я. Голота. На основе логики антонимов разработана методика получения комплексных оценок, для характеристики сложных систем.

Этот метод решения задач позволяет проводить диагностику исследуемого объекта, решать задачи управления. Немаловажным является тот факт, что модели создаваемые на основе логики антонимов отличаются хорошей наглядностью и отражают ход рассуждений эксперта, формализуют его знания [1].

3. Технологии и средства имитационного моделирования бизнес-процессов

Успех конкретного проекта по реинжинирингу во многом предопределяется используемым инструментальным средством (ИС).

За последние несколько лет был разработан целый ряд новых программных инструментов, непосредственно предназначенных для моделирования бизнес-процессов. В большинстве этих продуктов бизнес-процессы описываются с использованием графических символов или объектов. Отдельные функции процесса изображаются в виде последовательности прямоугольников и стрелок. Специальные характеристики каждого процесса или функции могут быть затем отображены как атрибуты процесса.

Многие из таких программных инструментов позволяют также проводить некоторый анализ, глубина которого зависит от степени сложности методологии, лежащей в основе программы. Современные инструментальные средства, используемые для моделирования бизнес-процессов при реинжиниринге бизнеса, можно разделить на 5 категорий [1,12]:

- 1) Средства создания диаграмм и инструментарии низкого уровня. (Micrografx:ABC Flowcharter; Scitor; Process Charter; Optima).
- 2) Средства описания потоков работ (Action Technologies: ActionWorkflow Analyzer; Viewstar:Process Architect).
- 3) Объектно-ориентированные инструментарии и средства быстрой разработки приложений (Ptech:Framework, Oracle:Designer2000; Popkin:SystemArchitect).
- 4) Средства имитационного моделирования/анимации (CASI:Modsim; System Modeling:Arena; ProModel:ProModel, ARIS).
- 5) Интегрированные многофункциональные средства, автоматизирующие основные этапы проведения БПР (Coopers&Lybrand: SPARKS;Meta Software:Workflow Analyzer;Protosoft Inc.:Paradigm; Interfasing Technologies:FirstStep; Texas Instruments Inc.: BDF; Gensym:ReThink+G2).

Рассмотрим наиболее популярные из них:

Rethink

Система ReThink построена на базе инструментального комплекса G2, таким образом, она является проблемно-ориентированным приложением комплекса G2, которое позволяет разработчикам использовать не только специализированные средства моделирования бизнес-процессов, но и универсальные средства комплекса по созданию интеллектуальных объектно-ориентированных систем управления реальным временем[2].

Объектная ориентация системы ReThink позволяет создавать понятные и наглядные модели бизнес-процессов, что существенно упрощает освоение и

использование системы непрограммирующими пользователями. Объекты, построенные в результате моделирования бизнес-процессов, являются естественной основой для проектирования информационных систем поддержки этих процессов. В этом смысле средства системы ReThink могут рассматриваться как развитие CASE -средств. ReThink поддерживает анимацию потоков работ в ходе моделирования деятельности компании. Благодаря этому менеджер имеет возможность непосредственно наблюдать функционирование моделей, что повышает степень его доверия к результатам моделирования [10,11].

ReThink позволяет формировать стоимостные и временные характеристики различных проектов для объективного их сравнения, а также проверять гипотезы “Что, если”. Особый интерес представляет создание проблемно-ориентированных баз знаний о типовых бизнес-процессах.

К недостаткам следует отнести, прежде всего то, что система Rethink построена на базе инструментального комплекса G2 и в начале каждого сеанса разработки моделей необходимо загрузить G2 (т.е. дополнительные затраты на покупку G2). Кроме того, в явном виде не отслеживается изменение модели организационной структуры предприятия, что является недостатком с точки зрения моделирования бизнеса.

ARIS Toolset

Инструментальная среда ARIS Toolset также имеет хорошую методологическую поддержку - в виде концепции архитектуры здания Шеера. Кроме основной среды разработки ARIS Toolset имеется семейство модулей для всестороннего анализа бизнес-процессов (ARIS Simulation, ARIS ABC и т.д.), а также модули сопряжения с некоторыми CASE-системами (ERwin, Designer/2000). Для пользователя ARIS Toolset доступны базы данных моделей отдельных видов производств, таких как машиностроительное производство, производство бумаги и т.д. Богатство доступных методов моделирования (более 100) порождает проблемы выбора адекватного метода, как показывает практика, большинство методов остаются не востребованными[2,13].

Справедливости ради следует отметить, что указанные продукты в полной комплектации стоят несколько десятков тысяч долларов каждый, а обучение специалистов и последующее финансирование отдельной группы моделирования тоже обходится в копейку. Поэтому, как правило, эти продукты используются на относительно крупных предприятиях (численностью в несколько тысяч сотрудников), имеющих множество разнообразных бизнес-процессов. Малые и средние предприятия при этом обычно ограничиваются использованием инструментальных средств создания диаграмм, инструментария низкого уровня; CASE, структурного и объектно-ориентированного инструментария [2].

РДО-имитатор

Емельянов В.В., Ясиновский С.И. в своей работе предлагают интеллектуальную среду имитационного моделирования на основе разработанного оригинального метода, названного авторами РДО-метод (РДО – ресурсы, действия, операции), основанный на системе модифицированных производственных правил. Модель системы в РДО-методе представляет собой динамическую производственную систему. Базой данных этой производственной системы является множество ресурсов, базой знаний – множество операций.

Структура производственного имитатора см. рис. 1. К ее основным элементам относятся динамическая производственная модель и аппарат событий. Система анимации позволяет визуализировать поведение системы во время моделирования.

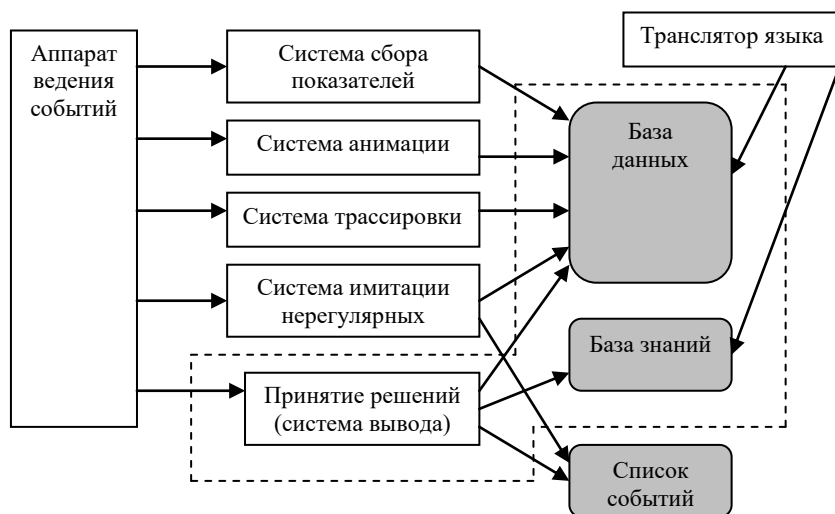


Рис. 1 Структура РДО-имитатора

РДО-имитатор может быть использован для создания имитационных моделей, систем планирования, игр и тренажеров. Традиционные производственные правила также могут быть записаны на языке РДО и использованы в процессе вывода. Это означает, что на РДО-имитаторе реализуются также экспертные системы и гибридные системы, включающие экспертные системы, имитационные модели и алгоритмы оптимизации. [5, с. 85]

РДО-имитатор является CASE-системой для моделирования поведения сложных динамических систем, частным случаем которых могут быть бизнес-процессы.

BPSIM

К.А. Аксенов, Б.И. Клебанов предлагают систему имитационного моделирования BPSim. Разработанная система описывает бизнес-процессы с помощью «процессов преобразования ресурсов» (ППР) см. рис. 2.

Базой создания математического аппарата ППР являются широко распространенные математические схемы описания динамических процессов (расширенные сети Петри, системы массового обслуживания, модели системной динамики). Предлагается модель, основанная на аппарате динамических экспертных систем. Определены следующие основные объекты ППР: операции (Op), ресурсы (RES), средства (MECH), процессы (PR), источники (Sender) и приемники ресурсов (Receiver), перекрестки (Junction), параметры (P).

Для построения ядра системы имитационного моделирования использован аппарат продукционных систем. Определена структура продукционной системы ППР:

$PS = \langle Rps, Vps, Ips \rangle$,

где Rps – текущее состояние ресурсов, средств (рабочая память); Vps – множество правил преобразования (база знаний); Ips – машина вывода [6].

Утверждается, что разработанная проблемно-ориентированная система ИМ, превосходит зарубежные аналоги и позволяет адекватно моделировать экономические, производственные, технические, информационные и бизнес-процессы в рамках концепции ППР.

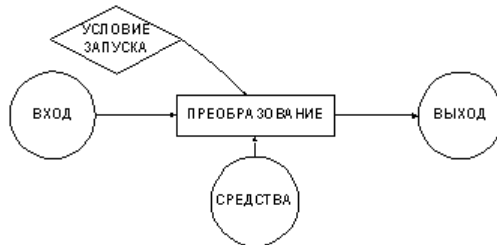


Рис. 2 Процесс преобразования ресурсов

Система имитационного моделирования ППР BPSim обеспечивает выполнение следующих функций [7,13]:

- создание динамической модели ППР;
- ИМ (в том числе анимация процессов и динамическое формирование графиков);
- анализ результатов;
- получение отчетов по моделям и результатам эксперимента;
- экспорт результатов в WORD и EXCEL.

Встроенный математический аппарат используется для описания функций условия запуска, входа, выхода, средств, обработки сообщений ППР.

Синтаксические правила задаются с помощью графико-синтаксических диаграмм (интерфейсов), ориентированных на проблемную область ППР. В качестве операндов используются множества: ресурсов, средств, заявок, сообщений, параметров.

Система BPSim в отличие от РДО-имитатора узко специализированна именно для моделирования бизнес-процессов

4 Новый подход имитационному моделированию на базе концепции UFO

Фактические возможности инструментария визуального графо-аналитического моделирования бизнеса ограничиваются потенциальными возможностями метода моделирования, положенного в основу данного инструментария.

К недостаткам визуальных проблемно-ориентированных систем имитационного моделирования, таких как iThink, ARIS, Arena, ReThink, можно отнести: сложность описания бизнес-процессов и проведения вычислительных экспериментов, слабые средства моделирования конфликтов, возникающих на общих ресурсах и средствах, отсутствие поддержки русского языка.

Профессионалы в области Business Intelligence говорят о том, что наименьший вред организации принесет инструментарий моделирования, «лишающий разработчика той части «творческих» возможностей, которые ведут к разнообразию представления организационных моделей». При этом степень соответствия этому требованию инструментария, использующего нотацию SADT (IDEF0), оценивается как крайне низкая. Последнее требование непосредственным образом связано с тем, что инструментарий моделирования должен быть средством поддержки принятия решений, а не художественного творчества[8].

В связи с тем, что любая бизнес-система представляет собой сложную динамическую систему целесообразно для ее анализа и моделирования использовать системный подход.

Системологический подход, как вид системного подхода, рассматривает систему не как множество, а как функциональный объект, функция которого обусловлена функцией объекта более высокого яруса (надсистемы). Системологический подход позволяет представить бизнес-систему как функциональный объект, связанный входными и выходными потоками с другими объектами (системами). Детализация этого положения приводит к рассмотрению бизнес-системы с трех сторон. С одной стороны, как перекрестка входных и выходных связей/потоков, т.е. как Узла. С другой

стороны, как процесса преобразования элементов, втекающих по входным потокам, в элементы, вытекающие по выходным потокам, т.е. как Функции. С третьей стороны, как материального явления, реализующего (выполняющего) функцию преобразования входа в выход, т.е. как Объекта. Интеграция этих трех аспектов позволяет представить любую бизнес-систему как элемент Узел–Функция–Объект[9] см. рис. 3.

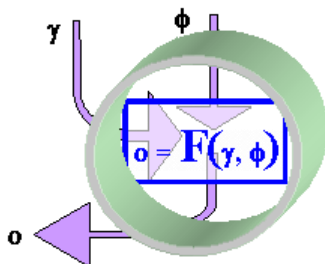


Рис.3. УФО-элемент с узлом (Y) – перекрестком потоков σ , γ , ϕ ; функцией (F) – процессом преобразования потоков γ , ϕ в поток σ ; объектом (O) – материальным образованием, физически выполняющим данный процесс.

УФО-элементы, собранные в различные конфигурации, образуют диаграммы взаимодействия, которые позволяют визуализировать функциональность УФО-элемента более высокого уровня. Таким образом, моделируемая система представляется в виде иерархии УФО-элементов, начиная с контекстной модели. Данное представление позволяет учесть различные аспекты (структурные, функциональные, объектные) этой системы в одной модели.

Метод анализа «Узел-Функция-Объект» (УФО-анализ) дает в руки аналитика формально-семантический аппарат, который резко снижает «разнообразие представления организационных моделей». С другой стороны, он позволяет создавать предметно-ориентированные модели, обеспечивая сохранение и использование знаний об элементах бизнеса, которые могут отобразить любой бизнес с необходимой степенью адекватности, точности и подробности.

УФО-анализ обеспечивает учет в одной модели и структурных, и функциональных, и объектных (субстанциальных) характеристик бизнеса (любой системы вообще). Кроме того, представленный метод впервые в практике системного анализа и объектно-ориентированного проектирования информационных систем решает проблему согласования их процедур и результатов [9].

Краткий обзор УФО-технологии показывает положительные аспекты ее применения для построения системно-объектных моделей организационных

систем: снижение трудоемкости проектирования, повышение объективности анализа и адекватности моделирования.

Задача имитации функционирования системы на ее УФО-модели приводит к необходимости исследования и создания метода функционирования и взаимодействия УФО-элементов, моделирования различных функциональных (аналитических, логических и т.д.) зависимостей, а также разработки методики анализа имитационной УФО-модели, оценки эффективности альтернативных вариантов.

5 Заключение

В свете всего вышесказанного целесообразно создание имитационной системы с применением визуального графоаналитического конструирования на базе УФО-подхода, что позволит эффективно решать проблемы, возникающие при моделировании больших систем, и обеспечит точный анализ, и визуальное представление альтернативных вариантов. Такой подход должен повысить наглядность и ясность имитационных моделей для непрограммирующих пользователей.

Слабым местом существующих инструментариев имитационного моделирования является система анализа и оценки полученных результатов. Задачи моделирования сложных объектов, таких как функционирование организационных структур, являются чрезвычайно сложными, содержащими большое количество параметров. В таких случаях часто невозможно применение точных методов оценки или связано с огромными затратами времени и ресурсов. Такой показатель, как «эффективность работы предприятия» по своему характеру является комплексной величиной, зависящей от множества различных параметров, характеризующих различные составляющие деятельности предприятия. В такой ситуации на первый план выступает не установление аналитических связей между параметрами, а учет причинно-следственных зависимостей между отдельными параметрами и их совокупностями. С этой задачей наилучшим способом справляется такой аппарат как логика антонимов, это показал Голота Я.Я. в своей работе [15]. Области применения логики антонимов очень обширны, сюда входят ранжирование объектов рассмотрения (относительно эталона и без него), контроль, диагностирование, прогнозирование, оценивание возможностей в задачах управления и/или принятия решений в условиях неопределенности [14]. Задачи могут принадлежать любой отрасли человеческой деятельности. Поэтому для количественной оценки эффективности управленческой структуры предприятия, анализируемой на имитационных УФО-моделях, следует применить логику антонимов. Именно такой формализованный подход позволит преодолеть существующие трудности анализа результатов моделирования.

Список литературы: 1. Колосова О.В., Сурина А.В., Туккель И.Л., Фальков Д.С. Автоматизация управления современными предприятиями на базе интегрированных многофункциональных средств и нечетких логик // Междунар. конф. Информационные системы и информационные технологии. 2000. С. 11. 2. Филинов Е.Н., Бойченко А.В., Субанова О.Ю. Прежде чем ломать... Моделирование бизнес-процессов при реинжиниринге предприятий. // Сетевой. 2001. №6. С.34. 3. Tumaу Kerim, Business Process Reengineering Using Simulation // Autofact Workshop, 1993. 4. Гультияев А.К. Имитационное моделирование в среде windows: практическое пособие. // Санкт-Петербург, 1999.- 288. 5. Емельянов В.В., Ясиновский С.И. Введение в интеллектуальное имитационное моделирование сложных систем и процессов. Язык РДО. // М.: АНВИК, 1998. 6. Аксенов К.А., Клебанов Б.И. Разработка и применение средства имитационного моделирования процессов преобразования ресурсов BPsim. // Московская междунар. конф. молодых ученых и студентов «Молодежь и наука», 2003, Д. №358. 7. Аксенов К.А., Клебанов Б.И. Принципы построения системы имитационного моделирования процессов преобразования ресурсов BPsim. // Материалы первой всероссийской научн.-практ. конф. – Санкт-Петербург, ФГУП ЦНИИ технологии судостроения, 2003. Т.1. – С.36-40. 8. Рубцов С.В. Какой CASE-инструмент нанесет наименьший вред организации? // Директор ИС. 2002, №1. 9. Маторин В.С., Маторин С.И., Полунин Р.А., Попов А.С. Знаниеориентированный CASE-инструментарий автоматизации UFO-анализа // Проблемы программирования. 2002. №1-2. С. 469-476. 10. Ойхман Е.Г., Евсеев О.В., Паронджанов. С.Д. Методологические основы проектирования информационных систем крупных организаций на базе системы развивающихся статических и динамических интеллектуальных моделей. // Материалы технической конференции "Корпоративные базы данных '97". Т. 21. 11. Попов Э.В., Шанот М.Д. Реинжиниринг бизнес-процессов и информационные технологии. // Открытые Системы №1(15)/96 С. 62-69. 12. Репин В.В., Маклаков С.В. ARIS Toolset/BPwin: выбор за аналитиком. // КомпьютерПресс №1. 2002. 13. Аксенов К.А., Клебанов Б.И., Гончаров Н.В. Применение средств имитационного моделирования в системе стратегического управления вузом // Университетское управление: практика и анализ. - 2004. № 2(31). С. 54-57. 14. Халитов Р.Р. Оценка эффективности управленческой структуры предприятия с помощью логики антонимов. // Молодежная научно-техническая. конф. наукоемкие технологии и интеллектуальные системы. 2003. Т. 31. 15. Голота Я.Я., Фальков Д.С. О количественной оценке возможности средствами логики антонимов. // Междунар. конф. по мягким вычислениям и измерениям. 2000. С. 4: Нечеткие множества, приближенные выводы и их приложения Д. 3.

Поступила в редколлегию 05.05.05

УДК 519.713: 631.411.6

Т. В. КОЗУЛЯ, канд. геогр. наук, НТУ „ХПИ” (м. Харків)

ОПТИМІЗАЦІЯ ЗАДАЧІ ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКОГО РІШЕННЯ В СИСТЕМІ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

Розглянуто основні науково-практичні питання введення корпоративної екологічної системи (КЕС) для оптимізації моделі прийняття рішення (ПР) у системі екологічного моніторингу й рішення задачі оптимізації прийняття управлінського рішення в умовах КЕС.

Актуальність роботи і задачі дослідження. На сучасному етапі розвитку планети взагалі, як єдиному острові існування усіх форм життя у Всесвіті, настали часи прийняття рішучих управлінських рішень, що стосуються збереження живого у всіх його проявах. Система спостережень за навколишнім середовищем вже сформувалася у складну систему

екологічного моніторингу, яка функціонує поряд і у тісному зв'язку з інформаційно-управляючою системою. У цілому, будь-яка моніторингова система, а екологічна тим більше, повинні розглядатися як експертна система, яка виконує контроль за станом середовища і допомагає людині впливати на цей стан, тобто приймати управлінське рішення.

Розв'язання екологічних задач на даний час є складною задачею для всіх країн. Важливою проблемою у цьому аспекті є економічні труднощі. Це в свою чергу породжує такі негативні явища в екології як антропоцентризм, прийняття економічно вигідного, а не оптимального рішення. Наступним і не менш важливим негативом на цей час є прийняття рішення щодо більш менш стійкої стабілізації стану, процесів і взаємодій в екологічній системі без урахування ситуації, що склалася у соціальній і економічній системах. Ці системи суттєво пов'язані між собою і, як показав досвід попереднього етапу створення системи екологічного управління, розв'язання проблем тільки суто екологічних систем не дає довгострокових оптимальних результатів. Надалі головним у системі екологічного моніторингу постає задача створення системи екологічного управління на глобальному рівні, яка була б пов'язана з новою системою прийняття управлінського рішення і спрямована на гармонізацію взаємодії і сталого рівноважного розвитку трьох систем: природної (екологічної), соціальної, економічної.

Найкращою системою екологічного управління вважається така система, яка надає більші переваги властивостям самопідтримки природних якостей (принцип обережного втручання) [1]. Такий підхід зважає на гармонізацію екологічних систем і процесів у них самих.

За ствердженням Р. Шенона (1978), будь-яка матеріальна система являє собою сукупність об'єктів, що об'єднані формою (структурою) регулятивної взаємодії або взаємозалежності для її функціонування.

У науковій літературі достатньо представлено матеріалу теоретичного плану, який стосується проблем створення складних систем для прийняття управлінського рішення з метою гармонізації взаємодії системи «природа – суспільство». Запропоновано усю різноманітність світу зобразити у вигляді трьох ієрархій – природна чи фізико-біологічна, соціальна і технічна ієрархії. Об'єднання підсистем із різних ієрархій призводить до формування змішаного класу систем – еколого-антропогенних або еколого-економічних. Недоліком цих систем є те, що людина не враховується як обов'язковий складовий елемент, а їй надається роль особи, що приймає рішення (ОПР). Треба зазначити, що на функціонування як екологічної, так і економічної систем у значній мірі буде впливати соціальна система, де важливим є стан самої людини, як частини суспільства, так і як біологічний організм. Такого роду упущення спричиняють неможливості повного урахування усіх критеріїв щодо прийняття оптимального управлінського рішення, спрямованого на гармонізацію і сталий рівноважний розвиток усіх трьох зазначених систем. Таким чином, актуальним і необхідним на даний момент є

розробка нової концепції вирішення екологічних проблем на глобальному рівні в сучасних умовах.

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження щодо гармонізації сталого рівноважного розвитку екологічної, соціальної і економічної систем є впровадження концепції корпоративної екологічної системи [2, 3] і визначення для неї оптимальної моделі прийняття управлінського рішення. У ході теоретичного аналізу і практики математичної обробки інформації щодо досягнення визначеної мети поставлені і розв'язані наступні задачі:

1) обґрунтування доцільності КЕС як корпорації трьох систем і прийняття для неї цільової функції або критерію оптимальності;

2) визначення оптимальної моделі прийняття управлінського рішення в умовах КЕС.

Дослідження питання і наукові результати. Перед аналізом теоретико-концептуальних основ організації глобальної системи екологічного управління на базі корпоративної екологічної системи визначимося в доцільності введення останньої. На даний момент вже існує система корпоративного екологічного менеджменту (КЕМ), яка орієнтована на вирішення проблем охорони навколишнього середовища на мікрорівні.

КЕМ – це система управління діяльністю підприємства у тих її формах, напрямках, сторонах і таке інше, які прямо чи опосередковано відносяться до взаємовідносин підприємства з охороною природного середовища [4].

Корпоративними звичайно називають системи управління підприємствами, що враховують особливості корпорацій, головні з яких обумовлені їх структуризацією на бізнес-одиниці і наявністю загальних органів управління. На корпоративній основі побудовані системи якості у відповідності до стандартів ISOсерії 9000 і тому подібні.

Взагалі, згідно з енциклопедичним визначенням **корпорація** (лат. *corporation*) – **об'єднання для досягнення мети**. Світова практика свідчить, що корпоративні системи – потужний інструмент підвищення продуктивності праці і ефективності виробництва. Якщо звернутися до визначених проблем прийняття управлінського рішення на засадах екоцентризму і з метою гармонізації взаємодії трьох систем – екологічної, соціальної, економічної, то найбільш доцільним і буде побудова корпоративної екологічної системи. Така система буде уявляти собою цілісність, і в той же час кожна з складових має свою мету функціонування, що працює на загальну ціль.

Є ще один підхід, що до створення складних систем – інтеграція. Згідно з енциклопедичним визначенням **інтеграція** (лат. *integration* від *integer*) – стан зв'язаності, процес, що забезпечує такий стан. Інтеграційне об'єднання трьох зазначених систем більш жорсткий підхід, що надає переваги загальному перед приватними чи одиничними пріоритетами.

Зважаючи на вищенаведений аналіз і враховуючи мету створення системи, яка забезпечувала б гармонійний екологічний розвиток і взаємодію природної і соціально-економічної систем, найбільш доцільним є

впровадження корпоративної екологічної системи (КЕС) у систему екологічного моніторингу. Це важливо і для формування оптимального управлінського рішення, для оптимізації усіх процесів як в КЕС, так і окремих її складових. Важливим позитивним у створенні КЕС є можливість запровадити термодинамічний підхід щодо визначення стану самої КЕС, так і її складових. Таким чином різні системи можна охарактеризувати одними ж функціями і вважати їх критеріями оптимальності прийняття управлінського рішення (ПР). Отже, КЕС дозволяє визначитися в універсальному єдиному критерії щодо розв'язання задачі оптимізації ПР.

Оскільки між трьома складовими КЕС існують обов'язкові потоки речовини, енергії й інформації, то неминуче відбуваються нестатичні процеси, що призводять до зростання ентропії:

$$(\Delta S)_{U,V} > 0 \quad (1)$$

Якщо передбачити, що в КЕС потоки речовини (міграція забруднювачів, їх дифузія, поширення) відбуваються при незначних змінах тиску і температури (P і T) (в декількох десятках одиниць, або одиниць), то можна стан системи визначити при $P=const$ і $T=const$. Тоді функція, що контролює стан системи, є енергія Гіббса, або ізобарно-ізотермічний потенціал. Зміна цієї характеристики у системі для процесів фізико-хімічного характеру має вигляд:

$$dG = VdP - SdT \quad (2)$$

Кожна з підсистем КЕС за результатами моніторингу може характеризуватися певним енергетичним станом з рівнем енергії E_n , при цьому кожна лінійно-незалежна функція визначає один мікростан, а тому статистична вага Ω_n , що пов'язана з нею функціонально, дорівнює:

$$S = f(\Omega) = k \ln \Omega, \quad (3)$$

і визначається як число лінійно-незалежних функцій, що відповідають даному рівню E_n .

Статистична вага пов'язана функціонально з енергетичними параметрами системи – енергією Гельмгольца (F) і внутрішньою енергією (E_n):

$$\Omega_n = e^{(E_n - F)/kT}. \quad (4)$$

Ймовірність екологічного стану складових систем КЕС визначається як стан з енергією E_n і дорівнює:

$$p_{in} = 1/\Omega_n, \text{ або } p_{in} = e^{(F - E_n)/kT}, \quad (5)$$

що відповідає канонічному розподілу Гіббса.

Найбільш ймовірним є стан, коли $p_{in} = 1$, тобто значення отримане від варіації ймовірностей p_i мікростанів системи (стан системи, що реалізується за певних умов співвідношення термодинамічних параметрів, енергетичних і масових потоків).

Для визначення стану КЕС введено показник Z – величина, яка визначається як сума за станом системи:

$$Z = \sum_i e^{-E_i / kT} \quad (6)$$

Величина внутрішньої енергії має важливу властивість – *мультиплікативність*. Тоді загальна енергія КЕС може бути представлена у вигляді добутку. Якщо КЕС уявляє собою сукупність трьох систем П(Е)С+СС+ЕС (природна (екологічна), соціальна, економічна), то загальний стан системи можна визначити за формулою:

$$Z_{KEC} = \sum_{(ПЕС, СС, ЕС)_{стан}} e^{-(E_{ПЕС} + E_{СС} + E_{ЕС}) / kT} \sum_{ПЕС} \sum_{СС} \sum_{ЕС} e^{-(E_{ПЕС} + E_{СС} + E_{ЕС})} \quad (7)$$

Умови рівноваги у корпоративній системі можна представити у вигляді наступних вимог:

$$\Delta S = 0, \quad Z \rightarrow \min, \quad (8)$$

екстремуми функцій: $G = \min; F = \min; S = \max$

Виконання цих вимог сприяє розвитку процесів, що призводять до нівелювання впливу як на КЕС, так і на її складові, що дозволяє встановити рівновагу в системі в цілому і її частинах.

Для КЕС можна запровадити величину Z_{KEC} як критерій оптимізації і тоді маємо справу з задачею оптимізації за одним критерієм:

$$X^0 = \arg \max_{x \in X} \min Z_{KEC}. \quad (9)$$

Якщо взяти за оцінку стану КЕС комплексний показник, який враховує усі види енергії в системі і значення ентропії, як найбільш інформаційної термодинамічної функції, а саме k – екологічний компаратор, і врахувати величину корисності p_i від прийнятого управлінського рішення, то:

$$X^0 = \arg \max_{x \in X} \sum_{i=1}^n a_i p_i [k_i p_i [k_i(x)]], \quad (10)$$

Максимальну користь від прийнятого рішення реалізовано тоді, коли КЕС характеризується максимальним значенням ентропії, мінімальним запасом енергії, максимальною ефективністю її функціонування, але мінімальною можливістю змін у системі, тобто:

$$dS = 0; \quad dF = 0; \quad dG = 0$$

Таким чином розв'язання задачі оптимізації прийняття управлінського рішення для КЕС потребує використання максимінної оцінки:

$$X^0 = \arg \max_{x \in X} \min \sum_{i=1}^n a_i p_i [k_i p_i [k_i(x)]] \quad (11)$$

Таким чином, ЕК є комплексним критерієм щодо визначення стану КЕС і всіх можливих суттєвих змін у її рівновазі, а також впроваджується як критерій оптимізації прийняття управлінського рішення для підтримки гомеостазу в корпоративній системі.

Наукове і практичне значення отриманих результатів.

1. Визначена доцільність введення корпоративного характеру комплексної системи в екологічний моніторинг щодо прийняття управлінського рішення з метою гармонізації зв'язків між природною і соціально-економічною системами на засадах екоцентризму.

2. Доказана важливість застосування термодинамічних показників для визначення стану КЕС в цілому, ступеню порушення гомеостазу як у КЕС, так і її складових за даними змін на локальному і регіональному рівнях. Показана доцільність введення екологічного компаратору як критерію оптимізації прийняття управлінського рішення у системі екологічного моніторингу.

Порівняння з аналогами. На відміну від існуючих корпоративних систем КЕС, як кібернетична система, має три рівнозначні складові. КЕС як цілісна система, має більш просту структуру і впорядкований зв'язок між складовими, уникнувши характеристик багаторівневих систем – вертикальна декомпозиція, пріоритет дії підсистем верхніх рівнів, залежність дій від функцій підсистем нижнього рівня, координуючі сигнали і т. інше, що спрощує процедуру прийняття і оптимізації управлінського рішення.

Представлена КЕС є системним об'єктом, який характеризується еколого-соціально-системним аспектом, більшою конкретизацією системних факторів і механізмів упорядкування в системному скелеті об'єкту речовинно-енергетичних, інформаційно-регулюючих, хімічних і інших характеристик, що відрізняє її від подібної корпоративної системи екологічного менеджменту.

Перспективи розвитку досліджень. Розробка нових теоретико-практичних підходів процесів оптимізації управлінського рішення щодо рівноваги [*природна система*]–[*соціально–економічна система*].

Висновки.

1. Запропоновано проводити оптимізацію управлінського рішення на базі макроекологічної системи – корпоративна екологічна система, яка поєднує у собі екологічний, соціальний й економічний початок, виступає корпорацією рівноправних і самостійно розвиваючих систем, підпорядкованих єдиній меті

– гармонізація взаємодії між природною і соціально-економічними системами.

2. Визначено доцільним визначити критерієм оптимізації управління КЕС одну із термодинамічних функцій стану системи, або їх комплекс у вигляді екологічного компаратору, що є комплексним показником стану як КЕС, так і її складових. Зазначено оптимізацію управлінського рішення проводити на основі максимінної оцінки.

Список літератури: 1. Екологічне управління //В.Я. Шевчук, Ю.М. Саталкін, Г.О. Білявський та ін. – К.: Либідь, 2004. 432 с. 2. Козуля Т.В. Теоретично-практичні підходи при оптимізації прийняття рішення в системі екологічного моніторингу //Вестник НТУ «ХПІ». Системный анализ, управление и информационные технологии. 2004. № 45. С. 110-118. 3. Козуля Т.В. Исследование оптимальных математических подходов в управлении качеством окружающей среды на основе данных экологического мониторинга // АСУ и приборы автоматики. 2004. Вып. 129. С. 59-66. 4. Пахомова Н.В., Эндрес А., Рихте К. Экологический менеджмент - СПб: «Питер», 2003. 544 с.

Надійшла до редколегії 02.06.05

СОДЕРЖАНИЕ

Товажнянский Л. Л., Годлевский М. Д., Куценко А. С., Малько М. Н., Чередниченко О. Ю. Принципы разработки единой информационной системы поддержки принятия решений для пограничных, таможенных и налоговых служб	3
Безменов Н.И., Богарсуков А. С. Моделирование эффектов освещенности при визуализации объемных изображений	11
Кащеев Л. Б., Стогний Д. А. Сравнительный анализ простых алгоритмов морфинга	15
Каменюка Е. А. PRUS – средство моделирования систем булевых уравнений	19
Чумаченко С. В. Моделирование электромагнитных полей в резонаторных устройствах сложной структуры с применением метода суммирования рядов в ППВЯ	28
Марченко Н. А., Краснокутский В. В. Особенности разработки системы прикладной картографии	37
Гужва В. А., Терехов А. В. К вопросу о разработке тренажеров для подготовки операторов опасных химических производств	41
Рибак Л. П. Пошук конструкцій природних інтелектуальних прототипів як бази для створення медичного інтелектуального наноробота. Ч. 2. Визначення структурної організації „Розуму” в системі Сонця і Землі	46

<i>Дорофеев Ю. И., Мясотин В. В.</i> Оценивание стоимости объектов недвижимости с помощью искусственной нейронной сети	59
<i>Кононенко И. В., Протасов И. В.</i> Максимизация прибыли при формировании типажа перспективной продукции	63
<i>Вартанян В. М., Кононенко А. В.</i> Метод определения константы сглаживания в прогнозной модели продаж	67
<i>Квитко И. В.</i> Прогноз стоимости ценных бумаг	71
<i>Бочаров Б. П.</i> Интерактивная система поддержки принятия решений при управлении библиотекой	87
<i>Булкин В. И.</i> О представлении знаний в интеллектуальных информационных системах	93
<i>Кучеренко Ю. Ф., Александров С. Н., Шубин Е. В.</i> Влияние вида оператора скрещивания на эффективность поиска решения генетическим алгоритмом синтеза топологии телекоммуникационной сети	101
<i>Стулов Л. В., Новиченко С. В.</i> Оптимизация безотказности электрорадиоизделий многорежимных радиоэлектронных систем, с учетом стратегии использования режимов функционирования	105
<i>Телюков С. Н., Смирнов О. Л., Зубрицкий Г. Н., Акулинин Г. В.</i> Математическая модель распределения концентрации измеряемой газовой компоненты спутного следа аэродинамической цели в пределах поля зрения лидарной головки самонаведения зенитной управляемой ракеты	113
<i>Ермаков Г. В., Калугин Д. С., Литовченко Д. М., Рогуля А. В.</i> Алгоритмы обработки сверхширокополосных сигналов	120
<i>Аль Саайда Фирас Сами Махмуд</i> К построению банка моделей аудита	127
<i>Дёмина В. М.</i> Влияние субъективного фактора на качество оценивания знаний при автоматизированном контроле	133
<i>Конохова З. П., Сухорукова Н. В., Конохова Ю. В.</i> Спецификация прав собственности в процессе формирования экономической системы Украины	139
<i>Раскин Л. Г., Зарубин В. С.</i> Планирование модульного производства	149
<i>Серая О. В.</i> Нечеткое линейное программирование	153
<i>Камбург В. Г., Нездоровін В. П., Семенюк В. І., Семенюк В. В., Поташинікова Г. В.</i> Опрацювання операційної моделі підтримки рішень у правовому полі	157
<i>Цехмистро И. В.</i> Методы и средства имитационного моделирования бизнес-процессов	163
<i>Козуля Т. В.</i> Оптимізація задачі прийняття управлінського рішення в системі екологічного моніторингу	174

НАУКОВЕ ВИДАННЯ
**ВІСНИК
НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ «ХПІ»**

Збірник наукових праць

Тематичний випуск
«Системний аналіз, управління
та інформаційні технології»

Випуск 41

Наукові редактори М. Д. Годлевський, О.С.Куценко
Технічний редактор М. І. Безменов

Відповідальний за випуск В. М. Луньова

Обл.-вид № 81-02

Підп. до друку . .05 р. Формат 60×84 1/16. Папір офісний.
RISO-друк. Гарнітура Таймс. Умов. друк. арк. 8,5. Облік.-вид. арк. 10,1.
Наклад 300 прим. Перший завод 1-100. Зам. № . Ціна договірна.

Видавничий центр НТУ «ХПІ».

Свідоцтво державну реєстрацію № 116 від 10.07.2000 р.

61002, Харків, вул. Фрунзе, 21

Друкарня «Технологічний центр». 61145, Харків, вул. Новгородська, 3а,
тел. 58-76-55