



СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ, НАВІГАЦІЇ ТА ЗВ'ЯЗКУ

1 (37) ' 2016

Заснований
у 2007 році

Наукове періодичне видання,
в якому відображені результати
наукових досліджень з розробки та
удосконалення систем управління,
навігації та зв'язку у різних
проблемних галузях.

Засновник:
Полтавський національний технічний
університет імені Юрія Кондратюка

Адреса редакційної колегії:
Україна, 36011, м. Полтава,
Першотравневий проспект, 24

Телефон: +38 (066) 706-18-30
(консультації, прийом статей).

E-mail:
kozolkovae@mail.ru

Інформаційний сайт:
<http://www.pntu.edu.ua>

Реферативна інформація
зберігається: у загальнодержавній
реферативній базі даних
„Україніка наукова” та публікується
у відповідних тематичних серіях
УРЖ „Джерело”.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Голова:

КОЗЕЛКОВ Сергій Вікторович (д-р техн. наук, проф.)

Заступники голови:

ГАЛАЙ Василь Миколайович (канд. техн. наук, доц.)

ШУЛЬГА Олександр Васильович (канд. техн. наук, доц.)

Члени:

ІЛЮШКО Віктор Михайлович (д-р техн. наук, проф.)

ІЛЬІН Олег Юрійович (д-р техн. наук, проф.)

КАЛІННИКОВ Володимир Геннадійович (д-р фіз.-мат. наук, проф.)

КОРОБКО Богдан Олегович (канд. техн. наук, доц.)

КОШОВИЙ Микола Дмитрович (д-р техн. наук, проф.)

КРАСНОБАЄВ Віктор Анатолійович (д-р техн. наук, проф.)

КУЧУК Георгій Анатолійович (д-р техн. наук, проф.)

ЛАДАНЮК Анатолій Петрович (д-р техн. наук, проф.)

МАШКОВ Віктор Альбертович (д-р техн. наук, проф.)

МАШКОВ Олег Альбертович (д-р техн. наук, проф.)

МОРГУН Олександр Андрійович (д-р техн. наук, проф.)

МУРАВЛЬОВ Володимир В'ячеславович (канд. техн. наук, доц.)

ПЕШЕХОНОВ Володимир Григорович (академік РАН, д-р техн. наук, проф.)

СІЛЬВЕСТРОВ Антон Миколайович (д-р техн. наук, проф.)

СТАСЄВ Юрій Володимирович (д-р техн. наук, проф.)

СУХАНОВ Костянтин Георгійович (канд. техн. наук, с.н.с.)

ХРАЩЕВСЬКИЙ Рімвідас Вілімович (д-р техн. наук, проф.)

ХОРОШКО Володимир Олексійович (д-р техн. наук, проф.)

ЦАРЬОВ Віктор Михайлович (канд. техн. наук, с.н.с.)

ЧОРНИЙ Олексій Петрович (д-р техн. наук, проф.)

Відповідальний секретар:

КОЗЕЛКОВА Катерина Сергіївна (д-р техн. наук, с.н.с.)

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

Журнал індексується наукометричною базою Google Scholar

Затверджений до друку науково-технічною радою Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка (протокол № 06 від 23 березня 2016 року)

Занесений до “Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук”, затвердженого наказом Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України від 25.01.2013 р., № 54

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 19512-93/2ГП від 16.11.2012 р.

З М І С Т

КОНТРОЛЬ КОСМІЧНОГО І ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ

<i>Василенко Д.Е., Обидин Д.Н., Бердник П.Г.</i> Метод формализации знаний о задачах управления воздушным движением, решаемых в центрах управления воздушным движением	3
<i>Данилов Ю.А., Обидин Д.Н., Павленко М.А., Степанов Г.С.</i> Разработка метода синтеза оптимального алгоритма сопровождения плотных потоков воздушных объектов	8
<i>Фриз С.П.</i> Метод формування раціональних маршрутів детального спостереження заданих об'єктів у супутникових інформаційно-телекомунікаційних системах	13
<i>Фролов В.Ф.</i> Космічний простір – як складна багато параметрична динамічна система	18

ПИТАННЯ УПРАВЛІННЯ В СКЛАДНИХ СИСТЕМАХ

<i>Беляев О.В., Задорожна О.В.</i> Використання безпілотних літальних апаратів як шлях до підвищення врожайності сільськогосподарських культур	20
<i>Волощук О.М., Гребенник И.В., Серeda Ю.В.</i> Выбор оптимальной структуры штриховых шкал преобразователей перемещения	23
<i>Зуев П.П., Тимочко О.О., Кизима А.А.</i> Пропозиції щодо удосконалення методів вироблення рішень в автоматизованих системах управління черговими силами об'єднання Повітряних Сил	26
<i>Королевська М.О., Науменко А.М., Кононова О.А.</i> Аналіз залежності температури первинних вимірювальних перетворювачів від властивостей навколишнього середовища	29
<i>Морозова Л.В.</i> Формування топології логістичної системи	32
<i>Садовський М.С.</i> Проблеми впровадження стандартів НАТО в функціонування Збройних Сил України	38
<i>Шульга О.В.</i> Практична реалізація алгоритмів обробки сигналів неконтрольованих випромінювань радіотехнічних станцій	43

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ

<i>Дубницький В.Ю., Кобылин А.М., Кобылин О.А.</i> Оценка влияния неопределённости исходных данных на неопределённость результатов косвенных измерений	47
<i>Песоцкая Л.А., Кучук Н.Г., Лакиза Т.В., Евстигнеев И.В., Усенко А.В., Ярчук Е.А.</i> Особенности корреляционных взаимосвязей при железодефицитных анемиях различной этиологии	52

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

<i>Берковський В.В., Бологова Н.М.</i> Аналіз маркетингових критеріїв оптимізації освітніх електронних ресурсів для пошукових систем	58
<i>Гавриленко С.Ю., Володін С.А.</i> Аналіз аномалій трафіку комп'ютерної системи на основі контрольних карт	63
<i>Гришук Р.В., Молодецька К.В.</i> Спосіб синергетичного управління поведінкою акторів у соціальних інтернет-сервісах	66
<i>Yenina I.I., Parhomenko Y.M., Bosko V.V.</i> Review of the ways to protect computer networks from attacks on security	71
<i>Ilyina I.V., Sheviakova N.Yu.</i> Risk management in software development	73
<i>Карпетян А.Р.</i> Еволюційні методи в задачах адаптивної маршрутизації даних	76
<i>Козлов В.Є., Козлов Ю.В., Новикова О.О., Оленченко В.Т.</i> Застосування науково-методичного апарату професійного відбору для забезпечення управління кадрами	80
<i>Конев В.В., Плугин А.А.</i> Сравнительный анализ программного обеспечения поддержки принятия решений в жизненном цикле объектов недвижимости	83
<i>Левыкин В.М., Чалая О.В.</i> Информационная технология интеллектуального анализа контекста знание-емких бизнес-процессов	86
<i>Макогон О.А., Магілін О.В., Новік С.А.</i> Методика підготовки до складання тестів на підтвердження володіння іноземною мовою за допомогою кластерів базових знань	89
<i>Прохоров А.В.</i> Модель динамического управления ресурсами распределенного взаимодействия агентов	93
<i>Смирнов А.А., Коваленко А.В.</i> Использование псевдобулевых методов бивалентного программирования для управления рисками разработки программного обеспечения	98
<i>Станович О.В., Бондаренко О.Є., Малих В.В., Кротов В.Д.</i> Варіант оцінки надійності програмного забезпечення	104
<i>Худов В.Г.</i> Сегментування багатомасштабної послідовності оптико-електронних зображень мультиагентним методом	107

ЗАПОБІГАННЯ ТА ЛІКВІДАЦІЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

<i>Глива В.А., Халіль В.В.</i> Попередній аналіз та вибір критеріїв оцінки системи керування охороною праці підприємства	111
<i>Полякова І.О.</i> Використання спеціальних інженерних бар'єрів при зберіганні рідких тритієвих радіоактивних відходів	116

ЗВ'ЯЗОК

<i>Животовський Р.М.</i> Методика вибору раціональних значень параметрів сигналу для безпілотних авіаційних комплексів з прогнозуванням стану каналів управління і передачі даних	120
<i>Замула О.А., Семченко Д.О.</i> Метод синхронізації даних для каналів зв'язку, побудованих на управлінні часовими затримками пакетів даних	126
<i>Ткаченко К.М., Іохов О.Ю., Малюк В.Г.</i> Математична модель радіообміну при застосуванні активного радіомаскування	129
<i>Чирва Д.П.</i> Спектральна модель впливу возмущения волнового сопротивления на область частотных искажений распределённых магистралей	133
АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК	136

КОНТРОЛЬ КОСМИЧНОГО І ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ

УДК 004.825

Д.Е. Василенко¹, Д.Н. Обидин¹, П.Г. Бердник²

¹ Кировоградская летная академия НАУ, Кировоград

² Харьковский национальный университет имени С.Н. Каразина, Харьков

МЕТОД ФОРМАЛИЗАЦИИ ЗНАНИЙ О ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ, РЕШАЕМЫХ В ЦЕНТРАХ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

При разработке открытых экспертных систем различного назначения особую роль играет способ формализации и представления знаний. Решению задачи разработки метода формализации знаний для открытой экспертной системы реального времени посвящена данная статья. Особое внимание уделено вопросам разработки базы знаний, логическим взаимосвязям в такой базе, исследованы возможности сокращения ее объема без нарушения логической целостности и обеспечении логического вывода на такой базе в реальном масштабе времени. Результатом данной статьи является разработанный метод формализации знаний о задачах управления воздушным движением.

Ключевые слова: экспертная система, обработка знаний, знания, система управления, воздушное движение, база знаний, формализация знаний.

Введение

Ранее рассмотрены основные вопросы формализации различных видов знаний о задачах управления воздушным движением решаемых в центрах управления воздушным движением. Однако задачу формализации знаний о задачах управления воздушным движением нельзя считать решенной если все этапы формализации не позволяют разработать базу знаний о предметной области для ее реализации в открытой экспертной системе реального времени. Поэтому **целью данной статьи** будет разработка подходов к формированию базы знаний и формированию метода формализации знаний о задачах управления воздушным движением решаемых в центрах управления воздушным движением.

Анализ литературы. Возможно применение различных подходов к разработке специального математического обеспечения открытой экспертной системы (СМО ОЭС) и базы знаний (БЗ) как его составной части. Для традиционного подхода (рис. 1 а) характерен ряд существенных недостатков [3-9]:

- данный подход не обеспечивает построение СМО, соответствующее лавинообразному

Основными достоинствами ООП, определяющими предпочтение его применения при разработке информационных систем являются [8, 9]:

- возможность учета при разработке систем свойств структурированных сложных систем;

- возможность использования объектно-ориентированных языков при формировании структуры понятий на уровне модулей и программ;

- существенное повышение качества разработки информационных систем как в целом, так и их отдельных фрагментов;

- компактная, по сравнению с традиционными подходом, реализация; упрощение процесса внесения изменений;

- снижение риска отрицательного результата при разработке информационных систем, повышение уверенности в правильности их работы; ориентирование на "человеческое" восприятие мира.

Таким образом, для разработки БЗ ОЭС воспользуемся подходом, предложенным при объектно-ориентированном подходе к разработке программного обеспечения.

Основная часть

При разработке БЗ будем руководствоваться следующими этапами ООП:

- объектно-ориентированный анализ (ООА) [7];

- объектно-ориентированное проектирование;

- эволюция системы совмещает в себе этапы программирования, тестирования и интегрирования системы;

- необходимость модификации системы следует из того, что в процессе жизненного цикла системы возникает потребность добавлять или изменять некоторые имеющиеся у системы свойства.

нарастанию сложности разрабатываемых в настоящее время информационных систем;

- внесение изменений в разрабатываемую систему существенно осложнено из-за высокой степени взаимосвязанности компонентов системы;

- требуется обязательная последовательность выполнения этапов разработки проектов, что вызывает значительные затруднения при возврате на предыдущий этап;

- несовместимость с перспективными методами разработки.

В ряде работ [6 – 8] обосновано использование при разработке информационных систем объектно-ориентированного подхода (ООП). На рис. 1, б представлена схема разработки информационной системы с использованием ООП.

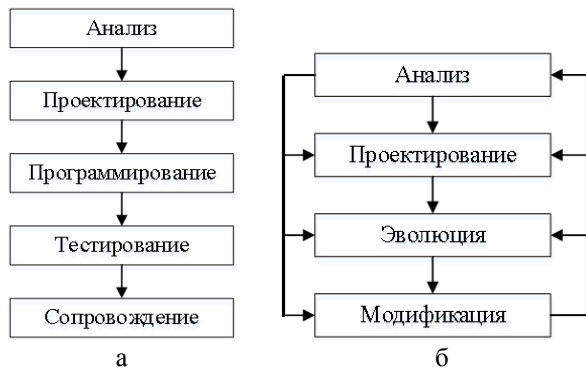


Рис. 1. Схемы разработки информационных систем

Все эти этапы имеют итеративный характер, что позволяет приближаться к заданным для разработки информационных систем требованиям постепенно.

Принципиальным моментом в процессе формализации описаний закономерностей ПО является наличие двойственного семантического характера основных структурных элементов рассматриваемой-структуры целевых установок (СЦУ) [1, 2]. Двойственность проявляется в наличии в рамках СЦУ элементов, имеющих явно выраженную семантическую интерпретацию (целевые установки, начальные условия, ресурсы и т.д.) но не имеющих семантической интерпретации в рамках конкретных задач, а также для этих элементов семантической интерпретации, привязанной к конкретным условиям и задачам. Последние описания имеют интенциональный характер, так как по отношению к ним применимы интенциональные описания свойств и закономерностей данных элементов, однако их дальнейшая семантическая интерпретация уже невозможна. Структурные элементы СЦУ, имеющие семантическую интерпретацию в рамках некоторого ограниченного набора задач будем называть экземплярами структурных элементов. Структурные элементы, от которых поро-

ждаются экземпляры будем называть базовыми.

Экземпляры структурных элементов СЦУ целесообразно объединять, в свою очередь, в единые структурные элементы БЗ. Таким образом, должны быть сформированы библиотеки экземпляров целей; экземпляров начальных условий, экземпляров ресурсов. Кроме того, вследствие наличия семантической интерпретации ресурсов в рамках конкретных задач, нормативные правила использования их экземпляров могут иметь принципиально отличную семантику от базовых структурных элементов (например, правила использования различных ресурсов). Это предопределяет введение в БЗ библиотек нормативных правил использования экземпляров ресурсов. Широкое использование множества признаков (в описаниях целевых установок, начальных условий и т.д.), а также ограниченность набора доступных системе признаков, определяют необходимость сведения последних в библиотеку признаков. Данный структурный элемент БЗ прямо связан с БД и содержит необходимые ключи доступа к соответствующим данным. В библиотеке признаков размещаются:

- семантическая интерпретация признаков в понятиях базы знаний;
- атрибуты признаков в соответствии с методикой описания прагматического аспекта знаний [9];
- значение признака определяющее его истинности ключ поиска признака в БД.

Возможность пополнения БЗ на этапе эксплуатации ОЭС делает необходимым сведение базовых структурных элементов в единую библиотеку базовых объектов сети. Сюда же включаются объекты описания пространственных отношений, отношений сравнения.

Характерной особенностью базовых объектов является возможность их дальнейшей семантической интерпретации при адаптации системы к решению конкретных задач в процессе формирования и пополнения БЗ.

Создание экземпляра объекта предполагает заполнение соответствующих полей базового объекта. Пример формирования экземпляра объекта из базового объекта приведен на рис. 2.



Рис. 2. Графическая иллюстрация процесса формирования экземпляра объекта

В общем объеме знаний, подлежащих формализации в рамках ОЭС возможно разделение знаний на объективные и субъективные [11]. К объективным относятся знания, описывающие объективные закономерности предметной области. К субъективным - методы и методики, используемые экспертами при решении частных задач с различным набором исходных данных в конкретных условиях обстановки, являющимися обобщением их личного опыта. Очевидно, что объективные закономерности, присущие предметной области

могут быть выделены непосредственно на этапе разработки и являются фундаментом БЗ. Знания данного класса носят характер метазнаний экспертной системы (ЭС). Дальнейшее формирование БЗ может осуществляться уже на этапе эксплуатации ЭС. При этом эксперты, формализуя свои знания и опыт в рамках БЗ, могут вносить новые отношения между понятиями и объектами, формировать новые целевые установки (ЦУ), вводить отношения между самими ЦУ, определять начальные условия функционирования системы и их взаимосвязь с ЦУ. В данном случае возможно выделение в отдельные группы, с одной стороны - знаний о внутренней структуре и условиях достижения выделенных ЦУ ЭС, с другой стороны - знания, определяющие отношения между целевыми установками, ЦУ и начальными условиями формирования решений, порядок достижения высших целей системы.

Таким образом, возможно создание иерархической БЗ ЭС (рис. 3). Знания высшего уровня иерархии (метазнания) такой БЗ формализуются специалистами-когнитологами на стадии создания ЭС. Знания более низких уровней иерархии формализуются экспертами непосредственно в процессе эксплуатации. При этом, более высокие уровни иерархии БЗ являются нормативными для всех нижестоящих уровней. На промежуточных уровнях иерархии могут описываться правила изменения общности понятий, позволяющие приводить в однозначное соответствие закономерности, представленные как в обобщенных понятиях, характерных для органов планирования, так и в понятиях, имеющих место для органов оперативного управления.

Приведенные выше структурные элементы БЗ ОЭС рассматриваемого класса позволяют адекватно формализовать отдельные компоненты знаний (ЦУ, НУ и т.д.). Вместе с тем, необходима организация четкой логической взаимосвязи отдельных элемен-

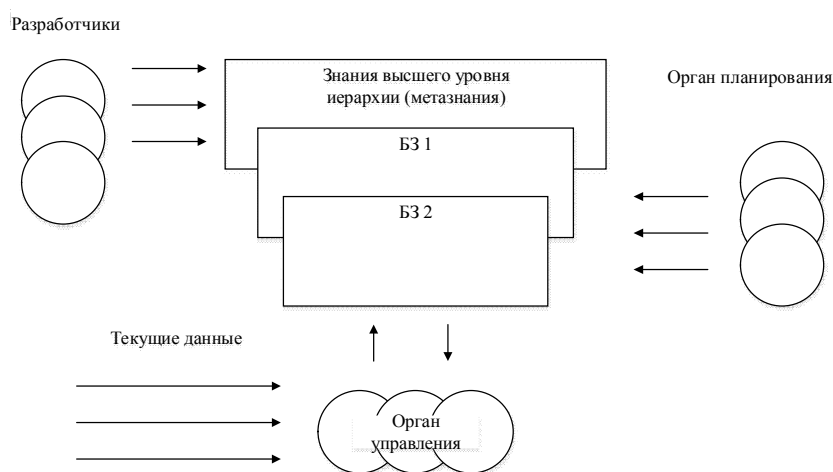


Рис. 3. Структура иерархической базы знаний открытой экспертной системы КП корпуса ПВО

тов СЦУ, обеспечивающей строгую адекватность СЦУ рассматриваемой ПО на уровне модулей и программ.

Как было показано в [2] для адекватного представления графа сетевой модели могут быть использованы матрицы СЦУ.

В существующих работах для организации логических взаимосвязей в матрицах смежности использовались символы $\{1, 0\}$ [3]. Логические взаимосвязи в представленном виде на уровне модулей и программ потребуют при реализации логического вывода проведения анализа значительного количества символьных данных, являющейся элементами соответствующих матриц. Это может привести к существенному снижению быстродействия. Решение данной задачи может быть найдено при переходе от символьного заполнения содержания матриц и таблиц к адресному. Такой подход позволит сократить количество операций, связанных с анализом символьных данных, частично заменив их операциями прямой адресации соответствующих элементов в соответствующих библиотеках. Изменение содержания элементов матриц обосновано использованием их только для отражения структуры графа сети и отсутствием, по отношению к самим матрицам, арифметических операций.

Таким образом, в основу логической организации знаний в БЗ ОЭС могут быть положены адресные матрицы смежности и таблицы.

Использование адресных матриц взамен традиционных символьных позволяет:

- сократить время обращения к необходимым элементам в процессе логического вывода за счет сокращения операций символьного анализа и, тем самым, повысить оперативность решения задач;

- существенно сократить размерность. Хранение адресов позволяет устранить необходимость анализа всех элементов матриц в процессе логического вывода, непосредственно используя адреса

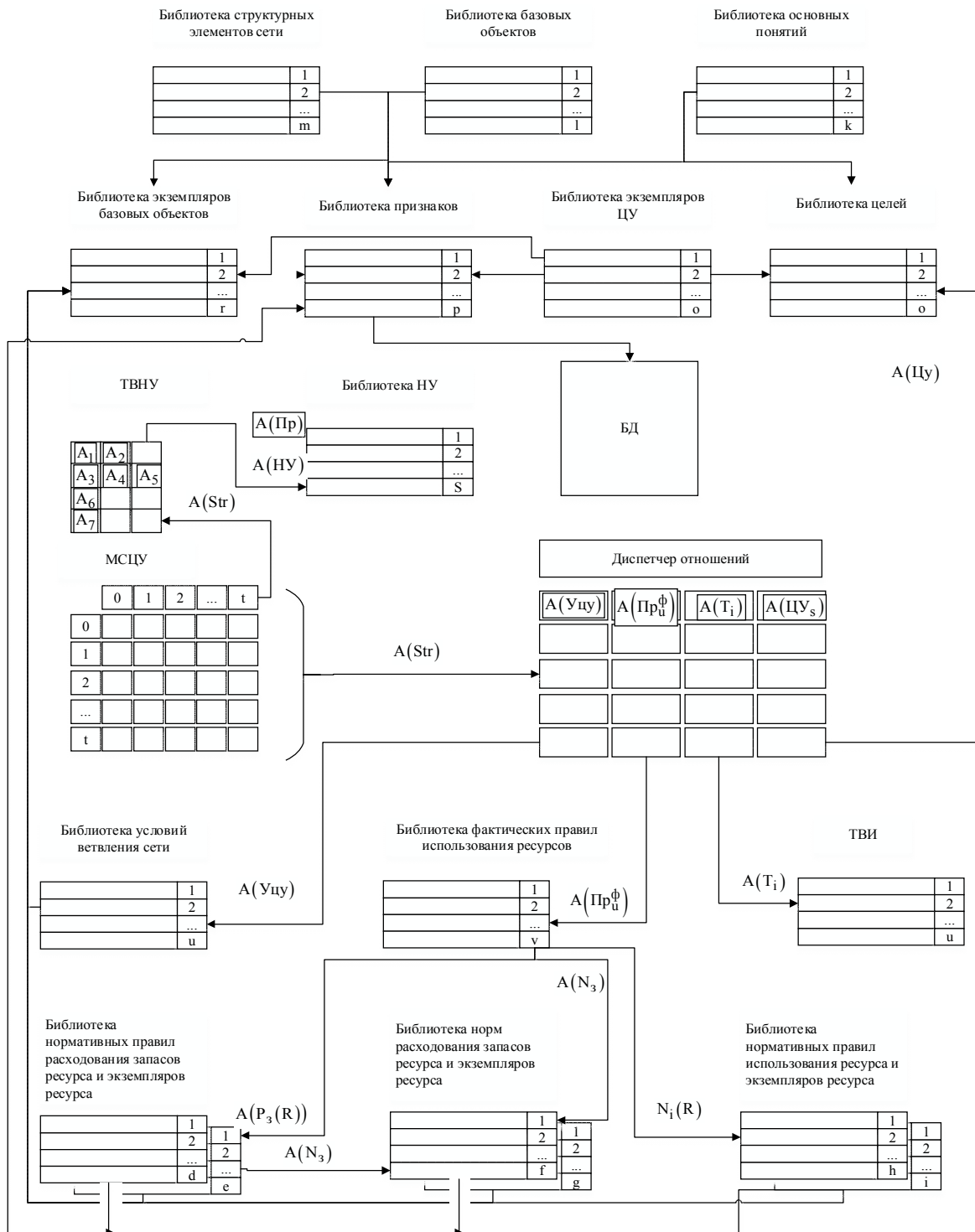


Рис. 4. Структура логических взаимосвязей элементов БЗ ОЭС реального времени

прямого доступа к соответствующим элементам. Так, при объеме БЗ в 200 ЦУ, в традиционной МСПУ необходимо размещение 40000 символов. Для адресной (при наличии отношений каждой ЦУ с 10-ю смежными целями) - 2000 адресов. Данный подход реализуется посредством "динамических матриц", и "динамических коллекций", широко применяемых в объектно-ориентированном программировании.

Приведенные рассуждения позволяют сформировать структуру логических взаимосвязей элемен-

тов БЗ ОЭС в следующем виде (рис. 4). Приведенная структура логически следует из описанного выше метода формализации знаний и отражает особенности построения соответствующего СЦУ.

С учетом результатов полученных в [1, 2] и подхода к формированию БЗ ОЭС структура метода формализации знаний о задачах управления воздушным движением решаемых в центрах управления воздушным движением будет иметь следующий вид (рис. 5).

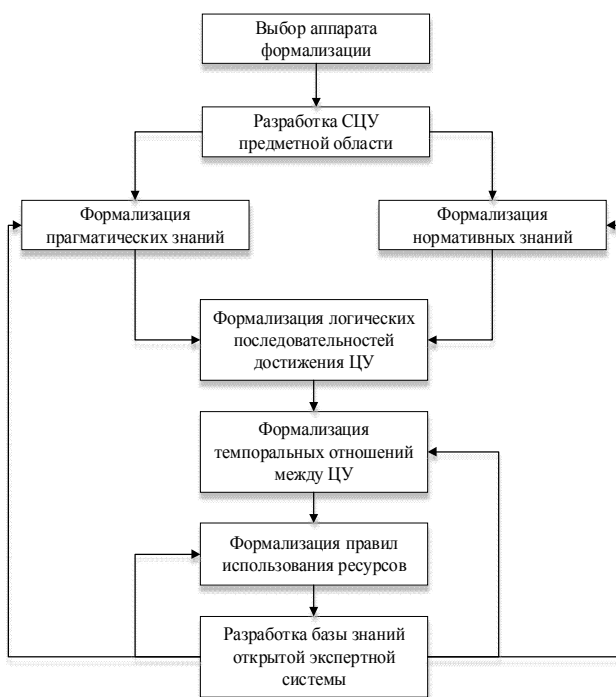


Рис. 5. Структура метода формализации знаний о задачах управления воздушным движением для открытых экспертных систем реального времени

Выводы

Представление структур знаний на уровне модулей и программ возможно посредством матриц смежности, таблиц и библиотек отражающих структуру и содержание сетевой модели.

Использование принципов структурирования и ООП позволяет разработать иерархическую структуру БЗ, органично соединяющую знания, формализуемые органами планирования и оперативного управления. Использование адресных матриц и таблиц позволяет снизить их размерность при хра-

нении на носителях информации, упростить логические взаимосвязи между элементами СЦУ.

Предложенные методы позволяют осуществлять формализацию знаний с использованием динамических структур, существенно упростить и ускорить поиск решений в условиях дефицита времени.

Список литературы

1. Искусственный интеллект. Справочник в 3-х книгах. Книга 2. Модели и методы / Под ред. Д.А. Поспелова. – М.: Радио и связь, 1990. – 304 с.
2. Теоретические основы автоматизации процессов выработки решений в системах управления / [Ярушек В.Е., Прохоров В.П., Судаков Б.Н., Мишин А.В.] . – X: ХВУ, 1993. – 446 с.
3. Ивлев Ю.В. Содержательная семантика модальной логики / Ю.В. Ивлев. – М.: МГУ, 1985. – 170 с.
4. Слинин Я.А. Современная модальная логика / Я.А. Слинин. – Л.: ЛГУ, 1976. – 104 с.
5. Object-Oriented Analysis and Design with Applications (3rd Edition) Grady Booch, Robert A. Maksimchuk, Michael W. Engle, Bobbi J. Young, Jim Conallen, Kelli A. Houston, - 720 p.
6. Domain-Driven Design: Tackling Complexity in the Heart of Software Eric Evans. – 442 p.
7. Vaughn Vernon Implementing Domain-Driven Design / Vaughn Vernon «ВИЛЬЯМС», 2016, - 688 p.
8. Павленко М.А. Когнитивний підхід до розробки інформаційних моделей в системах підтримки прийняття рішень / М.А. Павленко, В.К. Медведєв, П.Г. Бердник, С.В. Міхасьов // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. — 2016. — № 2. — С. 138-141.
9. Гибридная модель знаний для распознавания ситуаций в воздушном пространстве / М.А. Павленко, А.И. Тимочко, Н.А. Королюк, М.Ю. Гусак // Автоматика и вычислительная техника. – Рига: АВТ, 2014. – No. 5, (Vol. 49). – С. 16-25.

Надійшла до редколегії 25.12.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.І. Тимочко, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

МЕТОД ФОРМАЛІЗАЦІЇ ЗНАНЬ ПРО ЗАВДАННЯ УПРАВЛІННЯ ПОВІТРЯНИМ РУХОМ, РОЗВ'ЯЗУВАНИХ У ЦЕНТРАХ УПРАВЛІННЯ ПОВІТРЯНИМ РУХОМ

Д.Є. Василенко, Д.М. Обідін, П.Г. Бердник

При розробці відкритих експертних систем різного призначення особливу роль відіграє спосіб формалізації і представлення знань. Вирішенню завдання розробки методу формалізації знань для відкритої експертної системи реального часу присвячена ця стаття. Особливу увагу приділено питанням розробки бази знань, логічним взаємозв'язкам в такій базі, досліджені можливості скорочення її обсягу без порушення логічної цілісності і забезпечення логічного висновку на такій базі в реальному масштабі часу. Результатом даної статті є розроблений метод формалізації знань про завдання управління повітряним рухом.

Ключові слова: експертна система, обробка знань, знання, система управління, повітряний рух, база знань, формалізація знань.

METHOD FORMALIZATION OF KNOWLEDGE ABOUT THE TASKS OF AIR TRAFFIC SOLVED IN THE CENTER OF AIR TRAFFIC CONTROL

D.E. Vasilenko, D.M. Obidin, P.G. Berdnik

In developing public expert systems for various purposes special role played by way of formalizing and knowledge representation. The task of developing a method of formalizing knowledge to open real-time expert system dedicated to this article. Particular attention is paid to the development of the knowledge base logical relationships in such a database, investigated the possibility of reducing the volume without disturbing the integrity and logical inference to provide such a basis in real time. The result of this paper is the method of formalization of knowledge about the problem of air traffic control.

Keywords: expert system, knowledge processing, knowledge management system, air movement, knowledge base, knowledge formalization.

УДК 681.51:623.592

Ю.А. Данилов¹, Д.Н. Обидин², М.А. Павленко³, Г.С. Степанов¹¹ *Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского, Киев*² *Кировоградская летная академия НАУ, Кировоград*³ *Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, Харьков*

РАЗРАБОТКА МЕТОДА СИНТЕЗА ОПТИМАЛЬНОГО АЛГОРИТМА СОПРОВОЖДЕНИЯ ПЛОТНЫХ ПОТОКОВ ВОЗДУШНЫХ ОБЪЕКТОВ

В статье проводится анализ методик синтеза систем и алгоритмов обнаружения и сопровождения траекторий ВО на основе теории статистических решений. Предложения по выбору модели траектории движения воздушного объекта и основные исходные данные для разработки модели плотного потока движущихся воздушных объектов.

Ключевые слова: *плотность воздушных объектов, маневр, траектории воздушных объектов, первичная обработка радиолокационной информации.*

Введение

Одной из важнейших задач гражданской авиации является повышение безопасности полётов, особенно на этапах взлёта и посадки. Для достижения этой цели, автоматизированные системы управления воздушным движением (АС УВД) должны иметь необходимые показатели качества, которые в определяющей степени зависят от качества поступающей радиолокационной информации. В системе УВД радиолокационная информация от трассовых и аэродромных РЛС используется для управления движением воздушных объектов (ВО), предупреждения столкновений и управления заходом на посадку. При управлении движением ВЦ необходимо вычислять текущие координаты каждой ВЦ для исключения опасных сближений ВО. В противном случае летчикам выдаются команды по коррекции траекторий. В режиме предотвращения столкновений формируется оценка экстраполированных координат, на основе которых определяются зоны опасного сближения. Тем более, что за последние годы возрастает и плотность воздушного движения. Рост плотности воздушного движения приводит к увеличению числа опасных сближений. Предупреждение опасных сближений ВО является частью важнейшей задачи гражданской авиации – обеспечения безопасности полётов. При управлении движением ВО на этапе захода на посадку РЛС проверяет правильность движения ВО по заданным траекториям. Поэтому вопросы повышения качества радиолокационной информации постоянно привлекают большое внимание. Известно, что после первичной обработки радиолокационной информации процесс вторичной обработки радиолокационной информации обычно выполняются программированными алгоритмами цифровой обработки на ЦВМ, и качество потока радиолокационной информации сильно зависит от

надежности и точности алгоритмов обработки. Это задача тем более актуальна, если учитываются маневрирования ВО на этапах взлёта и посадки, связанные со сменой эшелона, изменением курса и выполнением типовых схем захода на посадку и т.д.

Разработанные и реализованные по существующим методикам алгоритмы не обеспечивают качественного сопровождения траекторий в условиях плотных потоков воздушных объектов, т.е. когда разность значений параметров сигналов отраженных от них соразмерна с мерой разрешающей способности РЛС. Учитывая целый ряд факторов, влияющих на принятие решения на этапе первичной обработки РЛИ, вполне возможны случаи, когда сигналы, отраженные от воздушных объектов накладываются, порождая всего лишь одну отметку. Кроме того, подобная ситуация может возникать при выполнении несколькими воздушными объектами согласованного маневра.

Анализ литературы. К основным работам, посвященным повышению качества радиолокационной информации за счет разработки новых способов и алгоритмов сопровождения траекторий воздушных объектов, можно отнести следующие [1 – 12].

Большинство из этих работ показывают различные методики синтеза алгоритмов обнаружения и сопровождения траекторий воздушных объектов. Однако, проведенный анализ данных работ показывает, что все они ориентированы на существующие методы обнаружения и сопровождения траекторий воздушных объектов и разработаны для условия полной разрешаемости.

Целью данной статьи является обобщение информации о различных методиках синтеза систем и алгоритмов обнаружения и сопровождения траекторий ВО на основе теории статистических решений и формирование исходных данных для разработки модели потока движущихся воздушных объектов.

Основная часть

В работах [1, 2] рассматривается методика синтеза систем и алгоритмов обнаружения и сопровождения траекторий ВО на основе теории статистических решений. Предлагаемая методика синтеза оптимального алгоритма сопровождения траекторий ВО в условиях их плотных потоков содержит следующие основные этапы:

1. Выбор модели траектории движения ВО.

Кроме широко используемой одногипотезной модели траектории движения ВО (гаусовско-марковской модели движения, характеризуемой переходной плотностью вероятности), предлагается использовать многогипотезную модель траектории движения, в которой изменения траектории, обусловленные преднамеренным маневром ВО, представимы как дискретный случайный процесс, принимающий n фиксированных значений [4].

2. Разработка модели потока движущихся ВО.

Поток ВО в зоне ответственности источника РЛИ целесообразно представить в виде многокомпонентного случайного процесса, определенного в многомерном пространстве координатных параметров с учетом априорных сведений [5].

3. Разработка модели потока отметок ВО на входе системы вторичной обработки РЛИ.

Модель потока отметок на входе системы вторичной обработки должна представляться суперпозицией двух потоков: истинных отметок и ложных отметок. В известных методиках за поток истинных отметок принимался простой поток Бернулли при условии полного разрешения ВО. В приведенной методике предлагается использовать для представления потока истинных отметок поток Бернулли классов отметок. Использование потока Бернулли классов отметок, с учетом особенностей решаемой задачи, дает возможность используя поток одиночных ВО учесть их возможное неразрешение, т.е. слияние отметок ВО. Для случая слияния отметок необходимо разработать модель неразрешенных отметок (слившихся отметок). Считая, что ложные отметки имеют шумовое происхождение, поток ложных отметок представим потоком Пуассона.

4. Формирование АПРВ потока ВО проводится с использованием многоцелевого подхода, поскольку рассмотрение возможности слияния отметок имеет смысл только при анализе одновременно совокупности отметок и совокупности траекторий.

5. Выбор критерия оптимальности и функции потерь при решении задачи сопровождения траекторий ВО.

Синтез оптимального алгоритма сопровождения плотных потоков ВО может быть проведен с использованием произвольного критерия оптимальности и произвольной функции потерь. Однако, для выбранного доопытного распределения ве-

роятностей возможных значений параметров потока ВО (байесовский подход), целесообразно в основу синтеза положить минимум условного среднего риска, что наиболее подходит при решении многогипотезных задач [4].

6. Синтез оптимального алгоритма сопровождения траекторий ВО в условиях их плотных потоков на основе соотношений для АПРВ потока этих ВО.

7. Ограничение числа рассматриваемых гипотез отождествления отметок ВО [10], в том числе гипотез о слиянии отметок, и разработка, с учетом этого ограничения, квазиоптимальных алгоритмов сопровождения плотных потоков ВО.

Таким образом, использование предлагаемой методики синтеза алгоритмов сопровождения плотных потоков ВО позволяет учитывать возможное неразрешение ВО, сопровождаемых как одиночные.

1. Выбор модели траектории движения воздушного объекта

1.1. Одногипотезная модель траектории движения воздушного объекта

При обработке получаемых в разные моменты времени данных, принимают гипотезы о характере изменения векторных параметров за время изменения – модели изменения параметров. Ранее был введен в рассмотрение, для описания траектории движения ВО, вектор состояния ВО $\vec{\mu}_i(t)$, представляющий собой вектор - столбец координат и их производных в соответствии с выбранной моделью движения. Например, в горизонтальной плоскости в декартовой системе координат вектор состояния ВО для модели равномерного и прямолинейного движения имеет вид $\vec{\mu}_i(t) = (x, y, \dot{x}, \dot{y})$.

Как и в известных методиках, будем в дальнейшем использовать предположения о марковском характере движения каждого ВО. При этом переход каждого отдельного ВО из состояния, $\vec{\mu}_i(t_1)$ в состояние $\vec{\mu}_i(t_2)$, за интервал времени $\Delta t = t_2 - t_1$ характеризуется переходной плотностью вероятности $\omega(\vec{\mu}_i(t_2) / \vec{\mu}_i(t_1))$ или задается в виде стохастического разностного уравнения [6]

$$\vec{\mu}_i(t_2) = \Phi_{t_1, t_2} [\vec{\mu}_i(t_1)] + G_{t_1, t_2} \vec{\eta}_{t_1}^c, \quad (1)$$

где $\Phi_{t_1, t_2} [\vec{\mu}_i(t_1)]$ – функция, описывающая детерминированную составляющую движения ВО;

G_{t_1, t_2} – матричный оператор, формирующий случайную составляющую траектории движения ВО;

$\vec{\eta}_{t_1}^0$ – вектор белого гаусовского шума с единичной ковариационной матрицей.

Переходная плотность вероятности в этом случае будет иметь вид:

$$\Omega \left(\begin{matrix} \bar{\mu}_i(t_2) \\ \bar{\mu}_i(t_1) \end{matrix} \right) = \frac{1}{(2\pi)^{b/2} |w_0|^{1/2}} \times \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left[(\bar{\mu}_i(t_2) - \Phi_{t_1, t_2} [\bar{\mu}_i(t_1)]) \right]^T \cdot w_0^{-1} \left[(\bar{\mu}_i(t_2) - \Phi_{t_1, t_2} [\bar{\mu}_i(t_1)]) \right] \right\}, \quad (2)$$

где w_0 – ковариационная матрица текущей случайной составляющей траектории, движения ВО.

На этапе обнаружения траекторий можно считать $w_0 = 0$ и выражение (2.2) примет вид:

$$\omega(\bar{\mu}_i(t_2) / \bar{\mu}_i(t_1)) = \delta \left[(\bar{\mu}_i(t_2) - \Phi_{t_1, t_2} [\bar{\mu}_i(t_1)]) \right]. \quad (3)$$

Достоинствами модели являются ее представление в виде простого уравнения заранее выбранной размерности и удобство при решении нестационарных задач.

При рассмотрении методов и алгоритмов сопровождения траекторий ВО с использованием данной модели предполагается, что уравнение модели траектории соответствует истинному движению ВО. В реальных условиях такое соответствие, как правило, отсутствует из-за преднамеренного маневра ВО. Возможный маневр ВО учитывает многогипотезная модель траектории движения ВО.

1.2. Многогипотезная модель траектории движения воздушного объекта

Рассмотрим в качестве модели траектории движения ВО динамическую систему, описываемую разностным уравнением [7]:

$$\bar{\mu}_k^{(a)} = \Phi_k^{(a)} \bar{\mu}_k^{(a-1)} + \Gamma^{(a)} \bar{g}_m^{(a)} + G^{(a)} \bar{\eta}, \quad (4)$$

где $\Phi_k^{(a)} \bar{\mu}_k^{(a-1)}$ – уравнение невозмущенной траектории;

$\bar{g}_m^{(a)}$ – вектор параметров траектории ВО, обусловленный преднамеренным маневром ВО;

$\Gamma^{(a)}, G^{(a)}$ – известные матрицы [8];

$\bar{\eta}^0$ – вектор некоррелированных во времени гауссовых шумовых с нулевым средним и ковариационной матрицей, учитывающий случайную составляющую непреднамеренного маневра ВО, за счет влияния внешней среды и шумов управления.

Изменения траектории ВО, обусловленные преднамеренным маневром ВО можно представить как дискретный случайный процесс, принимающий r фиксированных наборов значений (состояний) в диапазоне от $-\bar{g}_{m\max}^{(a)}$ до $+\bar{g}_{m\max}^{(a)}$ [8]. Наборы зна-

чений (состояния) вектора $\bar{g}_m^{(a)}$ формируются путем перестановки фиксированных значений интенсивности маневра по каждой координате. Пусть возможные значения интенсивности маневра по каждой координате принимают h дискретных значений, при этом число координат равно d . Тогда число возможных наборов $r = h^d$. Например значения составляющих вектора \bar{g}_m есть ускорения по координатам x и y .

Тогда интервалы $-x_{\max} \dots +x_{\max}$ и $-y_{\max} \dots +y_{\max}$ разбиваются на h фиксированных значений $(x_1, \dots, x_h; y_1, \dots, y_h)$, имеющих такой смысл:

- ВО замедляет движение,
- ВО не маневрирует,
- ВО ускоряет движение по соответствующей координате [9].

Наборы значений (состояний вектора \bar{g}_m) имеют вид: $(x_1, y_1)^T, (x_2, y_2)^T, \dots$ и их число равно $r = 3^2$.

Введем переменный параметр (переменную состояния) $s_k^{(a)} \left\{ k = \overline{1, n}; s_k^{(a)} \in \overline{1, r} \right\}$, соответствующий определенному состоянию вектора маневра \bar{g}_m , для k -й траектории ВО и a – m такте обновления информации.

Переходы скачкообразного процесса из состояния $s_k^{(a-1)} = i$ в состояние $s_k^{(a)} = j$ осуществляются случайным образом с вероятностью $\pi_{i,j}$. Эти вероятности образуют матрицу переходных вероятностей

$$\Pi = \|\pi_{i,j}\|, \quad i = \overline{1, r}, \quad j = \overline{1, r}. \quad (5)$$

Приведенная схема описывает многогипотезную модель движения ВО (или как ее еще называют, модель движения с марковской (либо полумарковской) моделью маневра), в которой переход от одной модели к другой описывается марковской последовательностью, задаваемой матрицей перехода, элементами которой являются вероятности переключения состояний [4, 11].

Исходя из вышеизложенного, уравнение (2.4) можно записать в виде:

$$\bar{\mu}_k^{(a)} = \Phi_k^{(a)} \bar{\mu}_k^{(a-1)} + \sum_{i=1}^r \tau_1^k \Gamma^{(a)} \bar{g}_{m_i}^{(a)} + G^{(a)} \bar{\eta}, \quad (6)$$

где $\sum_{i=1}^r p_1^k = 1$; $\tau_1^k = \begin{cases} 1 \text{ с вероятностью } p_1^k; \\ 0 \text{ с вероятностью } (1 - p_1^k); \end{cases}$

$p_1^{k(\alpha)}$ - вероятность того что вектор $\overline{g_m}$, для k -й траектории ВО в α -м такте наблюдения примет значение $\overline{g_{m_i}}$.

Таким образом, описанная модель траектории движения ВО позволяет учитывать возможный маневр ВО с точностью, которая определяется числом Γ фиксированных наборов состояний вектора маневра $\overline{g_m}$.

2. Разработка модели потока движущихся воздушных объектов

Считается, что в зоне ответственности источника РЛИ Ω находится некоторая совокупность ВО, движущихся, в общем случае, по стохастическим траекториям [1, 3, 12]. Число ВО, находящихся в зоне ответственности РЛИ в каждый момент времени, в общем случае неизвестно $n(t)$, значения составляющих их векторов состояния $\overline{\mu}_i(t)$ ($i = \overline{1, n(t)}$) – неизвестные величины, зависящие от множества факторов. Таким образом, радиолокационная обстановка в зоне ответственности источника РЛИ Ω может быть описана с использованием математического аппарата теории случайных потоков [10, 11].

Поток ВО в области Ω целесообразно представить в виде многокомпонентного случайного процесса $M_\Omega(t)$, определенного в фазовом пространстве E [12]. Фазовое пространство E этого процесса содержит всевозможные наборы чисел

$$\{n(t), \overline{\mu}_1(t), \dots, \overline{\mu}_n(t)\},$$

где $n(t)$ – число ВО, находящихся в момент времени t в области Ω которое может принимать значения из дискретного множества $\{\overline{0}, \overline{M}\}$;

$\overline{\mu}_i(t) \in \Omega$ ($i = \overline{1, n}$) – текущие значения параметров ВО.

Иначе говоря случайный поток ВО следует задавать в многомерном пространстве их координатных параметров размерностью $n \times b$, где b – размерность вектора $\overline{\mu}_i(t)$. Таким образом, многокомпонентный случайный процесс $\overline{M}_\Omega(t)$ может быть представлен случайным пространственно-временным потоком в многомерном пространстве координатных параметров. В качестве модели этого потока, можно принять поток Пуассона, считая его априорную интенсивность в начальный момент времени t_0 , равной $\beta_{t_0}(\overline{\mu})$ [8]. Система многомерных ПРВ, описывающих поток ВО в момент времени t_0 , имеет вид:

$$n = \overline{0, M}; \quad \omega_{t_0}(n; \overline{\mu}_1, \dots, \overline{\mu}_n; \Omega) =$$

$$= \exp \left\{ - \int_{\Omega} \dots \int \beta_{t_0}(\overline{\mu}) d\overline{\mu} \right\} \times \prod_{i=1}^n \beta_{t_0}(\overline{\mu}_i). \quad (7)$$

В этом случае, среднее число ВО, находящихся в зоне ответственности источника РЛИ Ω , можно найти как

$$\int_{\Omega} \dots \int \beta_{t_0}(\overline{\mu}) d\overline{\mu} = \overline{n}. \quad (8)$$

Так как, параметры отдельных траекторий ВО $\overline{\mu}_i(t)$ изменяются с течением времени независимо друг от друга, совместная плотность вероятности перехода n траекторий из состояния

$$\overline{\mu}_1(t_0) = \overline{\mu}_0, \dots, \overline{\mu}_n(t_0) = \overline{\mu}_n$$

в состояние

$$\overline{\mu}_1(t) = \overline{\mu}_1, \dots, \overline{\mu}_n(t) = \overline{\mu}_n$$

имеет вид:

$$\omega_{t_0 t}(\overline{\mu}_1, \dots, \overline{\mu}_n / \overline{\mu}_1, \dots, \overline{\mu}_n) = \prod_{i=1}^n \omega_{t_0 t}(\overline{\mu}_i / \overline{\mu}_i). \quad (9)$$

Система плотностей $\omega_t(n; \overline{\mu}_1, \dots, \overline{\mu}_n)$, описывающая рассматриваемый поток в момент времени $t > t_0$ может быть найдена по формуле:

$$\begin{aligned} \omega_t(n; \overline{\mu}_1, \dots, \overline{\mu}_n) = \\ \int_{\Omega} \dots \int \left(\omega_{t_0 t}(n; \overline{\mu}_1, \dots, \overline{\mu}_n) \right) d\overline{\mu}_1, \dots, d\overline{\mu}_n = \\ = \int_{\Omega} \dots \int \prod_{i=1}^n \beta_{t_0}(\overline{\mu}_i) e^{-n} \prod_{i=1}^n \omega_{t_0 t}(\overline{\mu}_i / \overline{\mu}_i) d\overline{\mu}_1, \dots, d\overline{\mu}_n = \\ e^{-n} \prod_{i=1}^n \beta_t(\overline{\mu}_i) \quad n = \overline{0, M}, \end{aligned} \quad (10)$$

где

$$\begin{aligned} \beta_t(\overline{\mu}_i) = \\ = \int_{\Omega} \dots \int \prod_{i=1}^n \beta_{t_0}(\overline{\mu}_i) \omega_{t_0 t}(\overline{\mu}_i / \overline{\mu}_i) d\overline{\mu}_1, \dots, d\overline{\mu}_n. \end{aligned}$$

Условия нормировки многомерных ПРВ (10)

$$\sum_{n=0}^M \frac{1}{n!} \int_{\Omega} \dots \int \omega(n; \overline{\mu}_1, \dots, \overline{\mu}_n) d\overline{\mu}_1, \dots, d\overline{\mu}_n = 1. \quad (11)$$

Вероятность того, что в области Ω не появится ни одного ВО, определяется выражением:

$$P_0 \Omega = \exp \left\{ - \int_{\Omega} \dots \int \beta(\overline{\mu}) d\overline{\mu} \right\} = \omega_0(\Omega) \quad (12)$$

Система плотностей (10) совместно с (11) дает исчерпывающее описание потока ВО.

Вероятность того, что в области Ω появится ровно n ВО с произвольными значениями параметров $\overline{\mu}_1, \dots, \overline{\mu}_n$ равна:

$$P_n(\Omega) = \frac{1}{n!} \int_{\Omega} \dots \int \omega(n; \bar{\mu}_1, \dots, \bar{\mu}_n) \bar{d}\bar{\mu}_1, \dots, \bar{d}\bar{\mu}_n = \frac{(\bar{n})^n}{n!} e^{-\bar{n}}. \quad (13)$$

Для рассматриваемой постановки задачи целесообразно ввести некоторые априорные сведения, которые, в нашем случае, будут определяться тактико-техническими характеристиками ВО. К таким введениям относятся данные о минимальной и максимальной скоростях современных летательных аппаратов, ожидаемых в зоне ответственности источника РЛИ.

Таким образом, поток ВО в зоне ответственности источника РЛИ может быть описан потоком Пуассона. В общем случае, число ВО находящихся в области Ω и значения составляющих их векторов состояния неизвестны. Для приведенной постановки задачи можно считать количество ВО в области Ω постоянным.

Заключение

Результаты анализа информации о различных методиках синтеза систем и алгоритмов обнаружения и сопровождения траекторий ВО на основе теории статистических решений и формирование исходных данных для разработки модели потока движущихся воздушных объектов свидетельствуют о перспективности направления многоцелевой обработки при решении задачи сопровождения траекторий ВО.

Также в нашей работе мы применили описание потока Пуассона для описания потока ВО в зоне ответственности источника РЛИ.

Список литературы

1. Голиус М.А. Методика синтеза алгоритмов обнаружения и сопровождения траекторий воздушных объектов / М.А. Голиус, С.А. Войтович // Збірник наукових праць. Вип. 21. – Х.: ХВУ, 1998. – С. 82-86.
2. Голиус М.А. Алгоритм сопровождения траекторий воздушных объектов с учетом возможности их не-

разрешения / М.А. Голиус, С.А. Войтович // Збірник наукових праць. Вип. 22. – Х.: ХВУ, 1998. – С. 40-46.

3. Кузьмин С.З. Основы проектирования системы цифровой обработки радиолокационной информации / С.З. Кузьмин. – М.: Радио и связь, 1986. – 432 с.

4. Определение параметров движения объектов в статистически неопределенных ситуациях / Н.С. Гриценко, В.П. Логинов, В.И. Мальцев и др. / Зарубеж. радиоэлектроника. – 1998. – № 2. – С. 3 – 29.

5. Kuo-Chu Chang, Joint probabilistic data association formality target tracking with possibly unresolved measurements. American Control Conference Proceedings. Vol. AES – 18, Feb. 1983. – P. 466 – 471.

6. Kuo-Chu Chang, Joint probabilistic data association formality target tracking with possibly unresolved measurements. M.S. Thesis, Dept. Elec. Engr. Sci., Univ. of Connecticut. Storrs. Sept. 1983. – P. 218 – 222.

7. Леман Э. Теория точечного оценивания / Э. Леман. Пер с англ. под ред. Ю.В. Прохорова. – М.: Наука, 1991. – 448 с.

8. Леви П. Конкретные проблемы функционального анализа / П. Леви; под ред. Е.Е. Шилова. – М.: Наука, 1967. – 346 с.

9. Люстерник Л.А. Элементы функционального анализа / Л.А. Люстерник, В.И. Соболев. – М.: Наука, 1965. – 271 с.

10. Метод формирования признаков информационной модели конфликтных ситуаций для подсистем поддержки принятия решений в перспективных системах управления специального назначения / М.А. Павленко, Г.С. Степанов, М.В. Касьяненко, В.Н. Руденко // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – 2016. – № 3. – С. 101-103.

11. Scenario approach to the engineering of information models, designed to enable the activities of operator in automated control systems / М.А. Pavlenko, А.І. Tymochko, P.G. Berdnyk, А.S. Shevchenko // Системи обробки інформації. – Вип. 3(128). – Х.: ХУ ПС, 2015. – С. 32–35.

12. Гибридная модель знаний для распознавания ситуаций в воздушном пространстве / М.А. Павленко, А.І. Тимочко, Н.А. Королюк, М.Ю. Гусак // Автоматика и вычислительная техника. – Рига: АВТ, 2014. – No. 5, (Vol. 49). – С. 16-25.

Надійшла до редколегії 21.01.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.І. Тимочко, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

РОЗРОБКА МЕТОДУ СИНТЕЗУ ОПТИМАЛЬНОГО АЛГОРИТМУ СУПРОВОДУ ЦІЛЬНОГО ПОТОКУ ПОВІТРЯНИХ ОБ'ЄКТІВ

Ю.О. Данилов, Д.М. Обидин, М.А. Павленко, Г.С. Степанов

У статті проводиться аналіз методів синтезу систем і алгоритмів виявлення і супроводу траекторій ВО на основі теорії статистичних рішень. Пропозиції щодо вибору моделі траекторії руху повітряного об'єкта і основні вихідні дані для розробки моделі цільного потоку рухомих повітряних об'єктів.

Ключові слова: щільність повітряних об'єктів, маневр, траекторії повітряних об'єктів, первинна обробка радіолокаційної інформації.

DEVELOPMENT OF METHODS OF SYNTHESIS OF OPTIMAL ALGORITHM OF MAINTAINABILITY OF A DENSE FLOW OF AIR OBJECTS

Y.A. Danilov, D.N. Obidin, M.A. Pavlenko, G.S. Stepanov

The article analyzes the systems and methods of synthesis paths detection and tracking algorithms for IN-based statistical decision theory. Proposals on the choice of model aircraft trajectory of the object and basic data to develop a model of dense stream of moving air targets.

Keywords: density of air objects, maneuver trajectory of air objects, primary processing of radar data.

УДК 629. 7.062.2

С.П. Фриз

Житомирський військовий інститут імені С.П. Корольова, Житомир

МЕТОД ФОРМУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ МАРШРУТІВ ДЕТАЛЬНОГО СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗАДАНИХ ОБ'ЄКТІВ У СУПУТНИКОВИХ ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

Запропоновано метод формування раціональних маршрутів детальних спостережень заданих об'єктів. Він дозволяє завчасно розділити задану множину наземних об'єктів (НО) на об'єктивно придатні і об'єктивно непридатні для спостереження. В основу методу покладено ряд формалізованих типових стратегій, які дозволяють сформувати раціональні маршрути обслуговування множини НО в межах смуги захоплення.

Ключові слова: супутникова інформаційно-телекомунікаційна система, планування знімання, траса космічного апарату, смуга огляду, смуга захоплення.

Вступ

Постановка проблеми. В Україні відповідно до Загальнодержавної (Національної) космічної програми на 2013–2017 роки передбачене провадження космічної діяльності щодо забезпечення розвитку космічних технологій та їх інтеграції до реального сектору національної економіки і сфери національної безпеки та оборони з таких напрямків, як здійснення дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) із космосу та удосконалення космічних систем телекомунікації та навігації та інших космічних інформаційних систем (КІС) [1, 2]. Будь-яка КІС поєднує в собі інформаційну та телекомунікаційну підсистеми, які у процесі отримання та обробки інформації діють як єдине ціле. З огляду на це КІС фактично являє собою супутникову інформаційно-телекомунікаційну систему (ІТКС).

Тенденція створення сучасних космічних систем (КС) ДЗЗ полягає в тому, що в них планується використовувати бортову цільову апаратуру (БЦА) оптико-електронного спостереження (ОЕСп) з вузьким миттєвим полем зору [3 – 5]. Цим досягається прийнятна якість одержання або передачі цільової інформації (ЦІ), однак, обмежуються розміри та кількість обслуговуваних ділянок Землі, окремих НО, тобто знижуються об'єми ЦІ. Через це передбачають режим програмного *перенацілювання* КА з одного об'єкта на інший у межах смуги захоплення [6]. Але, оскільки в цій смузі може знаходитися велика кількість різних за важливістю НО, виникає **актуальне завдання** вибору раціональних маршрутів обслуговування (спостереження) цих НО.

Під *маршрутом обслуговування* НО розуміємо *траєкторію руху* проекції зони огляду КА на земну поверхню, тобто його смугу огляду, яка в загальному випадку може не збігатися з трасою КА за рахунок відхилення візирної осі БЦА від надира.

В ряді випадків під маршрутом обслуговування НО достатньо розуміти траєкторію руху *точки візування* (ТВ) земної поверхні, як точки перетину Землі візирної віссю БЦА.

Аналіз останніх досліджень і публікацій
Процес перенацілювання БЦА здійснюють за рахунок *некерованого* орбітального й *керованого* кутового руху КА. При цьому керування кутовим рухом реалізують за допомогою бортових систем орієнтації та стабілізації (СОС), що мають *обмежений ресурс* і відносно *невеликі швидкості* (одиниці градусів за секунду) переорієнтації КА [5, 6]. Крім того, при таких обмеженнях СОС може знадобитися обслужити на одному витку *кілька* НО, розташованих у смузі захоплення КА. Однак через близьке взаємне розташування цих об'єктів уздовж траси та значні віддалі поперек траси може виникати дефіцит часу на їх обслуговування, що призведе або до пропуску окремих НО, або до помилкового обслуговування та марної витрати бортового ресурсу. У таких умовах доцільно поставити завдання на обслуговування *максимальної* кількості найбільш *важливих* об'єктів.

У зв'язку з цим виникає потреба в організації такого маршруту (траси) візирної осі БЦА, щоб якнайкраще у деякому сенсі задовольнити максимум заявок споживачів ЦІ. Інакше кажучи, необхідно розробити стратегію *раціонального* (в ідеалі – оптимального) обслуговування НО. Для вирішення такого завдання необхідно синтезувати геометричну модель переміщення поля зору КА на задані НО, а потім розробити відповідні критерії та показники, а також правило прийняття рішень.

Постановка завдання. Необхідно розробити методику за допомогою якої можливо частково вирішити проблему організації раціонального обслуговування заданої кількості НО поодиноким КА за рахунок комплексного використання його поступального й обертового рухів.

Виклад основного матеріалу

Процес перенацілювання БЦА здійснюють за рахунок *некерованого* орбітального й *керованого* кутового руху КА. При цьому керування кутовим рухом реалізують за допомогою бортових систем орієнтації та стабілізації (СОС), що мають *обмежений ресурс* і відносно *невеликі швидкості* (одиниці градусів за секунду) переорієнтації КА [5, 6].

Крім того, при таких обмеженнях СОС може знадобитися обслужити на одному витку *кілька* НО, розташованих у смузі захоплення КА. Однак через близьке взаємне розташування цих об'єктів уздовж траси та значні віддалі поперек траси може виникати дефіцит часу на їх обслуговування, що призведе або до пропуску окремих НО, або до помилкового обслуговування та марної витрати бортового ресурсу. У таких умовах доцільно поставити завдання на обслуговування *максимальної* кількості найбільш *важливих* об'єктів. У зв'язку з цим виникає потреба в організації такого маршруту (траси) візирної осі БЦА, щоб якнайкраще у деякому сенсі задовольнити максимум заявок споживачів ЦІ. Інакше кажучи, необхідно розробити стратегію *раціонального* (в ідеалі – оптимального) обслуговування НО. Для вирішення такого завдання необхідно синтезувати геометричну модель переміщення поля зору КА на задані НО, а потім розробити відповідні критерії та показники, а також правило прийняття рішень.

Розглянемо спрощену модель переорієнтації КА. Вважатимемо, що спостереження за НО проводять на коротких часових інтервалах і при невеликих відхиленнях візирної осі БЦА від надира. У такому разі можна нехтувати добовим обертанням Землі та її сферичністю.

Приймемо, що керування кутовим рухом КА здійснюють тільки за двома каналами СОС (за креном η і тангажем ϑ). У такому разі рухома точка перетину візирної осі БЦА з поверхнею Землі – точка візування (ТВ) – рухаючись певним маршрутом, утворюватиме *трасу візирної осі*, яка в межах смуги захоплення відхилятиметься від траси КА (рис. 1, а).

При обслуговуванні двох НО в ситуації, зображеній на рис. 1, б, маршрут ТВ можна виразити через суму векторів її орбітального і кутового, $\bar{S}_{1,2'}(R)$ та $\bar{S}_{2',2}(\eta)$, переміщень:

$$\bar{S}_{1,2}(\Sigma) = \bar{S}_{1,2'}(R) + \bar{S}_{2',2}(\eta). \quad (1)$$

При обслуговуванні двох НО в ситуації, зображеній на рис. 1, в, маршрут ТВ можна за аналогією описати як

$$\bar{S}_{1,2}(\Sigma) = \bar{S}_{1,2'}(R) + \bar{S}_{2',2}(\eta), \quad (2)$$

$$\bar{S}_{2',2}(\psi) = \bar{S}_{2',2''}(\vartheta) + \bar{S}_{2''2}(\eta), \quad (3)$$

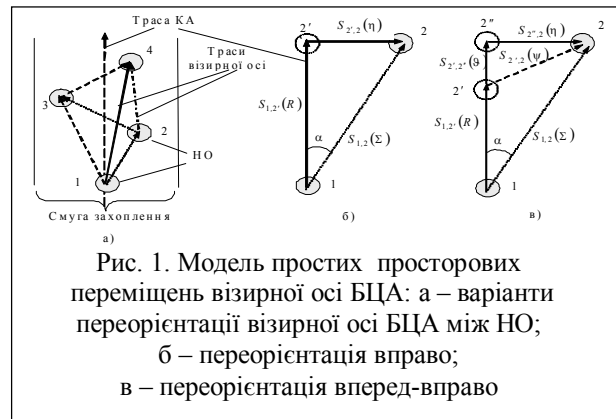


Рис. 1. Модель простих просторових переміщень візирної осі БЦА: а – варіанти переорієнтації візирної осі БЦА між НО; б – переорієнтація вправо; в – переорієнтація вперед-вправо

Далі для спрощення записів, де це прийнятно, цифрові праві нижні індекси замінитимемо за принципом $S_{1,2'}(R) = S_*(R)$.

Особливістю вектора орбітального переміщення $\bar{S}_*(R)$ є те, що в даному випадку він є *некерованим*. Його модуль можна визначити так [8, 9]:

$$S_*(R) \approx V_{пт} \tau_*^R, \quad (4)$$

де $V_{пт} = V \frac{R_3}{R_3 + H}$ – лінійна швидкість підсупутникової точки (ПТ); $V = \sqrt{\mu_0 / (R_3 + H)}$ – лінійна швидкість КА; $\mu_0 = 3,98602 \text{ км}^3 / \text{с}^2$ – гравітаційний параметр Землі; $R_3 = 6371 \text{ км}$ – середній радіус Землі; H – висота орбіти; $\tau_*^R = t_2^R - t_1^R$ – інтервал часу орбітального польоту КА від НО 1 до зображення (проекції на трасу) 2' НО 2 (рис. 1, б); t_2^R і t_1^R – моменти обслуговування НО 2' і 1.

Складові вектора кутового переміщення ТВ (3) визначають за висотою орбіти H і кутовою швидкістю КА за креном $\dot{\eta}(t)$ або тангажем $\dot{\vartheta}(t)$. Якщо прийняти $\dot{\eta}(t) = \dot{\eta} = const$, $\dot{\vartheta}(t) = \dot{\vartheta} = const$, що часто застосовують на практиці, то

$$S_*(\vartheta) \approx W_\vartheta \tau_*^\vartheta; \quad (5)$$

$$S_*(\eta) \approx W_\eta \tau_*^\eta, \quad (6)$$

$$W_\eta \approx H \dot{\eta}; \quad (7)$$

де $W_\vartheta \approx H \dot{\vartheta}$ –

лінійні швидкості руху ТВ на Землі в площині крену і тангажа відповідно (рис. 2, а); $\tau_*^\eta = t_2^\eta - t_1^\eta$ – інтервал часу переорієнтації з об'єкта 2'' на об'єкт 2 за креном; $\tau_*^\vartheta = t_2^\vartheta - t_1^\vartheta$ – інтервал часу переорієнтації з об'єкта 2' на об'єкт 2'' за тангажем.

Якщо для узагальнення ввести кінцевий t_k^* та початковий t_0^* моменти відповідних часових інтервалів, то можна подати розглянуті ситуації так, як показано на рис. 2, б. У такому разі зауважимо:

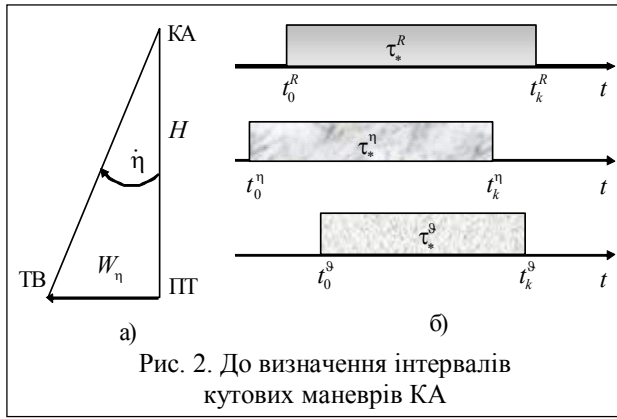


Рис. 2. До визначення інтервалів кутових маневрів КА

а) на модуль вектора $\bar{S}_*(R)$ можна впливати лише через вибір моментів початку t_0^R і кінця t_k^R відліку інтервалу часу τ_*^R ;

б) на модулі векторів $S_*(g)$ та $S_*(\eta)$ можна впливати як через вибір моментів початку t_0^* і кінця t_k^* відліку інтервалів часу τ_*^g та τ_*^η , так і через вибір відповідних швидкостей переорієнтації КА (7) і (8);

в) залежно від величини і взаємного розташування відповідних часових інтервалів (див. рис. 2б) можливі такі варіанти кутових маневрів КА:

якщо $(\tau_*^\eta = \tau_*^R) \wedge (\tau_*^\eta \in \tau_*^R) = 1$, то керування за тангажем не потрібне;

якщо $(\tau_*^\eta < \tau_*^R) \vee [(t_0^\eta < t_0^R) \wedge (\tau_*^\eta = \tau_*^R)] = 1$, то потрібне керування за тангажем “вперед”;

якщо $(\tau_*^\eta > \tau_*^R) \vee [(t_0^\eta > t_0^R) \wedge (\tau_*^\eta = \tau_*^R)] = 1$, то потрібне керування за тангажем “назад”.

Використовуючи вирази (2)...(8), можна обчислювати модуль результуючого вектора (1), а також кут його орієнтації відносно траси польоту КА – **трасовий кут** α (рис. 1, б, в), який однозначно визначає стратегію перенацілювання візирної осі БЦА з об’єкта 1 на об’єкт 2.

Приклади типових стратегій перенацілювання:

Стратегія 1. Перенацілювання вправо (рис. 1, б). Модуль результуючого вектора перенацілювання можна записати (індекси опущені) як

$$S(\Sigma) = \sqrt{[S(R)]^2 + [S(\eta)]^2}, \quad (9)$$

а його орієнтацію задати трасовим кутом

$$\alpha = \arctg\{S(\eta)/[S(R)]\}.$$

Стратегія 2. Перенацілювання вправо-вперед (рис. 1, в). Модуль результуючого вектора перенацілювання визначається як

$$S(\Sigma) = \sqrt{S^2(R) + S^2(\psi) + 2S(R)S(g)}; \quad (10)$$

$$S^2(\psi) = S^2(g) + S^2(\eta), \quad (11)$$

а його орієнтація – через трасовий кут

$$\alpha = \arctg\{S(\eta)/[S(R) + S(g)]\}. \quad (12)$$

Стратегія 3. Перенацілювання вправо-назад (рис. 3, а). Відповідні параметри можна визначити:

$$S(\Sigma) = \sqrt{S^2(R) + S^2(\Psi) - 2S(R)S(g)} \quad (13)$$

$$\alpha = \arctg\{S(\eta)/[S(R) - S(g)]\} \quad (14)$$

Стратегія 4. Перенацілювання вліво-вправо-вперед (рис. 3, б). Це одна із складних стратегій, коли необхідно в темпі орбітального польоту встигнути навести поле зору на об’єкт 2 ліворуч, а потім переорієнтуватися на об’єкт 3 праворуч від траси польоту КА.

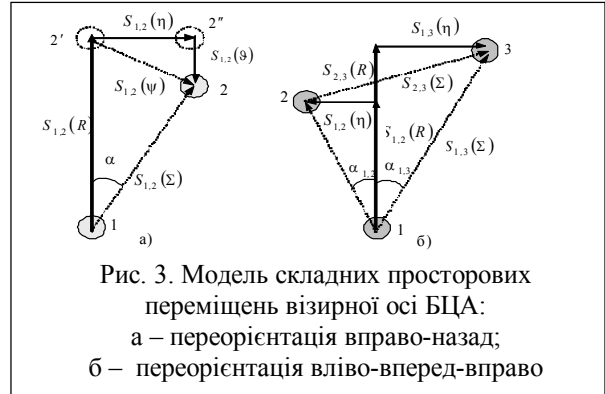


Рис. 3. Модель складних просторових переміщень візирної осі БЦА:
а – переорієнтація вправо-назад;
б – переорієнтація вліво-вперед-вправо

Як видно із рис. 3, б, відповідні параметри для стратегії 4 можна визначити в такій спосіб:

$$S_{1,2}(\Sigma) = \sqrt{S_{1,2}^2(R) + S_{1,2}^2(\eta)}; \quad (15)$$

$$\alpha_{1,2} = \arctg [S_{1,2}(\eta)/S_{1,2}(R)]; \quad (16)$$

$$S_{2,3}(\Sigma) = \sqrt{S_{2,3}^2(R) + [S_{1,2}(\eta) + S_{1,3}(\eta)]^2}; \quad (17)$$

$$\alpha_{2,3} = \alpha_{1,2} + \alpha_{1,3}; \quad (18)$$

$$S_{1,3}(\Sigma) = \sqrt{[S_{1,2}(R) + S_{2,3}(R)]^2 + S_{1,3}^2(\eta)}; \quad (19)$$

$$\alpha_{1,3} = \arctg\{S_{1,3}(\eta)/[S_{1,2}(R) + S_{2,3}(R)]\}. \quad (20)$$

Наведений перелік стратегій не є вичерпним, а лише є прикладом технології визначення інших можливих стратегій. Як видно із отриманих залежностей (1)...(20), для колових і майже колових орбіт успішність процедури перенацілювання поля зору КА з одного НО на інший залежить від взаємного розташування цих об’єктів, їх координат відносно траси, а також від швидкодії та ресурсу СОС.

Рациональні маршрути обслуговування об’єктів. Розроблені моделі дозволяють сформулювати рациональні маршрути обслуговування НО. Для цього необхідно побудувати потенційно можливі маршрути, а потім вибрати із них рациональні.

Кількість *потенційно можливих* маршрутів залежить від кількості заданих НО, а також від їх взаємного розташування і може виявитися непомірно великою. Тому для спрощення завдання необхідно ввести ряд *обмежень і уточнень*, а саме:

1. Нумерацію об’єктів у смузі захоплення здійснювати за певними правилами, наприклад, *зліва на-*

право по ходу руху КА (див. рис. 1а), причому поряд зі звичайною нумерацією 1, 2, ... застосовуватиме, коли це необхідно, також імена НО, наприклад, $p_1, p_2 \dots p_g, \dots p_f, \dots$. У цьому випадку можна реалізувати такі маршрути, коли НО з меншими номерами обслуговуються не пізніше НО з більшими.

2. Будь-який маршрут повинен починатися з одного і того ж НО, наприклад, з НО p_1 (рис. 4а). Це означає, що НО p_1 вважається уже обслугованим і далі необхідно побудувати маршрут обслуговування решти НО.

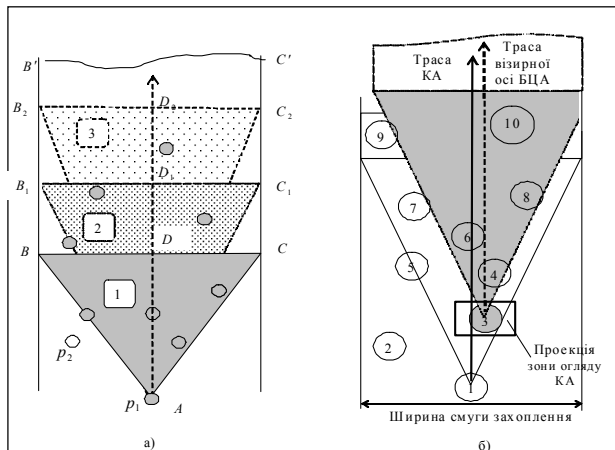


Рис. 4. До поняття миттєвої зони обслуговування та вибору маршрутів:
а – миттєві смуги обслуговування;
б – до вибору маршрутів обслуговування

1 – потенційна; 2 – раціональна; 3 – допустима;

3. Керування кутовим рухом КА здійснюють тільки за креном η . Тоді стають неприйнятними маршрути, де потрібно “озиратися”, тобто відпадає стратегія типу вправо-назад (див. рис. 3а).

4. Із декількох НО, розташованих на одній лінії перпендикулярно до траси КА, планують до обслуговування тільки один НО.

Далі необхідно:

а) розбити множину заданих НО на дві неперетинні підмножини: об'єктивно *придатні* для обслуговування (ОПО) $p^+ = \{p_f^+\}, f = \overline{1, F^+}$ та об'єктивно *непридатні* (ОНО) $p^- = \{p_f^-\}, f = \overline{1, F^-}$ об'єкти;

б) розробити множину *допустимих маршрутів* \mathfrak{R}_μ^d обслуговування ОПО об'єктів;

в) із цієї множини вибрати раціональні (переважні, квазіоптимальні, оптимальні) маршрути \mathfrak{R}_μ^p .

Для розбивання множини заданих НО на підмножини ОПО й ОНО введемо поняття *миттєвої смуги обслуговування* (МСО), яка є частиною смуги захоплення у формі рівнобедреного трикутника ΔABC (рис. 4а), що переходить далі в прямокутник з нескінченно віддаленою стороною $B'C'$.

Така смуга рухається на плоскій поверхні Землі трасою візирної осі БЦА зі швидкістю ПТ. Вершина A трикутника ΔABC тимчасово розташовується в центрі першого із запланованих до обслуговування НО (об'єкт p_1 на рис. 4а), а бісектриса цього кута – паралельно трасі польоту КА.

Висоту AD трикутника однозначно визначають за шириною смуги захоплення КА, кутовою швидкістю $\dot{\eta}$ і максимальним часом програмних розворотів КА за креном $t^{np} = \tau_{\max}^\eta$, тобто часом досягнення візирною віссю БЦА максимального кутового положення $\eta = \eta_{\max}$ (межі смуги захоплення) у сталому режимі. Оскільки ширина смуги захоплення КА і його кутова швидкість прийняті постійними, то висота AD трикутника залежить тільки від часу t^{np} , на який можна тим чи іншим чином впливати. Об'єкти, що потрапили в МСО, віднесемо до ОПО об'єктів, а решту (наприклад, об'єкт p_2 на рис. 4, а) – до категорії ОНО.

Далі необхідно розташувати вершину A в центрі чергового за номером ОПО об'єкта (об'єкт 3 на рис. 3б) паралельно трасі КА та визначити наступну підмножину ОПО об'єктів тощо.

Для автоматизації розрахунків необхідно перейти від геометричної моделі МСО до аналітичної. Для цього можна скористатися таким підходом.

Визначальним параметром ΔABC є кут α_{\max} при вершині A , який можна розрахувати для кута $\eta = \eta_{\max}$ за аналогією із формулами (4)...(10) як

$$\alpha_{\max} = \arctg [S_{\max}(\eta) / S_{\max}(R)] \quad (21)$$

$$S_{\max}(\eta) = H \eta_{\max} = W_\eta \tau_{\max}^\eta; \quad (22)$$

$$S_{\max}(R) = V_{nm} \tau_{\max}^\eta. \quad (23)$$

Із виразів (21)...(23) видно, що кут α_{\max} визначають тільки за співвідношенням лінійних швидкостей ТВ у площині крену W_η та ПТ V_{nm} , тобто динамікою візирної осі БЦА:

$$\alpha_{\max} = \arctg [W_\eta / V_{nm}]. \quad (24)$$

Як впливає із формули (24), кут α_{\max} , а отже, і МСО можна збільшити при фіксованих параметрах орбіти тільки за рахунок збільшення кутової швидкості КА за креном, чого можна досягти через додаткові енерговитрати або удосконалення СОС.

Застосовуючи отримані вирази для визначення кутових положень окремих НО p_g і p_f , можна розрахувати відповідні *трасові кути*

$$\alpha_{g,f} = \arctg [\alpha_{\max} \tau_{g,f}^\eta / \tau_{g,f}^R]. \quad (25)$$

Порівнюючи трасові кути окремих НО (25) з максимальним кутом (24), можна віднести об'єкти до ОПО або ОНО категорій за правилом:

$$\mathfrak{R}_\mu = \begin{cases} p^+, & \text{якщо } |\alpha_{g,f}| < \alpha_{\max}; \\ p^0, & \text{якщо } \alpha_{g,f} = \alpha_{\max}; \\ p^-, & \text{якщо } |\alpha_{g,f}| > \alpha_{\max}, \end{cases} \quad (26)$$

де p^0 – підмножина не визначених з погляду можливостей обслуговування НО, розташованих на межі розділу (наприклад, на лініях AB і AB' на рис. 4, а). Для розробки множини допустимих маршрутів обслуговування ОПО об'єктів можна скористатися методом прямого перебору та задати їх послідовністю, упорядкованою за ходом руху КА, у вигляді

$$\mathfrak{R}_\mu^+ = \{p_1, \dots, p_g, \dots, p_f, \dots\}, \quad \mu = 1, 2, \dots \quad (27)$$

Наприклад, для ситуацій, наведених на рис. 4, б, можна сформулювати таку множину допустимих маршрутів:

$$\begin{aligned} \mathfrak{R}_1^+ &= \{p_1, p_3\}; \quad \mathfrak{R}_2^+ = \{p_1, p_3, p_4\}; \\ \mathfrak{R}_3^+ &= \{p_1, p_3, p_4, p_8\}; \\ \mathfrak{R}_4^+ &= \{p_1, p_3, p_6, p_7\}. \end{aligned} \quad (28)$$

У цьому прикладі всі маршрути починаються з одного і того ж НО, а всі НО розташовані послідовно в порядку зростання їх номерів. Це дозволяє суттєво спростити евристичну процедуру формування множини прийнятних маршрутів.

У подальшому планується розробити науково-методичний апарат для автоматизованого формування раціональних маршрутів обслуговування НО на основі оптимізаційних процедур.

Висновки

1. Для формування раціональних маршрутів обслуговування НО в задачах космічних спостережень запропоновано спрощену модель переорієнтації поля зору БЦА на задані НО в межах зони захоплення КА з урахуванням його орбітального та кутового руху. Основу цієї моделі становлять аналітичні залежності, що параметрами векторів лінійних переміщень ТВ на обмежених часових інтервалах.

МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ МАРШРУТОВ ДЕТАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ЗАДАНЫХ ОБЪЕКТОВ В СПУТНИКОВЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

С.П. Фриз

Предложен метод формирования рациональных маршрутов детальных наблюдений заданных объектов. Он позволяет заблаговременно разделить заданное множество наземных объектов на объективно пригодные и объективно непригодные для наблюдения. В основу метода положен ряд формализованных типовых стратегий, которые позволяют формировать рациональные маршруты обслуживания множества наземных объектов в пределах полосы захвата.

Ключевые слова: спутниковая информационно-телекоммуникационная система, планирование съемки, трасса космического аппарата, полоса обзора, полоса захвата.

METHOD OF FORMING RATIONAL SERVICE ROUTES OF DETAIL OBSERVATION THE ASSETS IN SATELLITE TELECOMMUNICATION SYSTEMS

S.P. Fryz

A method of forming rational routes detailed observations of the assets. It allows you to share advance given set of ground objects to objectively suitable and unsuitable for objective observation. The method laid typical number of formal strategies that enable service routes form a rational set of ground objects within the band capture.

Keywords: satellite information-telecommunication system planning removal track spacecraft Swath strip delight.

2. Для прийняття рішень щодо можливості або неможливості обслуговування (спостереження) заданих НО введено поняття МСО. На основі аналізу поточних ситуацій з використанням моделі (шаблону) МСО можна розбити множину заданих НО на дві неперетинні підмножини: ОПО і ОНО об'єкти, а далі планувати маршрути спостереження тільки першої категорії НО, тобто раціонально розподіляти обмежені можливості орбітальних засобів супутникової ІТКС.

Список літератури

1. *Загальнодержавна цільова науково-технічна космічна програма України на 2013–2017 роки, затверджена Законом України від 5 вересня 2013 року № 439-VII [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua>.*
2. *Концепція реалізації державної політики у сфері космічної діяльності на період до 2032 року, схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30 березня 2011 р. № 238-р [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua>.*
3. *Зарубіжні системи дистанційного зондування Землі з космосу подвійного призначення. Історія створення, принципи дії, застосування і перспективи розвитку / О.О. Негода, В.Б. Толубко, С.П. Мосов, М.Ф. Пічугін. – К.: НАОУ, 2005. – 271 с.*
4. *Дистанционное зондирование Земли из космоса: получение и использование информации: монография / Е.И. Бушуев, В.И. Волошин, Е.И. Капустин и др.; под общ. ред. С.П. Мосова. – Дн-ск: Стилус, 2012. – 320 с.*
5. *Фриз С. П. Технология моделирования кутового руху космічних апаратів спостереження Землі / С. П. Фриз // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – Х.: ХУПС, 2013. – № 1(10). – С. 209–213.*
7. *Фриз С.П. Систематизований математичний апарат для розрахунків розмірів контрольованих ділянок земної поверхні в задачах космічних спостережень кінцевою зоною огляду при її відворотах від надіра за креном / С.П. Фриз // Вісник ЖДТУ. Технічні науки. – Житомир: ЖДТУ, 2013 – Вип. № 1 (64). – С. 100–109.*

Надійшла до редколегії 28.01.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.А. Машков, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління, Київ.

УДК 502/504(15)

В.Ф. Фролов

ВОО «Аэрокосмическое общество Украины», Киев

КОСМІЧНИЙ ПРОСТІР – ЯК СКЛАДНА БАГАТОПАРАМЕТРИЧНА ДИНАМІЧНА СИСТЕМА

У статті космічний простір розглядається як складна багатопараметрична динамічна система. Кожна із орбіт, на якій перебувають космічні апарати, розглядається як середовище (система) зі своїми багатопараметричними динамічними характеристиками, зовнішнім впливом і своєю функціональною стійкістю.

Ключові слова: космічний простір, орбіта, середовище, зовнішній вплив, функціональна стійкість.

Вступ

Забруднення навколосемного космічного простору (НКП) космічним сміттям становить проблему Всесвітнього рівня. За майже 60-ти річну експлуатацію НКП, людство перетворило НКП в сміттєзвалище, в якому обертається більш ніж 20 тисяч каталогізованих уламків космічних апаратів і ракет розміром від 10 см, до ступенів ракет масою декілька тонн. Загальна маса всіх цих уламків складає більш ніж 5000 тонн. Загальна кількість уламків розміром менше 10 см вже переважила за трилліон [3]. Щорічно загальна маса та щільність сміття зростає на 4% [2]. Якщо людство не зупинить таку варварську експлуатацію НКП, це, через декілька десятків років, зробить неможливим, або дуже небезпечним освоєння космічного простору.

У зв'язку з цим, виникає проблема зменшення маси космічного сміття за рахунок його вилучення з робочих орбіт. Існують різні способи та методи, запатентовані пристрої, які забезпечують зменшення маси космічного сміття, а це, в свою чергу, збільшить безпеку космічних досліджень [3].

Метою роботи є подання навколосемного космічного простору як складної багатопараметричної функціональної системи зі своєю функціональною стійкістю.

Головна частина

Розглянемо кожну з орбіт, на яких обертається космічне сміття, як складну багатопараметричну динамічну систему. На кожній з орбіт (їх нараховується десять), знаходиться певна маса космічного сміття з різними масовими, геометричними, балістичними характеристиками. На різних орбітах щільність та швидкість уламків, які обертаються навколо Землі різні. Це залежить від багатьох зовнішніх факторів, які по-різному впливають на внутрішнє середовище орбіти. Такими факторами являються галактичне космічне та сонячне випроміню-

вання, періоди сонячної активності, сонячний вітер і т.і. Припустимо, що кожне середовище, яке належить конкретній орбіті – це складна багатопараметрична система зі своїми функціональними можливостями, які забезпечують, або ні, безпечно знаходження на ній космічних апаратів. Як складна багатопараметрична динамічна система вона характеризується функціональною стійкістю [1]. В роботі [1] дана характеристика функціональної стійкості як властивості динамічної системи, що полягає в здатності виконувати хоча б установлений мінімальний обсяг своїх функцій при впливі зовнішніх факторів, що не передбачені умовами нормального функціонування.

Вперше поняття «функціональна стійкість», його визначення та принципові основи забезпечення функціональної стійкості були приведені в публікаціях [1], присвячених рішенням конкретних задач управління складними автоматичними об'єктами. Проведені дослідження дозволили встановити зв'язок понять «функціональна стійкість» з поняттями «надійність», «живучість», «відмовостійкість» [1]. Показана принципова відмінність між цими поняттями: методи забезпечення функціональної стійкості направлені не на зменшення кількості відмов та порушень, а на забезпечення виконання найбільш важливих функцій, коли ці порушення вже відбулися (в першу чергу це безпека знаходження КА на орбіті). Якщо цю теорію функціональної стійкості, її топологічні критерії та показники застосувати для конкретних орбіт НКП, зможемо розробити математичні моделі орбіт з урахуванням зовнішніх факторів.

Припустимо, що E – це стан середовища (орбіти), що створює множину

$$E = \{e_i\}.$$

Довільне e – це стан, який визначається множиною значень показників якості виконання функцій для стану S_i , покладених на систему:

$$Q^{(i)} = \{Q^{(i)}_1, Q^{(i)}_2, Q^{(i)}_3, \dots, Q^{(i)}_L\}, \quad (1)$$

де L – кількість показників.

В залежності від значень показників множини Q , система може знаходитись або у гарантоспроможному або негарнтоспроможному стані.

Введемо поняття функціональної стійкості – S – стану системи.

Припустимо, що система знаходиться в якомусь стані S_i і на неї діють деструктивні впливи $r_j \in R$.

Припустимо, що у результаті таких впливів змінюється S – стан середовища (орбіти): зі стану S_i вона переходить в стан S_{i+1} . Зі зміною S – стану середовища, відповідно змінюється її e – стан: із стану e_i , середовища переходить в стан e_{i+1} . При цьому, якщо воно гарантоспроможне, то стан S_i являється стійким до дестабілізуючого впливу r_j . Таким чином, стан S_i являється функціонально стійким до деструктивного впливу з множини R , якщо має місце наступне відображення:

$$\lambda^{(i)}: r^{(i)}X, S_i \rightarrow e^{(i+1)}_{\text{гар.}} \quad (2)$$

Введемо поняття функціональної стійкості середовища за рахунок узагальнення поняття функціонально стійкого S – стану.

Середовище (систему) позначимо функціонально стійкою на множині станів S , якщо йому, при деструктивних впливах множин R , відповідає множина E :

$$\{e_i | e_i \leftrightarrow S_i, r_j \in R, S_i \in S, r_j \in R\} \leftarrow E_{\text{гарант}} \quad (3)$$

Таким чином, формула (3) виявляє умови функціональної стійкості середовища. В зв'язку з тим, що на різних орбітах знаходяться різні маси космічного сміття (основна частина космічного сміття знаходиться на висотах 400 – 2000км), а також враховуючи зовнішній вплив, про який було згадано вище, можливо говорити про функціональну стійкість конкретних орбіт. В якості параметрів, які забезпечують визначення стану конкретної орбіти, можуть бути використані дані каталогів космічного сміття (які існують у NASA, ЄКА, Росії). Ці каталоги постійно оновлюються і щомісячно передаються захищеним користувачам по підписці (за винятком

каталогів Роскосмоса). Ці каталоги дають можливість ознайомитись з масою уламків, їх геометричними параметрами, швидкістю, орбітами, радіолокаційним перерізом. Це дає можливість зробити інтегральну оцінку складу та стану конкретної орбіти, визначити загальну масу уламків на орбіті, прогнозувати її функціональну стійкість.

Висновки

Знаючи основні характеристики космічного сміття (масу, швидкість, геометричні розміри, орбіти), які існують для більш ніж 20 000 каталізованих уламків космічного сміття, а також характеристики зовнішнього впливу на конкретний висотний переріз, можливо визначити функціональну стійкість конкретної орбіти. Ця характеристика середовища, яка прив'язана до конкретної орбіти, дає можливість забезпечити зниження вирогідності зіткнення уламків космічного сміття з космічним апаратом (КА), а також розробити стратегію ухилення КА від зіткнення на час перебування його на орбіті.

Список літератури

1. Машков О.А. Топологічні критерії та показники функціональної стійкості складних ієрархічних систем / О.А. Машков, О.В. Барабаш // Збірник наукових праць НАНУ ІПМЕ «Моделювання та інформаційні технології». – 2003. – Вип. 25. – С. 29 – 35.
2. Техногенное засорение околоземного космического пространства / А.П. Алпатов, В.П. Басс, С.А. Баулин, В.И. Бразинский, В.П. Гусынин и др. – Днепропетровск : Пороги, 2012. – 378 с.
3. Фролов В.Ф. Екологічна безпека біосфери Землі і Космосу. Монографія / И.Ф. Фролов. – К.: ТОВ НВП «Интерсервіс», 2015. – 220 с.

Надійшла до редколегії 26.12.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.А. Машков, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління, Київ.

КОСМИЧЕСКОЕ ПРОСТРАНСТВО – КАК СЛОЖНАЯ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ДИНАМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

В.Ф. Фролов

В статье космическое пространство рассматривается как сложная многопараметрическая система. Каждая из орбит, на которой находятся космические аппараты, рассматривается как среда (система) со своими многопараметрическими динамическими характеристиками, внешним воздействием и своей функциональной устойчивостью.

Ключевые слова: космическое пространство, орбита, среда, внешнее воздействие, функциональная устойчивость.

OUTER SPACE AS A COMPLEX MULTIPARAMETER DYNAMIC SYSTEM

V.F. Frolov

The article reviews outer space as a complex multi-parameter system. Each of the orbits on which the spacecrafts are situated is reviewed as the environment (system) with its multiparameter dynamic characteristics, external action and its functional stability.

Keywords: outer space, orbit, environment, external action, functional stability.

Питання управління в складних системах

УДК 621.3

О.В. Беляєв, О.В. Задорожна

Кіровоградська льотна академія Національного авіаційного університету, Кіровоград

ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ЯК ШЛЯХ ДО ПІДВИЩЕННЯ ВРОЖАЙНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

Проведений короткий огляд перспектив розвитку ринку послуг авіаційних хімічних робіт у сільськогосподарському виробництві України, проаналізовані вагові характеристики безпілотних літальних апаратів й визначено їхні найбільш економічно вигідні конструктивні компоновки для проведення авіаційних хімічних робіт.

Ключові слова: *безпілотний літальний апарат, автожир, авіаційні хімічні роботи.*

Вступ

Актуальність проблеми. Україна завдяки своїм природно-кліматичним умовам є однією з країн, що має високий потенціал використання земельних площ для успішного розвитку сільськогосподарського (с/г) виробництва. Має можливість для вирощування різноманітних культур як для власного споживання (імпорту), так і для експорту в Європу та інші країни. Важливим напрямком підвищення продуктивності с/г виробництва є більш ефективне використання технічних засобів, спрямованих на покращення врожайності культур.

Аналізуючи недоліки та переваги різноманітних методів та технічних засобів обробки с/г земель з метою виявлення найбільш економічно вигідних, було встановлено, що використання авіації с/г призначення для підвищення урожайності культур з використанням новітніх технологій обробки та сучасного навігаційного обладнання має великий потенціал [4]. Переваги авіаційного способу обробки рослин в порівнянні з наземними є досить очевидними: скорочення термінів завдяки великій швидкості (до 160 км/год); широка смуга захоплення (до 60 м при обпилюванні і обприскуванні, до 30 м при розсіві мінеральних добрив); зниження витрат праці; зменшення витрати отрутохімікатів і добрив; маневреність літаків; можливість обробки важкодоступних ділянок; відсутність механічних пошкоджень рослин і ущільнення ґрунту. Важливою перевагою авіаційних засобів обробки полів є і те, що вони не прив'язані до фізичного стану ґрунтів, як це має місце при використанні наземної техніки.

Якщо ж звернутися до економічної вигоди використання авіаційної с/г техніки, то необхідно зазначити, що рентабельність рослинництва при цьому збільшується на 15,4% [4]. Однак, не дивлячись на досить вагомі переваги використання авіації у с/г, погіршення економічного стану в країні створило досить суттєві перешкоди для використання повітряних суден (ПС) с/г призначення. Згідно Реєстру цивільних повітряних суден України на 30.10.2015,

в Україні офіційно зареєстровано лише 4 літаки с/г призначення: МВЕН-2 «Фермер» (2 шт.), «Фермер 300», «ХІАТ-650УТ/СХ, що становить мізерну кількість у порівнянні з площами с/г угідь в Україні. Перешкоди у використанні ПС пов'язані із зростанням собівартості технічної експлуатації ПС, що неодмінно відображається на собівартості продукції. Одним із шляхів повернення с/г авіації до активної експлуатації є використання ПС, які мають технологічно вищий рівень виконання та високу якість використання, ніж ті, що експлуатуються на даний час.

Одним із шляхів підвищення економічної ефективності використання ПС є розробка полів з застосуванням безпілотних літальних апаратів (БПЛА) с/г призначення при проведенні авіаційно-хімічних робіт (АХР). Згідно означення під БПЛА розуміється повітряне судно, призначене для виконання польоту без пілота на борту, керування польотом якого і контроль за яким здійснюються за допомогою спеціальної станції керування, що розташована поза повітряним судном [4], що передбачає можливість дистанційного керування повітряним судном. Саме ця особливість разом з можливістю широкого застосування супутникової системи глобального позиціонування GPS створили умови, що дозволяють фізично використовувати БПЛА при виконанні АХР в автоматичному та дистанційно керованому режимах як вдень, так і вночі, а також при несприятливих погодних умовах.

Серед перспективних напрямків використання БПЛА можна виділити наступні: моніторинг стану рослин та ступеню раціонального використання ґрунтів; створення цифрових карт полів; інвентаризація с/г земель; оцінка об'єму робіт, що виконуються на полях; визначення нормального вегетаційного індексу NDVI; прогноз врожайності с/г культур; перевірка якості обробки ґрунтів; екологічний моніторинг земель с/г призначення тощо [1]. Використання БПЛА в с/г стає можливим завдяки регулюванню юридичними документами, що і звичайні літаки. Повітряний кодекс України (№3393-VI від 19.05.2011) визначає правила реєстрації та придат-

ність судна до польоту. Положення про використання повітряного простору України (постанова КМУ №401 від 29.03.2002) вказує в яких зонах повітряного простору дозволено проведення польотів, крім того Інструкція зі складання заявок на використання повітряного простору під час планування польотів (спільний наказ Міноборони та Мінтрансу №518/1063 від 14.10.2009) роз'яснює власникам БПЛА, як надавати заявки на використання повітряного простору [3]. Проблема полягає у тому, що БПЛА згідно із законодавством мають бути зареєстровані. Повинні виконуватись вимоги безпеки польотів.

Аналіз досліджень і публікацій. Безпілотні літальні апарати є досить поширеними у світі і виробляються у вісімнадцяти країнах світу, таких як: США, Франція, Німеччина, Китай, Японія, ПАР, Чехія та інші. Вперше БПЛА було застосовано на початку 80-х років в сільському господарстві Японії. Основним аргументом на користь використання невеликих дистанційно керованих літальних апаратів був той, що розміри полів та складний ландшафт, а також наявність електромереж та маленька відстань між населеними пунктами вкрай ускладнювали використання літаків с/г призначення. Тому в 90-х рр. на базі БПЛА моделі Yamaha RMAX вертолітної схеми, були розроблені моделі YACS та YACS-G з системою GPS навігації та корисним навантаженням 28 кг з робочою швидкістю 24 км/год. Таких моделей було виготовлено 2400 [2]. На теперішній час вони обробляють майже 40% рисових полів. Виготовлення безпілотних літальних апаратів здійснюється також в Росії, наприклад, моделі GeoScan 101 та GeoScan 200 (літакового типу), GeoScan 401 (вертолітного типу) та інші.

Використовуються БПЛА і в Україні. За даними продаж в країні експлуатується майже 1,5 тисячі різних за призначенням БПЛА, за допомогою яких виконується картографування, моніторинг стану рослин та фітосанітарної обстановки, стану магістральних трубопроводів та інше. Ешелони польоту БПЛА сягає від 300 м (не контрольований простір) до 7 – 10 тис. метрів, але жоден з них не зареєстрований офіційно (згідно Реєстру цивільних повітряних суден України на 30.10.2015).

Спектр послуг, що можуть надавати БПЛА в Україні дуже широкий. Так площа с/г угідь, що використовується аграрними підприємствами та громадянами складає 36,5 млн га, що становить 61% території країни. В Україні на 2013 рік діяло 56000 аграрних підприємств, з яких 15,8% мають площу до 100 га, 17,3% - в межах 100 -500 га, 11,2% - 500 га-1000 га, 14,1% - 1000 - 2000 га, 18,8% - понад 2000 га. Середній розмір полів в степовій зоні складає 1200 – 1500 м в довжину та 800 –1000 м в ширину. Розміри полів відносно невеликі, що дає змогу використовувати не тільки пілотовані ЛА, а й БПЛА, зокрема AGROAVIAR-100. Зазначена модель БПЛА дистанційно керована, літакового типу, може використовуватися для внесення біологічного

матеріалу – трихограм. В одному із господарств за один день було оброблено 200 га культур при розмірах літака- 1,5х2 метра. Вага корисного навантаження 2 кг. Польотна вага складає 11 кілограмів [2].

Використання повністю автоматичних БПЛА-дронів надає багато можливостей. Так, в проекті *i Field* Вінницької області для компанії «Торговий Дом Насиння» були задіяні дрони компанії Drone.UA з метою спостереження за змінами рівня вегетації сотень гібридів сортів під впливом різних препаратів. Сканування мало характер щоденного повітряного спостереження, при якому за один політ сканувалася площа біля 400 га [2].

Постановка завдання. Напрямок застосування БПЛА в с/г виробництві досить різноманітні, але на сьогоднішній день вони мають досить вузьку спеціалізацію з причин деяких конструктивних та вагових обмежень [3]. Використання сучасних технологій в області навігації та керування БПЛА разом з відео та фотоапаратурою, дають змогу використовувати елементи штучного інтелекту в точному с/г виробництві [3]. На основі аналізу можливостей сучасних БПЛА при проведенні АХР виникає необхідність визначення оптимальних показників щодо відносної частки корисного навантаження від злітної ваги БПЛА. В подальшому визначити оптимальну вагову характеристику спорядженого БПЛА, визначити найбільш сприятливу конструктивну компоновку для умов виконання АХР на полях степової зони України.

Розв'язання проблеми

Для визначення меж в яких знаходиться відносний показник корисного навантаження треба проаналізувати показники різних за конструкцією, але однакових за призначенням БПЛА, що вже експлуатуються як в країні так і за її межами. В табл. 1 приведені вагові дані деяких безпілотних літальних апаратів. Якщо розрахувати з табл. 1, відносну корисну вагу для БПЛА різних типів, то отримаємо такі показники: БПЛА вертолітного типу лежить в межах 0,31-0,43*, для літакового типу - в межах 0,28 –0,47, для типу квадрокоптер знаходиться у межах 0,2 – 0,38. Для автожирів цей показник становить 0,3** -0,54 (рис. 1).

Таблиця 1

Показники корисної ваги та ваги конструкції для БПЛА різного типу

№	Назва Тип БПЛА	Вага конструкції, кг	Вага корисного навантаження, кг
1	YACS вертоліт	91	28
2	3Z4-06 вертоліт	9,15*	4*
3	R-100 літак	7	2
4	R-400 літак	34	16
5	Supercam X6 квадрокоптер	1,5	0,3
6	DJI AgrosMG-1 квадрокоптер	26*	10
7	«Хімік» автожир	250	135
8	МТОagric**автожир	450	130

* різні джерела інформації дають різні показники, тому використовується середній; ** пілотований автожир.

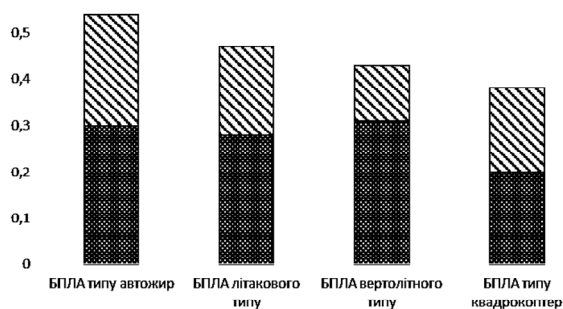


Рис. 1. Порівняльна діаграма відносної корисної ваги для різних типів БПЛА

Найбільший показник відносного корисного навантаження мають автожири, що обумовлюється особливостями конструкції останніх. Автожир поєднує в собі окремі властивості як літака, так і вертольоту. При горизонтальному польоті автожиру його швидкість наближається до показників надлегкого та легкого класів літаків і знаходиться в межах 150–180 км/год. Перевага конструктивної компоновки автожиру у тому, що показник мінімальної швидкості для горизонтального польоту знаходиться у межах 50 км/год, що надає можливість здійснювати більш маневрений політ та мінімізувати дистанції розбігу та пробігу ЛА. При виконанні АХР така властивість конструкції дуже важлива, оскільки надає можливість ЛА розвертатися практично на місці, не виходячи за межі поля, що є властивим для вертольотів (для порівняння – на розвороті пілотованого літака с/г авіації відводиться 46% усього робочого циклу від злету до посадки) [5]. Крім того, немає потреби розраховувати маневр для подолання таких перешкод як дерева, що ростуть по краях поля, що значно спрощує вихід ЛА на наступний гон.

Автожири значно простіші та безпечніші в експлуатації. При відмові двигуна лопоті автожиру, відбувається перехід в режим авторотації і ЛА плавно сідає прямо перед собою. Для експлуатації в якості с/г БПЛА ця властивість надзвичайно важлива, оскільки вразі здійснення посадки з відмовою двигуна не має потреби додаткового втручання з боку оператора, що керуватиме роботою, або програмного забезпечення, якщо БПЛА здійснює роботу в автоматичному режимі. Обладнання БПЛА лазерною системою висотоміра та дальноміра у поєднанні з GPS облад-

нанням дає можливим виконати автожира як дрона або дистанційно керованим. Найбільш ефективно використання БПЛА відбувається при впровадженні новітніх технологій обробки с/г культур. Використання технологій ультромалого обприскування на основі амінокислотних розчинів значно підвищує продуктивність роботи БПЛА за рахунок перерозподілу корисного навантаження у бік пального, що дає змогу підвищити тривалість польоту та зменшити цикли дозаправки автожиру хімічними розчинами.

Висновки

Зважаючи на досить непросто економічне становище нашої держави, вона була і є впливовим інструментом на ринку сільськогосподарської продукції не тільки в Європі, а і в країнах ближнього сходу. Таким чином вітчизняна галузь літакобудування має також бути спрямована і для потреб с/г виробництва. Спираючись на досвід зарубіжних країн вкрай важливо вибрати перспективний напрямок в проектуванні і виробництві вітчизняних БПЛА. Впровадження БПЛА, зокрема автожирів, в с/г виробництво є найбільш економічно доцільною конструктивною схемою, що підтверджується досить широким інтересом до них з боку країн виробників як с/г продукції, так і виробників ЛА с/г призначення.

Список літератури

1. *Технологии точного земледелия в сельском хозяйстве с использованием БПЛА [Електр. ресурс]. – Режим доступу: www.primwings.ru/news/107agricultureuav.*
2. *Как применяются беспилотники в сельском хозяйстве Украины [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.imena.ua/blog/drones-for-farmers*
3. *Юсифова Аксана. Беспилотники в сельском хозяйстве [Електр. ресурс] / А. Юсифова. – Режим доступу: <http://www.anspress.com/index.php?a=2&lng=ru&cid=48&nid>.*
4. *Полухин А. Малая авиация в сельском хозяйстве: дорого, но выгодно / А. Полухин // Аграрное обозрение. – 2011. – № 1. – С. 20.*
5. *Сарымсаков Х.Г. Сельскохозяйственные самолеты. Оптимизация парка / Х.Г. Сарымсаков. – М.: Машиностроение, 1979. – 184 с.*

Надійшла до редколегії 1.02.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.В. Козелков, Державний університет телекомунікацій, Київ.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ КАК ПУТЬ К ПОВЫШЕНИЮ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

О.В. Беляев, О.В. Задорожная

Проведенный краткий обзор перспектив развития рынка услуг авиационных химических работ в сельскохозяйственном производстве Украины, проанализированы весовые характеристики беспилотных летательных аппаратов и определены их наиболее экономически выгодные конструктивные компоновки для проведения авиационных химических работ.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, автожир, авиационные химические работы.

USE DRONES AS A WAY TO INCREASE CROP YIELDS

O.V. Belyaev, O.V. Zadorozhna

In this article brief overview of the development prospects of the market of services of aviation chemical works in agricultural production in Ukraine is give, weight characteristics of unmanned aerial vehicles are analysed and their most cost-effective design layouts for aviation chemical works are determine.

Keywords: unmanned aircraft, autogyro, aviation chemical works.

УДК 519.81

О.М. Волощук¹, И.В. Гребенник², Ю.В. Серета²¹ Киевский национальный университет культуры и искусств, Киев² Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ШТРИХОВЫХ ШКАЛ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ

В статье проведен системный анализ проблемы формирования структур штриховых шкал датчиков измерения угловых перемещений. Выполняется описание структуры штриховой шкалы с помощью вектора булевых переменных, предлагается критерий эффективности для оценки вариантов структур. Строится математическая модель задачи выбора оптимального варианта структуры штриховой шкалы в виде задачи комбинаторной оптимизации. Проводится анализ построенной математической модели, выполняются вычислительные эксперименты как с целью анализа существующих отечественных и зарубежных датчиков, так и для разработки оптимальных структур преобразователей различной разрешающей способности, обсуждаются их результаты.

Ключевые слова: датчик угловых перемещений, штриховая шкала, реперное окно, булева переменная, комбинаторная оптимизация, оптимальная структура.

Введение

Датчики измерения угловых перемещений отличаются высокой точностью измерений в пределах угловых секунд и выше. Они применяются на поворотных и наклонных столах, делительных головках, поворотных осях, зуборезных станках, прессах, спектрометрах и телескопах [1].

В инкрементальных датчиках линейных перемещений текущая координата определяется путем подсчета импульсов от нулевой точки. Для воспроизведения нулевой точки инкрементальные датчики компании HEIDENHAIN имеют референтные метки, которые нужно пройти после включения оборудования [2].

Штриховая шкала является основным элементом инкрементного преобразователя перемещения, применяемого при получении информации о линейном, угловом перемещении и скорости. Обычно шкала содержит ряд равномерно нанесенных на стекле непрозрачных штриховых меток, количество которых главным образом определяет разрешающую способность преобразователя, и реперное окно, выполняющее функции нулевой отметки. Инфракрасное излучение светодиодов модулируется шкалой, движущейся относительно неподвижной решетки, повторяющей ее конфигурацию, и принимается фототранзисторами логического устройства [1]. Стремление повысить разрешающую способность шкалы приводит к уменьшению ширины реперного окна и ухудшению энергетических характеристик реперного сигнала, то является причиной сбоев в работе преобразователя. Чтобы избежать этого, применяют реперные окна со сложной неравномерной структурой, усложняющейся с повышением разрядности преобразователя, что позволяет исполь-

зовать интегральный принцип приема излучения. Реперное окно в этом случае представляет собой последовательность прозрачных и непрозрачных окошек одинаковых размеров, расположенных в ряд. Их взаимное расположение обеспечивает формирование реперного сигнала с относительно большой амплитудой при прохождении нулевой отметки и сигнала с относительно малой амплитудой при других положениях. В процессе проектирования датчиков для повышения помехозащищенности преобразователя необходимо стремиться к тому, чтобы разность амплитуд реперного сигнала в указанные моменты времени была максимальной.

Целью настоящей работы является математическое моделирование и решение задачи оптимизации выбора структуры штриховых шкал преобразователей перемещения в процессе их проектирования.

Постановка задачи

Пусть для проектируемого датчика с количеством делений шкалы N выбран тип фотоприемника, имеющий площадь поверхности $S_{\text{ф}} = L \cdot h$, где L - длина, h - ширина фотоприемника. Определим количество позиций для окон в реперной структуре. При этом ширину каждого позиционного окна реперной структуры примем равной ширине фотоприемника h . Длину каждого окна l определим по формуле

$$l = 2\pi R / N,$$

где R - радиус круга, по границе которого нанесена шкала. Зная длину фотоприемника L и длину одного позиционного окна реперной структуры и ориентируясь на максимальное использование поверхности фотоприемника, количество окон k в реперной

структуре определим следующим образом: $k = L/h$. Далее задача сводится к определению оптимальной структуры реперного окна при заданном количестве k позиционных окон площадью $S_0 = 1 \cdot h$ каждое. Будем считать реперную структуру состоящей из k плотно размещенных в один ряд позиционных окон, каждое из которых находится в одном из двух состояний – открытом (пропускающем свет) или закрытом (не пропускающем света). Поскольку все позиционные окна имеют одинаковую площадь S_0 , то о каждом из них достаточно знать, открыто оно или закрыто. Поставим в соответствие каждой реперной структуре с k позиционными окнами вектор $x = (x_1, x_2, \dots, x_k) \in R^k$, где $x_i = 1$, если позиционное окно открыто и $x_i = 0$, если i -е окно закрыто. Сформированный таким образом вектор x является элементом множества V_k , элементы которого полностью определяют все реперные структуры с k позиционными окнами.

Математическая модель

Рассмотрим евклидово комбинаторное множество, часто встречающееся в математических моделях задач геометрического проектирования, управления, в задачах о назначениях, покрытиях и других [4]. Это комбинаторное множество двоичных (булевых) последовательностей из k элементов, которое можно рассматривать как множество размещений с повторениями из двух элементов $\{0, 1\}$ по k . После отображения в евклидово пространство [4] множество V_k приобретает следующий вид:

$$V_k = \{x \in R^k \mid x_i \in \{0, 1\}, i \in J_k\} \subset R^k. \quad (1)$$

Отметим, что множество V_k вида (1), его свойства и некоторые задачи оптимизации на множестве V_k исследованы в [5].

Следуя требованию обеспечения максимальной разности амплитуд сигнала при прохождении нулевой отметки и при других взаимных положениях реперного окна и шкалы, представим математическую модель задачи в следующем виде:

$$S(x) = \frac{1}{k} (p(x) - v(x)) = \frac{1}{k} (\|x\|^2 - \max_{j \in J_{k-1}} \sum_{i=j+1}^k x_i \cdot x_{i-j}) \rightarrow \max, \quad (2)$$

$$x \in V_k \subset R^k, \quad (3)$$

где S – величина, пропорциональная суммарному потоку излучения, проходящего через реперное окно на фотоприемник;

$p(x) = \|x\|^2$ – количество открытых позиционных окон, определяющее амплитуду реперного сигнала в момент прохождения нулевой отметки;

$$v(x) = \max_{j \in J_{k-1}} \sum_{i=j+1}^k x_i \cdot x_{i-j} - \text{наибольшее количество пропускающих излучение открытых позиционных окон при других взаимных положениях реперного окна и шкалы.}$$

Поставленная задача представляет собой евклидову задачу комбинаторной оптимизации без дополнительных ограничений на переменные [4], которая может быть сведена к известной оптимизационной модели с булевыми переменными.

Вычислительные эксперименты

С математической моделью (2)–(3) проведен ряд вычислительных экспериментов как с целью анализа существующих отечественных и зарубежных преобразователей перемещения, так и для разработки оптимальных структур реперных окон преобразователей различной разрешающей способности. При этом задачи небольшой размерности решались перебором вариантов. При больших значениях k для решения задачи (2)–(3) применялись методы, основанные на генерации комбинаторных конфигураций, теоретические основы которых изложены в [6].

Вычислительные эксперименты показали, что существующие преобразователи перемещения в большинстве своем не являются оптимальными в смысле выбранного критерия. Для преобразователей перемещения с наиболее распространенными разрядностями шкал предложены оптимальные варианты структур реперных окон. Из вычислительных экспериментов следует, что при значениях k , превышающих 15–20, количество оптимальных по критерию (2) вариантов в силу симметричности и дискретности реперной структуры может составлять несколько десятков или сотен. Это позволяет проводить дальнейший отбор вариантов структуры исходя из технологических соображений.

Результаты некоторых вычислительных экспериментов в задаче выбора оптимальной структуры штриховых шкал преобразователей перемещения занесем в табл. 1.

Выводы

Предложенный в статье способ выбора структуры штриховых шкал преобразователей перемещения может быть использован при проектировании датчиков угловых перемещений. Повышение эффективности функционирования датчиков обеспечивается за счет оптимизации структуры реперного окна. Критерием оптимальности выбрана раз-

ность амплитуд сигнала при прохождении нулевой отметки и при других взаимных положениях реперного окна и шкалы. Математическая модель в виде задачи оптимизации с булевыми переменны-

ми позволяет получить оптимальную структуру реперного окна.

Вычислительные эксперименты подтвердили работоспособность предложенного подхода.

Таблица 1

Результаты анализа структуры штриховых шкал

№	k	x	p(x)	v(x)	S(x)
1.	4	1 0 1 1	3	1	0.5
2.	5	1 0 1 0 1	3	2	0.2
3.	5	1 1 0 0 1	3	1	0.4
4.	6	1 1 1 0 0 1	4	2	0.33
5.	7	1 0 0 0 1 0 1	3	1	0.29
6.	7	1 0 1 0 0 1 1	4	1	0.43
7.	7	1 1 0 1 0 1 1	5	2	0.43
8.	10	1 1 0 0 1 0 1 0 1 1	6	2	0.4
9.	12	1 0 0 1 1 0 0 0 0 1 0 1	5	1	0.33
10.	12	1 0 1 0 0 0 0 1 0 0 1 1	5	1	0.33

Список литературы

1. Аш Ж. Датчики измерительных систем: в 2 кн. Книга 1 / Ж. Аш : М.: Мир, 1992.–480 с.

2. Продукция компании HEIDENHAIN и её применение. Датчики угла [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

http://www.heidenhain.ru/ru_RU/produkcija/datchiki-ugla/

3. Гребенник, И.В. Оптимизация топологии штриховых шкал преобразователей перемещения / И.В. Гребенник, Л.П.Захаров // Труды 2-й Междунар. конф. "Теория и техника передачи, приема и обработки информации". – Харьков-Туапсе. – 1996. – С. 135–136.

4. Гребенник, И.В. Локализация точек минимума в некоторых экстремальных задачах с булевыми переменными / И.В. Гребенник // Радиоэлектроника и информатика. – 2002. – № 4. – С. 99 – 103.

5. Grebennik I.V. Extremal properties and optimization of functions on special classes of the combinatorial sets with linear constraints / I.V. Grebennik, O.V. Baranov // Proc. 26-th Conference of the European Chapter on Combinatorial Optimization. – Paris, France, May 30 – June 1, 2013. – P. 44.

6. Гребенник, И.В. Генерация комбинаторных множеств с заданными свойствами / И.В. Гребенник, А.С. Литвиненко // Кибернетика и системный анализ. – 2012. – № 6. – С. 106 – 113.

Надійшла до редколегії 21.01.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. І.В. Рубан, Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків.

ВИБІР ОПТИМАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ ШТРИХОВИХ ШКАЛ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ПЕРЕМІЩЕННЯ

О.М. Волошчук, І. В. Гребеннік, Ю.В. Серєда

У статті проведено огляд проблеми аналізу існуючих та проектування нових структур штрихових шкал датчиків кутових переміщень. Обґрунтовано критерій оптимальності структури реперного вікна виходячи з умови підвищення завадостійкості перетворювача. Виконано представлення структури реперного вікна за допомогою булевих змінних. Побудовано математичну модель у вигляді задачі комбінаторної оптимізації для вибору оптимальної структури згідно запропонованого критерію. Проведено обчислювальні експерименти із побудованою моделлю, обговорено їх результати.

Ключові слова: датчик кутових переміщень, штрихова шкала, реперне вікно, булева змінна, комбінаторна оптимізація, оптимальна структура.

SELECTION OF OPTIMAL LINE SCALES FOR MOVEMENT CONVERTERS

O.M. Voloshchuk, I.V. Grebennik, Ju.V. Sereda

This article provides an overview of the problems for analysis of existing and design of new structures for line scales of angular movement converters. Optimality criterion for reference window structure based on condition of noise immunity converter improving is substantiated. Representing structure for reference window using Boolean variables is done. Mathematical model as a combinatorial optimization problem to select optimal structure under the proposed criteria is constructed. Computational experiments with the built model are made, their results discussed.

Keywords: rotary encoder, line scale, reference window, Boolean variable, combinatorial optimization, optimal structure.

УДК 623.765:681.513.6

П.П. Зуєв¹, О.О. Тімочко², А.А. Кизима³¹ Повітряне командування «Південь», Одеса² Фірма Х1, Харків³ Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ

ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ВИРОБЛЕННЯ РІШЕНЬ В АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ ЧЕРГОВИМИ СИЛАМИ ОБ'ЄДНАННЯ ПОВІТРЯНИХ СИЛ

Проаналізовані основні методи вироблення рішень в існуючих автоматизованих системах управління черговими силами об'єднання Повітряних Сил, визначені їх недоліки. Розглянуті основні функції, які повинні виконувати автоматизовані системи управління черговими силами. Запропоновано застосування семіотичних (логіко-лінгвістических) методів при побудові автоматизованих систем управління черговими силами. Обґрунтовані часткові завдання, вирішення яких дозволить удосконалити методи вироблення рішень в автоматизованих системах управління черговими силами об'єднання Повітряних Сил.

Ключові слова: прийняття рішень, чергові сили, автоматизовані системи управління, знання, повітряний простір, нештатна ситуація, подання знань, формалізація, аксіоматичний підхід.

Вступ

Постановка проблеми і аналіз літератури. Основу автоматизації управління складає моделювання процесів аналізу поточної ситуації в повітряному просторі, вироблення рішення і трансформація цих моделей в програмне забезпечення автоматизованої системи управління (АСУ) [1 – 3]. Проведений аналіз показує, що моделювання дій з управління черговими силами об'єднання Повітряних Сил для усунення нештатних ситуацій на кількісній основі або неможливо (утруднено), або при побудові таких моделей в них закладаються сильні спрощення і допущення. Це обумовлено тим, що об'єкти моделювання не задовольняють основним принципам, на яких базується застосовність класичних обчислювальних методів через наявність таких характерних властивостей [4]:

- велика кількість слабо формалізуємих і часто суперечливих цілей функціонування, їх змінність;
- конфліктний та ієрархічний характер взаємодії як між елементами всередині об'єкту, так і з навколишніми об'єктами, при сильному впливі на процеси функціонування людського чинника;
- переважно понятійний характер наявних описів умов і поточної ситуації повітряної обстановки, в рамках якої передбачається використання об'єкту;
- достатньо велика невизначеність в описі параметрів зовнішнього середовища і об'єкту управління.

Очевидно, для формалізації процесу управління об'єктами з такими властивостями необхідні нові підходи, що дозволяють розширити логічні можливості алгоритмів управління на основі ретельного аналізу логіки процесу вироблення рішень.

Метою статті є обґрунтування пропозицій щодо удосконалення методів вироблення рішень в автоматизованих системах управління черговими силами об'єднання Повітряних Сил.

Основна частина

Під управлінням розуміється здійснюване на підставі отримуваної інформації про стан об'єктів управління і зовнішнього середовища цілеспрямована дія на керовані об'єкти, що забезпечує досягнення необхідних цільових настанов. Орган управління, що здійснює вироблення рішень, виконує такі функції:

- збір і об'єднання інформації про поточний стан об'єкту управління і зовнішнього середовища;
 - формування узагальненого уявлення про обстановку і прогнозування її розвитку;
 - зіставлення прогнозованого стану обстановки з цільовою настановою системи, виявлення ситуацій, що вимагають втручання, і часткових завдань управління, що підлягають рішенню;
 - вибір засобів для вирішення часткових завдань;
 - вироблення планів вирішення окремих часткових завдань і узгодження їх між собою;
 - формування і видача команд на об'єкт управління;
 - контроль реалізації рішень, корегування планів відповідно до ходу реального процесу управління.
- Проведений у [5] аналіз процесу вироблення рішень показує, що останній характеризується:

- строгою логічною послідовністю;
- етапом узагальнення елементів обстановки до рівня, характерного (зрозумілого) для особи, що приймає рішення.

Таким чином, спеціальне математичного забезпечення (СМЗ) АСУ в процесі вироблення рішень повинно дозволяти моделювати елементи розумової діяльності особи, що приймає рішення.

Другою важливою вимогою до СМЗ є адаптація принципів вироблення рішень, що реалізуються ним, до умов функціонування системи управління, зокрема, до поточної ситуації повітряної обстановки. Під

адаптацією СМЗ тут розуміється подвійний процес. З одного боку, уточнення уявлень про зовнішнє середовище і керовані об'єкти шляхом корегування відповідних моделей. З іншого боку, зміна системи правил вироблення рішення на управління підпорядкованими об'єктами, а при необхідності – і правил обробки інформації стосовно конкретної обстановки.

Одним з кроків у створенні СМЗ, що задовольняє цим вимогам, може бути використання систем, здатних оцінювати поточну ситуацію і приймати рішення з управління. Особливістю таких систем є те, що вони будуються на базі понять, що характеризують об'єкти системи і зовнішнього середовища. В умовах апріорної невизначеності функціонування системи управління такими узагальненими поняттями можуть бути цілі системи. Такі системи називаються семіотичними або логіко-лінгвістичними [5].

Під семіотичною системою розуміють

$$W = \langle T, H, G, Q, X, L, E \rangle, \quad (1)$$

де підсистема $A = \langle T, H, G, Q \rangle$ є формальною системою, а підсистема $B = \langle X, L, E \rangle$ призначена для зміни вказаної формальної системи в режимах навчання і адаптації стосовно конкретної предметної області. Підсистема A виражає синтаксичний аспект системи W , а підсистема B – її семантичний і прагматичний аспекти. У підсистемі A множина T є множиною базисних символів; H – множиною синтаксичних правильних виразів; G – підмножиною множини синтаксично правильних виразів, визначуваних як семантично правильні вирази; Q – правила, що дозволяють отримувати з елементів G нові семантично правильні вирази.

Підсистема D відображає основну специфіку семіотичних систем. Правила X змінюють множину G шляхом модифікації, введення або видалення законів предметної області. Правила L визначають зміну правил Q у теорії цілеспрямованих систем. Проблема зміни правил Q зазвичай трактується як завдання адаптації до даної предметної області. Правила E змінюють правила H , тобто синтаксис системи W .

Існують два основні підходи до побудови семіотичних систем: ситуативний і аксіоматичний.

Ситуативний підхід застосовний, в основному, до систем, що характеризується великою кількістю ситуацій і порівняно невеликою кількістю схем рішень. Позитивною властивістю ситуативного підходу є широке використання апарату узагальнення, що дозволяє представляти моделі складних проблемних середовищ у компактному вигляді без втрати істотної для вирішення завдання інформації.

Серед основних недоліків, що знижують ефективність використання ситуативного підходу для формалізації завдань прийняття рішень, виділимо:

– використання мов подання знань, що породжують громіздкі і малоефективні для користувача конструкції;

– внесення до системи знань нових понять і відносин може привести до необхідності перебудови всієї структури моделі проблемного середовища на всіх рівнях узагальнення (порушення адаптивності);

– в умовах апріорної невизначеності і великої різноманітності варіантів дій повітряних об'єктів різко знижується обґрунтованість рішень;

– неможливість обґрунтування рішення, пропонуваного для реалізації, якщо відповідь у готовому вигляді не зберігається в системі знань, тобто відсутність можливості організації роботи системи в режимі «питання-у відповідь».

Від вказаних недоліків вільний аксіоматичний підхід, який базується на формально-логічному описі проблемного середовища і використовує процедури дедуктивного виводу [5]. Його головна перевага полягає в тому, що немає необхідності знати, яке рішення необхідно прийняти в тій або іншій ситуації. Воно логічно виводиться із загальних принципів, положень, правил, що описують властивості проблемної області та опису ситуації, що склалася.

Даний підхід припускає інформаційну повноту, несуперечність і конкретність моделі знань про предметну область. Проте це протирічить особливостям знань про завдання, вирішуваних при управлінні черговими силами повітряного командування в умовах суперечності й обмеженості початкових даних. Вихід з положення, що створилося, полягає в розвитку аксіоматичного підходу на основі розробки способів подання знань в АСУ і системі прийняття рішень, що враховує неповноту і можливу суперечність отриманої інформації. Основним напрямом досліджень, що задовольняють вказаним вимогам, є використання аксіоматичного підходу до формалізації і вирішення завдань вироблення рішень для АСУ черговими силами об'єднання Повітряних Сил. Дані завдання мають розрахунковий і(або) логіко-аналітичний характер і не піддаються формалізації тільки на базі кількісних математичних методів. Використання аксіоматичного підходу лежить в рамках розробки інтелектуальної системи, заснованої на знаннях експертів у даній предметній області.

У даний час створені об'єктивні передумови для формалізації завдань вироблення рішень. Так, подальший розвиток отримала концепція експертних систем і систем підтримки прийняття рішень. В їх рамках розробляються підходи до вирішення ряду проблем розпізнавання ситуацій і прийняття рішень [5]. Передача АСУ, що управляє черговими силами об'єднання Повітряних Сил, функцій, що забезпечують вирішення складних логічних завдань у процесі вироблення рішень, припускає дослідження ряду питань. Основним з них є розробка методу синтезу варіанту рішення з припинення черговими силами об'єднання Повітряних Сил порушень порядку використання повітряного простору. Цей метод дозволяє синтезувати адаптивні алгоритми управління з моделюванням розумової діяльності людини і здійснювати структурування знань системи управління. Аналіз розглянутих методів вироблення рішень дозволяє сформулювати такі постулати:

– автоматизація процесів вироблення рішень при управлінні черговими силами має ґрунтуватися на семіотичному принципі;

– аксіоматичний підхід є найбільш прийнятним для вирішення завдання вироблення рішень у даній предметній області;

– розробка методу синтезу варіантів рішень з припинення черговими силами об'єднання ПС порушень порядку використання повітряного простору дозволяє використовувати адаптивні алгоритми управління з моделюванням розумової діяльності людини.

Висновки

Виконання поставленого загального завдання з удосконалення методів вироблення рішень в автоматизованих системах управління черговими силами повітряного командування потребує розробки:

– методу подання знань про завдання виявлення нештатних ситуацій у повітряному просторі;

– методу синтезу варіанту рішення з припинення черговими силами повітряного командування порушень порядку використання повітряного простору.

Дослідження сформульованого загального завдання можливо шляхом вирішення наступних часткових завдань:

– обґрунтування необхідності розробки апарату формалізації знань про завдання процесу управління черговими силами повітряного командування, який підвищить рівень їх автоматизованого рішення;

– розробка апарату формалізації і маніпулювання знаннями про завдання процесу управління черговими силами об'єднання Повітряних Сил;

– використання аксіоматичного підходу, що дозволяє розглядати предметну область, як складну динамічну систему, що складається з об'єктів різної фізичної та абстрактної природи, а також забезпечувати структурування, подання знань про предметну область і конструктивну обробку знань у системах прийняття рішень (зокрема АСУ);

– розробка моделей знань: оцінки повітряної обстановки; оцінки своїх військ при несенні бойового чергування;

– використання системного підходу до опису та оцінки ефективності дій чергових сил повітряного командування при запобіганні (недопущенні) нештатним ситуаціям;

– комплексне врахування оперативнотактичних чинників повітряної обстановки, що складається, і тактико-технічних характеристик засобів повітряного нападу;

– створення єдиного комплексу математичних моделей, що дозволяють проводити:

а) оцінку можливостей чергових сил об'єднання Повітряних Сил ;

б) оцінку приросту ефективності дій окремих сил, що знаходяться на бойовому чергуванні;

в) формування раціональної послідовності дій чергових сил для конкретної нештатної ситуації.

Список літератури

1. *Авиация ПВО России и научно-технический прогресс: боевые комплексы и системы вчера, сегодня, завтра: Монография / В.К. Бабич, Л.Е. Баханов и др.; под ред. Е.А. Федосова. – М.: Дрофа, 2005. – 815 с.*

2. *Харук А.И. Боевая авиация XXI века: Военная энциклопедия XXI / А.И. Харук. – М., 2011. – 304 с.*

3. *Красовский А.А. Системы автоматического управления летательных аппаратов / А.А. Красовский, Ю.А. Вавилов, А.И. Сучков. – М.: ВВИА, 1986. – 286 с.*

4. *Тарасов В.Г. Основы теории автоматизированных систем управления / В.Г. Тарасов. – М.: ВВИА, 1988. – 364 с.*

5. *Королюк Н.О. Особливості формалізації лінгвістичних змінних, які використовуються при описі процесу вибору параметрів запланованого перехвату при призначенні впливів винищувачами на повітряні цілі / Н.О. Королюк, О.І. Тимочко, О.А. Коршец. // Системи озброєння і військова техніка. – Х.: ХУПС, 2006. – № 3(7). – С. 36-39.*

Поступила до редколегії 10.12.2015

Рецензент: д-р техн. наук, доц. М.А. Павленко, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ МЕТОДОВ ВЫРАБОТКИ РЕШЕНИЙ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ДЕЖУРНЫМИ СИЛАМИ ОБЪЕДИНЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ СИЛ

П.П. Зуев, А.А. Тимочко, А.А. Кизима

Проанализированы основные методы выработки решений в существующих автоматизированных системах управления дежурными силами объединения Воздушных Сил, определены их недостатки. Рассмотрены основные функции, которые должны выполнять автоматизированные системы управления дежурными силами. Предложено применение семиотических (логико-лингвистических) методов при построении автоматизированных систем управления дежурными силами. Обоснованы частные задачи, решение которых позволит усовершенствовать методы выработки решений в автоматизированных системах управления дежурными силами объединения Воздушных Сил.

Ключевые слова: принятие решений, дежурные силы, автоматизированные системы управления, знания, воздушное пространство, нештатная ситуация, представление знаний, формализация, аксиоматический подход.

SUGGESTION ON IMPROVEMENT OF DECISIONS MAKING METHODS IN AUTOMATED CONTROL SYSTEMS BY DUTY FORCES OF AIR COMMAND

P.P. Zuev, A.A. Timochko, A.A. Kizima

The basic decisions making methods in existent automated control systems by duty forces of the Air command are analysed, their failings are certain. Basic functions which must be executing by automated control systems by duty forces are considered. Application of semiotics (logical linguistic) methods at the construction of automated control systems of duty forces is offered. Local tasks which decisions will allow to perfect the decisions making methods in automated control systems by duty forces of the Air command are grounded.

Keywords: decision making, duty forces, automated control systems, knowledges, air space, nonpermanent situation, representation of knowledges, formalization, axiomatic approach.

УДК 623.004.67

М.О. Королевська, А.М. Науменко, О.А. Кононова

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

АНАЛІЗ ЗАЛЕЖНОСТІ ТЕМПЕРАТУРИ ПЕРВИННИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ВІД ВЛАСТИВОСТЕЙ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Розглядається залежність властивостей первинних вимірювальних перетворювачів температури від коефіцієнта тепловіддачі, теплової провідності, променистого теплообміну перетворювачів з навколишнім середовищем.

Ключові слова: термометрія, датчик, частота.

Вступ

Постановка задачі. Питання залежності температури первинних вимірювальних перетворювачів від властивостей навколишнього середовища виникає у зв'язку з тим, що ця залежність впливає безпосередньо на стан вимірювальних перетворювачів. Це зумовлено наявністю теплообміну, що здійснюється за допомогою теплопровідності, конвенції та теплового випромінювання, який в свою чергу впливає на результат вимірювання, що й обумовлює актуальність поставлення питання.

Аналіз літератури. У відомій літературі [1 – 4] розглядаються функції перетворення вимірювальних перетворювачів, але в цій літературі не визначається яким чином здійснюється вплив властивостей навколишнього середовища на характеристики перетворювачів.

Метою статті є дослідження впливу властивостей навколишнього середовища на функції перетворення безконтактних вимірювальних перетворювачів температури, визначення похибок, що виникають у процесі вимірювань та їх вплив на результати визначення температури.

Основний матеріал

При теплообміні перенесення теплової енергії відбувається шляхом взаємодії часток, що перебувають у безпосередньому зіткненні однієї з одною і мають відміну температуру. Такий теплообмін у чистому виді має місце тільки у твердих тілах [1]. Теплообмін за допомогою конвекції здійснюється за рахунок переміщення матеріальних часток, що мають відміну температуру. Чистий конвективний теплообмін має місце лише в газоподібному середовищі [2]. Сутність теплообміну за допомогою випромінювання полягає у випромінюванні тілом електромагнітних хвиль певної довжини [3]. Отже, повний потік тепловіддачі визначається так:

$$q_p = q_T + q_{до} + q_{л}, \quad (1)$$

де q_T , $q_{до}$, $q_{л}$ – теплові потоки теплопровідності, конвекції й випромінювання.

Поширення тепла шляхом теплопровідності визначається законом Фур'є:

$$q'_m = -\lambda \frac{d\theta}{dl}, \quad (2)$$

де q'_m – тепловий потік через одиницю поверхні; θ – коефіцієнт теплопровідності.

Коефіцієнт теплопровідності залежить від природи й фізичного стану речовини, а в анізотропних тілах і від напрямку поширення теплоти. Кращими провідниками теплоти є метали і їхні сплави. Найгіршу теплопровідність мають гази, коефіцієнт теплопровідності яких залежить не тільки від їхньої сполуки, але від температури, а при великому розрідженні і від тиску [4]. Повний тепловий потік, створений різницею температур, визначається так:

$$q_T = \gamma_T \Delta\theta = 1/R_T \Delta\theta, \quad (3)$$

де γ_T – теплопровідність середовища; R_T – тепловий (термічний) опір середовища.

За аналогією з електричною провідністю теплова провідність плоскої стінки визначається як:

$$\gamma = \lambda \cdot S_{ст} / \sigma, \quad (4)$$

де $S_{ст}$ – площа стінки; σ – товщина стінки.

А для циліндричної як:

$$\gamma_T = \lambda \cdot 2\pi l / \ln(d_1/d_2), \quad (5)$$

де l – довжина циліндра; d_1 і d_2 – діаметри відповідно зовнішньої й внутрішньої стінок циліндра.

Одержуємо повний тепловий потік у результаті теплообміну шляхом конвекції відповідно до формули Ньютона: [5]

$$q_k = \alpha S_{п} \Delta\theta = \gamma_{до} \Delta\theta, \quad (6)$$

де α – коефіцієнт конвективного теплообміну або тепловіддачі; $S_{п}$ – площа поверхні тіла; $\Delta\theta$ – різниця температур навколишнього середовища й тіла; $\gamma_{до}$ – повна провідність тепловіддачі шляхом конвекції.

При змушеній конвекції для поперечного положення циліндра (перетворювача) коефіцієнт тепловіддачі для газів:

$$\alpha_T = c\lambda/d \cdot (vd/\nu)^n = c\lambda/d \cdot Re^n, \quad (7)$$

де d – діаметр циліндра; v – швидкість руху газу; ν – кінематична в'язкість; λ – коефіцієнт теплопровід-

ності газу; c, n – коефіцієнти, значення які залежать від швидкості руху газу, а також розмірів теплочутливого елемента та визначаються за значенням критерію Рейнольдса:

$$Re = v \cdot d / \nu,$$

(при $Re = 5 - 80$ ці коефіцієнти відповідно рівні $c = 0,93$, а $n = 0,40$; при $Re = 80 - 5000$ відповідно $c = 0,715$, а $n = 0,46$), для рідин коефіцієнт тепловіддачі:

$$\alpha_{ж} = \frac{c\lambda}{d} Re^n Pr^{0,4}, \quad (8)$$

де $Pr = \nu / a$ – критерій Прандтля; a – температурна провідність рідини.

Значення наведених вище коефіцієнтів і критеріїв надаються в довідковій літературі. Слід зазначити, що їх розрахунок досить наближений. Тому часто значення цих коефіцієнтів визначають експериментально в умовах, що відповідають умовам роботи перетворювачів. Теплове випромінювання являє собою потік електромагнітних хвиль, випромінюваних тілом за рахунок його теплової енергії і повністю або частково поглинає інших тілами.

Повна кількість теплової енергії, випромінюваної абсолютно чорним тілом в одиницю часу одиницею поверхні, що має температуру θ , визначається за законом Стефана-Больцмана:

$$E_0 = C_0 (\theta/100)^4, \quad (9)$$

де C_0 – коефіцієнт випромінювання абсолютно чорного тіла.

Температурне випромінювання реальних тіл може значно відрізнитися від випромінювання абсолютно чорного тіла, тому їх коефіцієнт випромінювання S розраховується з обліком відносної випромінювальної здатності або ступеня чорності тіла як $S = \epsilon C_0$. Коефіцієнт ϵ є фізичною постійною випромінювача й у більшості випадків визначається експериментально, тому що на його значення впливає стан поверхні. Значення ϵ для різних тіл знаходиться у межах від нуля до одиниці та наводиться в довідковій літературі [6]. Здатність тіла поглинати випромінювання характеризується його коефіцієнтом поглинання A , що чисельно дорівнює відношенню потоків випромінювання, що поглинаються тілом та випромінювання, що падає [4].

В умовах термодинамічної рівноваги коефіцієнт поглинання дорівнює коефіцієнту чорності. Якщо температура θ_2 тіла й температура θ_1 падаючого на нього випромінювання відмінні одна від одної, тобто $\epsilon \neq A$. Коефіцієнт поглинання залежить, як від фізичних особливостей тіла, так і від температури випромінюючого тіла. Чим більше різниця у температурах, тим більше відрізняється коефіцієнт поглинання від коефіцієнта чорності. Наприклад, для полірованого алюмінію при $\theta_1 = \theta_2 = 300$ К коефіцієнти $\epsilon = A = 0,09$. При $\theta_2 = 300$ К і $\theta_1 = 1000$ К коефіцієнт $A = 0,15$, а при $\theta_1 = 6000$ К $A = 0,26 \div 0,30$.

Зневажаючи поглинанням енергії в проміжному результатуючому середовищі, потік променистої енергії q_{12} між двома тілами, що мають температури θ_1 і θ_2 і утворюючи замкнуту систему, визначається як:

$$q_{12} = C_0 \epsilon_{пр} \left[\frac{\epsilon_1}{A_1} \left(\frac{\theta_1}{100} \right)^4 - \frac{\epsilon_2}{A_2} \left(\frac{\theta_2}{100} \right)^4 \right] S_{12}, \quad (10)$$

де $\epsilon_1, \epsilon_2, A_1, A_2$ – коефіцієнти чорності та поглинання відповідних тіл;

$$\epsilon_{пр} = 1 / \left[1 + \varphi_{12} (1/A_1 - 1) + \varphi_{21} (1/A_2 - 1) \right] -$$

наведений коефіцієнт чорності системи двох тіл;

$S_{12} = \varphi_{12} S_1 = \varphi_{21} S_2$ – взаємна поверхня випромінювання тіл (де $\varphi_{12}, \varphi_{21}$ – коефіцієнт опромінення або умовні коефіцієнти, що уявляють собою відношення променистих потоків q_1 і q_2 , що випускають тілами, до сумарного потоку q_{12}); S_1, S_2 – поверхні відповідних тіл.

Так, для двох паралельних площин, розміри яких значно більш відстані між ними, $\varphi_{12} = \varphi_{21} = 1$, $S_{12} = S_1 = S_2$, а для двох інших тіл, перше з яких не має вигнутостей і охоплюється іншим, $\varphi_{12} = 1$, $\varphi_{21} = S_1/S_2$, $S_{12} = S_1$. Незручність використання ступеневих залежностей теплових потоків від температури призводить до їхньої лінеаризації шляхом введення так званого коефіцієнта теплообміну випромінюванням $\alpha_{л}$ і за аналогією із законом Фур'є та Ньютона тепловий потік випромінювання системи 2 тіл: [6]:

$$q_{л} = \alpha_{л} S_{12} (\theta_1 - \theta_2) = \gamma_{л} \Delta \theta, \quad (11)$$

де $\alpha_{л} = C_0 \frac{\epsilon_{пр}}{\theta_1 - \theta_2} \left[\frac{\epsilon_1}{A_1} \left(\frac{\theta_1}{100} \right)^4 - \frac{\epsilon_2}{A_2} \left(\frac{\theta_2}{100} \right)^4 \right]$ – коефіцієнт теплообміну випромінюванням; $\gamma_{л}$ – теплопровідність випромінюванням.

Отже, рівняння теплового балансу перетворювача, поміщеного в досліджуване середовище (згідно рис. 1), може бути записане у вигляді:

$$q_{вн} = q_{т.п.} + q_{т.с.} + q_{к.} + q_{л.}, \quad (12)$$

$$\text{або } q_{вн} = \gamma_{т.п.} (\theta_{п.} - \theta_0) + \gamma_{т.с.} (\theta_{п.} - \theta_c) + \gamma_{к.} (\theta_{п.} - \theta_c) + \gamma_{л.} (\theta_{п.} - \theta_{ст.}), \quad (13)$$

де $q_{т.п.}, q_{т.с.}, \gamma_{т.п.}, \gamma_{т.с.}, \gamma_{к.}, \gamma_{л.}$ – теплові потоки та відповідні їм теплопровідності через перетворювач і середовище; $\theta_{п.}, \theta_{про.}, \theta_c, \theta_{ст.}$ – відповідно температури перетворювача, навколишнього середовища, досліджуваної середовища і стінок.

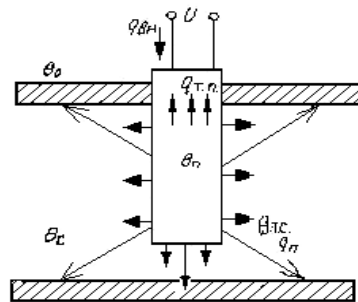


Рис. 1. До рівняння теплового балансу

У процесі роботи теплового перетворювача в умовах зміни температури буде мати місце відповідна зміна його теплоємності:

$$Q_c = c\theta_{\text{п}}, \quad (13)$$

а тепловий потік зміни внутрішньої енергії

$$q_c = \frac{dQ_c}{dt} = cm \frac{d\theta_{\text{п}}}{dt}, \quad (14)$$

де m – маса перетворювача; c – теплоємність перетворювача. Отже, з урахуванням теплового потоку зміни теплоємності рівняння теплового балансу приймає вигляд:

$$q_{\text{вн}} = \gamma_{\text{т.п.}}(\theta_{\text{п}} - \theta_0) + \gamma_{\text{т.с.}}(\theta_{\text{п}} - \theta_c) + \gamma_{\text{к}}(\theta_{\text{п}} - \theta_{\text{с}}) + \alpha_{\text{л}}(\theta_{\text{п}} - \theta_{\text{ст}}) + mc \frac{d\theta_{\text{п}}}{dt}, \quad (15)$$

У реальних конструкціях перетворювачів окремими формами теплового обміну можна зневажити. Якщо для контактних перетворювачів зневажити втрати на випромінювання, кількістю теплоти, відокремленою у перетворювачі при протіканні через нього електричного струму, а також теплообміном, викликаним теплопровідністю перетворювача (ці складові є лише джерелами похибок), то формула (15) приймає вигляд:

$$\gamma_{\text{т.с.}}(\theta_{\text{п}} - \theta_c) + \gamma_{\text{к}}(\theta_{\text{п}} - \theta_{\text{ст}}) + mc \frac{d\theta_{\text{п}}}{dt} = 0, \quad (16)$$

В загальному випадку показник теплової інерції τ є функцією параметрів середовища й у першу чергу коефіцієнта тепловіддачі. Точно визначити показник теплової інерції розрахунковим шляхом важко, тому частіше проводять експериментальні дослідження. Для цього на перетворювач подають стрибок температури і знімають осцилограму перехідного процесу. Для визначення τ необхідно мати три значення $\theta_{\text{п}}$ для трьох моментів часу, або прийняти $\theta_{\text{пв}}=0$ і визначити $\Delta\theta_{\text{п}}(t_1)$ і $\Delta\theta_{\text{п}}(t_2)$ для двох t_1 і t_2 моментів часу, тоді:

$$\tau = \frac{t_2 - t_1}{\ln \Delta\theta_{\text{п}}(t_2) - \ln \Delta\theta_{\text{п}}(t_1)}, \quad (17)$$

При перетворенні гармонійних температур зміна температури перетворювача буде дорівнювати:

$$\Delta\theta_{\text{п}} = \frac{\Delta\theta_{\text{с max}}}{\sqrt{1 + (\omega\tau)^2}} \sin(\omega t - \arctg \omega\tau),$$

де $\Delta\theta_{\text{с max}}$ і ω – амплітуда та частота змінної складової температури досліджуваного середовища відповідно. Амплітудна похибка, обумовлена тепловою інерцією перетворювача визначається за формулою:

$$\delta_f = 1 / \sqrt{1 + (\omega\tau)^2} - 1 \approx -\frac{(\omega\tau)^2}{2}, \quad (18)$$

Передаточна функція теплового перетворювача, що описана формулою (17) записана в пропозиції регулярного теплового режиму роботи перетворювача. Це припущення не завжди може бути прийняте.

У ряді випадків, особливо при складній конструкції, тепловий перетворювач описується диференціальним рівнянням вищого порядку, а передаточна функція має більш складний вид.

Висновки

1. Проведений аналіз дає можливість визначити похибки вимірювання температури при наявності теплового обміну між вимірювальним перетворювачем та навколишнім середовищем.

2. Розглянуті методи урахування похибок вимірювання температури при застосуванні безконтактних вимірювачів температури.

3. Аналіз похибок вимірювання температури показує, що температура перетворювача залежить від температури досліджуваного й навколишнього середовищ, коефіцієнта тепловіддачі, теплової провідності середовища, променистого теплообміну.

Список літератури

1. Поліщук Е.С. Вимірювальні перетворювачі / Е.С. Поліщук. – К.: Вища школа, 2003. – 188 с.
2. Бартенев В.Р. Технології PLUG & PLAY в техніці виміру температури / В.Р. Бартенев, Р.В. Бартенев // Контрольно-вимірювальні прилади й системи. – 1997. – №2. – С. 32-37.
3. Фарсане Н.Г. Технологічні виміри й прилади / Н.Г. Фарсане, Л.В. Ілясов. – К., Вища школа, 1999. – 340 с.
4. Вимір електричних і неелектричних величин / М.М. Євтіхєв та інші. – М., Энергоатомиздат, 1988. – 210 с

Надійшла до редколегії 21.01.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.Б. Кононов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТИ ТЕМПЕРАТУРЫ ПЕРВИЧНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ОТ СВОЙСТВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

М.А. Королевская, А.Н. Науменко, Е.А. Кононова

Рассматривается зависимость свойств первичных измерительных преобразователей от коэффициента теплоотдачи, теплопроводности, теплообмена преобразователей с окружающей средой.

Ключевые слова: термометрия, датчик, частота.

ANALYSIS OF TEMPERATURE TRANSDUCERS ON THE PROPERTIES OF THE ENVIRONMENT

M.O. Korolevska, A.N. Naumenko, E.A. Kononova

The dependence of the properties of transducers on the coefficient heat, heat conductivity, heat exchange with the environment converters.

Keywords: thermometry, sensor frequency.

УДК 681.3

Л.В. Морозова

Національна академія Національної гвардії України, Харків

ФОРМУВАННЯ ТОПОЛОГІЇ ЛОГІСТИЧНОЇ СИСТЕМИ

Розглянуто задачу формування топології логістичної системи для обслуговування територіально розподілених споживачів. Вихідними даними є координати місць розташування споживачів на топологічному полі логістичної системи і множина обслуговуючих органів. У класі задач математичного програмування запропоновані постановка та алгоритми рішення задачі визначення числа обслуговуючих органів, місць їх розміщення на топологічному полі, закріплення споживачів за органами.

Ключові слова: логістична система, топологія системи, територіально розподілені споживачі, обслуговуючі органи, точки споживання, алгоритм рішення.

Вступ

Постановка проблеми. Системи складів, ремонтних органів (далі – обслуговуючі органи (ОбОр)), призначені для обслуговування територіально розподілених споживачів, механізми обслуговування таких споживачів, формують так звані логістичні системи (ЛС). Такі системи формуються для обслуговування деякої сукупності споживачів на певній території мінімальною множиною обслуговуючих органів, що мають різні (або типові) функціональні можливості. Споживачі на території, що обслуговується, мають певні координати розташування, визначаючи тим самим топологічне поле ЛС. Місця розташування споживачів на такому полі будемо називати точками споживання.

Формування топології логістичної системи повинне передбачати розв'язання таких часткових задач:

- вибір ОбОр кожного виду, які дозволять обслужити всі точки споживання топологічного поля;
- визначення місць розміщення ОбОр на топологічному полі;
- закріплення точок споживання топологічного поля за ОбОр.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз задач формування топології систем з територіально розподіленими елементами (споживачами), зокрема, логістичних систем у різних постановках показавши, що більшість з них належить до класу комбінаторних, а методи їх вирішення розділяються на точні (комбінаторні) та наближені (включаючи евристичні) [1 – 4].

Комбінаторні методи передбачають повний або направлений перебір усіляких варіантів топології ЛС. Методи відсікання можуть бути використані тільки в тих випадках, коли цільова функція та функції обмежень лінійні. Тоді задача може розглядатися як окремий випадок задачі цілочисельного лінійного програмування, що істотно звужує область їх практичного застосування [2, 3]. До числа найбільш часто використовуваних методів цієї групи належать також ме-

тоди, що використовують схеми направленої перебору. При цьому передбачається, що в ЛС використовують однотипні ОбОр, а огинаюча локальних екстремумів функції витрат від кількості територіально розподілених споживачів є однокстремальною [5, 6]. Реалізація цього підходу може здійснюватися шляхом послідовної оптимізації варіантів топології ЛС у напрямку збільшення або зменшення кількості обслуговуючих органів [3]. Можливість деякого розширення області застосування комбінаторних методів з'являється при використанні підходу, заснованого на виключенні ізоморфних варіантів [7].

Серед наближених методів, що знаходять широке застосування при вирішенні задач великої розмірності, виділяються методи, що використовують випадковий пошук, методи, що використовують випадковий пошук з локальною оптимізацією і методи, схеми яких враховують специфіку задач. До числа найбільш ефективних методів цієї групи можуть бути віднесені методи еволюційного синтезу, реалізовані за допомогою генетичних алгоритмів [8, 9] і методи, що використовують схеми покоординатної оптимізації [1, 6]. При цьому методи еволюційного синтезу добре пристосовані для вирішення багатокритеріальних задач, але поступаються методам на основі покоординатної оптимізації за комплексним показником "точність-складність" при вирішенні задач за показником витрат. Методи на основі покоординатної оптимізації мають відносно низьку часову складність, однак не гарантують одержання точних рішень.

При вирішенні задач топологічної оптимізації систем з регулярним розподілом ОбОр отримані оцінки оптимальної кількості елементів вищого рівня в них на основі аналітичної моделі Нокера і попередньої оцінки витрат для систем з радіально-вузловими структурами [10]. При цьому територіальне розміщення таких органів не визначається.

Метою статті є розроблення алгоритмів рішення задачі з формування топології логістичної системи для обслуговування територіально розподілених споживачів з урахуванням їх особливостей.

Виклад основного матеріалу

Для рішення сформульованих задач приймемо, що розміри топологічного поля і координати точок споживання відомі. При вирішенні першої задачі приймемо, що необхідна кількість ОбОр кожного виду повністю визначається складом точок споживання топологічного поля. Це дозволить вирішувати дану задачу незалежно від двох наступних. При цьому задачі розміщення ОбОр і закріплення за ними точок споживання взаємозалежні і повинні вирішуватися спільно.

Рішенням задачі визначення кількості ОбОр повинна бути мінімальна кількість таких органів здатних обслужити всі точки споживання. Отримана в такий спосіб кількість ОбОр приймається як вихідна величина і при пошуку рішень може лише зростати. Сукупність точок споживання топологічного поля позначимо множиною E , при цьому

$$E = \cup E_r, \quad \cap E_r = \emptyset, \quad |E_r| = b_r, \quad r = 1, 2, \dots, R,$$

де E_r – підмножина точок r -го типу у множині E ; b_r – число точок r -го типу в множині E ; R – число типів точок на топологічному полі.

Число видів ОбОр, які можуть бути використані для формування логістичної системи, позначимо величиною S . Для обслуговуючого органа s -го виду введемо вектора закріплення точок споживання

$$A_s = \{a_{rs}\}, \quad s = 1, 2, \dots, S.$$

де a_{rs} – припустиме число місць закріплення точок споживання r -го типу за ОбОр s -го виду.

Здатність ОбОр обслуговувати точки споживання відповідно до векторів A_s представимо матрицею A , $A = \left\| a_{rs} \right\|_{R \times S}$.

Введемо змінну x_s , яка визначає кількість ОбОр s -го виду, використовуваних при закріпленні точок множини E . Тоді задачу визначення мінімальної кількості обслуговуючих органів, необхідних для закріплення всіх точок множини E можна записати у вигляді:

$$\sum_{s=1}^S x_s \rightarrow \min, \quad (1)$$

$$\sum_{s=1}^S a_{rs} x_s \geq b_r, \quad r = 1, 2, \dots, R, \quad (2)$$

$$x_s > 0 \quad \text{для всіх } s = 1, 2, \dots, S. \quad (3)$$

Задача (1) – (3) відноситься до класу задач цілочисельного лінійного програмування. Величини a_{rs} і b_r в обмеженнях (2) – позитивні числа, часто і цілі, для багатьох додатків – булеві. Дана задача більше відома як задача покриття [11]. У нашому випадку задачу можна представити як задачу закріплення точок споживання множини E заданої вектором $B = \{b_r\}$, векторами закріплення ОбОр

$A_s = \{a_{rs}\}$. У результаті вирішення задачі (1)–(3) одержимо вектор $X^* = \{x_s^*\}$, компоненти x_s^* якого визначають мінімальну кількість ОбОр s -го виду, необхідних для обслуговування точок споживання множини E .

Вирішення задачі з визначення місць розміщення обслуговуючих органів доцільно здійснювати у два етапи. На першому множина точок споживання E розбивається на P підмножин E_p , $p = 1, 2, \dots, P$:

$$\cup E_p = E, \quad E_p \cap E_q = \emptyset, \quad (p, q) = 1, 2, \dots, P,$$

$$P = \sum_{s=1}^S x_s^*, \quad |E_p| = |E|/P.$$

Другий етап включає процедури аналізу складу типів точок множини E_p та вибору для неї підходящого виду ОбОр і місця його розміщення. Розбивка множини E на підмножини E_p може бути виконана так, що між складами точок множин E_p і векторами закріплення обслуговуючих органів має місце взаємно однозначна відповідність. У цьому випадку розбивку можна розглядати як припустиме рішення задачі закріплення точок за ОбОр. Оптимальному рішенню буде відповідати такий варіант закріплення, при якому сума відстаней між точками в множині E_p буде мінімальною. Таке закріплення будемо іменувати компактним, а підмножини E_p компактною розбивкою – компактними. Введена умова компактності еквівалентна умові, у якій сума відстаней між точками в кожній множині E_p , замінена на суму відстаней від топологічного центра множини до його точок. Неважко побачити, що отримане компактне закріплення дає рішення обох задач. У центрах компактних множин E_p розміщуються відповідні ОбОр, за якими прикріплюються точки множин E_p . Аналіз наукових джерел показує, що алгоритм одержання компактною розбивки немає [1, 5]. Тому виникає необхідність розробки наближеного алгоритму вирішення даної задачі.

Для розбивки множини E на підмножини E_p можна використати два варіанти алгоритму. Обидва варіанти є евристичними алгоритмами послідовного типу. У першому з них розбивка множини E на підмножини E_p здійснюється з урахуванням типів точок споживання. Формування чергової множини E_p здійснюється з урахуванням вектора закріплення обраного виду обслуговуючого органа. У результаті роботи алгоритму за кожною множиною E_p закріплюється ОбОр певного виду, тобто операції формування множин E_p і вибору виду обслуговуючого органа сполучаються.

Другий варіант алгоритму попередньо розбиває множини E на підмножини E_p без урахування типів точок споживання, а потім для множин E_p підбираються підходящі види ОбОр.

Формування першої множини E_{p1} за першим варіантом алгоритму починається з вибору точки $e_{p1}^r \in E$ максимально віддаленої від точок множини $E \setminus e_{p1}^r$, тобто, з максимальною сумою відстаней від e_{p1}^r до точок $e_t \in E \setminus e_{p1}^r$, $\max_{e_{p1}^r \in E} \sum_{e_t \in E \setminus e_{p1}^r} d(e_t, e_{p1}^r)$, де $d(e_t, e_{p1}^r)$ – відстань від точки $e_t \in E \setminus e_{p1}^r$ до точки e_{p1}^r на топологічному полі.

Місце розміщення точки e_{p1}^r йменується полюсом і позначається p_1 . Полюс p_1 приймається як тимчасове місце розміщення обслуговуючих органів одного з видів S , для яких $x_s^* \neq 0$, а вектор закріплення A_s має компоненту $a_{rs} \neq 0$. Умова $a_{rs} \neq 0$ забезпечує можливість закріплення точки e_{p1}^r r -го типу за обраним ОбОр s -го виду.

Вибір виду ОбОр здійснюється на основі формування множини точок E_{p1}^s і її оцінки. До множини E_{p1}^s включаються прилегли до полюса точки множини $E \setminus e_{p1}^r$, які поряд із точкою e_{p1}^r можуть бути закріплені за ОбОр відповідно до його вектора закріплення A_s . Число точок у множині E_{p1}^s або його потужність буде визначатися як $|E_{p1}^s| = \sum_{r=1}^R a_{rs}$.

Якість множини E_{p1}^s оцінюється сумою відстаней $d(q, p_1)$ від точок $q \in E_{p1}^s$ до полюса p_1 і дорівнює величині $L_s = \sum_{q \in E_{p1}^s} d(q, p_1)$. Обслуговуючий орган s -го виду з множиною E_{p1}^s , для якого відношення $L_s / |E_{p1}^s|$ є мінімальним, приймається в якості тимчасово розміщеного в полюсі p_1 . Величина x_s^* зменшується на 1, і із множини E виключається підмножина E_{p1}^s .

За аналогією із множиною E_{p1}^s на множині $E \setminus E_{p1}^s$ формується множина E_{p2}^s і у полюсі p_2 тимчасово розміщується другий ОбОр. Процес розбивки множини E на підмножини E_p триває доти, поки для всіх обслуговуючих органів $\{x_s^*\}$ не будуть визначені полюси і сформовані множини E_p .

За другим варіантом алгоритму множини E_p формуються без урахування типів точок споживан-

ня. Потужність множин E_p приймається однаковою і визначається величиною $|E|/P$. Формування множини E_{p1} за аналогією з першим варіантом алгоритму починається з місця розташування полюса p_1 . Далі за полюсом p_1 закріплюються найближчі точки так, щоб їх кількість не перевищувала потужність множини E_p . Потім на множині $E \setminus E_{p1}$ формується множина E_{p2} , і цей процес триває до повної розбивки множини E . Можна припустити, що сформовані в такий спосіб множини E_p у порівнянні із множинами E_p , отриманими за першим варіантом алгоритму, будуть топологічно більш компактними. Разом з тим множини E_p , сформовані за даним алгоритмом, за складом і типам точок можуть істотно відрізнятися від складу точок векторів закріплення ОбОр. Тому виникає необхідність у розподілі ОбОр по множинах E_p так, щоб склади точок були максимально погоджені.

Із цією метою для кожної множини E_p формується вектор $A_p = \{a_{rp}\}$, компоненти a_{rp} якого дорівнюють числу точок r -го типу у множині E_p . Обслуговуючі органи, що увійшли у рішення $X^* = \{x_s^*\}$ пронумеруємо порядковими номерами $v = 1, 2, \dots, V$, $V = \sum_{s=1}^S x_s^*$. Кожному v -му ОбОр s -го виду поставимо у відповідність вектор закріплення $A_v = A_s$. Вектори A_v і A_p віднормуємо відносно максимальних елементів. Отримані вектори $A'_v = \{a'_{rv}\}$ і $A'_p = \{a'_{rp}\}$, де $a'_{rv} = a_{rv} / \max_r a_{rv}$, $a'_{rp} = a_{rp} / \max_r a_{rp}$, можна зіставляти на відповідність місць закріплення точок різного типу до ОбОр і складу точок у множинах E_p . Відповідність векторів A'_v і A'_p варто оцінювати величиною d_{vp}

$$d_{vp} = \sum_{r=1}^R |a'_{rv} - a'_{rp}|, \quad (4)$$

яка підсумовує модулі різниць відповідних компонентів векторів, що зіставляються. Величини d_{vp} оформимо у вигляді матриці $D = \|d_{vp}\|$, $V = P$, яку назвемо матрицею відхилень векторів. Рядки матриці відповідають ОбОр v , а стовпці – множинам E_p . Елементи d_{vp} вказують на ступінь переваги закріплення v -го ОбОр у точках множини E_p . Чим менше значення елемента d_{vp} , тим вище пріоритет.

Для встановлення найкращої відповідності між обслуговуючими органами, представленими векторами A_v , $v = 1, 2, \dots, V$, і множинами E_p , представле-

ними векторами A_p , вирішимо задачу закріплення ОбОр за множинами так, щоб мінімізувати суму відхилень векторів

$$\sum_{v=1}^V \sum_{p=1}^P d_{vp} x_{vp} \rightarrow \min, \quad (5)$$

$$\sum_{p=1}^P x_{vp} = 1, \quad v = 1, 2, \dots, V, \quad (6)$$

$$\sum_{v=1}^V x_{vp} = 1, \quad p = 1, 2, \dots, P. \quad (7)$$

Тут $x_{vp} = 1$, якщо v -й обслуговуючий орган закріплюється за множиною E_p , і $x_{vp} = 0$, у протилежному випадку. Задача (5)–(7) є класичною задачею про призначення і для її вирішення є ефективні алгоритми [12].

Зіставляючи між собою обидва варіанти алгоритму розбивки множини E на підмножини E_p , важко віддати перевагу якомусь з них. Дослідження показали, що з ростом регулярності розміщення на топологічному полі точок множин E_r , більш переважним виявляється другий варіант. Навпроти, якщо точки множин E_r розміщені нерегулярно, та перевагу має перший варіант.

Місце розміщення ОбОр у множині E_p визначається або в точці топологічного поля, координати якої обчислюються як координати центра мас точок множини E_p , або в точці множини E_p , що відповідає мінімальній сумі відстаней від цієї точки до всіх інших точок множини E_p .

Множини E_p не можуть розглядатися як варіанти закріплення точок за відповідними ОбОр. Причин тут декілька. Якщо множини E_p сформовані за другим варіантом алгоритму, то невідповідність векторів A_v і A_p , яке визначається за виразом (4), може бути значною. При переміщенні обслуговуючих органів з полюсів множин E_p у їх центри також з'являється можливість для оптимізації закріплення точок за ОбОр. Слід зауважити, що обидва варіанти алгоритму є наближеними і не гарантують одержання найкращої розбивки множини E на підмножини E_p . Тому рішення задачі закріплення точок споживання за обслуговуючими органами дозволяє "згладити" недоліки попереднього етапу визначення місць розміщення ОбОр.

Множина точок споживання E , які необхідно закріпити за ОбОр, складається з підмножин E_r , що містять точки r -го типу. За кожним v -м ОбОр потрібно закріпити точки певних типів і у припустимій кількості відповідно до його вектора закріплення A_v так, щоб сума відстаней від обслуговуючих органів до закріплених за ними точками була мінімальною.

Неважко помітити, що при вирішенні даної задачі точки r -го типу не можуть претендувати на місця закріплення точок будь-якого іншого типу. Із цього випливає, що задачу закріплення точок за ОбОр можна вирішувати окремо для точок кожної підмножини E_r . Загальне рішення для множини E , отримане в результаті об'єднання оптимальних рішень задач для підмножин E_r , є оптимальним. Даний висновок має велике значення, тому що дає можливість істотно спростити задачу та скоротити її розмірність.

Будемо вважати, що для кожного v -го ОбОр, розміщеного на топологічному полі в точці e_v , відомі координати (x_v, y_v) його місця розташування. Відомі також координати (x_i, y_i) точок $e_i \in E_r$, $i = 1, 2, \dots, n_r$, n_r – число точок у підмножині E_r . Відстань між точками e_v і e_i позначимо величиною c_{vi} та сформуємо матрицю відстаней $C = \|c_{vi}\|_{V \times n_r}$

$$c_{vi} = [(x_v - x_i)^2 + (y_v - y_i)^2]^{1/2}.$$

Введемо змінну x_{vi} : $x_{vi} = 1$, якщо точка закріплюється за ОбОр, розміщеним у точці e_v , $x_{vi} = 0$ у протилежному випадку.

У прийнятих позначеннях задачу закріплення точок множини E_r можна записати у вигляді:

$$\sum_{v=1}^V \sum_{i=1}^{n_r} c_{vi} x_{vi} \rightarrow \min, \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^{n_r} x_{vi} = a_{rv}, \quad v = 1, 2, \dots, V, \quad (9)$$

$$\sum_{v=1}^V x_{vi} = 1, \quad i = 1, 2, \dots, n_r. \quad (10)$$

Тут a_{rv} – r -та компонента вектора закріплення v -го ОбОр. Передбачається також, що виконується умова $\sum_{v=1}^V a_{rv} = n_r$. Виконання умови (9) забез-

печує закріплення точок за обслуговуючими органами згідно їх векторів закріплення. Умова (10) вимагає закріплення кожної точки за одним із обраних ОбОр. Задача (8)–(10) відноситься до класу транспортних задач лінійного програмування (далі – ТЗЛП) і може бути вирішена одним з відомих та ефективних алгоритмів [13].

Закріплення точок споживання за ОбОр, отримане після вирішення ТЗЛП, не можна визнати оптимальним, тому що безпосередньо пов'язана з нею задача визначення місць розміщення обслуговуючих органів на топологічному полі була вирішена за допомогою наближеного алгоритму. Нагадаємо, що оптимальні місця розміщення ОбОр відповідають

центрам компактних множин. Тому що множини E_p не є компактними, то розміщення ОбОр у центрах цих множин не є оптимальним. Разом з тим вирішення ТЗЛП щодо обслуговуючих органів, розміщених у центрах множин E_p , може привести до двох результатів. У першому з них закріплення точок за ОбОр відповідає вихідній розбивці множини E на підмножини E_p . Тобто за кожним ОбОр, розміщеним у центрі множини E_p , закріплюються точки тієї ж множини.

Другий результат відповідає ситуації, коли закріплення точок за ОбОр не збігається із закріпленням множини E на підмножини E_p . Нові підмножини, позначимо їх як E'_p , очевидно відповідають більш компактному закріпленню, тому що значення цільової функції (8) у ТЗЛП для множин E'_p буде менше, ніж значення, підраховане для множин E_p . Із цього витікає, що процедуру переносу обслуговуючих органів у множинах E'_p і рішення ТЗЛП можна повторити, сподіваючись одержати більш компактне закріплення з підмножинами E''_p . Дану процедуру варто повторювати доти, поки підмножини чергового закріплення не збігаються з підмножинами попереднього закріплення. Це буде означати, що отримано локальне компактне закріплення, якість якого залежить від вихідного закріплення обслуговуючих органів.

Щодо викладеного вище підходу до вирішення задачі розміщення ОбОр і закріплення за ними точок можна висловити деякі міркування, які дозволять скласти більш повне уявлення про те, наскільки можуть бути великі відхилення отриманого рішення від оптимального.

Нехай на топологічному полі множина M із точками одного типу розбита на компактні підмножини M_s рівної потужності із сумарною оцінкою компактності L_k . Розмістимо в множинах M_s по одному ОбОр, здатних обслужити рівно M_s точок. Вирішивши ТЗЛП, розподілимо оптимальним образом точки множини M по ОбОр. Можна припустити, що незалежно від того, у які точки множин M_s будуть розміщені обслуговуючі органи, у результаті застосування ітераційної процедури одержання локальної компактної розбивки за кожним s -м ОбОр в остаточному підсумку закріплюються точки множини M_s . Незважаючи на те, що довести це твердження не представляється можливим, є ряд доводів на користь даної гіпотези.

Очевидно, що якщо ОбОр розмістити в центральних точках множин M_s , то рішення ТЗЛП для

даних умов не приведе до перерозподілу точок між множинами M_s . Розглянемо крайній випадок, коли обслуговуючі органи в множинах M_s розміщені в точках, максимально віддалених від точок відповідних множин. Нехай сума відстаней від точок до ОбОр у множинах M_s у цьому випадку дорівнює L_m . При вирішенні ТЗЛП для прийнятого розміщення обслуговуючих органів одержимо значення цільової функції L^* таке, що $L_k < L^* \leq L_m$. Якщо $L^* < L_m$, то це означає, що точки множин M_s перерозподілилися і у порівнянні із множинами M_s утворили менш компактні множини M_s^* .

Процедуру переходу від компактних множин M_s до менш компактних M_s^* можна розглядати як зворотну стосовно раніше викладеної процедури переходу від множин E_p до більше компактних множин E'_p . Можна припустити, що зворотна процедура, також як і пряма, приводить до деякої стійкої розбивки. Такою розбивкою, зокрема, може бути і вихідний варіант розбивки. Застосування стосовно нього прямої процедури зовсім не обов'язково приведе до компактної розбивки. Однак, якщо при вихідній або черговій розбивці, отриманій у результаті рішення ТЗЛП, обслуговуючі об'єкти будуть розміщені в кожній з компактних множин, то досить ймовірно, що така розбивка перебуває на траєкторії спуска до компактної розбивки. Очевидно, що для підтвердження або спростування даного припущення необхідно проводити додаткові дослідження. Одержати компактну розбивку навіть для експериментальних цілей немає можливості. Тому доводиться мати справу з локальними компактними розбивками.

Попередні дослідження показали, що до однієї локальної компактної розбивки сходяться багато вихідних варіантів розбивок. При цьому навіть значний розкид в оцінках компактності вихідних варіантів розбивки після рішення ТЗЛП швидко "згладжується". Замічено також, що підібрати вихідні варіанти розбивки для одержання різних локальних компактних розбивок досить важко. Таким чином, оцінки різних локальних компактних розбивок мають невеликий розкид значень.

Викладені вище міркування дають підстави думати, що якість рішення розглянутої задачі не настільки критична до вихідних варіантів розміщення ОбОр на топологічному полі. Бажано, щоб в отриманому варіанті розміщення кожна компактна множина містила по одному обслуговуючому органу. У зв'язку із цим не так важливо, в якій точці компактної множини буде розміщений ОбОр, тому

що після рішення ТЗЛП і одержання множин M_s обслуговуючі органи переміщуються в центральні точки цих множин, і оцінки компактності "згладжуються".

Висновки

Основні процедури щодо формування топології логістичної системи вдалося сформулювати як задачу лінійного математичного програмування. Всі запропоновані задачі: закріплення при визначенні кількості ОбОр, призначень при визначенні місць їх розміщення, транспортна – при закріпленні точок споживання за обслуговуючими органами, мають ефективні алгоритми рішення. Ця обставина стає важливим при використанні ітераційної процедури переходу від вихідної розбивки точок до локальної компактної розбивки, а також при використанні зворотної процедури для генерації і пошуку нового вихідного варіанта розбивки, здатного привести до іншої компактної розбивки із кращою оцінкою.

Відзначимо також результати, пов'язані із введенням поняття компактної розбивки точок топологічного поля. Встановлено, що задачі розміщення ОбОр і закріплення точок за ними зводяться до задачі одержання компактної розбивки.

Список літератури

1. Петров, Э.Г. Территориально распределенные системы обслуживания / Э.Г. Петров, В.П. Пискалова, В.В. Бескоровайный. – К.: Техника, 1992. – 208 с.
2. Алгоритм оптимізації розміщення пожежних депо при проектуванні нових районів міст (реконструкції існуючих) [Текст] / В.М. Комяк, А.Г. Косе, О.К. Пандорін, О.В. Панкратов // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – К.: КНУБА, 2000. – Вып. 68. – С. 62-64.
3. Годлевский, М.Д. Принципы структурно-параметрического синтеза модели транснациональной логистической системы транснациональной логистической компании [Текст] / В.В. Дыбская // Вестник НТУ "ХПИ". Системный анализ, управление и информационные технологии. – Х.: НТУ "ХПИ", 2009. – №10. – С. 23-30.

4. Годлевский, М.Д. Модель статической задачи структурного синтеза корпоративной информационно-вычислительной системы [Текст] / М.Д. Годлевский, В.Ю. Воловщиков // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2006. – № 2/2 (20). – С. 110-113.

5. Петров, Э.Г. Алгоритм структурно-топологической оптимизации централизованных сетевых систем [Текст] / Э.Г. Петров, А.Б. Болотов, В.В. Бескоровайный // Механизация и автоматизация управления. – 1986. – №1. – С. 28-31.

6. Бескоровайный, В.В. Модификация метода направленного перебора для синтеза топологии систем с радиально-узловыми структурами [Текст] / В.В. Бескоровайный // АСУ и приборы автоматики. – 2003. – Вып. 123. – С. 110-116.

7. Свирицева, Э.А. Структурный синтез неизоморфных систем с однородными компонентами / Э.А. Свирицева. – Х.: ХТУРЭ, 1998. – 256 с.

8. Бескоровайный, В.В. Генетический алгоритм структурной оптимизации централизованных многоуровневых ИВС [Текст] / В.В. Бескоровайный, З.А. Имангулова // Вестник ХГПУ: Новые решения в современных технологиях. – Х.: ХГПУ, 2000. – Вып. 83. – С. 4-7.

9. Годлевский, М.Д. СППР управления развитием корпоративной информационно-вычислительной системы при нечеткой исходной информации [Текст] / М.Д. Годлевский, В.Ю. Воловщиков // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2006. – № 2/2 (26). – С. 3-6.

10. Бескоровайный, В.В. Оценка оптимального количества подсистем при проектировании систем с регулярно распределенными элементами [Текст] / В.В. Бескоровайный // АСУ и приборы автоматики. – 2003. – Вып. 122. – С. 141-144.

11. Погребной В.К. Покрытие схем вычислительных устройств блоками унифицированного набора / В.К. Погребной // Известия Томского политехнического института. – 1970. – Т. 211. – С. 81-87.

12. Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход / Н. Кристофидес. – М.: Мир, 1978. – 432 с.

13. Дегтярев Ю.И. Методы оптимизации / Ю.И. Дегтярев. – М.: Сов. радио, 1980. – 272 с.

Надійшла до редколегії 9.02.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. М.А. Подригало, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків.

ФОРМИРОВАНИЕ ТОПОЛОГИИ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Л.В. Морозова

Рассмотрена задача формирования топологии логистической системы для обслуживания территориально распределенных потребителей. Исходными данными являются координаты местоположений потребителей на топологическом поле логистической системы и множество обслуживающих органов. В классе задач математического программирования предложены постановка и алгоритмы решения задачи определения числа обслуживающих органов, мест их размещения на топологическом поле, закрепление потребителей за органами.

Ключевые слова: логистическая система, топология системы, территориально распределенные потребители, обслуживающие органы, точки потребления, алгоритм решения.

FORMATION OF TOPOLOGY LOGISTIC SYSTEMS

L.V. Morozova

The problem of the formation of the topology of the logistics system to service geographically distributed users. The initial data are the coordinates of the locations of the consumers on a topological field logistics system and a variety of service agencies. In a class of mathematical programming tasks formulation and suggested algorithms for solving the problem of determining the number of service agencies, their locations on a topological field, securing consumers for bodies.

Keywords: logistic system, system topology, geographically distributed customers, serving the authorities, the consumption point, the decision algorithm.

УДК 389.1

М.С. Садовський

Міністерство оборони України, Київ

ПРОБЛЕМИ ВПРОВАДЖЕННЯ СТАНДАРТІВ НАТО В ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

В статті розглядаються шляхи впровадження стандартів НАТО в функціонування Збройних Сил України та проблемні питання, які виникають на цьому шляху та дорожня карта розвитку військової стандартизації, враховуючи гармонізацію зі стандартами НАТО.

Ключові слова: стандарти НАТО, військова стандартизація Збройних Сил України.

Вступ

Постановка задачі. Основним завданням співробітництва України з НАТО в галузі стандартизації є вивчення та поступове впровадження стандартів НАТО. Розв'язанню цих проблем сприяє стандартизація, яка в межах НАТО визначається як процес прийняття узгоджених концепцій, доктрин, процедур в оперативній, адміністративній та матеріальній сферах. Впровадження стандартів НАТО забезпечує досягнення необхідного рівня взаємосумісності підрозділів ЗС України у процесі планування та оцінки сил в рамках виконання Програми НАТО "Партнерство заради миру". При цьому результати цього впровадження обов'язково аналізуються під час оцінювання військових частин та підрозділів, виділених до складу спільного фонду оперативних сил та можливостей. Все це сприяє реалізації стратегічної мети України щодо євроатлантичної інтеграції шляхом поступового прийняття стандартів і процедур НАТО, а також підвищення взаємосумісності між Збройними Силами України та НАТО при виконанні спільних операцій з підтримання миру, зокрема шляхом імплементації Цілей партнерства та участі в операціях з реагування на кризи під проводом НАТО. Темпи впровадження стандартів НАТО в ЗС України вказують на існування певних проблем з реалізацією цього процесу в функціонування Збройних Сил України, що підтверджує актуальність впровадження стандартів НАТО в повсякденну діяльність військ (сил) Збройних Сил України.

Аналіз літератури. Керівні документи Держави й Міністерства оборони України розглянуто в [1 – 5]. Так Законом України [1] надаю право Міністерству оборони України визначити порядок застосування стандартів для потреб оборони. Розподіл повноважень між Міністерством оборони України і Генеральним штабом Збройних Сил України щодо виконання робіт зі стандартизації залежно від об'єкта стандартизації визначається наказом Міністра оборони України [2]. Порядок застосування

нормативних документів НАТО та стандартів країн – членів НАТО під час проведення дослідно-конструкторських робіт з розроблення (модернізації) озброєння, військової та спеціальної техніки визначається наказом Міністра оборони України [3]. В [4] розглянуто план основних заходів щодо переходу Збройних Сил України на стандарти НАТО, який затверджено Міністром оборони України. В [5] розглянуто забезпечення функціонування системи військової стандартизації Збройних Сил України. В навчальних посібниках [6, 7] містяться основні організаційні та теоретичні відомості щодо військової стандартизації Збройних Сил України. Так в посібнику [6] визначено роль і місце оперативних стандартів у військовій системі стандартизації, сформовано єдині погляди та підходи щодо розроблення оперативних стандартів, як військових стандартів. В посібнику [7] містяться основні теоретичні відомості щодо теоретичних, організаційних та методичних основ стандартизації та кодифікації промислової продукції, озброєння та військової техніки.

Нажаль, в вище перелічених керівних документах та навчальних посібниках не розглянуті проблемні питання з якими стикаються Збройні Сил України при впровадженні стандартів НАТО в функціонування Збройних Сил України.

Мета статі. Визначити шляхи впровадження стандартів НАТО в функціонування Збройних Сил України, проблемні питання, які виникають на цьому шляху та дорожню карту розвитку військової стандартизації, враховуючи гармонізацію зі стандартами НАТО.

Основний матеріал

Впровадження стандартів НАТО забезпечує досягнення необхідного рівня взаємосумісності сучасних та майбутніх зразків озброєння та військової техніки підрозділів ЗС України для виконання в кожному окремому випадку завдань у спільних з НАТО інтересах та приведення практики закупівель до стандартів країн-членів НАТО.

Відповідно до керівних документів [1 – 5] Центральним органом виконавчої влади з питань національної безпеки у воєнній сфері, сфері оборони і військового будівництва, враховуючи особливості таких сфер, є Міністерство оборони України. Воно визначає порядок застосування національних стандартів для задоволення потреб оборони України відповідно до покладених на нього функцій. Таким чином, стандартизація у воєнній сфері – діяльність, що полягає в установленні положень для загального і багаторазового застосування щодо наявних чи можливих завдань з метою досягнення оптимального ступеня упорядкування у воєнній сфері. Розподіл повноважень між Міністерством оборони України і Генеральним штабом Збройних Сил України щодо виконання робіт зі стандартизації залежно від об'єкта стандартизації визначається наказом Міністра оборони України від 27.12.2006 № 752 “Про затвердження Положення про військову стандартизацію” (зі змінами) [2].

При цьому:

- на Міністерство оборони України покладається діяльність зі стандартизації озброєння, військової техніки та інших предметів постачання;

- на Генеральний штаб Збройних Сил України покладається діяльність зі стандартизації процесів та процедур управління військами, забезпечення предметами постачання, безпеки особового складу та довілля, військової термінології.

Розглянемо існуючі визначення системи стандартизації Збройних Сил України.

Військова стандартизація Збройних Сил України це діяльність, що полягає в установленні положень для загального і багаторазового застосування щодо наявних чи можливих завдань з метою досягнення оптимального ступеня упорядкування під час організації та здійснення усіх видів діяльності Збройних Сил України відповідно до покладених на них функцій [2].

Стандартизація військової техніки МО України це діяльність спрямована на досягнення оптимального ступеня упорядкування під час вирішення завдань розроблення, виробництва, реалізації, експлуатації, ремонту, зберігання, транспортування та утилізації військової техніки [2].

Основними завданнями військової стандартизації є: забезпечення процедур безпеки особового складу та довілля; визначення вимог до процесів та процедур управління військами; підвищення ефективності управління військами; встановлення єдиної військової термінології; впровадження нормативних документів НАТО зі стандартизації та ведення їх фонду; удосконалення інформаційного забезпечення з питань стандартизації; досягнення взаємосумісності підрозділів ЗС України зі збройними силами інших держав [2].

Відповідно до вказаного вище розподілу функцій та завдань створена структура системи стандартизації у воєнній сфері:

- на рівні МО України: Комісія з проблем стандартизації; Центр стандартизації та кодифікації;

- на рівні ГШ ЗС України: Центральне управління метрології і стандартизації;

- на рівні видів ЗС та структурних підрозділів МО та ГШ: Комісії з проблем військової стандартизації; Служби метрології і стандартизації.

Комісія з проблем військової стандартизації це позаштатний орган, який очолює заступник начальника Генерального штабу. Він складається з представників всіх структурних підрозділів Генерального Штабу та видів Збройних Сил України.

Спеціальними, штатними органами, що відповідають за координацію діяльності зі стандартизації в цілому є: Центральне управління метрології і стандартизації Збройних Сил України – у сфері оперативної та адміністративної стандартизації; департамент озброєння та військової техніки Міністерства оборони України - у сфері матеріальної стандартизації. На рівні видів Збройних Сил України і структурних підрозділів Генерального Штабу за відповідними напрямками діяльності існують штатні служби стандартизації і метрології, експерти або робочі групи зі стандартизації.

Центральне управління метрології і стандартизації Збройних Сил України це призначений начальником Генерального штабу – Головнокомандувачем ЗС України орган військової стандартизації, який визначений для організації та координації робіт з військової стандартизації, а також для ініціювання, узгодження й підтримки військової діяльності стандартизації.

Головними завданнями органу військової стандартизації у сфері військової стандартизації є: політика і процедури; планування; розроблення, експертиза, затвердження та реєстрація військових стандартів; термінологія; організація впровадження нормативних документів НАТО; інформаційне забезпечення.

Розв'язанню цих проблем сприяє стандартизація, яка в межах НАТО визначається як процес прийняття узгоджених концепцій, доктрин, процедур в оперативній, адміністративній та матеріальній сферах.

Досягнення необхідного рівня сумісності сучасних та майбутніх зразків озброєння та військової техніки дозволить досягти мінімально достатнього рівня взаємосумісності для виконання в кожному окремому випадку завдань у спільних з НАТО інтересах та приведення практики закупівель до стандартів країн - членів НАТО.

Стандарт НАТО не є окремим видом документів.

Вислів “стандарт НАТО” має широке значення, під яким розуміють усталені в межах Альянсу погляди, норми, правила, процедури щодо організації та забезпечення діяльності командування, штабів і військових частин під час спільних миротворчих, рятувальних, військових операцій.

Відповідно до зазначеного стандарт НАТО – документ з визначення узгоджених поглядів, норм, правил щодо застосування військ (сил) та їх забезпечення.

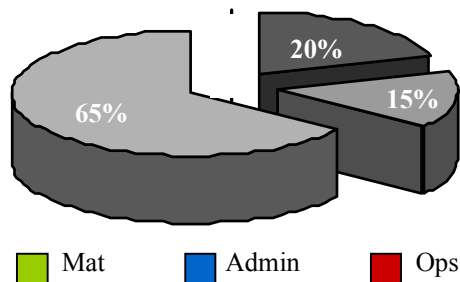


Рис. 1. Співвідношення стандартів НАТО

Існує три основні види стандартів НАТО: угода зі стандартизації – STANAG; рекомендація зі стандартизації – STANREC; публікація альянсу – AP [6].

У відсотковому відношенні всі стандарти НАТО розрізняють за такими сферами чином (рис. 1):

оперативною (процеси й процедури управління військами (силами), дії (взаємодії) військових під-

розділів із забезпечення та ведення бойових дій, пошуково-рятувальних операцій тощо);

адміністративною (військова термінологія, системи документації, інші положення та норми, що не увійшли до оперативної та матеріальної стандартизації);

матеріальною (озброєння та військова техніка, інші предмети постачання).

Під час аналізу каталогів нормативних документів НАТО, директив Військового комітету (МС) та Командування Об'єднаними збройними силами НАТО (AD), інших нормативних документів можна побудувати приблизну ієрархію стандартів НАТО, яка зображена на рис. 2.

Вищий рівень ієрархії – політика та принципи НАТО в тій чи іншій сфері (Публікація МС 319/2 “Принципи та політика НАТО щодо матеріально-технічного забезпечення”).

Другий рівень – союзні об'єднані публікації, що стосуються всіх видів збройних сил (АJP-5 “Об'єднана доктрина Альянсу щодо оперативного планування”, АJP-4(А) “Доктрина НАТО з логістики”).

Третій рівень – союзні видові публікації (в сферах логістики, тактики, медицини тощо).

Нижчі рівні – угоди НАТО зі стандартизації, а також глосарії, завдяки яким країни-члени НАТО однозначно трактують поняття, які застосовуються в усіх нормативних документах.

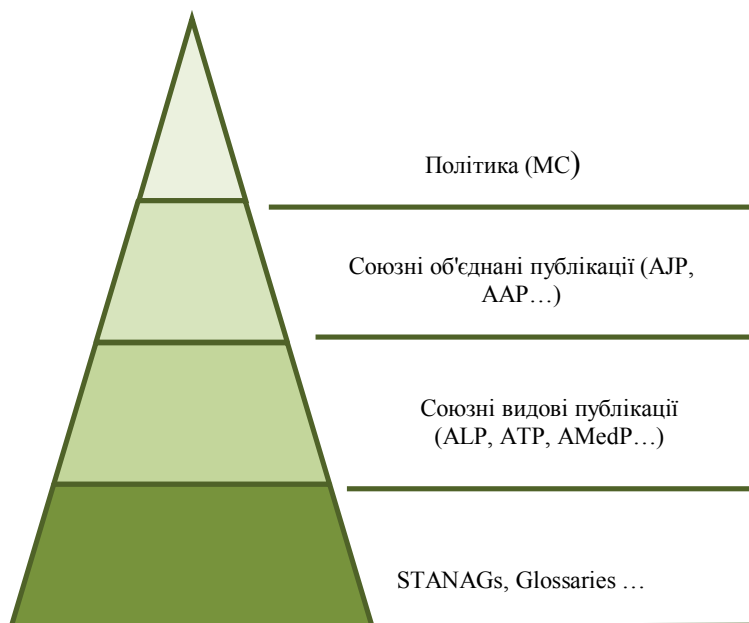


Рис. 2. Ієрархія нормативних документів НАТО

Для порозуміння підрозділів НАТО одним із перших кроків до розроблення спільних стандартів було рішення щодо розроблення словників (глосаріїв). Словники поділяються на загальні і на спеціалізовані (за окремими видами діяльності).

Питанням термінології в НАТО приділяється надзвичайно велика увага, оскільки, як вже зазначалось, це веде до єдиного тлумачення будь-яких понять, які застосовуються в нормативних документах (НД) НАТО.

У НАТО вважається, що вимоги певної STANAG або AP виконано, якщо у національних документах країни (наказах, інструкціях, стандартах тощо), яка прийняла цю угоду, є посилання на неї. Адже саме через національні НД, що розроблені на підставі НД НАТО, можливо виконувати спільні завдання в миротворчих операціях та інших заходах, спрямованих на збереження миру.

Отже, ми розглядаємо стандартизацію, як основу для досягнення максимальної економії всіх видів ресурсів та здатності до взаємодії з Силами Альянсу та між видами Збройних Сил України.

Організація впровадження нормативних документів та стандартів НАТО в усі види діяльності Міноборони України та Збройних Сил України відповідно до покладених на них функцій є одним з завдань військової стандартизації.

Тому, з метою встановлення правил і методів впровадження та застосування міжнародних і регіональних військових нормативних документів, визначення ступеня відповідності розробленого національного (військового) нормативного документа відносно документа, що впроваджується, фахівцями Центрального управління метрології і стандартизації Збройних Сил України Озброєння Збройних Сил України розроблено військовий стандарт ВСТ 01.001.008-2011 (01) "Військова система стандартизації".

Правила і методи впровадження і застосування міжнародних військових нормативних документів" та ІНС 03.001.001 "Інструкція про порядок і правила впровадження та застосування військових стандартів у ЗС України".

Порядок розроблення керівних, планувальних та нормативних документів на основі стандартів НАТО аналогічний до порядку, прийнятого в країнах-членах НАТО, і складається з наступних кроків

а) визначення необхідних нормативних документів для опрацювання з метою прийняття рішення щодо доцільності застосування їх положень (норм, вимог) у Збройних Силах України;

б) замовлення та отримання необхідних нормативних документів;

в) опрацювання міжнародних нормативних документів та прийняття рішення щодо доцільності застосування в Збройних Силах України їх положень (норм, вимог);

г) розроблення на підставі нормативних документів НАТО відповідних національних нормативних документів (внесення відповідних змін та (чи) доповнень до нормативно-правових актів або нормативних документів) або прийняття до прямого застосування;

д) інформування Офісу НАТО зі стандартизації про розроблення на підставі визначених стандартів НАТО відповідних національних нормативних

документів та набуття ними чинності (за необхідності);

е) застосування національних нормативних документів, що розроблені на підставі положень (норм, вимог) НД НАТО.

Аналіз (опрацювання) стандартів НАТО здійснюється на основі поставлених завдань і, в загальному випадку, складається з таких кроків:

- вивчення вимог документів НАТО;

- вивчення вимог чинних національних документів;

- визначення спільних галузей та значних відмінностей;

- визначення доцільності та обсягів впровадження документів НАТО;

- визначення можливості впровадження, часових параметрів, фінансових наслідків, можливих виконавців, порядку проведення заходів тощо.

Результатом такого аналізу має бути рішення про застосування їх положень (норм, вимог) в Збройних Силах України.

Наступним кроком є розроблення на підставі НД НАТО відповідних національних нормативних документів (внесення відповідних змін та (чи) доповнень до нормативно-правових актів або нормативних документів) або прийняття до прямого застосування.

Як показує міжнародний досвід, розроблення національних документів необхідно проводити в рамках планувальних документів зі стандартизації. Це дає змогу здійснювати реальний контроль за впровадженням вимог нормативних документів НАТО у національних документах.

Розроблення документів проводиться у відповідності до вимог національної системи стандартизації, військової системи стандартизації, наказів Міністра оборони України, інших керівних документів.

На сьогодні існують певні проблемні питання з питань впровадження стандартів НАТО, а саме такі:

- відсутність повноцінного нормативно-правового акту, який би регулював порядок впровадження та застосування нормативних документів НАТО;

- відсутність єдиного керівного органу зі стандартизації;

- відсутність фінансування;

- відсутність єдиної термінології;

- мала кількість кваліфікованих фахівців зі стандартизації. Слабка мовна підготовка.

При цьому шляхами вирішення цих проблемних питань є:

- розробка наказу Міністерства оборони України "Про затвердження порядку впровадження і застосування стандартів НАТО у сфері оборони";

- концентрація управління стандартизацією у сфері оборони в одному органі військового управління;

- відкриття окремої статті витрат;
- впровадження Глосаріїв НАТО в функціонування Збройних Сил України;
- навчання на мовних, термінологічних курсах, а також на курсах зі стандартизації.

Враховуючи все це необхідно розуміти дорожню карту розвитку й гармонізації військової стандартизації зі стандартами НАТО, а саме:

1) встановлення єдиного термінологічного апарату в МО України та ЗС України, гармонізованого з національною та міжнародною термінологічними системами;

2) подальша гармонізація військових стандартів із міжнародними нормативними документами та національними стандартами (продовження практики впровадження в діяльність ЗС України стандартів провідних країн світу);

3) автоматизація діяльності зі стандартизації шляхом розроблення та впровадження у діяльність ЗС України автоматизованої системи управління військовою стандартизацією;

4) поглиблення співпраці з міжнародними організаціями з питань стандартизації шляхом:

- запрошення до регулярної участі представників ЗС України у засіданнях Агенції НАТО з питань стандартизації;
- проходження військової служби представника ЗС України у Агенції НАТО з питань стандартизації на одній з посад штабних елементів партнерства (ШЕП);
- отримання доступу до системи "ePRIME" НАТО для запровадження системи інтерактивного навчання та консультацій тощо;
- проведення робочих зустрічей з представниками провідних країн світу з питань військової стандартизації.

Висновок

Найголовнішим очікуваним результатом впровадження стандартів НАТО в функціонування

Збройних Сил України є підвищення оперативних і бойових можливостей Збройних Сил України та їх взаємосумісність із збройними силами провідних країн світу.

Можна зробити висновок, що на сьогодні в МО України та ЗС України створена та забезпечується діяльність системи, яка дозволяє здійснювати отримання, облік, збереження, переклад, розповсюдження нормативних документів НАТО, планування та реалізацію заходів щодо їх впровадження.

Список літератури

1. Закон України від 17.05.2001 № 2408-III "Про стандартизацію" від 17.05.2001 № 2408-III.
2. Наказ Міністра оборони України від 27.12.2006 № 752 "Про затвердження Положення про військовою стандартизацію" від 27.12.2006 № 752 (зі змінами).
3. Наказ Міністра оборони України від 18.10.2010 № 530 "Про затвердження порядку застосування нормативних документів НАТО та стандартів країн-членів НАТО під час проведення дослідно-конструкторських робіт з розроблення (модернізації) озброєння, військової і спеціальної техніки".
4. План основних заходів щодо переходу Збройних Сил України на стандарти НАТО, затверджений Міністром оборони України від 19.10.2015 року.
5. Наказ Генерального штабу Збройних Сил України від 11.08.2015 № 312 "Про забезпечення функціонування системи військової стандартизації".
6. В.М. Тарасов Впровадження військових стандартів у діяльність Збройних Сил України / В.М. Тарасов, С. М. Салкуцан, В. В. Лісневський, О. Й. Мацько, І.Б. Кузнецов, О. Я. Зубов, М. І. Паламар : навч.-метод. посіб. – К. : НУОУ ім. Івана Черняхівського, 2013. – 88 с.
7. Кононов В.Б. Основи стандартизації та кодифікації / В.Б. Кононов, А.М. Науменко, І.В. Толок, В.А. Бородавка, О.В. Коваль : навч. пос. – Х.: ХУПС, 2012. – 208 с.

Поступила до редколегії 4.02.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.Б. Кононов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ СТАНДАРТОВ НАТО В ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ УКРАИНЫ

Н.С. Садовский

В статье рассматриваются пути внедрения стандартов НАТО в функционирование Вооруженных Сил Украины, проблемные вопросы, которые возникают на этом пути, и дорожная карта развития военной стандартизации, учитывая гармонизацию со стандартами НАТО.

Ключевые слова: стандарты НАТО, военная стандартизация Вооруженных Сил Украины.

PROBLEMS OF IMPLEMENTATION OF STANDARDS NATO IN THE ARMED FORCES OF UKRAINE

M.S. Sadowski

The article deals with ways of introducing NATO standards in the operation of the Armed Forces of Ukraine and the issues that arise along the way and road map of military standardization, including harmonization with NATO standards.

Keywords: standards of NATO military standardization Armed Forces of Ukraine.

УДК 681.518.2

О.В. Шульга

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава

ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМІВ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ НЕКОНТРОЛЬОВАНИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ РАДІОТЕХНІЧНИХ СТАНЦІЙ

Визначено, що щільність розподілу потужності процесу нестабільності надзвичайно складно оцінити безпосередніми вимірами, тому що її складові малі в порівнянні з потужністю складовою основної частоти. Більш доступними є вимірювання часових характеристик нестабільності частоти. Описаний метод ідентифікації космічних апаратів (КА) за неконтрольованими випромінюваннями (НКВ), який полягає в аналізі випромінювання бортової апаратури виявленого космічного об'єкту (КО) і зіставленні з математичними моделями процесів які ідентифікуються, що дозволить підвищити якість функціонування системи контролю космічного простору, а також забезпечить додаткові відомості про роботу бортових апаратів (БА) КА, і відрізняється тим, що дозволяє класифікувати КО по особливостям роботи внутрішніх систем функціонуючих КА в пасивному режимі локації.

Ключові слова: космічний апарат, ідентифікація, система контролю космічного простору, локація, щільність потужності, коливання гетеродина, динамічна модель, кусково-лінійна апроксимація.

Вступ

При побудові алгоритмів обробки сигналів некерowanego випромінювання (НКВ), як правило, стикаються з низкою факторів, найбільш істотним з яких є врахування виду заважаючих впливів радіотехнічних станцій (РТС) [1]. При цьому широко відомі алгоритми розроблені для гаусових перешкод, однак на практиці має справу з перешкодами, відмінними від гаусових [2]. Інша особливість, з якою стикається при розробці алгоритмів, пов'язана з тим, що застосовувані сигнали в сучасних РТС за своєю структурою є зазвичай складними [1]. Створення для таких сигналів оптимальних фільтрів являє собою досить складне завдання. Рішенням перерахованих вище завдань присвячено ця робота.

Мета статті. Розгляд та дослідження основних принципів, на яких засновані запропоновані алгоритми обробки сигналів НКВ: нормалізація перетворення випадкових процесів; аналіз точок перетину нульового рівня з метою розгляду можливості побудови алгоритму обробки сигналу НКВ; статистична лінійна інтерполяція в функціональних перетворювачах дискретного типу.

Основна частина

В статті розглядаються алгоритми цифроаналогової обробки і проводиться порівняльна оцінка різних алгоритмів сигналів НКВ і напрямки практичної реалізації цих алгоритмів.

Перш за все, досліджено особливості нелінійних перетворень випадкових процесів, що нормалізують розподілу ймовірностей при ідентифікації сигналів НКВ.

Випадкові процеси в реальних РТС, як правило, відрізняються від нормальних [3].

В якості аномальних розподілів ймовірностей випадкових процесів найчастіше проявляються процеси з розподілами, що мають "обтяжені хвости" [4]. Таким розподілом є, наприклад, розподіл ймовірностей Тьюкі [5,6]. Це розподіл випадкової величини $x(t)$ являє собою безліч розподілів, визначених стандартним нормальним розподілом $N_1(0,1)$ і так званним "засмічуючим" нормальним розподілом $N_2(\alpha, \sigma)$

$$\rho(x) = (1 - E)N_1(0,1) + EN_2(\alpha, \sigma)$$

де E - постійна, що характеризує ступінь "засмічення" випадкового процесу.

Перетворення випадкового процесу позначимо

$$y = f(x),$$

де $x(t)$ - вихідний випадковий процес; $y(t)$ - перетворений випадковий процес, що має нормальний розподіл ймовірностей $p(y)$. Функціональна схема перетворювача, що реалізує цей розподіл, наведена в [7,8]. При цьому необхідно знайти функцію $y(x)$, що мінімізувала функціонал

$$F = \int_{-\infty}^{\infty} \Phi\{p(x) = p(f)f\} dx,$$

де $\Phi\{p(x) = p(f)f\} \geq 0$, зокрема

$$\Phi\{p(x) = p(f)f\} = \{p(x) = p(f)f\}^2; \quad p(x) \in W_X,$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} p(x) dx = 1, \quad (1)$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} p(y) dy = \int_{-\infty}^{\infty} p(f) f dx = 1. \quad (2)$$

При цьому рішення функціонала (2) може бути знайдено в результаті інтегрування рівняння Ейлера-Лагранжа [9,10] при виконанні умов (1) і (2).

$$\Phi_f - \frac{d}{df} \Phi_f = 0.$$

Для демонстрації вищевикладеного, прийmemo розподілу $p(x)$ рівним

$$p(x) = (1 - E)k_1 e^{-\frac{x^2}{k_2}} + Ek_3 e^{-\frac{x^2}{k_4}} \quad (3)$$

де для випадку [86] $E = 0,4$; $k_1 = 0,4$; $k_2 = 2$; $k_3 = 0,08$; $k_4 = 50$. Розподіл ймовірностей $p(y)$ прийmemo нормальним з параметрами $N\{0, 1\}$.

Розглянемо в силу симетрії $p(x)$ і $p(y)$ – області зміни x і $y \in [0, \infty]$. При цьому для $x \in [0, \infty]$ вирази (2) і (3) приймуть вигляд

$$\int_{-\infty}^{\infty} p(x) dx = 0,5 \quad (4)$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} p(f) f dx = 0,5 \quad (5)$$

Незалежні змінні, за якими проводяться інтегрування в (4) і (5), збігаються. Функції $p(x)$ і $p(f) = P(y)$ пов'язані перетворенням $y = f(x)$, отже справедливо

$$p(f) f df = p(x) dx \quad \text{або} \quad p(f) f = p(x) \quad (6)$$

Підставляючи в (6) значення $p(x)$ і $p(f)$, визначені виразами (4) і (5), інтегруючи (6), отримаємо

$$f(x) = -0,75 \ln \left(0,6 e^{\frac{-x}{0,75}} + 0,2 e^{\frac{-x}{2}} + 0,2 \right)$$

З аналізу цього виразу випливає, що функція $y = f(x)$ перетворює випадковий процес $x(t)$ з "подовженими хвостами" у випадковий процес з нормальним розподілом, здійснюючи "стиснення" $x(t)$. Отримане перетворення $y = f(x)$ може бути реалізовано досить простими методами Один з можливих розглянуто в цьому підрозділі при аналізі аналогоцифрових фільтрів.

Обробка сигналів НКВ на основі аналізу точок перетину нульового рівня дозволяє удосконалювати алгоритм цієї обробки, використовуючи в якості носія повідомлення фази сигналу. Для цього представимо процес на виході частотно-вибірчої ланцюга у вигляді адитивної суміші детермінують $a(t)$ і випадкової $v(t)$ складових

$$h(t) = \alpha(t) + b(t) = A(t) \cos(\omega t + \phi_u) + B(t) \cos(\omega_1 t + \phi_1)$$

З умов функціонування БРТС прийmemo, що середні частоти детермінованою $\omega = 2\pi f$ і випадкової $\omega_1 = 2\pi f_1$ складових різні

$$f_n - f = \Omega \quad (7)$$

При цьому величина Ω , як правило, обумовлена неточною настройкою виборчої ланцюга.

Припустимо також, що у складовій $v(t)$ – вузько смугова дифференціююча випадкова функція

розподілена по гаусівському закону із статистичними характеристиками: дисперсія а й математичне сподівання $M_1 = 0$ У цьому випадку щільність розподілу перетину певного рівня і щільність розподілу похідних v дорівнюють відповідно:

$$P(h, t) = \int_0^{\infty} p(h, \dot{h}, t) \dot{h} dh; \quad (8)$$

$$P(\dot{h}, t) = \frac{p(h, \dot{h}, t) \dot{h}}{\int_0^{\infty} p(h, \dot{h}, t) dh}, \quad (9)$$

де $p(h, \dot{h}, t)$ – щільність розподілу координати $h(t)$ та її похідної $\dot{h}(t)$ в співпадаючі моменти часу.

Щільність розподілу величини $h(t)$ подамо у вигляді нормальної щільності розподілу величини $B(t)$ із середнім значенням $\alpha(t)$

$$P(h, t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_1^2}} \exp\left\{-\frac{[h - \alpha(t)]^2}{2\sigma_1^2}\right\}. \quad (10)$$

Похідна величина $\dot{h}(t)$ також розподілена за нормальним законом

$$P(\dot{h}, t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_2^2}} \exp\left\{-\frac{[\dot{h} - \dot{\alpha}(t)]^2}{2\sigma_2^2}\right\}, \quad (11)$$

де $\sigma_2^2 = \sigma^2 \omega_1^2$; ω_1^2 – середня квадратична частота випадкового процесу, визначена через спектральну щільність $S_B(\omega)$ на виході частотно-вибірчої ланцюга, парну щодо ω_n , і функцію кореляції $R(\tau)$ відповідно

$$\omega_1^2 = \int_0^{\infty} \omega S_B(\omega) d\omega; \quad \omega_1^2 = -\ddot{R}(0)$$

Двохмірний спільний розподіл (10) і (11) можна записати у вигляді

$$P(h, \dot{h}, t) = \frac{1}{2\pi\sigma_1\sigma_2} \times \exp\left\{-\frac{1}{2} \left[\frac{(h - \alpha(t))^2}{\sigma^2} - \frac{(\dot{h} - \dot{\alpha}(t))^2}{\sigma_2^2} \right] \right\} \quad (12)$$

Отриманий вираз (12) дозволяє знайти функції розподілу щільності ймовірності в точках нулів і похідних у цих точках суміші сигналу і шуму.

Визначимо щільність розподілу нулів для безперервного та імпульсного сигналів $a(t)$. У разі безперервного сигналу $A(t) = A = \text{const}$:

$$P(0, t) = \frac{k_1 \sigma_2}{2\pi\sigma} \left\{ 1 + \frac{\dot{\alpha}(t)}{\sigma_2} \sqrt{\frac{\pi}{2}} \exp\left(\frac{\dot{\alpha}(t)}{\sigma_2^2}\right) \left[1 + \exp\left(\frac{\alpha(t)}{\sqrt{2}\sigma_2}\right) \right] \right\} \times \exp\left\{-\frac{1}{2} \left[\frac{\alpha^2(t)}{\sigma^2} + \frac{\dot{\alpha}^2(t)}{\sigma_2^2} \right] \right\} \quad (13)$$

Для визначення нормуючого множника k_i , покладемо $a(t)$ рівним нулю, що відповідає рівномірному розподілу нулів. Тоді при вимірюванні аргументу функції $P(0,t)$ в радіанах має вигляд

$$P(h, t) = \frac{\dot{h}}{\sigma\omega_1^2} \exp\left[\frac{\dot{h} - 2h\alpha(t)}{2\sigma\omega_1^2} - \frac{\dot{\alpha}(t)}{4\sigma\omega_1^2}\right] \frac{1}{D_{-2}\left(-\frac{\alpha(t)}{\sigma\omega_1}\right)} \quad (14)$$

де $D_{-2}(\cdot)$ – функція параболічного циліндра.

При відсутності сигналу ($a(t) = 0$) розподіл збігається з релеїським розподілом

$$P(\dot{h}, t) = p(\dot{h}) = \frac{\dot{h}}{\sigma\omega_1^2} \exp\left\{-\frac{\dot{h}^2}{2\sigma\omega_1^2}\right\}$$

Для більших значень h , обмежуючись першими двома членами розкладання експоненти функції (13), рівняння (14) можна привести до вигляду

$$P(\dot{h}, t) = \frac{\dot{h}}{\sigma\omega_1^2 D_{-2}\left(\frac{\alpha(t)}{\sigma\omega_1}\right)} \exp\left\{1 - \frac{\dot{h}^2 - 2h\alpha(t) \dot{\alpha}(t)}{2\sigma^2\omega_1^2} - \frac{\dot{\alpha}^2(t)}{4\sigma\omega_1^2}\right\} \quad (15)$$

Отримані вирази (13) – (15) дають можливість визначити необхідний коефіцієнт посилення K_y пристрої, що передусє вимірювачу сигналу НКВ. При цьому для визначення K_y достатньо обмежитися областю малих значень похідних.

Алгоритми ідентифікації на основі динамічних моделей розроблені у вигляді рекурентних співвідношень, як для критерію максимуму правдоподібності, так і для критерію максимуму апостеріорної ймовірності розподілу оцінюваного параметра. Даний метод необхідно використовувати для контролю космічного простору в умовах малопунктної мережі вимірювальних засобів з метою підвищення ймовірності аналітичної інформації про КА, а також у випадках виявлення та взяття на супровід некаталогізованих об'єктів (рис. 1).

Застосування наведених алгоритмів дозволяє виконати обробку сигналів МКІ для ідентифікації КА в широкому діапазоні розподілених перешкод в РТС. При цьому характеристики алгоритмів при малих відносинах сигнал-шум, що особливо характерно при ідентифікації КА за сигналами НКВ, збігаються з характеристиками для випадку лінійного оптимального фільтра і гауссових перешкод тієї ж потужності. Крім того, розроблені алгоритми дискретного типу дозволяють значно знизити вимоги до швидкодії застосовуються в системах ідентифікації КА обчислювальних засобів і підвищити оперативність всієї системи контролю космічного простору в цілому.

На основі проведених досліджень розробимо координатний метод ідентифікації КА, що базується на знанні параметрів орбіт космічних об'єктів, так званих початкових умов. В основу методу покладено завдання збору аналітичної інформації про КО, шляхом аналізу неконтрольованих випромінювань

постійно діючих блоків бортової апаратури, яка дає змогу забезпечити ідентифікацію космічних апаратів в умовах малопунктної мережі вимірювальних засобів з метою підвищення істинності аналітичної інформації про КА.

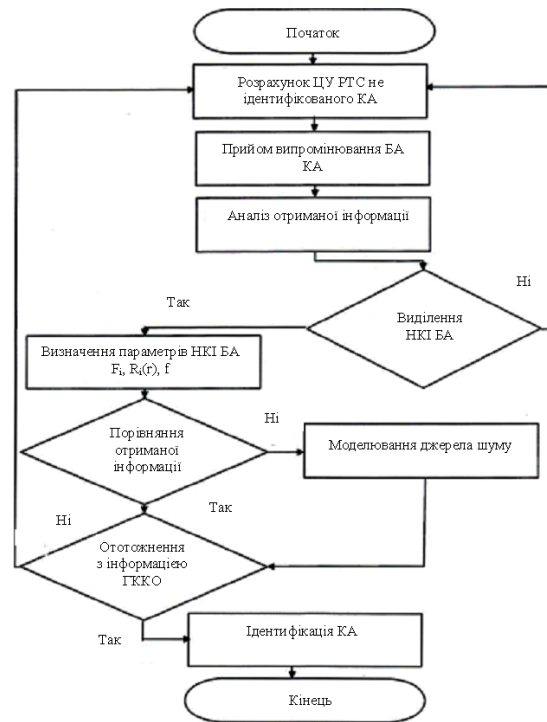


Рис. 1. Метод ідентифікації КА за НКВ БА

Для вирішення завдання ідентифікації космічних об'єктів використовується контроль випромінювань БА, а саме частоти коливань задаючих генераторів. Проведення ідентифікації КА по НКВ гетеродинів приймального тракту увазі аналіз характеру зміни параметрів коливань гетеродина і виділення ознак, які відрізняють коливання одного генератора від іншого.

Сутність методу полягає в наступному: в умовах малопунктної мережі вимірювальних засобів збільшення кількості КО призводить до того, що високоточних відомостей про параметри орбіт недостатньо для виконання завдань контролю і аналізу космічної обстановки, тому ідентифікація КА, на основі аналізу особливостей НКВ, отримує особливу актуальність.

Для вирішення поставленого завдання пропонується використовувати спектральне визначення нестабільності, при якій розглядається розподіл щільності потужності фази або частоти сигналу генератора. При цьому вона визначається виразом

$$F_\epsilon = 4 \int_0^\infty R_\epsilon(r) \cos(2\pi fr) dr$$

де $R_\epsilon(r)$ – функція автокореляції; f – частота сигналу; r – інтервал усереднення при зміні частоти.

Щільність розподілу потужності процесу нестабільності надзвичайно складно оцінити безпосередніми вимірами, тому що її складові малі в порівнянні з потужністю складовою основної частоти. Більш доступними є вимірювання часових характеристик нестабільності частоти.

Таким чином метод ідентифікації КА по НКВ полягає в аналізі випромінювання бортової апаратури виявленого КО і зіставленні з математичними моделями процесів які ідентифікуються, що дозволить підвищити якість функціонування системи контролю космічного простору, а також забезпечить додаткові відомості про роботу БА КА, і відрізняється тим, що дозволяє класифікувати КО по особливостям роботи внутрішніх систем функціонуючих КА в пасивному режимі локації.

Висновки

У рамках даної статті приведена практична реалізація алгоритмів обробки сигналів неконтрольованих випромінювань РТС. При побудові алгоритмів обробки сигналів НКВ стикаються з факторами: врахування впливів РТС, які відмінні від гаусівських; сучасних РТС РКК за своєю структурою складні. Створення для таких сигналів оптимальних фільтрів являє собою досить складне завдання. При цьому розглянуті основні принципи, на яких засновані запропоновані алгоритми обробки сигналів НКВ. Розглянуті алгоритми цифро-аналогової обробки і проведені порівняльні оцінки різних алгоритмів сигналів НКВ і напрямки практичної реалізації цих алгоритмів.

Список літератури

1. Пестряков В.Б., Кузенков В.Д. Радиотехнические системы. – М.: Радио и связь, 1985. – 376 с.
2. Пенин П.И., Филиппов Л.И. Радиотехнические системы передачи информации. – М.: Радио и связь, 1984. – 256 с.
3. Петров Н.Н. Системы и комплексы технических средств местоопределения подвижных объектов // [http://st.ess.ru/redaction/index, htm](http://st.ess.ru/redaction/index.htm)
4. Погорелов А.И., Купченко Л.Ф. Общие вопросы построения сигналов измерительных радиосистем // Пространственно-временная обработка сигналов.– Харьков: ХАИ, 1986.– С.3–11.
5. Помехоустойчивость и эффективность систем передачи информации/ Под ред. А.Г. Зюко. – М.: Радио и связь, 1985. – 272 с.
6. Попович П.Р., Скребушевский Б.С. Баллистическое проектирование космических систем. – М.: Машиностроение, 1987. – 340 с.
7. Моргунов О.А., Поляков О.Л., Богдановский О.М. Алгоритм идентификации космических аппаратов по неконтролируемым випромінюванням бортової апаратури // Системи озброєння і військова техніка. – 2007. – Вип. 2(10). – С. 18–20.
8. Окунев Ю.Б. Теория фазоразностной модуляции.–М.: Связь.– 1979.– 216 с
9. Попович П.Р., Скребушевский Б.С. Баллистическое проектирование космических систем. – М.: Машиностроение, 1987. – 340 с.
10. Прикладные математические методы анализа в радиотехнике/ Ю.А. Евсиков, Г.В. Обрезков, В.Д. Разевиг, В.В. Чапурский, В.М. Чиликин/ Под ред. Г.В. Обрезкова. – М.: Высшая школа, 1985. – 343 с.

Надійшла до редколегії 22.01.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.В. Козелков, Державний університет телекомунікацій, Київ.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ НЕКОНТРОЛИРУЕМЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

О.В. Шульга

Определено, что плотность распределения мощности процесса нестабильности чрезвычайно сложно оценить непосредственными измерениями, так как ее составляющие малы по сравнению с мощностью составляющей основной частоты. Более доступными являются измерения временных характеристик нестабильности частоты. Описанный метод идентификации космических аппаратов (КА) по неконтролируемым излучениям (НКИ), который заключается в анализе излучения бортовой аппаратуры обнаруженного космического объекта (КО) и сопоставлении с математическими моделями процессов, которые идентифицируются, что позволит повысить качество функционирования систем контроля космического пространства, а также обеспечит дополнительные сведения о работе бортовых аппаратов (БА) КА, и отличается тем, что позволяет классифицировать КО по особенностям работы внутренних систем функционирующих КА в пассивном режиме локации.

Ключевые слова: космический аппарат, идентификация, система контроля космического пространства, локация, плотность мощности, колебания гетеродина, динамическая модель, кусочно-линейная аппроксимация.

PRACTICAL IMPLEMENTATION OF RADIO STATIONS UNCONTROLLED RADIATION SIGNAL PROCESSING ALGORITHMS

O.V. Shulga

It was determined that the density power distribution process instability is extremely difficult to assess the direct measurements, since its components are small compared with the power of the fundamental frequency component. More accessible are measuring timing frequency instability. This method of identification of spacecraft (SC) on uncontrolled emissions (UCE), which is the emission analysis of airborne detection equipment space object (SO) and compared with mathematical models of the processes that are identified that will improve the quality of functioning of space control system, as well as provide additional information on the work onboard apparatus (OA) spacecraft, and is different in that it allows to classify SO on the specifics of the internal systems of the spacecraft operating in a passive mode location.

Keywords: spacecraft, identification, control of space, location, power density, fluctuations in the local oscillator, the dynamic model, piecewise linear approximation.

Математичні моделі та методи

УДК 519.22:311.214

В.Ю. Дубницький¹, А.М. Кобылин¹, О.А. Кобылин²

¹ Харьковський учебно-научний інститут ГВУЗ «Університет банківського дела», Харків

² Харьковський національний університет радіоелектроніки, Харків

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ НА НЕОПРЕДЕЛЁННОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ КОСВЕННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Предложены способы вычисления значений производной функции, заданной в явном и табличном виде. Численные значения функции и аргументов представлены в виде интервальных чисел, определённых в системе центр-радиус. В случае явного задания функции для определения производной использовано её интервальное расширение. Предложен способ численного дифференцирования. На основе этого предложен способ оценки влияния неопределённости исходных данных на неопределённость результатов косвенных измерений. Рассмотрен численный пример.

Ключевые слова: интервальные числа, система центр-радиус, производная, эластичность функции, численное дифференцирование, косвенные измерения, неопределённость измерений.

Введение

В работе [1] поставлена задача определения объёма и состава измерений в условиях неопределённости. Под неопределённостью косвенных измерений, заданных некоторой математической моделью, в этой работе понималась ситуация, при которой погрешности используемых исходных данных точно не известны. Предполагалось только знание границ изменения возможных значений входных характеристик. В работе рассматривали два подхода: вероятностный и гарантирующий. В первом случае задачу решали с учетом сведений о вероятностных свойствах погрешностей или полученных в результате эксперимента статистических оценок этих свойств. Во втором случае требовалось только знание границ возможных изменений входных характеристик для рассматриваемой математической модели процесса. Справедливо предположить, что в условиях ограничений на измерительные ресурсы следует определить те переменные, которые оказывают наибольшее влияние на уменьшение неопределённости окончательного результата исследования изучаемой математической модели.

Анализ литературы. В действующих в данное время нормативных документах [2, 3] различают два вида неопределённости: неопределённость типа А, оцениваемую статистическими методами и неопределённость типа В, которой присущи свойства стохастической неопределённости. Для её определения используют априорную информацию о возможных интервалах значений исследуемых переменных и связанных с ними параметрах. Более подробно свойства этих типов неопределённости рассмотрены в работе [4]. При работе с данными, которым присуща неопределённость типа В, используют как методы,

рекомендованные в работе [2], так и методы интервальной арифметики. В рекомендациях [2] определены следующие понятия:

- неопределённость измерений - параметр, связанный с результатом измерений и характеризующий рассеяние значений, которые могли бы быть обоснованно приписаны измеряемой величине;
- стандартная неопределённость (u) - неопределённость результата измерений, выраженная в виде среднего квадратического отклонения.

Для косвенных измерений принимают известным уравнение вида:

$$y = f(x_1, \dots, x_m), \quad (1)$$

названное в работе [5] уравнением косвенного измерения. В том случае, когда аргументы выражения (1) попарно не коррелированы, то суммарную стандартную неопределённость $u_c(y)$ вычисляют по формуле

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^m \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i)}. \quad (2)$$

Расширенную неопределённость U определяют по условию

$$U = k u_c, \quad (3)$$

где k – коэффициент охвата, определяемый по условию:

$$k = t_p(v_{\text{eff}}), \quad (4)$$

$t_p(v_{\text{eff}})$ – квантиль распределения Стьюдента с эффективным числом степеней свободы v_{eff} и доверительной вероятностью (уровнем доверия) p .

Эффективное число степеней свободы определяют по формуле:

$$v_{\text{eff}} = \left[u_c^4 / \sum_{i=1}^m \frac{u^4(x_i)}{v_i} \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^4 \right], \quad (5)$$

где $[\Theta]$ – символ, обозначающий целую часть числа Θ , v_i – число степеней свободы при определении оценки i -й входной величины, $v_i = n_i - 1$, $u(x_i)$ – стандартная неопределённость единичного измерения i -ой входной величины. Представим уравнение косвенного измерения вида (1) в расширенном виде:

$$y = f(x_1, \dots, x_m; x_{m+1}, \dots, x_{m+n}). \quad (6)$$

Пусть $X_1 = \langle x_1, \dots, x_m \rangle$ – множество входных переменных, значения которых определяют непосредственно в данном эксперименте. Пусть $X_2 = \langle x_{m+1}, \dots, x_{m+n} \rangle$ – множество переменных, которые в данном эксперименте рассматривают как параметры. Из условия (5) следует, что уменьшение неопределённости косвенных измерений может быть достигнута увеличением кратности измерений величин, входящих в множество X_1 при проведении данного эксперимента и (или) уточнением значений величин, входящих в множество X_2 . Последнее также требует проведения специальных исследований. Известно, что любое исследование проводят в условиях временных и стоимостных ресурсных ограничений. Поэтому их распределение для достижения требуемой точности исследования можно рассматривать как самостоятельную и довольно сложную задачу. В тех случаях, когда использование статистических методов затруднено и возникает неопределённость типа В, авторы данного сообщения рекомендовали использовать методы интервального анализа для её определения. Для выполнения необходимых вычислений авторами предложен специализированный программный калькулятор, описанный в работе [6]. Применение интервального анализа для определения неопределённости типа В, возникающей при учёте вычислительных погрешностей показано в работе [7]. Дальнейшим развитием метода интервального анализа стал метод недоопределённых вычислений, одно из первых описаний которого приведено в работе [8].

В самом общем виде задачу в этом случае формулируют в следующем виде. Пусть на переменные x_1, x_2, \dots, x_n , областями значений которых являются множества X_1, X_2, \dots, X_n , наложены ограничения $C_i(x_1, x_2, \dots, x_n)$, $i = 1, k$. Требуется найти наборы значений $\langle a_1, a_2, \dots, a_n \rangle$ ($a_i \in X_i$), которые бы удовлетворяли всем ограничениям одновременно.

Такая постановка задачи называется проблемой удовлетворения ограничений, а для ее решения используются различные алгоритмы и методы. В частности проблема удовлетворения ограничений может формулироваться как система уравнений с числовыми параметрами, а для ее решения могут использоваться стандартные численные методы. Однако при решении многих реальных задач эти методы оказываются неприменимыми, особенно если модель включает данные, которые могут быть заданы в виде множеств и интервалов, содержащих допустимые

значения. В работе [9] предложен способ геометрической интерпретации процесса поиска решения в виде последовательности сжимающихся параллелепипедов, сходящихся к интервалу, интерпретируемому как интервал, содержащий решение задачи. Следует отметить, что несколько ранее, в работе [10], авторы данного сообщения предложили метод решения задачи, аналогичный методу, описанному в работе [9], но обосновали его сходимость менее строго, чем это сделано в работе [9]. В доступной для читателя работе [11] изложено современная информация о методе недоопределённых вычислений. Использование интервального анализа и метода недоопределённых вычислений для анализа чувствительности модели первоначально было рассмотрено в работе [9]. Следует отметить, что процедуры выбора переменных, уменьшение интервала неопределённости которых в наибольшей мере влияет на уменьшение аналогичного интервала результата, не рассмотрены как в этой, так и в других аналогичных работах.

В данной работе все вычисления, связанные с интервальными числами, будут выполнены, если иного не оговорено, при условии их определения в системе центр-радиус. Правила действий с такими числами изложены в работах [6, 12].

Постановка задачи. Разработка основных положений методики, предназначенной для оценки влияния неопределённости исходных, интервально заданных, данных на интервал результата косвенного измерения.

Полученные результаты

Следуя работам [6, 12] рассмотрим множество действительных чисел R , на котором определим интервальное число $[A]$ в виде замкнутого интервала:

$$[A] = (\underline{a}, \bar{a}) = (a_1, a_2) = [a_1, a_2], \quad \underline{a} \leq \bar{a}; \quad a_1 \leq a_2 \quad (7)$$

и представим его в виде:

$$\tilde{A} = \langle a, r_a \rangle, \quad (8)$$

$$\text{где} \quad a = \frac{a_1 + a_2}{2}, \quad r_a = \frac{a_2 - a_1}{2}, \quad a, r_a \in R. \quad (9)$$

При применении системы центр-радиус действия сложения и вычитания с интервальными числами выполняют по следующим правилам:

$$\tilde{A} + \tilde{B} = \langle a + b, r_a + r_b \rangle; \quad (10)$$

$$\tilde{A} - \tilde{B} = \langle a - b, r_a + r_b \rangle. \quad (11)$$

В рамках данной работы примем, что границы интервалов, которые ограничивают рассматриваемые числа, образованы вычислительными ошибками, погрешностями измерений или неполным знанием области изменения некоторой физической величины. Поэтому в условии (9) должны быть выполнены неравенства:

$$a \geq r_a \geq 0, \quad b \geq r_b \geq 0, \quad (12)$$

иначе будем считать, что задача, в рамках наших представлений об исследуемом объекте, физическо-

го смысла не имеет. Для выполнения операций умножения и деления используем выражения вида:

$$\langle a, r_a \rangle \langle b, r_b \rangle = \langle ab + r_a r_b, ar_b + br_a \rangle; \quad (13)$$

$$\frac{\langle a, r_a \rangle}{\langle b, r_b \rangle} = \left\langle \frac{ab + r_a r_b}{b^2 - r_b^2}, \frac{ar_b + br_a}{b^2 - r_b^2} \right\rangle. \quad (14)$$

Для возведения интервального числа в целочисленную степень в работе [12] получены формулы:

$$\tilde{A}^n = \langle a, r_a \rangle^n = \langle G, R \rangle; \quad (15)$$

при условии, что $n \in \mathbb{Z}$. Тогда:

$$G = \sum_{k=0}^n C_n^{2k} r_a^{2k} a^{n-2k}; \quad (16)$$

$$R = \sum_{k=0}^n C_n^{2k+1} r_a^{2k+1} |a|^{n-(2k+1)}. \quad (17)$$

Постоянное число C представим в виде $C = \langle c, 0 \rangle$. Примем, что $A = \langle a, r_a \rangle$ и $B = \langle b, 0 \rangle$. Тогда операции сложения и вычитания интервального числа с постоянным представим в виде:

$$\tilde{A} + \tilde{C} = \langle a + c, r_a \rangle; \quad (18)$$

$$\tilde{A} - \tilde{C} = \langle a - c, r_a \rangle. \quad (19)$$

Для умножения интервального числа, представленного в системе центр-радиус, на постоянную величину примем, что:

$$\tilde{A}\tilde{B} = \begin{cases} \langle a, 0 \rangle \langle b, r_b \rangle, A = \text{const}, B \neq \text{const}; \\ \langle a, r_a \rangle \langle b, 0 \rangle, A \neq \text{const}, B = \text{const}. \end{cases} \quad (20)$$

При операции деления интервального числа на постоянное число получим, что:

$$\frac{\tilde{A}}{\tilde{B}} = \frac{\langle a, r_a \rangle}{\langle b, 0 \rangle} = \left\langle \frac{ab}{b^2}, \frac{br_a}{b^2} \right\rangle = \left\langle \frac{a}{b}, \frac{r_a}{b} \right\rangle \quad (21)$$

или
$$\frac{\tilde{A}}{\tilde{B}} = \frac{\langle a, 0 \rangle}{\langle b, r_b \rangle} = \left\langle \frac{ab}{b^2 - r_b^2}, \frac{ar_b}{b^2 - r_b^2} \right\rangle. \quad (22)$$

Для функции f переход от привычного аналитического вида к интервальному виду проводят по правилам интервального расширения, описанным в работах [12, 15]. Интервальным расширением функции вида (1) назовём выражения вида:

$$\langle y \rangle = f(\langle x_1 \rangle, \dots, \langle x_m \rangle). \quad (23)$$

Простейший способ получения интервального расширения функции вида (1) описан в работе [13] и основан на формальной замене аргументов и коэффициентов выражения (1) на их интервальные аналоги, и выполнения вычислений с использованием выражений (8) ... (22). Для уменьшения интервала результата вычислений в настоящее время разработаны приемы, описанные в работах [14, 15]. Для функции одной переменной эту процедуру представим в виде:

$$\phi(\langle a_x; r_x \rangle) = \phi(\langle a_x; 0 \rangle) + \phi'(\langle a_x; r_x \rangle)(\langle a_x; r_x \rangle - \langle r_x; 0 \rangle). \quad (24)$$

Для функции многих переменных описано обобщение условия (25).

$$f(\langle x_1 \rangle, \dots, \langle x_m \rangle) = f(\langle a_{x1}; r_{x1} \rangle, \dots, \langle a_{xm}; r_{xm} \rangle) + \sum_{i=1}^m \left(\phi'_i(\langle a_{x1}; r_{x1} \rangle, \dots, \langle a_{xi}; r_{xi} \rangle, \langle r_{i+1}; 0 \rangle, \dots, \langle r_m; 0 \rangle) \times \langle a_{xi}; r_{xi} \rangle - \langle a_{xi}; 0 \rangle \right). \quad (25)$$

Выполнение расчетов по условию [24] требует вычисление численных значений интервально заданных функций, что резко увеличивает вычислительные сложности, особенно, если вычисления проводят с использованием условия (25).

При выполнении вычислений по условию (25) возникает задача вычисления значений производной функции, заданной в интервальном виде. В настоящее время известны следующие способы её решения. Первый способ состоит в том, что просто задачу решают в привычном аналитическом виде, а затем выполняют интервальное расширение полученного результата. Этот способ описан в работе [14]. Второй способ описан в работе [15]. Его реализация, авторы упоминаемой работы называют его способом автоматического дифференцирования, весьма сложна и практически требует индивидуального алгоритма и соответственно программы для каждой функции. Третий способ описан в работах [18,20]. Используя представление интервального числа в виде (7) запишем, что для функции $[Y] = f([X])$ её первая производная примет вид:

$$[Y'_X] = \left[-\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}, \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \right]. \quad (26)$$

Переходя к интервальным числам системе центр-радиус по правилам (9) получим, что:

$$\tilde{Y}_x = \langle 0; (y_2 - y_1)/(x_2 - x_1) \rangle, \quad (27)$$

что называют эластичностью. Эта же величина в работе [16] названа коэффициентом влияния. Исходя из условий (8) и (9) примем, что $\delta=2\tau$. Таким образом, условие (26) с учетом условий (8) и (27) можно в интервальном виде в системе центр-радиус представить в виде:

$$\tilde{\epsilon}_y = \sum_{i=1}^m \tilde{E}_{y/x_i} \frac{\langle 2; 0 \rangle \cdot \langle r_{xi}; 0 \rangle}{\langle a_{xi}; r_{xi} \rangle}. \quad (28)$$

Следовательно, для получения выражения (29) требуется процедура получения производной функции, заданной в интервальном виде.

Представим интервально-заданную в системе центр-радиус функцию в следующем виде:

$$\langle y \rangle = f(\langle x \rangle) = \langle D_f a_x; D_f r_x \rangle, \quad (29)$$

где $D_f a_x$ – центр функции $f(\langle x \rangle)$, полученный в результате её интервального расширения, $D_f r_x$ её радиус. Рассмотрим её аналитическое и численное решение. Получение производной функции вида (30) в интервальном виде труда не составляет:

$$\langle y'_x \rangle = f'_x(\langle x \rangle) = \langle D_f a_x; D_f r_x \rangle. \quad (30)$$

Для решения задачи в численном виде используем приведенное в работе [19] выражение:

$$f'_{x_u} = \frac{f_u - f_{u-1}}{x_i - x_{i-1}} = \frac{f_u - f_{u-1}}{h_i}; f_u = f(x_u); u = \overline{0, k}. \quad (31)$$

Примем, что относительная погрешность величины x известна, не зависит от номера наблюдения u и равна ε_x . Тогда число:

$$\langle \tilde{f}_x \rangle = \frac{\left\langle D_F(a_x + \Delta_x); D_f\left(\frac{\varepsilon}{2}(ax + \Delta_x)\right) \right\rangle - \left\langle D_f a_x; D_f \frac{\varepsilon a_x}{2} \right\rangle}{\left\langle (a_x + \Delta_x); \frac{\varepsilon}{2} \langle (a_x + \Delta_x) - \left\langle a_x; \frac{\varepsilon a_x}{2} \right\rangle \right\rangle} = \frac{D_F(a_x + \Delta_x) - D_f a_x; D_f\left(\frac{\varepsilon}{2}(ax + \Delta_x)\right) + D_f \frac{\varepsilon a_x}{2}}{\left\langle \Delta_x; \frac{\varepsilon(2a + \Delta)}{2} \right\rangle}. \quad (33)$$

Для функции нескольких переменных заданной вида (24) определим в интервальном виде частную эластичность по аргументу $\langle\langle a_{xi}; r_{xi} \rangle\rangle$ так:

$$\tilde{E}_{z/xi} = \frac{\partial}{\partial x_i} f(\langle a_{x1}; r_{x1} \rangle, \dots, \langle a_m; r_m \rangle) \times \langle a_{xi}; r_{xi} \rangle / f(\langle a_{x1}; r_{x1} \rangle, \dots, \langle a_m; r_m \rangle). \quad (34)$$

Упрощенный способ определения эластичности $E_{y/x}$ описан в работе [21]. В соответствии с ним эластичность функции определяют так:

$$\hat{E}_{y/x} = \left(\frac{2(y_2 - y_1)}{y_1 + y_2} \right) / \left(\frac{2(x_2 - x_1)}{x_1 + x_2} \right). \quad (35)$$

Числитель \tilde{V} условия (35), представленный в интервальном виде примет вид:

$$\tilde{V} = \frac{\langle 2(a_{y2} - a_{y1}); 2(r_{y2} + r_{y1}) \rangle}{\langle (a_{y2} + a_{y1}); (r_{y2} + r_{y1}) \rangle}. \quad (36)$$

Знаменатель \tilde{W} условия (35), представленный в интервальном виде примет вид:

$$\tilde{W} = \frac{\langle 2(a_{x2} - a_{x1}); 2(r_{x2} + r_{x1}) \rangle}{\langle (a_{x2} + a_{x1}); (r_{x2} + r_{x1}) \rangle}. \quad (37)$$

Дальнейшие вычисления выполняли численными методами. Рассмотрим пример применения описанной методики. Условия примера заимствованы

$$\tilde{X} = \langle a_x; r_x \rangle = \langle a_x; \varepsilon_x a_x / 2 \rangle. \quad (32)$$

Такая запись позволяет представить интервальное число в виде функции его радиуса.

Принимая во внимание условия (30)...(31) представим условие (32) в таком виде:

ны из работы [15, С. 59]. Для функции вида:

$$z = x^2 + xe^y - y^2 \quad (38)$$

требуется определить в интервальном виде её относительную погрешность. Интервалы определения её аргументов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Интервалы определения аргументов функции z

Аргументы функции z	Область определения интервалов	
	В классической интервальной арифметике	В системе центр-радиус
x	[2,094;4,189]	$\langle 3,141; 1,047 \rangle$
y	[3,110;3,173]	$\langle 3,141; 0,315 \rangle$

Поставленная задача решалась двумя способами. В первом были использованы интервальные расширения соответствующих функций, заданных условиями (26), во втором задача решалась численным методом, используя условия (28,32). Промежуточные действия, необходимые для решения задачи первым способом приведены в табл. 2. Результаты определения коэффициентов влияния в зависимости от выбранного способа решения приведены в табл. 3.

Приведенные в табл. 3 результаты позволяют сделать вывод о том, что решение задачи методом интервального расширения позволяет получить меньший интервал неопределённости, чем численное решение поставленной задачи.

Таблица 2

Коэффициенты влияния относительных погрешностей аргументов на относительную погрешность функции z

Расчётные характеристики	Аргументы			
	x		y	
	Расчетная формула	Результат	Расчетная формула	Результат
Эластичность функции по аргументу	$E_{z/x} = \frac{\partial z}{\partial x} \cdot \frac{x}{z}$	$E_{z/x} = \frac{x(e^y + 2x)}{xe^y + x^2 - y^2}$	$E_{z/y} = \frac{\partial z}{\partial y} \cdot \frac{y}{z}$	$E_{z/y} = \frac{y(xe^y - 2y)}{xe^y + x^2 - y^2}$
Коэффициент влияния аргумента	$A_x = E_{z/x} \frac{\delta_x}{x}$	$A_x = \frac{\delta_x(xe^y + 2x)}{xe^y + x^2 - y^2}$	$A_y = E_{z/y} \frac{\delta_y}{y}$	$A_y = \frac{\delta_y(xe^y - 2y)}{xe^y + x^2 - y^2}$

Таблица 3

Результаты определения коэффициентов влияния

Способ решения	Коэффициенты влияния			
	A_x		A_y	
	Система центр-радиус	Классическая интервальный анализ	Система центр-радиус	Классическая интервальный анализ
Интервальное расширение	$\langle 0,38;0,16 \rangle;$	[0,22;0,54]	$\langle 0,14;0,06 \rangle;$	[0,08;0,20]
Численное дифференцирование	$\langle 0,34;0,26 \rangle;$	[0,18;0,60]	$\langle 0,17;0,09 \rangle;$	[0,08;0,26]

Выводы

1. Предложены способы вычисления значений производной функции, аргументы которой есть интервальные числа, представленные в системе центр-радиус.

2. В случае явного задания функции для определения производной использовано её интервальное расширение.

3. Предложен способ численного дифференцирования функций, аргументы которой есть интервальные числа, представленные в системе центр-радиус.

4. Предложен способ оценки влияния неопределённости исходных данных на неопределённость результатов косвенных измерений для функций, аргументы которой есть интервальные числа, представленные в системе центр-радиус.

Список литературы

1. Эльясберг П.Е. Измерительная информация: Сколько её нужно? как её обрабатывать? [Текст] / П.Е. Эльясберг. – М.: Наука, 1983. – 206 с.

2. ДСТУ – Н РМГ 43 : 2006 Метрологія. Застосування «Руководства по выражению неопределённости измерений» (РМГ 43: 2001). – 34 с.

3. Guidelines for Expression of the Uncertainty in Measurement: First edition. – 134 p.

4. Васілевський О.М. Основи теорії невизначеності вимірювань [Текст] / О.М. Васілевський, В.Ю. Кучерук, С.Е. Володарський. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 230 с.

5. Сборник задач по метрологии [Текст] / В.И. Нефёдов, А.А. Балагур, В.И. Мельчаков, Е.В. Федорова. – М.: МГИР (технический университет), 2010. – 124 с.

6. Дубницький В.Ю. Вычисление значений элементарных функций с интервально заданным аргументом в системе центр-радиус [Текст] / В.Ю. Дубницький, А.М. Кобылин, О.А. Кобылин // Системи обробки інформації. – 2016. – Вип. 7 (144). – С. 107-112.

7. Дубницький В.Ю. Определение вычислительной погрешности расчёта надёжности [Текст] / В.Ю. Дубницький, А.И. Ходырев // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2012. – №7 (59). – С. 272-278.

8. Нариньяни А.С. Неопределённость в системах представления и обработки знаний. [Текст] / А.С. Нариньяни // Изв. АН СССР, Сер. Техн. Кибернетика. – 1986. – № 5. – С. 3-28.

9. Кашеварова Т.П. Использование метода недоопределённых вычислений для анализа чувствительности математических моделей. [Текст] / Т.П. Кашеварова // Вычислительные технологии. – 1999. – № 4. – С. 24-32.

10. Дубницький В.Ю. Применение метода вложенных параллелепипедов для поиска области технологического оптимума. [Текст] / В.Ю. Дубницький, В.Л. Чернявский // Изв. ВУЗов, сер. Строительство. – 1996. – № 9. – С. 86-88.

11. Еленевич М.А. Метод недоопределённых вычислений в задаче автоматической валидации данных в системе обработки телеметрической информации космических аппаратов. [Текст] / М.А. Еленевич, И.Б. Туркин, Ю.А. Шовкопляс // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2010. – № 4 (45). – С. 114-119.

12. Жуковська, О.А. Основи інтервального аналізу: навч. посіб. [Текст] / О.А. Жуковська. – К.: Освіта України, 2009. – 136 с.

13. Алефельд Г. Введение в интервальные вычисления [Текст] / Г. Алефельд, Ю. Херцбергер. – М.: Мир, 1987. – 360 с.

14. Шарый, С.П. Конечномерный интервальный анализ [Текст] / С.П. Шарый. – М.: XYZ, 2010. – 606 с.

15. Прикладной интервальный анализ [Текст] / Л. Жолен, М. Кифер, О. Дидри, Э. Вальтер. – М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2007. – 468 с.

16. Рабинович С.Г. Погрешности измерений. [Текст] / С.Г. Рабинович. – Л.: Энергия, 1978. – 262 с.

17. Салманов О.Н. Математическая экономика с применением Mathcad и Excel. [Текст] / О.Н. Салманов. – Санкт-Петербург.: Изд-во ВВНУ, 2003. – 464 с.

18. Левин В.И. Интервальная производная и интервально-дифференциальное исчисление / В.И. Левин // Радіоелектроніка, інформатика, управління. – 2015. – № 3. – С. 22-29.

19. Шарый С.П. Курс вычислительных методов. [Текст] / С.П. Шарый. – Новосибирск.: Институт вычислительных технологий СО РАН, 2016. – 464 с.

20. Методичні вказівки для практичних занять «Методика розрахунків похибок непрямих вимірювань» з дисц. «Фізичні основи неруйнівного контролю» [Текст] / Уклад. О.Л. Багмет, В.П. Себо. – Х.: НТУ «ХП», 2002. – 28 с.

21. Замков О.О. Математические методы в экономике [Текст] / О.О. Замков, А.В. Толстопятенко, Ю.Н. Черемных. – М.: Дело и Сервис, 2001. – 368 с.

Поступила в редколлегию 25.02.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.А. Гороховатский, Харьковский учебно-научный институт ГВУЗ «Университет банковского дела», Харьков.

ОЦІНКА ВПЛИВУ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ПОЧАТКОВИХ ДАНИХ НА НЕВИЗНАЧЕНОСТІ РЕЗУЛЬТАТІВ НЕПРЯМИХ ВИМІРЮВАНЬ

В.Ю. Дубницький, А.М. Кобилін, О.А. Кобилін

Запропоновано способи обчислення значень похідної функції, заданої в явному і табличному вигляді. Чисельні значення функції і аргументів представлені у вигляді інтервальних чисел, визначених в системі центр-радіус. У разі явного завдання функції для визначення похідної використано її інтервальне розширення. Запропоновано спосіб чисельного диференціювання в системі центр-радіус. На основі цього запропоновано спосіб оцінки впливу невизначеності початкових даних на невизначеність результатів непрямих вимірювань. Розглянуто чисельний приклад.

Ключові слова: інтервальні числа, система центр-радіус, похідна, еластичність функції, чисельне диференціювання, непрямі вимірювання, невизначеність вимірювань.

EVALUATION OF INITIAL DATA UNCERTAINTY EFFECT ON INDIRECT MEASUREMENT RESULTS UNCERTAINTY

V.Yu. Dubnitskiy, A.M. Kobylin, O.A. Kobylin

Calculation methods are proposed for calculation of values of derived function given in explicit and tabular form. Numerical values of function and arguments are presented in the form of interval numbers determined in center-radius system. In case of explicit function setting its interval expansion was used to determine its derivative. Numerical differentiation method was proposed in center-radius system. On this basis a method was proposed for evaluation of initial data uncertainty effect on indirect measurement results uncertainty. A numerical example was discussed.

Keywords: interval numbers, center-radius system, derivative, function elasticity, numerical differentiation, indirect measurement, measurement uncertainty.

УДК 616.12-008:615.225

Л.А. Песоцкая¹, Н.Г. Кучук², Т.В. Лакиза¹, И.В. Евстигнеев¹, А.В. Усенко³, Е.А. Ярчук³¹ ГУ «Днепропетровская медицинская академия», Днепропетровск² Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, Харьков³ КУ «Днепропетровская городская многопрофильная клиническая больница № 4 «ДОР», Днепропетровск

ОСОБЕННОСТИ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ ПРИ ЖЕЛЕЗОДЕФИЦИТНЫХ АНЕМИЯХ РАЗЛИЧНОЙ ЭТИОЛОГИИ

Проведен статистический и корреляционный анализ стандартных показателей периферической крови и биохимических исследований группы пациентов с железодефицитной анемией с гастроэнтерологической патологией в анамнезе (36 человек) в сравнении с группой пациентов с хроническими кровопотерями (40 человек) до и после лечения. Полученные различные корреляционные зависимости в группах отражают многофакторность патогенетических механизмов развития железодефицитных анемий с различной этиологией. Высокая дифференциально-диагностическая достоверность статистических оценок исследованных факторов имеет существенное практическое значение.

Ключевые слова: железодефицитная анемия, гастроэнтерологическая патология, хронические кровопотери, корреляционный анализ.

Введение

Актуальность. Железо участвует в функционировании всех биологических систем, являясь обязательным и незаменимым компонентом различных белков и ферментов, обеспечивающих необходимый уровень системного и клеточного аэробного метаболизма, окислительно-восстановительного гомеостаза в организме в целом, поддержание иммунной резистентности [1].

Негативные проявления снижения содержания железа в организме затрагивают все уровни – молекулярный, клеточный, тканевой, органный, системный. Ферродефицит приводит к серьезным, порой необратимым функциональным и морфологическим изменениям эритроцитов. Синдром хронической усталости, замедление умственного и физического развития, извращение вкусовых ощущений, нарушения психики, быстрая утомляемость и другие расстройства обусловлены дефицитом железа (ДЖ). К системным расстройствам относятся затяжной субфебрилитет, снижение иммунологической защиты, недостаточность функции надпочечников и щитовидной железы, подавление синтеза простагландина Е, витаминов А и В, ухудшение детоксикационной функции печени, активация перекисного окисления липидов [2].

На сегодняшний день железодефицитная анемия (ЖДА) представляет собой серьезную медико-социальную проблему не только регионального, но и мирового здравоохранения. Более 1,6 миллиарда человек, почти четверть населения мира, страдают ЖДА анемией. И хотя мировой арсенал лекарственных средств для лечения анемии растет с каждым

днем, так же неуклонно растет количество больных ЖДА и Украина не является исключением [3 – 5].

При эндоскопическом обследовании желудочно-кишечного тракта у значительной части пациентов не удается установить причину железодефицитной анемии. Рекомендуются скрининг целиакии, аутоиммунного гастрита, *N. Bacter pillo*gy и наследственные формы ЖДА. У более 50% пациентов с необъяснимыми ЖДА имеется активная инфекция привратника желудка [6].

В последние годы определены дефекты генов, отвечающих за обмен железа и синтез гема, в том числе дефект в SLC40A1 (ferroportin-1). Для некоторых больных с микроцитарной анемией причина остается невыясненной [7].

В современных условиях экологических катастроф и стрессов, пищевых погрешностей развитие ЖДА чаще полиэтиологическое. При сочетании дефицита железа с дефицитом витаминов группы В, фолатов, в частности, на фоне патологии желудочно-кишечного тракта (ЖКТ), стандартная терапия ЖДА нуждается в индивидуализации для конкретного пациента.

Актуальным является выявление полидефицитных анемий, в частности при сопутствующей гастроэнтерологической патологии. Но при отсутствии клинической картины заболеваний, недостаточного лабораторного обследования по различным причинам, установить сочетанную этиологию анемии нередко затруднительно.

Для любых динамических процессов характерны определенные корреляционные взаимоотношения между его составляющими. Ими могут быть данные лабораторных исследований. Особенности

их отражают влияние сопутствующей патологии на патогенез ЖДА.

Целью работы было сравнить патогенетические корреляции у больных ЖДА с гастроэнтерологической патологией в сравнении с больными ЖДА с хроническими кровопотерями.

Материал и методы исследования

Обследовали 76 больных ЖДА в возрасте от 20 до 82 лет в условиях стационара. Первую группу составили 36 человек с сопутствующей патологией ЖКТ в анамнезе, без клинических проявлений на момент лечения. Среди них были пациенты со следующей патологией:

гастроэзофагальной рефлюксной болезнью - 5 чел. (14%),

эрозивно-язвенными поражениями желудка или 12-п кишки - 7 чел. (19%),

атрофическим гастритом (по ФГДС) - 17 чел. (47%),

тест на инфицирование *H. Bacter pillory* был положительным у 12 чел. (33%).

По результатам УЗД-исследования органов брюшной полости выявлены признаки следующей патологии:

диффузного поражения печени - 24 чел. (86%),
гепатоз - 4 чел. (11%),

дискинезия желчевыводящих путей - 5 чел. (14%),

хронический холецистит - 11 чел. (39%),
хронический панкреатит - 10 чел. (36%).

Вторую группу составили 40 пациентов с кровопотерями. Из них: хронические обильные метроррагии были у 27 чел. (67%), кровоточащий геморрой - у 7 чел. (17%), ЖКТ кровотечения у 3-х чел. (7%), донорские кровосдачи у 3-х чел. (7%).

Больных обследовали стандартными клинико-лабораторными методами. Лабораторными критериями ЖДА были: низкий цветовой показатель, гипохромия эритроцитов, микроцитоз; снижение уров-

ня сывороточного железа; повышение общей железосвязывающей способности сыворотки (ОЖСС), снижение содержания ферритина в сыворотке крови. Лечение проводилось пероральными и парентеральными препаратами железа в соответствии с существующими стандартами терапии больных ЖДА в течение 12-14 дней, дезинтоксикационная и витаминотерапия проводилась по показаниям. На основе пакета прикладных программ R проведен статистический анализ лабораторных показателей и установлены присущие им корреляции.

Полученные результаты и их обсуждение

Жалобы больных были типичными для ЖДА, обусловленные гипоксией тканей и сидеропенией. Клинические симптомы, связанные с ДЖ были более выражены у пациентов 2-й группы. К концу лечения в стационаре прирост уровня гемоглобина наблюдался у всех пациентов в разной степени, в зависимости от выраженности ЖДА, степени истощения запасов железа, купирования кровопотерь. В 1-й группе (гр.) пациентов прирост гемоглобина нередко происходил скачкообразно, что предполагало купирование сочетанного дефицита витамина В12.

В табл. 1, 2 представлены показатели средних величин анализа периферической крови (ПК) до и после лечения у пациентов обеих групп.

После лечения у пациентов обеих групп статистически достоверно повысились показатели эритропоеза, насыщение эритроцитов гемоглобином, наблюдался реактивный ретикулоцитоз, в 1-й группе нормализовалась СОЭ, в обеих группах несколько повысилось количество П/я нейтрофилов реактивного характера, не выходя за пределы нормы.

В табл. 3 представлены результаты биохимических показателей крови. Обращают внимание отличия по показателям сывороточного железа и ОЖСС крови. В группе пациентов с кровотечениями дефицит железа был более выраженным.

Таблица 1

Сравнительный анализ показателей ПК у пациентов 1-й и 2-й групп

Среднее	Эр. Т/л	Нв г/л	Лейк. Г/л	ЦП	Рет. %	Тромб Г/л	СОЭ Мм/ч	П/я	С/я	Лф	Мон	Эоз
1 гр. (пост.)	2.47	69.97	4.72	0.84	1.48	162.5	19.77	5.2	56.1	27.9	7.22	2.6
2 гр. (пост.)	2.78	83.25	4.89	0.86	1.16	217.52	12.78	4.6	52.6	31.3	8.5	2.5
P-value (Wilcox)	0.007	0.002	0.541	0.198	0.681	0.001	0.06	0.528	0.118	0.125	0.091	0.867
P-value (t-test)	0.004	0.001	0.691	0.292	0.393	0.002	0.014	0.406	0.147	0.115	0.173	0.854
1 группа Вып.	3.41	105.22	6.43	0.90	1.56	200.6	9.94	6.2	56.3	26.5	11.8	3,0
2 группа Вып.	3.53	108.25	5.39	0.90	1.80	205.46	10.82	7.9	51.425	28.575	8.425	3.0
P-value (Wilcox)	0.101	0.44	0.02	0.757	0.289	0.936	0.274	0.927	0.023	0.244	0.806	0.662
P-value (t-test)	0.116	0.362	0.046	0.811	0.271	0.626	0.483	0.331	0.015	0.232	0.233	0.964

Таблиця 2

Средние показатели анализа ПК до и после лечения

Среднее	Эр.	Нв	Лейк.	ЦП	Рет.	Тромб	СОЭ	П/я	С/я	Лф	Мон	Эоз
1 гр. (пост.)	2.47	69.97	4.72	0.84	1.48	162.5	19.77	5.2	56.1	27.9	7.22	2.6
2 гр. (пост.)	3.41	105.22	6.43	0.90	1.55	200.6	9.94	6.2	56.3	26.5	11.8	3,0
P-value (Wilcox)	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.204	0.003	0.002	0.617	0.48	0.089	0.139
P-value (t-test)	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.834	0.004	0.001	0.901	0.455	0.113	0.579
2 группа Пост.	2.78	83.25	4.89	0.86	1.16	217.52	12.78	4.6	52.6	31.3	8.5	2.5
Выписка.	3.53	108.25	5.39	0.90	1.76	205.46	10.82	7.9	51.425	28.575	8.425	3.0
P-value (Wilcox)	<0.001	<0.001	0.27	<0.001	0.016	0.593	0.241	0.015	0.95	0.248	0.934	0.339
P-value (t-test)	<0.001	<0.001	0.21	<0.001	0.022	0.42	0.168	0.064	0.602	0.172	0.93	0.36

Таблиця 3

Биохимические показатели крови у пациентов 1 и 2 групп до лечения

Среднее	Железо	ОЖСС	Бил	АЛТ	ЩФ	Тим.	Хол.	Глюк.	Моч	Азот	Креат
1-я гр.	12.9	62.5	18.9	0.53	865	3.0	3.6	4.3	4.8	2.4	91.4
2-я гр.	8.3	69.6	17.4	0.51	1666	2.5	4.2	4.3	5.0	2.3	92,4
P-value (Wilcox)	0.04	0.002	0.16	0.35	0.057	0.99	0.18	0.54	0.24	0.97	0.81
P-value (t-test)	0.006	<0.001	0.66	0.81	0.069	0.41	0.20	0.75	0.41	0.59	0.74

Примечание: единицы измерения показателей сыв. железа, ОЖСС, билирубина - в мкмоль/л, АЛТ, холестерина, глюкозы, почечного комплекса – в моль/л, ЩФ - нМоль/(схл), тим. проба -ед

При поступлении в стационар в 1-й группе пациентов уровень гемоглобина и количество эритроцитов были ниже, чем во 2-й группе. После лечения они по группам не отличались. У пациентов с гастроэнтерологической патологией до лечения было ниже количество тромбоцитов, которое после лечения, в том числе витамином В12, не отличалось от показателей 2-й группы. В 1-й группе пациентов наблюдался изначально ретикулоцитоз, что косвенно указывает на имеющийся у ряда больных дефицит витамина В12 с известным патогенетическим гемолизом.

Высокая СОЭ без лейкоцитоза у пациентов с сопутствующей хронической патологией ЖКТ возможна при снижении функциональной активности гранулопоэза. После лечения, в том числе дезинтоксикационной и метаболической терапией, у пациентов 1-й группы количество лейкоцитов и нейтрофилов увеличивается, СОЭ снижается.

В табл. 4, 5 представлены корреляционные связи (КС) между показателями ПК и биохимическими данными у пациентов обеих групп.

Полученные результаты проанализировали в нескольких аспектах: на предмет особенностей, свя-

занных с: сочетанным дефицитом витамина В12 или фолатов; функциональным железодефицитом; дисфункцией печени, играющей ключевую роль в обмене железа.

О частичном функциональном ДЖ у пациентов 1-й группы, в отличие от 2-й гр., свидетельствует более высокое сывороточное железо, низкая ОЖСС, отсутствие отрицательной корреляции между ними, прямой корреляции между уровнем сывороточного железа и количеством ретикулоцитов. Очевидно, причиной его являются воспалительные процессы при хронических заболеваниях ЖКТ, хотя без видимого обострения. Из литературы известно, что немаловажным фактором, который вызывает манифестный ДЖ, являются воспалительные реакции, индуцированные провоспалительными цитокинами [2]. Они вовлечены в увеличение синтеза гепатоцитами полипептида гепсидина [8], который необходим для поддержания баланса железа в организме. Гепсидин связывается с ферропортином, что приводит к снижению поступления железа из макрофагов и гепатоцитов, снижается абсорбция железа в тонком кишечнике [6, 7, 9].

Таблиця 4

Корреляционные связи между показателями крови до и после лечения

Связи (r)	1-я группа до лечения	1-я группа после лечения	2-я группа до лечения	2-я группа после лечения
1	2	3	4	5
Нв – Эр	0,93	0,91	0,80	0,93
Нв – Цп.	0,41	-	0,49	0,44

1	2	3	4	5
Эр – Цп.	-	0,48	-	0,31
Нв - СОЭ	- 0,52	- 0,36	-	-
Эр - СОЭ	- 0,50	-	-	-
Рет - СОЭ	-	0,43	-	-
Тромб - СОЭ	- 0,34	-	-	-
П/я - СОЭ	-	-	- 0,47	-
П/я - Эр	-	-	0,35	-
Эр - Лейк	0,43	-	-	-
Нв - Лейк	0,35	-	-	-
Эр - Тромб	0,44	-	-	0,42
Нв - Тромб	0,35	-	-	0,44
Лейк - Тромб	0,43	-	-	-
Эр - Эоз	0,34	-	-	-
Эр - Лф	-	-	-	0,31
Лф - Эоз	-	-	-	- 0,33
С/я - Эоз	- 0,36	-	-	-
Рет - С/я	-	- 0,44	-	-
Рет - П/я	-	-	- 0,39	-
Рет - Лф	-	-	0,36	-
Рет - мон	0,40	-	0,36	0,41
Цп. - Мон	-	0,37	-	-
Тромб - Мон	0,43	-	-	-
Лейк - С/я	0,37	-	0,57	-
Лейк - Лф	- 0,55	-	- 0,46	- 0,40
П/я - Лф	-	-	-	- 0,46
С/я - Лф	- 0,80	- 0,79	- 0,83	- 0,31
С/я - Мон	- 0,46	-	- 0,35	-
С/я - П/я	-	-	-	- 0,58

Таблица 5

Корреляционные связи между биохимическими показателями у больных 1-й и 2-й групп до лечения

КС ПК – Б/х показатели	1-я группа	2-я группа	КС Б/х-Б/х показателей	1-я группа	2-я группа
Цп. - глюкоза	- 0,35	-	ЩФ – Билир	-	0,97
Эр - глюкоза	-	0,37	ЩФ – Тимол	- 0,97	- 0,99
Рет – Сыв. ж	-	0,31	Сыв ж- Тимол	-	0,35
Рет - ЩФ	- 0,97	-	Хол - АЛТ	0,51	-
Рет - АЛТ	-	0,34	Сыв ж- ОЖСС	-	- 0,47
Лф – Хол	0,51	-	Бил – Сыв. ж	0,32	-
Нв - Хол	-	0,48	Тимол- Креат	- 0,41	-
Эр - Хол	-	0,51	Моч – Азот м	0,38	0,93
С/я - Хол	- 0,54	-	Моч - Креат	-	0,65
Лф - АЛТ	-	0,40	Азот м- Креат	0,64	0,70
Тимол - Эоз	-	0,43	Азот- Глюкоза	-	0,32
Сыв ж – П/я	-	- 0,35			
Сыв ж - Тр	- 0,34	-			
Тр - СОЭ	- 0,34	-			
Тр - Билир	- 0,36	-			
Креат - Лейк	-	- 0,33			
Креат - С/я	0,36	-			
Креат – Тр	0,30	-			
Креат - СОЭ	- 0,44	-			
П/я - глюкоза	-	0,33			

В 1-й группе больных ЖДА выявили положительную КС между уровнем общего билирубина и сывороточного железа, что характерно для гемолиза эритроцитов при дефиците витамина В12. Обращает внимание наличие отрицательной корреляции в 1-й группе пациентов между количеством тромбоцитов и уровнем общего билирубина, сывороточного железа, что возможно при сочетании ЖД анемии с В12-дефицитом или гиперспленизмом. Слабая от-

рицательная корреляция в 1-й группе пациентов между количеством тромбоцитов и СОЭ может быть интоксикационного или воспалительного характера.

Хотя уровень щелочной фосфатазы по средним величинам в 1-й группе был меньше, чем во 2-й гр., между этим ферментом и количеством ретикулоцитов в 1-й группе выявлена наиболее сильная отрицательная корреляционная зависимость. То есть, активность эритропоэза у пациентов 1-й гр., в отличие

от 2-й гр., зависит от функционального состоянием печени не менее, чем от уровня сывороточного железа. КС между последним и количеством ретикулоцитов отсутствовала, в отличие от 2-й группы.

На нарушения обменных процессов в 1-й группе пациентов указывает отсутствие КС между уровнем щелочной фосфатазы и общего билирубина, которая является сильной ($r=0,97$) во 2-й группе. Известна их физиологическая связь в норме.

Были выявлены следующие тесные КС в 1-й группе пациентов – отрицательная между количеством С/я нейтрофилов ПК и уровнем холестерина, положительная – между последним и количеством лимфоцитов, что отражает преобладание компенсаторных реакций лимфатического типа в патогенезах дисфункций гепатобилиарной системы.

Во 2-й группе пациентов выявили положительную корреляцию средней силы между содержанием холестерина и показателями красной крови (Нв, Эр). Между количеством ретикулоцитов и уровнем АЛТ также была, хотя и слабая, положительная КС. То есть, имели место известные физиологические корреляционные связи между эритропозом и функцией печени. У пациентов 1-й группы этих взаимосвязей не обнаружили. Однако, в отличие от 2-й группы, у них выявили положительную КС средней силы ($r=0,5$) между уровнями холестерина и АЛТ, что может быть ранним признаком дестабилизации мембран гепатоцитов и нарушения липидного обмена в печени.

Гликолитический путь окисления глюкозы является главным поставщиком энергии в клетках. Количество Эр и П/я нейтрофилов во 2-й группе положительно коррелировали с уровнем глюкозы крови. В 1-й группе пациентов такой зависимости не выявили, КС между Ц.п. и уровнем глюкозы у них была отрицательной. В 1-й группе также отсутствовала, в отличие от 2-й группы, КС между уровнями азота мочевины и глюкозы. Выявленные различия могут быть ранними признаками нарушения углеводного обмена в печени, снижения толерантности к глюкозе.

В 1-й группе пациентов количество тромбоцитов и С/я нейтрофилов положительно коррелируют с уровнем креатинина. Эти КС отражают наличие у пациентов с патологией ЖКТ тенденций к влиянию на гемопоэз изменений в белковом обмене печени, продуктом которого является креатинин. При этом, КС между последним и СОЭ отрицательная, что сочетается с выше описанными КС последнего с клеточными элементами крови.

На нарушения белкового обмена у пациентов 1-й группы указывает отсутствие, в отличие от 2-й группы, положительной КС средней силы между уровнем мочевины и креатинина сыворотки крови. КС между уровнем мочевины и азота мочевины в 1-й группе была слабой, в отличие от сильной зависи-

мости между ними во 2-й группе ($r=0,38$ и $r=0,93$, соответственно). При этом, при патологии ЖКТ является отрицательная связь между показателями осадочной тимоловой пробы и уровнем креатинина ($r= -0,41$).

Выявили определенные различия между КС показателей ПК в сравниваемых группах до и после лечения.

До лечения в 1-й группе, в отличие от 2-й, количество эритроцитов, тромбоцитов с уровнем СОЭ ($r=-0,5$ и $r=-0,34$ соответственно) имели отрицательную корреляцию. После лечения они исчезли, появилась положительная корреляция ($r=0,43$) между количеством ретикулоцитов и СОЭ, что отражает влияние воспалительных механизмов на гемопоэз при хронической патологии ЖКТ.

В обеих группах до лечения была выявлена положительная КС между уровнем Нв и Ц.п., она отсутствовала между последним и количеством эритроцитов. После лечения корреляция между Ц.п. и количеством эритроцитов появилась в обеих группах. Однако, в 1-й группе исчезла КС между Ц.п. и содержанием Нв, в отличие от 2-ой группы. Такие различия возможны при дефиците витамина В12-, фолатов и неполном их восполнении, что требует дальнейшего лечения, лабораторного контроля.

Обращает внимание наличие положительных КС между количеством тромбоцитов и клетками эритро-, лейкопоэза до лечения в 1-й группе и отсутствие их во 2-й группе, что патогномично для дефицита витамина В12. После лечения КС между показателями красной крови и количеством тромбоцитов в 1-й группе исчезают. Во 2-й группе эта взаимосвязь появляется, что может отражать восстановление тромбоцитогенеза, которое может истощаться при хронических кровопотерях. Указанные КС могут иметь дифференциально-диагностическое значение при сочетанных дефицитах, использоваться в оценке эффективности и необходимости проводимой терапии при нормализации стандартных лабораторных показателей.

Во 2-й группе пациентов до лечения имеются отрицательная корреляция между количеством ретикулоцитов и П/я нейтрофилов и соответственно положительная корреляция между количеством ретикулоцитов и лимфоцитов, в отличие от 1-й гр., которые отсутствуют после лечения в обеих группах. Эти различия в группах могут отражать патогенетические реакции клеток иммунной системы при заболеваниях ЖКТ.

О дизгранулоцитопозе при ЖДА свидетельствует отсутствие физиологической отрицательной корреляции между количеством С/я и П/я нейтрофилов ПК. После лечения во 2-й группе она появляется, в 1-й группе – нет, что свидетельствует о более глубоких нарушениях кроветворения у пациентов с

гастроентерологічної патології, requiring long-term and multi-component therapy, limited by iron therapy. In such cases, the effectiveness of iron therapy is increased in combination of iron preparations with its supplements, in the first place, folic acid and vitamin B12, which allows to normalize the level of hemoglobin and indicators of iron exchange [10]. Taking into account the activation of anaerobic processes in the body [11], a reasonable approach will be the conduct of desferrioxamine therapy. A significant role is played by the choice of adequate iron preparations [12], especially in the presence of concomitant pathology of the gastrointestinal tract.

Выводы:

1. Полученные результаты отражают многофакторность и различия патогенетических механизмов развития железодефицитных анемий с различной этиологией;
2. Определенные корреляции между стандартными лабораторными показателями имеют дифференциально-диагностическое значение и могут использоваться для индивидуализации и контроля стандартной антианемической терапии;
3. Необходимо дальнейшее изучение статистически значимых зависимостей, характеризующих клинический статус больных ЖДА, на основе современных компьютерных инструментов.

Список литературы

1. Gurbanov S. A., Agarkov A. I. (2012) *Clinical pharmacology of modern drugs and their place in the treatment of iron deficiency anemia. RMG*, no 20, pp. 990-995.
2. Daghbashyan, S. S., Khachatryan, V. R., Israelian, K. I. (2012) *a Retrospective analysis of anemias: data from the hematological center of the Republic of Armenia (2003-2012 gg). Blood*, vol. 14, no 2, pp. 18-24.
3. Zaichenko A.V., Lytkin D.V. (2015) *The Use of oral and parenteral iron preparations in patients with severe iron*

deficiency anemia. Reproductive endocrinology, vol. 24, no 4, pp. 30-34.

4. Sant-Rayn Pasricha, Hal Drakesmith, James Black, David Hipgrave, and Beverley-Ann Biggs (2013) *Control of iron deficiency anemia in low- and middle-income countries. Blood*, vol. 121, no 14, pp. 2607-17.

5. Vydyborets S. V., Sergienko A.V. (2016) *Adverse reactions and complications when using drugs iron salts. Hematology. Transfusiology. Eastern Europe*, vol. 2, no 1, pp. 82-92.

6. Theur I., Aigner E., Theur M., Nairz M., Seifert M., Schroll A., Sonnweber Th., Eberwein L., Witcher D.R., Murphy A.T., Wroblewski V.J., Wurzl E., Datz Ch., Weis G. (2009) *Regulation of iron homeostasis in anemia of chronic disease and iron deficiency anemia: diagnostic and therapeutic implications. Blood*, vol. 113, no 21, pp. 5277-86.

7. Donker A.E., Raymakers R.A.P., Vlasveld L., Teus van Barneveld, Terink R., Dors N., Brons P.T., Knoers A.M., Swinkels D.W. (2014) *Practice guidelines for the diagnosis and management of microcytic anemias due to genetic disorders of iron metabolism or heme synthesis. Blood*, vol. 123, no 25, pp. 3873-86.

8. Elizabeta Nemeth (October 24, 2013) *Anti-hepcidin therapy for iron-restricted anemias Blood*, vol. 122, no 17, pp. 2924-25.

9. Sarsania S. I., Tikhomirov A. L., Nochevkin E. V., Taskaev K. S. (2012) *The Nuances of diagnosis and treatment of iron deficiency anemia. Difficult patient*, vol. 10, no 2, pp. 23-24.

10. *Recommendations to prevent and control iron deficiency in the United States. Centers for disease control and prevention (1998). MMWR Recommendations and Reports: Past Volume*, vol. 47, no (RR-03), pp. 1-29.

11. Vydyborets S.V. (2015) *Correction of iron deficiency: current aspects. Hematology. Transfusiology. Eastern Europe*, vol. 1, no 1, pp. 165-122.

12. Vydyborets S. V., Gaidukov S. N. (2015) *Modern tactics of diagnosis and treatment of iron deficiency anemia. Hematology. Transfusiology. Eastern Europe*, vol. 2, no 2, pp. 105-121.

Поступила в редколлегию 11.02.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Н.И. Адаменко, Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Харьков.

ОСОБЛИВОСТІ КОРЕЛЯЦІЙНИХ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКІВ ПРИ ЗАЛІЗОДЕФІЦИТНИХ АНЕМІЯХ РІЗНОЇ ЕТІОЛОГІЇ

Л.А. Пісоцька, Н.Г. Кучук, Т.В. Лакіза, І.В. Євстигнєєв, Г.В. Усенко, О.О. Ярчук

Проведено статистичний і кореляційний аналіз стандартних показників периферичної крові і біохімічних досліджень групи пацієнтів із залізодефіцитною анемією з гастроентерологічною патологією в анамнезі (36 осіб) в порівнянні з групою пацієнтів з хронічними крововтратами (40 осіб) до і після лікування. Отримані різні кореляційні залежності в групах відображають багатфакторність патогенетичних механізмів розвитку залізодефіцитних анемій з різною етіологією. Висока диференційно-діагностична достовірність статистичних оцінок досліджених чинників має істотне практичне значення.

Ключові слова: залізодефіцитна анемія, гастроентерологічна патологія, хронічні крововтрати, кореляційний аналіз.

FEATURES CORRELATIONS FOR IRON DEFICIENCY ANEMIA VARIOUS ETIOLOGY

L.A. Pesotskaya, N.G. Kuchuk, T.V. Lakiza, I.V. Evstigneev, G.V. Usenko, E.A. Yarchuk

We have performed statistical and correlation analysis of standard laboratory blood indicators for patients with iron deficiency anaemia and past history of gastroenterological pathologies, as well as patients with chronic blood loss. The results suggest the role of multiple factors involved in pathogenetic mechanisms of development of iron deficiency anaemias with different aetiology, and these are supported by the associated correlations between blood indicators and the data from biochemical analyses. High level of differential diagnosis reliability of statistical estimates for the factors investigated in the context of pathogenesis of iron deficiency anaemia has substantial practical significance

Keywords: iron deficiency anemia, gastroenterological pathology, haemorrhage, statistical analysis.

Інформаційні технології

УДК 004.023:004.421.2

В.В. Берковський, Н.М. Бологова

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

АНАЛІЗ МАРКЕТИНГОВИХ КРИТЕРІЇВ ОПТИМІЗАЦІЇ ОСВІТНІХ ЕЛЕКТРОННИХ РЕСУРСІВ ДЛЯ ПОШУКОВИХ СИСТЕМ

У статті розглядаються сучасні підходи до маркетингового аналізу електронних ресурсів в системі вищої освіти, а також критерії та параметри, дотримання яких у процесі розробки, створення та ведення електронного ресурсу, дозволяють зробити його роботу найбільш ефективною. Обґрунтовано необхідності присутності освітніх установ в мережі Інтернет і використання ними PR-технологій.

Ключові слова: електронний ресурс, освітні послуги, маркетинговий аналіз, політика комунікацій, дизайн Web-сайтів, юзабіліті, web-технології.

Вступ

В даний час електронний ресурс вищого навчального закладу є одним з потужних інструментів системи маркетингових комунікацій у сфері вищої професійної освіти, а використання WEB-технологій є умовою подальшого поступального розвитку вишу, підвищення його рейтингу та конкурентоспроможності на ринку освітніх послуг. В сучасному інформаційному суспільстві ресурс вишу є основною формою активності в мережі. Правильна оцінка ефективності роботи електронного ресурсу дозволить вчасно внести необхідні зміни в роботу вже існуючих ресурсів, а розуміння параметрів оцінки та їх правильного уявлення - уникнути помилок при створенні нового освітнього порталу.

Основна частина

На сьогоднішній день однією з найактуальніших проблем маркетингу освітніх послуг та Інтернет-маркетингу є оцінка ефективності і якості електронних ресурсів. Методики оцінки ефективності функціонування сайтів та загальноприйняті підходи щодо розрахунку ROI (окупність інвестицій в електронні ресурси) застосовуватися в оцінці освітніх сайтів не будуть, тому що існують особливості продукту освітніх послуг [2]. Наприклад, у праці В. Голіка розглядається ряд методик оцінки ефективності проектів в мережі-Інтернет (зокрема, Інтернет-магазинів). Ці методики в повній мірі не відображають оцінки ефективності сайтів освітніх закладів, тому що вимагається оцінка не комерційної, а комунікативної спрямованості інтернет-порталу [4]. У зв'язку з цим інтерес до аналізу освітніх сайтів, які представляють, перш за все, підходи, пов'язані з оцінкою не ефективності, а якості Інтернет-ресурсів.

В аналізі електронних ресурсів застосовують SEO-аудит (пошукова оптимізація - аналіз просування сайту в пошукових системах і каталогах) та аналіз на основі WEB-аналітики (за даними систем статистики відвідувань і лог-аналізаторів). Щоб підвищити ефективність роботи ресурсу необхідно ознайомитися з практичними рекомендаціями для підвищення ефективності роботи сайту і з поетапним аналізом сайтів можна познайомитися в праці С. Рижикова [5]. Методика заснована на аналізі користувальницьких переміщень також входить до цього напрямку. Особливий інтерес представляє методика С. Співака («Діаграма Співака»), яка на підставі виконаного аналізу дозволяє оптимізувати систему навігації і структуру ресурсу для направлення потоків користувачів по потрібному трафіку [6].

Для аналізу якості маркетингових комунікацій важливо оцінити, перш за все, ступінь сприйняття цільовою аудиторією інформаційного контенту. На освітньому ресурсі потрібно здійснювати перевірку актуальної інформації для зручності абітурієнтів та студентів/курсантів.

Аналіз статистики відвідувань і робота в пошукових системах даними дослідженнями не розглядається.

У проведеному аналізі оцінюються такі параметри, як видимість, функціональність і дизайн. В розглянутих дослідженнях використані методики деякі з котрих представляють простий експрес-аналіз, а в основі інших лежать більш емкі і складні алгоритми отримання підсумкових кількісних характеристик і формування на їх основі рейтингів вищих освітніх електронних ресурсів. Порівняльний аналіз сайтів вищів завдяки рейтинговому підходу та підсумкова кількісна міра рейтингу показує, на-

скільки краще або гірше показники відповідного ресурсу в порівнянні з лідером рейтингу [7].

Різна спрямованість конкурсів або досліджень освітніх закладів залежить від методик і критеріїв аналізу, їх кількості. Необхідно підходити комплексно до оцінки ефективності роботи подібних сайтів, оскільки на якість електронних ресурсів ВНЗ впливає безліч різноманітних факторів. Був запропонований наступний підхід до оцінки якості маркетингових комунікацій спеціалізованих сайтів вищих навчальних закладів на підставі проведеного аналізу, різних методик та підходів. Кількісні і якісні показники дозволяють визначити, наскільки організований комунікативний процес на освітньому сайті досягає своїх цілей і сприятливо сприймається користувачами і якою мірою сайт вишу відповідає завданням Інтернет-маркетингу.

Отже, рівень і якість маркетингових комунікацій, що характеризують маркетингові параметри освітнього ресурсу виділені в наступних пунктах та схематично зображені на рис. 1.

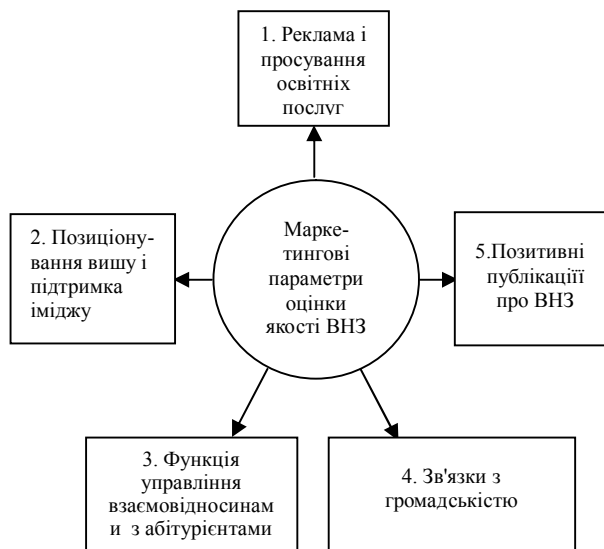


Рис. 1. Схематичне зображення параметрів маркетингового аналізу презентації сайту вищого навчального закладу в мережі

1. Реклама і просування освітніх послуг — вигода одержувана спонуканням потенційного абітурієнта шляхом інформування про вибір даного вишу і придбанні його освітніх послуг. Актуальним завданням для будь-якого вишу в даний час є залучення абітурієнтів в умовах гострої конкурентної боротьби і погіршенні демографічної ситуації.

2. Позиціонування вишу і підтримка іміджу. Іміджева комунікація є для вишу одним з найбільш ефективних способів взаємодії з потенційними споживачами освітніх послуг. Вищий навчальний заклад має формувати свій імідж завдяки комунікаційним потокам і здійснювати контроль над ними. Споживачеві імідж диктує вимоги до вибору кому-

нікації і задає формат найбільш ефективного типу повідомлення. Ефективність іміджевої комунікації обумовлюється точністю передачі інформації і збіги знакових систем комунікатора і одержувача повідомлення. Процес формування іміджу ВНЗ включає в себе наступні етапи: ідентифікація вишу як реального об'єкта, позиціонування вишу, візуалізація образу, символічне подання вишу [6]. Даний параметр відображає, якою мірою сайт вишу вирішує ці завдання.

3. Функція управління взаємовідносинами з потенційними абітурієнтами повинна відповідати на питання: чи працює ресурс в напрямку реалізації програм лояльності для користувачів, чи вирішується завдання залучення нових користувачів, наскільки ефективна система зворотного зв'язку, розширення і утримання постійної аудиторії, в якій мірі спостереження за користувачами ресурсу дозволяє вишу зібрати статистичну інформацію і виявити ступінь зацікавленості відвідувачів до різних розділів сайту та поведінку відвідувачів на сайті і їх переваги?

4. Зв'язки з громадськістю.

5. Позитивні публікації та відгуки про виш, прес-конференції про його освітні послуги, прес-релізи, презентації, «віртуальні» екскурсії по вишу. Висвітлення в мережі маркетингових заходів.

Підбір критеріїв і оцінка того, наскільки ці критерії присутні або проявляються в ресурсі, наскільки повноцінно і вдало представлені вони для сприйняття аудиторією впливає на якість комунікативної спрямованості електронного ресурсу вишу в цілому.

Для того щоб визначити ці критерії, в першу чергу необхідно розуміти яким повинен бути електронний ресурс вишу.

Сайт вишу, як його основна форма активності в мережі є усвідомленою формою діяльності в сучасному інформаційному суспільстві.

На основі проведених досліджень і публікацій в літературі можна виділити наступні сучасні тенденції і підходи до електронних ресурсів вищих навчальних закладів, де сайт ВНЗ:

- засіб Інтернет-комунікацій, де якість і простота є головним критерієм;
- засіб комунікації з абітурієнтом, який включає в себе віртуальну приймальню комісію і Call-центр;
- універсальний освітній портал, де зручність користування для відвідувачів є головним критерієм якості;
- об'єднуючи в собі інформаційний матеріал незалежного електронного ресурсу паралельно виконує функцію просвітництва;
- щоденна актуалізація та поповнення інформації;

- припускає розвиток WEB-середовища через систему «персональних кабінетів»;
- організовує відкритий доступ до наукових публікацій і навчальних матеріалів;
- забезпечує комунікації з вітчизняним і світовим науковими професійними співтовариствами, сприяючи формуванню нових зв'язків завдяки неформальному спілкуванню між вченими.

В останні роки дві останні тенденції найбільш виразно проявляються у зв'язку з участю вітчизняних вищих навчальних закладів у міжнародному рейтингу вузівських сайтів Webometrics, мета якого - стимулювання WEB-публікацій та Інтернет-активності вишів. Він складається з 2004 р. іспанською дослідницькою групою «Laboratorio-de-Internet» два рази на рік - у січні та липні. Підсумковий рейтинг в даній методиці розраховується як зважене середнє показників «Вплив», «Присутність», «Відкритість», «Висока якість» з відповідними відсотками 50%, 20%, 15% і 15% [2]. Значення показників «Присутність» і «Вплив» визначаються з використанням пошукових машин YahooSearch, LiveSearch і Exalead відповідно як число зовнішніх посилань на сторінки сайту і кількість сторінок сайту. «Відкритість» - це кількість файлів з розширеннями PDF, DOC, PPT на сайті, визначуване Google, а «Висока якість» - число публікацій сайту у базі даних Google Scholar. Webometrics досить авторитетний, але не відображає повної картини, так як виконується програмним методом і заснований на оцінці інформаційного наповнення. Інформаційне наповнення ресурсу - це тільки один з параметрів, що відповідають за якість його виконання. Змістовне інформаційне наповнення не буде донесено до свідомості користувача, через недостатньо якісне виконання решти параметрів оцінки, таких як дизайн, юзабіліті.

З точки зору Інтернет-маркетингу, електронний ресурс - це набір інформаційних блоків та інструментів для роботи з одним або декількома сегментами цільової аудиторії. Від обраної вищої стратегії просування освітніх послуг залежить яка інформація буде представлена на сайті, які інструменти будуть задіяні, як вони будуть взаємодіяти між собою, які будуть завдання короткострокові і довгострокові, а також від цільової аудиторії і можливостей контактувати з нею. Електронний ресурс може побудувати відносини з користувачами, які відвідують Інтернет, набагато краще, ніж більшість інших видів маркетингових комунікацій, тому Інтернет-складова виступає як частина стратегії розвитку ВНЗ.

Завдяки комунікативним можливостям електронних ресурсів, вищі рекламують свої освітні послуги і створюють позитивний імідж навчального закладу. Створення позитивного іміджу ВНЗ у потенційних абітурієнтів освітніх послуг має починатися

з організації і планомірного розвитку комунікацій з учнями, їх батьками, підприємствами та іншими споживачами освітніх послуг.

Переважання інформації для абітурієнтів на сайтах навчальних закладів пояснюється тим, що пріоритетний напрямок використання електронних ресурсів це залучення нових студентів та курсантів. У період приймальної кампанії різко підвищується комунікаційна складова діяльності вишів, що конкурують між собою за залучення найбільш талановитих і/або платоспроможних абітурієнтів. Дні відкритих дверей і довідники для вступників до вишів були традиційними основними видами комунікацій з абітурієнтами [7]. У сучасних умовах основним комунікаційним середовищем стає Інтернет, а головним комунікаційним інструментом виступає сайт ВНЗ, або освітній портал, який об'єднує сайти структурних підрозділів університетів, співтовариств вишів, аж до сайтів окремих викладачів і студентів. У цьому зв'язку максимально повне уявлення інформації про ВНЗ, реалізація політики інформаційної відкритості набувають важливого значення. У вищих поступово усвідомлюється залежність ефективного використання Інтернет від цілеспрямованої роботи з просування освітніх послуг вишу. Також важливим є розуміння того, що просування освітніх послуг повинно проводитися спільно з позиціонуванням ВНЗ, як виробника освітнього продукту, в сукупності із заходами щодо підтримки іміджу і впізнаності «марки» ВНЗ. При цьому кожен ВНЗ, використовуючи електронний ресурс, прагне позиціонувати себе як вищий навчальний заклад, який:

- надає студентам можливість отримати повноцінну освіту, що відповідає сучасним вимогам;
- створює умови для науково-дослідницької діяльності студентів/курсантів;
- забезпечує студентів відмінними умовами проживання;
- приділяє увагу розвитку творчих здібностей студентів/курсантів та їх фізичній підготовці та здоров'ю;
- піклується про навколишнє середовище в суспільстві в цілому;
- надає студентам/курсантам можливість жити цікавим і насиченим життям;
- готовий до співпраці з будь-якими громадськими організаціями та науковими спільнотами;
- сприяє науковому прогресу [8].

Важливою конкурентною перевагою ВНЗ стає не тільки наявність домена і сайту, але і його інформаційне наповнення, динаміка змістовних змін, дизайн, зручність користування, механізми просування в глобальних пошукових системах. Електронний ресурс, будучи одним з головних елементів комунікаційного маркетингу в Інтернеті, вимагає відповідної уваги як з боку відділів супроводу і маркетинго-

вих служб, так і керівників ВНЗ та його підрозділів. У той же час представляється важливим усвідомлення того, що поява ВНЗ в Інтернет тягне за собою зміну як освітніх, так і управлінських процесів всередині установи.

Так, склад викладачів зобов'язаний визнати Інтернет як інформаційне середовище і рекомендувати студентам/курсантам сайти за профілем, перевіряти реферати і курсові роботи на предмет запозичення готових рішень з глобальної мережі. Керівництво вишу має оперативно реагувати на питання, задані по електронній адресі, стежити за якістю сайту - адже це справжнє представництво вишу, яке відкрито цілодобово для абсолютно будь-якого відвідувача.

Реалізація Інтернет-присутності передбачає створення електронного ресурсу як основної форми активності вищого навчального закладу в глобальній мережі, при цьому:

- інформація про ВНЗ повинна бути представлена в Інтернет;
- інформація повинна підтримуватися і оновлюватися;
- повинен бути забезпечений потік відвідувачів [5].

В даний час WEB-представництва створені практично у всіх вузах країни. Свої сайти в Інтернет мають і багато підрозділів вишів - інститути, факультети та кафедри.

Для підтримки і супроводу освітнього ресурсу необхідно проводити періодичний внутрішній моніторинг і оцінювати, чи відповідає цілям і задачам вишу наявний інформаційний матеріал. Також слід уважно ставитися до сайтів найближчих конкурентів і періодично здійснювати моніторинг їх електронних ресурсів. Моніторинг потрібен для реальної оцінки рівня ресурсів, представлених в мережі і для розробки унікальних можливостей власного освітнього ресурсу.

Технічні вимоги необхідно враховувати при розробці і внутрішньому моніторингу освітнього сайту:

- вимоги до дизайну сайту;
- юзабіліті;
- технічні характеристики;
- вимоги до системи управління контентом.

Даний перелік вимог та умов більше відносять до технологічних параметрів сайту як безпосереднього інструменту маркетингових комунікацій. Для ефективного вирішення цілей Інтернет-маркетингу потрібен професійний підхід до технологій проектування електронних ресурсів. Мережа, як універсальне комунікаційно-інформаційне середовище, містить комплекс своїх специфічних інформаційних технологій. Загальноприйнята практика технічного аналізу сайту проводиться за наступними показниками та схематично зображена на рис. 2.



Рис. 2. Критерії аналізу якості технічного забезпечення сайту ВНЗ

1. Дизайн сайту - процес вибору і організації графічних компонентів з метою досягнення певної мети, яка може бути або естетична, або мати функціональне призначення, а часто переслідувати обидві ці цілі.

Зміна дизайну (редизайн) достатньо поширене явище в житті сайтів, особливо при використанні маркетингових технологій перепозиціонування вишу або кардинальної модернізації інформаційного ресурсу при переході на нові інструментальні платформи або інтернет-технології.

2. Юзабіліті (зручність використання) сайту. Сьогодні юзабіліті-підхід набуває все більшого поширення в процесі проектування і підтримки електронних ресурсів, вивчення споживчої поведінки і впливу на внутрішню мережу середовища та імідж проектів. На багатьох сайтах інтерфейс не зручний для відвідувачів.

При виконанні юзабіліті аналізу оцінюється загальна зручність і комфортність роботи з інформаційним ресурсом.

3. Вимоги до системи управління контентом (Content Management System - CMS) - використовуються для управління зовнішнім виглядом сайту та його змістом і повинна відповіді.

Висновки

За результатами даного дослідження і перспективи подальшого його впровадження у даному напрямі, підхід оцінки якості маркетингових комунікацій освітніх сайтів також дає можливість визначити, якою мірою сайт вишу відповідає завданням Інтернет-маркетингу.

Наскільки організований комунікативний процес на освітньому сайті буде досягати своїх цілей і сприятливо сприйматися контактною аудиторією і відображати позиції вишів конкурентів.

Використання високотехнологічних комунікацій дозволяє корінним чином змінити весь простір вищої освіти, так як змушує керівників вишів переглянути ставлення до систем інформації та їх прозорості, що не тільки дозволяє більш чітко визначити цільових користувачів (абітурієнти та батьки, роботодавці, студенти, викладачі), але і оптимізувати механізми державного та громадського контролю за розвитком системи вищої освіти.

Список літератури

1. Павленко И. Г. Подходы к определению экономической сущности понятия «эффективность» / И. Г. Павленко // Экономика и управление. – 2006. – №1. – С. 35–38.
2. Вебометричний рейтинг університетів світу [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://www.webometrics.info/en/Best Practices](http://www.webometrics.info/en/Best_Practices)
3. Ромат Є.В. Реклама: [учебник для вузов] / Є.В.Ромат. – [7-е изд.]. – СПб : Питер, 2008.
4. Котлер Ф. Маркетинг-менеджмент / Ф.Котлер. – [11-е изд.]. – СПб :Питер, 2004.
5. Бублик М. І. Інформаційні системи в маркетингу. Конспект лекцій. – Львів: В-во ЛДІНТУ, 2007.-162с.
6. Блэк С. Паблик рилейшенз. Что это такое? - М., 1990. - С 13.
7. Катлип С., Сентер А., Брум Г. Паблик рилейшенз: теория и практика. - М., СПб, Киев, 2000.- С. 25.
8. Котлер Ф. Основы маркетинга / Ф.Котлер. - М.: Ростинтер, 1996. — С. 9.

Надійшла до редколегії 2.03.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. К.С. Козелкова, Державний університет телекомунікацій, Київ.

АНАЛИЗ МАРКЕТИНГОВЫХ КРИТЕРИЕВ ОПТИМИЗАЦИИ САЙТОВ ДЛЯ ПОИСКОВЫХ СИСТЕМ

В.В. Берковский, Н.Н. Бологова

В статье рассматриваются современные подходы к маркетинговому анализу web-ресурсов в системе высшего образования. А также критерии и параметры, соблюдение в процессе разработки, создания и ведения сайта, позволяют сделать его работу наиболее эффективной. Обоснованно необходимости присутствия образовательных учреждений в сети Интернет и использования ими PR-технологий.

Ключевые слова: электронный ресурс, образовательные услуги, маркетинговый анализ, политика коммуникаций, дизайн Web-сайтов, юзабилити, web-технологии.

ANALYSIS OF MARKETING CRITERIA OF OPTIMIZATION OF THE WEBSITES FOR SEARCH ENGINES

V.V. Berkovsky, N.M. Bolohova

The article describes the modern approach to marketing analysis of web-resources in higher education. As well as the criteria and parameters, compliance with the design, creation and maintenance of the site, allow us to work more efficiently. Reasonably necessary presence of educational institutions in the Internet and the use of PR-technologies.

Keywords: web-site, educational services, market analysis, marketing communications, Web-site design, usability, web-technology.

УДК 004.732.056

С.Ю. Гавриленко, С.А. Володін

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків

АНАЛІЗ АНОМАЛІЙ ТРАФІКУ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ КОНТРОЛЬНИХ КАРТ

В роботі досліджено можливість використання контрольних карт ЕМВА та КУСУМ для аналізу аномалій трафіку комп'ютерної системи. Розроблені адаптивні шаблони фіксації аномальної поведінки комп'ютерної системи. Проведені дослідження показали працездатність системи в умовах як короткострокової так і довгострокової DOS-атаки.

Ключові слова: контрольні карти ЕМВА, контрольні карти КУСУМ, комп'ютерні системи, аномалії трафіку.

Вступ

Постановка проблеми і аналіз літератури. Мережеві технології стали невід'ємною частиною життєдіяльності сучасного суспільства. Одною з причин, які впливають на ефективність роботи обчислювальної мережі є аномалії трафіку. Аномалії трафіку можуть бути викликані несправністю мережевого обладнання, випадковими чи навмисними діями зі сторони користувачів, невірною роботою програм, діями зловмисників та ін [1].

Одним із найпоширеніших методів нападу на комп'ютерну систему є DoS-атака – напад на комп'ютерну систему з наміром зробити комп'ютерні ресурси недоступними користувачам.

Найпоширенішим методом нападу є насичення атакowanego комп'ютера або мережевого устаткування великою кількістю зовнішніх запитів (DDoS атакою [2]. Таким чином атакowane устаткування не може відповісти користувачам, або відповідає настільки повільно, що стає фактично недоступним [3]. Особливістю даного виду комп'ютерного злочину є те, що зловмисники не ставлять метою незаконне проникнення до захищеної комп'ютерної системи з ціллю крадіжки чи знищення інформації. Вони блокують роботу серверу, а вже потім виставляють свої вимоги до власників. DDoS-атаки є одним із видів віртуального тероризму [4]. Аналіз літератури показав [1-6], що на даний момент існує безліч як апаратно-програмних засобів захисту, так і організаційних методів протистояння, але повністю захиститися від DDoS-атак на сьогоднішній день неможливо [3].

Відомо, що для виявлення аномалій в управлінні виробництвом, бізнес-процесами широко використовують статистичний контроль на основі контрольних карт [7-11]. Причина проста – це відносно доступний спосіб збору та аналізу даних в реальному часі, який, крім того, ще й дає можливість приймати, на основі отриманих результатів, негайні коригуючі і / або превентивні заходи. Контрольні карти мають ряд переваг. Зокрема, вони да-

ють можливість візуально визначити момент зміни процесу, створюють основу для поліпшення процесу, виявляють відмінності між випадковими і системними порушеннями в процесі, знижують втрати на рахунок запобігання появи дефектів.

Метою статті є дослідження аномалій трафіку комп'ютерної системи за допомогою контрольних карт на прикладі DDoS-атак.

Основна частина

Для проведення аналізу трафіку комп'ютерної системи на наявність помилок та аномалій було обрано карти ЕМВА (контрольна карта експоненціально-зваженого ковзного середнього) та КУСУМ-карти (контрольна карта накопичених сум).

КУСУМ-карти є одним з поширених статистичних методів виявлення зміни показника процесу та встановлення причин цієї зміни [8].

Значення кумулятивних сум C_i відкладають на осі де наступне спостереження призводить до різниці значення спостережуваної змінної і опорного значення. Значення різниць підсумовують, утворюючи кумулятивні суми C_i за формулою:

$$C_i = \sum_{j=1}^n (X_j - T), \quad (1)$$

де X_i – значення спостережуваної змінної; T – опорне (або цільове) значення; n – кількість спостережень; i – номер вибірки.

Опорне значення T встановлюють залежно від конкретної ситуації і від типу даних, з якими необхідно працювати. Найчастіше за T приймають цільовий рівень спостережуваної змінної (еталонне значення), або середній рівень показника змінної, розрахований по попередній серії даних, отриманій при роботі стабільного процесу.

EWMA (Exponentially Weighted Moving Averages) карта є графічним зображенням експоненціального зваженого ковзного середнього значення. Центральна лінія EWMA-карти розраховується як середнє арифметичне спостережуваної змінної (2):

$$\mu = \sum_{i=1}^n X_i / n, \quad (2)$$

де μ – значення центральної лінії, X_i – значення спостережуваної змінної, n – кількість спостережень.

Класичний розрахунок середньої лінії бере до уваги всі спостереження. Однак, в деяких випадках, для обчислення центральної лінії і лімітів, приймають тільки певну кількість останніх (або попередніх) результатів. Розрахункове значення карти обчислюють таким чином:

$$Z_i = \lambda X_i + (1 - \lambda) \cdot Z_{i-1}, \quad (3)$$

де Z_i – розрахункове значення, λ – фактор згладжування, X_i – спостережуване значення або середнє арифметичне групи спостережуваних значень (вибірки), а Z_{i-1} – попереднє розрахункове значення.

Наявність розрахункового значення передбачає відміну величин, що відкладаються на карті, від результатів спостережень. Проте, це значення тісно пов'язане зі спостереженням, а його відміну покликане згладити природну варіацію процесу. Розрахунок контрольних меж карти виконуються таким чином:

$$CL = \mu_{-}^{+} \frac{s}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\lambda}{2-\lambda} [1-(1-\lambda)^{2i}]}, \quad (4)$$

Однією з відмінних рис EWMA карт є їх гнучкість, що дає можливість використовувати їх для контролю різних процесів, аналізувати дані в випадках не рівних вибірок і т.д. Це вимагає від дослідника певних навичок і додаткових знань в області статистики [11]. При моніторингу та управлінні процесом карти КУСУМ та EWMA допомагають вирішувати два завдання [8]: виявлення значимих зрушень (змін) процесу за рахунок виходу за контрольні межі карти; - визначення точок їх виникнення.

Для проведення експерименту з урахуванням можливостей мови програмування C# була розроблена програмна модель проведення DoS-атаки. Для проведення аналізу було використано віртуальну машину за допомогою програми VirtualBox від компанії Oracle. В якості вхідних даних використовувалась загрузка мережевої карти (кількість запитів за секунду). Результати нормальної роботи системи наведені на рис. 1, 2. Як видно із рисунків значення загрузка мережевої карти комп'ютерної системи знаходиться в межах контрольних ліній. На рис. 3, 4 наведені результати короткострокової атаки. Атака тривала усього 2 секунди і розпочалася на 16 секундді. Контрольні карти це зафіксували: на 16-й секундді показник стрімко злетів вгору. Пік атаки зафіксовано на 17-й секундді. Після припинення DOS-атаки значення карти КУСУМ залишалось за межами контрольної лінії. Значення карти EWMA через деякий час повернулося в межі контрольних ліній.

Довгострокова атака, тривалістю 15 сек, розпочалася на 16 секундді. До початку атаки система функціонувала у штатному режимі (близько 500-700 запитів за секунду), після початку атаки кількість

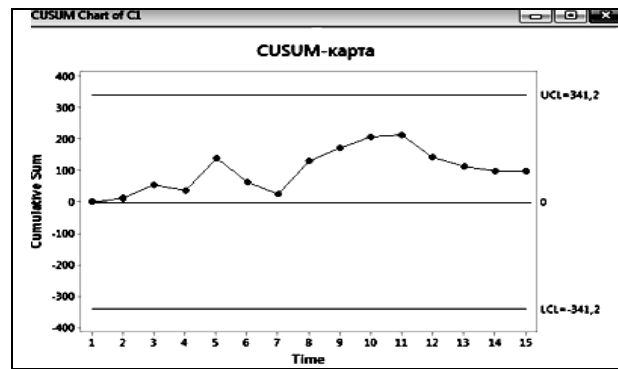


Рис. 1. КУСУМ карта для нормальної роботи системи

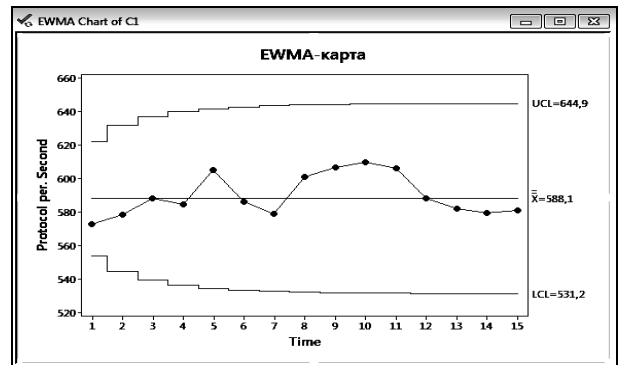


Рис. 2. EWMA карта для нормальної роботи системи

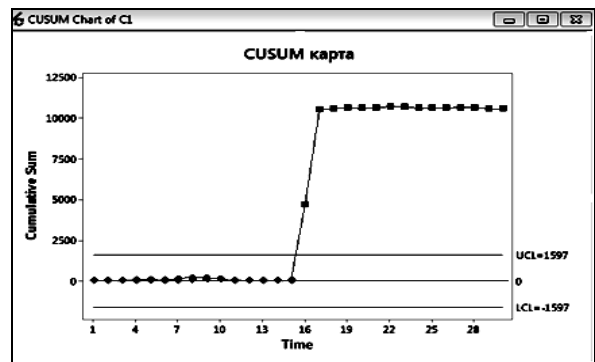


Рис. 3. КУСУМ карта при короткостроковій за часом атаці

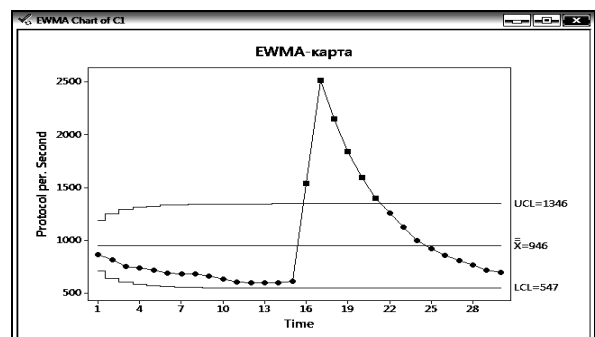


Рис. 4. EWMA-карта при короткостроковій за часом атаці

запитів зростає до 6500. Контрольні карти зафіксували вихід системи за контрольні межі. Результати атаки наведені на рис. 5, 6.

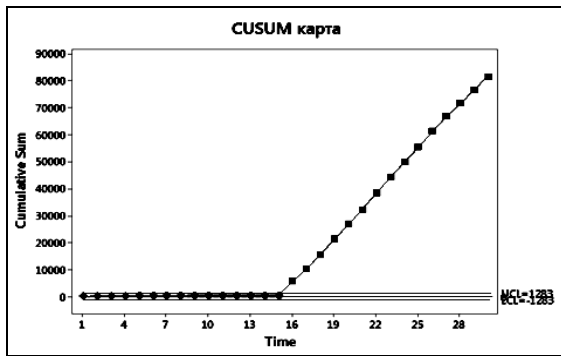


Рис. 5. КУСУМ карта при довгостроковій за часом атаці

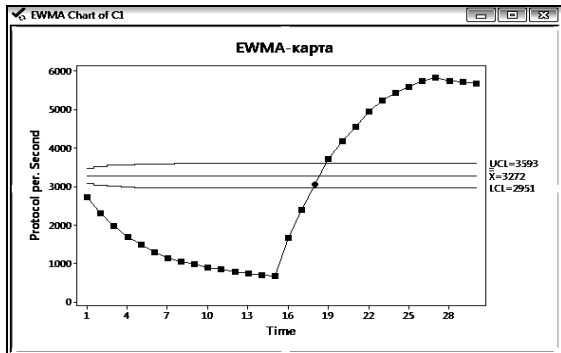


Рис. 6. Карта EWMA при довгостроковій за часом атаці

ВИСНОВКИ

В роботі досліджено можливість використання контрольних карт EMWA та КУСУМ для аналізу аномалій трафіку комп'ютерної системи. Для ідентифікації стану комп'ютерної системи в умовах DOS-атаки була розроблена імітаційна модель.

Експериментальні дослідження показали:

- короткострокова за часом DoS-атака на комп'ютерну систему призводить до виходу графіка за контрольні межі для карт КУСУМ та EMWA. Після закінчення короткострокової вірусної атаки графік повертається в межі для карти EMWA;
- довгострокова за часом DoS-атака на комп'ютерну систему призводить до виходу графіка за контрольні межі карт КУСУМ та EMWA та до змі-

ни кута нахилу графіка так званих «локальних середніх», що визначається за послідовним точкам для карт КУСУМ.

Отримані результати досліджень дозволяють зробити висновок про можливість використання розроблених шаблонів фіксації аномальної поведінки комп'ютерних систем на основі контрольних карт EMWA та КУСУМ в евристичних аналізаторах систем виявлення вторгнень в комп'ютерні системи.

Список літератури

1. Статистика глобальної мережевої активності [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://atlas.arbor.net/summary/attacks>.
2. Лукацкий А.В. Обнаружение атак / А.В. Лукацкий. – СПб.: ВХВ-Петербург, 2001. – 624 с.
3. Семенов. С.Г. Защита данных в компьютеризированных управляющих системах (монография) / С.Г. Семенов, В.В. Давыдов, С.Ю. Гавриленко. – «LAP LAMBERT ACADEMIC PUBLISHING» Германия, 2014. – 236 с.
4. DDoS and Security Reports: The Arbor Networks Security Blog. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.arbornetworks.com/>.
5. Сайт Лабораторії Касперського [Електр. ресурс]. – Режим доступу: <http://www.securelist.com/ru/analysis>.
6. Касперский К. Записки исследователя компьютерных вирусов. / К. Касперский. – СПб.: Питер, 2006. – 316 с.
7. Шелухин О.И. Обнаружение вторжений в компьютерные сети / О.И. Шелухин, Д.Ж. Сакалема, А.С. Филинова. – М.: Горячая линия-Телеком, 2013. – 220 с.
8. Общие сведения о картах кумулятивных сумм. [Электронный ресурс]. – Режим доступу: <http://www.uram.donetsk.ua/~masters/2011/fimm/merkulov/library/translate.htm/>
9. Карты контроля качества. [Электронный ресурс]. – Режим доступу: <http://www.statsoft.ru/home/textbook/modules/stquacon.html>.
10. Контрольные карты [Электронный ресурс]. – Режим доступу: <http://standartgost.ru/g/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2%D0%A0%D0%98%D0%A1...>
11. Контрольные карты экспоненциально взвешенного скользящего среднего. [Электронный ресурс]. – Режим доступу: <http://sixsigmaonline.ru/load/22-1-0-236>

.Надійшла до редколегії 26.02.2016

Рецензент: д-р техн. наук, с.н.с. С.Г. Семенов Національний технічний університет «ХПІ», Харків.

АНАЛИЗ АНОМАЛИЙ ТРАФИКА КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ

С.Ю. Гавриленко, С.А. Володин

В работе исследована возможность использования контрольных карт EMWA и КУСУМ для анализа аномалий трафика компьютерной системы. Разработаны адаптивные шаблоны фиксации аномального поведения компьютерной системы. Проведенные исследования показали работоспособность системы в условиях как краткосрочной так и долгосрочной DOS-атаки.

Ключевые слова: контрольные карты EMWA, контрольные карты КУСУМ, компьютерные системы, аномалии трафика.

AN ANALYSIS OF THE COMPUTER SYSTEM TRAFFIC ANOMALIES BASED ON CONTROL CARDS

S.Yu. Gavrilenko, S.A. Volodin

In this work are represented the possibility of using control card EMWA and CUSUM for analyzing traffic anomalies of computer system. The adaptive templates for the anomalous behavior of the computer system were developed. Studies have shown the system performance under both short-term and long-DOS-attack.

Keywords: control card EMWA, control cards CUSUM, computer systems, traffic anomalies.

УДК 004.056:004.738.5

Р.В. Гришук¹, К.В. Молодецька²¹ Житомирський військовий інститут імені С.П. Корольова, Житомир² Житомирський національний агроекологічний університет, Житомир

СПОСІБ СИНЕРГЕТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ПОВЕДІНКОЮ АКТОРІВ У СОЦІАЛЬНИХ ІНТЕРНЕТ-СЕРВІСАХ

На сучасному етапі соціальні інтернет-сервіси є не тільки прогресивним засобом комунікації, а й інструментом поширення недостовірного і упередженого контенту. З метою регуляризації нелінійних процесів взаємодії акторів, які виникають внаслідок впливу деструктивного контенту, і забезпечення стану керованості їх поведінкою запропоновано новий спосіб на основі концепції синергетичного управління. Розкрито сутність процесу вибору параметра порядку, який описує попит і пропозицію на контент. Показано, що синтез синергетичного управління дозволяє підвищити стійкість акторів віртуальних спільнот до контенту деструктивного змісту. Одержані в результаті експерименту дані дозволили підтвердити ефективність запропонованого способу.

Ключові слова: соціальні інтернет-сервіси, взаємодія акторів, нелінійний хаос, синергетичне управління, аттрактор.

Вступ

Сьогодні соціальні інтернет-сервіси (СІС) відіграють роль новітньої комунікаційної платформи між учасниками їх віртуальних спільнот яких, як показано в [1-4], прийнято називати акторами. Також з [1, 2] та інших джерел відомо, що різноманіття СІС відкриває перед акторами практично необмежені ні в часі, ні в просторі комунікативні можливості з обміну контентом для реалізації їх особистісних й групових інтересів. Але окрім усіх позитивних комунікаційних можливостей, які відкриваються перед акторами в СІС, останнім часом вони виступають й в ролі джерела загроз інформаційній безпеці. Так, при цілеспрямованому або випадковому поширенні акторами в СІС недостовірного та упередженого контенту виникають передумови для прихованого маніпулювання індивідуальною та масовою свідомістю суспільства та його окремих громадян [3-7]. При цьому такий контент, як правило, містить і деструктивну інформаційну компоненту, яка має на меті нарощування в суспільстві соціальної напруженості, поширення антидержавницьких настроїв, зародження стану хаосу та невпевненості у майбутньому [4, 6].

Геополітичний аналіз подій, які відбулися кількома останніми роками показав, що в їх перебігу не останню роль відіграють і СІС. Наприклад, починаючи з «Арабської весни», «Кольорових революцій», гібридної війни Російської Федерації проти України, а також міграційної кризи в Європейському Союзі СІС у той чи інший спосіб приховано використовуються деякими сторонами конфлікту для організації та координації своїх дій і проведення інших спеціальних заходів [9]. Вивчення специфіки організації віртуальних спільнот в СІС дозволяє стверджувати й те, що у віртуальному просторі під час поширення контенту створюються стійкі й адаптивні до переко-

нфігурації динамічні структури, що виконують роль каналів комунікації між акторами. Також очевидним є те, що ефективна інформаційна протидія не може ґрунтуватися на способах штучного перекриття таких каналів комунікації. Тому знаходження нових і ефективних способів виявлення, оцінювання та протидії деструктивним інформаційним посилам в СІС з метою убезпечення від непередбачуваних наслідків для людини, суспільства та держави є однією з актуальних проблем забезпечення інформаційної безпеки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо, що СІС є багаторівневою ієрархічною нелінійною динамічною системою управління [10-12]. У разі дії на таку систему зовнішніх збурень відбувається її перехід до стану детермінованого хаосу. Як відомо з [13-15] детермінований хаос характеризується надчутливістю до початкових умов і збурень системних параметрів. Виходячи саме з цієї властивості процес, що описує взаємодію акторів в СІС може переходити до одного з можливих стійких станів, що визначаються аттракторами. Тому знаходження таких аттракторів, а також розроблення відповідного способу управління поведінкою акторів у соціальних інтернет-сервісах за їх допомогою є предметом даного дослідження.

Системний аналіз процесів взаємодії акторів СІС показав [11, 12], що вона носить нелінійний характер. Як наслідок, управління взаємодією акторів має ряд особливостей [16]. Основними з них є: відсутність в СІС єдиного координуючого центру управління, відповідального за прийняття управлінських рішень; хаотична нелінійна та нестационарна природа процесів управління акторами в СІС; відкритий характер взаємодії акторів у віртуальних спільнотах в межах як одного, так і кількох СІС; дисипативна структура процесів взаємодії з різною фрактальною та топологічною розмірністю; здатність

акторів у віртуальних спільнотах СІС до самоорганізації тощо. При цьому остання з приведених особливостей має особливий характер, який потребує додаткового вивчення.

Відомо, що бажана поведінка системи з хаотичною динамікою досягається шляхом створення умов нерівноважності в системі при дії зовнішніх або внутрішніх управляючих впливів – регуляцій [13]. В якості зовнішніх регуляцій в СІС виступає контент, що споживається окремо взятим актором або віртуальною спільнотою. Внутрішні регуляції являють собою дії акторів, які призводять до генерування нового контенту. Як у першому, так і в другому випадках у СІС відбувається запуск процесів самоорганізації, що породжують прояв синергетичних ефектів.

В [16, 17] доведено, що використання концепції синергетичного управління поведінкою акторів у СІС забезпечує утворення в них нових організаційних структур – віртуальних спільнот у яких нелінійні процеси взаємодії ґрунтуються на явищі самоорганізації, а тому повністю узгоджуються з відомою природою соціальної взаємодії. При цьому задача синтезу синергетичного управління, що розв’язується, як результат забезпечує переведення системи до заданого стану інформаційної безпеки. Заданий стан інформаційної безпеки у даному випадку – це стан, якого досягає система при русі зображуючої точки в точку сплеску синергетичного ефекту. Тому при постановці завдання даного дослідження приймається припущення про те, що запропонована у [16] концепція поряд з теорією динамічного хаосу [15] складатиме його науковий базис.

Таким чином, **метою статті** є підвищення стійкості акторів у соціальних інтернет-сервісах до контенту різного змістовного забарвлення шляхом розроблення та практичного впровадження способу синергетичного управління поведінкою їх взаємодії.

Виклад основного матеріалу

Застосування концепції синергетичного управління взаємодією акторів СІС. Нехай відповідно до концепції [16] взаємодія акторів у СІС в формалізованому вигляді описується системою нелінійних диференціальних рівнянь загального вигляду:

$$\begin{cases} \frac{dx_i(t)}{dt} = f_i(x_1(t), \dots, x_\lambda(t), y_{\lambda+1}(t), \dots, y_\mu(t)); \\ \frac{dy_j(t)}{dt} = f_j(x_1(t), \dots, x_\lambda(t), y_{\lambda+1}(t), \dots, y_\mu(t), \\ u_1(t), \dots, u_\gamma(t)), \end{cases} \quad (1)$$

$$x_i(t_0) = x_i^0, \quad y_i(t_0) = y_i^0;$$

де $x_i(t)$, $y_j(t)$ – показники взаємодії акторів у СІС, $i = 1, 2, \dots, \lambda$, $j = \lambda + 1, \lambda + 2, \dots, \mu$; $u_\gamma(t)$ – синергетичне управління взаємодією акторів у СІС,

що реалізує зворотний зв’язок, $\gamma = 1, 2, \dots$;

$$x_i(t_0) = x_i^0, \quad y_i(t_0) = y_i^0 - \text{початкові умови.}$$

Модель (1) може в окремому випадку [18] бути зведена до вигляду:

$$\begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = ax - xy - bx^2; \\ \frac{dy(t)}{dt} = -cy + xy, \end{cases} \quad (2)$$

де $x(t)$ – процес, що описує попит акторів СІС на контент, що становить інтерес для досліджуваної віртуальної спільноти; $y(t)x(t)$ – процес, що описує пропозицію з надання контенту, що становить інтерес; a – показник зміни швидкості попиту акторів СІС на контент, що становить інтерес; b – показник зміни стану процесу конкуренції акторів у СІС на публікацію контенту аналогічного за сутністю та змістом; c – показник зміни швидкості пропозиції з надання акторам взаємодії в СІС контенту, що становить інтерес.

Формалізуємо задачу управління процесами в системі (2) з метою підтримання заданого рівня попиту акторів $x(t)$ у досліджуваній віртуальній спільноті СІС на контент який містить деструктивний інформаційний посил, шляхом регулювання швидкості поширення цього контенту. З цією метою синтезуємо деяке синергетичне управління пропозицією з надання такого контенту акторам.

Тоді система нелінійних диференціальних рівнянь (2) зведеться до вигляду

$$\begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = ax - xy - bx^2; \\ \frac{dy(t)}{dt} = -cy + xy + u(x, y), \end{cases} \quad (3)$$

де $u(x, y)$ – синергетичне управління взаємодією акторів у СІС, що реалізується через зворотний зв’язок.

Закон управління $u(x, y)$ синтезуємо на основі деякої макрозмінної $\psi_0(x, y) = 0$, що є параметром порядку [13-15] системи і визначатиме її динаміку в точці сплеску синергетичного ефекту. Для цього в структуру системи диференціальних рівнянь (3) введемо макрозмінну, яка враховує природні особливості взаємодії акторів СІС: зменшення рівня пропозиції контенту в СІС за рахунок регуляризації попиту і конкуренції акторів на публікацію контенту, аналогічного за змістом [2, 16].

Тоді макрозмінна $\psi_0(x, y)$ набуває вигляду [17, 19]

$$\psi_0(x, y) = y - \varepsilon_1 x - \varepsilon_2 x^2, \quad (4)$$

де ε_1 – коефіцієнт регуляризації попиту акторам СІС на публікацію контенту, аналогічного за змістом; ε_2 – коефіцієнт регуляризації конкуренції акторів СІС на публікацію аналогічного контенту.

Відповідно до розробленої концепції [16], для запуску в системі перехідних процесів за деякий час T_v , обрана макрозмінна (4) повинна задовольняти умові

$$T_v \frac{d\psi_v(t)}{dt} + \psi_v(t) = 0. \quad (5)$$

Після підстановки макрозмінної (4) в рівняння (5) та враховуючи початкову систему диференціальних рівнянь (3), отримаємо синергетичне управління вигляду

$$u(x, y) = cy - xy + (ax - xy - bx^2)(\varepsilon_1 + 2\varepsilon_2x) - \frac{1}{T_v}(y - \varepsilon_1x - \varepsilon_2x^2). \quad (6)$$

В результаті підстановки синтезованого управління (6) система нелінійних диференціальних рівнянь (3) приймає вигляд

$$\begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = ax - xy - bx^2; \\ \frac{dy(t)}{dt} = (ax - xy - bx^2)(\varepsilon_1 + 2\varepsilon_2x) - \frac{1}{T_v}\psi_v(t). \end{cases} \quad (7)$$

При виконанні нерівностей

$$a > 0, b > 0, \varepsilon_1 > 0, \varepsilon_2 > 0, \varepsilon_1 + \varepsilon_2x_\psi > 0$$

синтезована система нелінійних диференціальних рівнянь (3) володітиме властивістю асимптотичної стійкості відносно стану $x = 0, y = 0$ [16].

Таким чином, регуляризацию попиту акторів СІС $x(t)$ на контент реалізовано варіюванням параметрів ε_1 і ε_2 синтезованої системи (7) нелінійних диференціальних рівнянь. Керована система (7) з будь-якого хаотичного стану переходить в керований стан на атракторі $\psi_v(t) = 0$ вздовж якого відбувається її рух до точки сплеску синергетичного ефекту. У точці сплеску синергетичного ефекту досягається обмежений до заданого рівня попит акторів на поширюваний контент. При цьому реалізується редукція ступенів свободи нелінійної динамічної системи, що спрощує процес підтримання заданого рівня попиту акторів шляхом варіювання параметрів регуляризації попиту ε_1 і конкуренції акторів СІС на публікацію аналогічного контенту ε_2 . В окремих випадках підтримання бажаного рівня попиту акторів на контент в СІС досягається в результаті зміни тільки одного з параметрів синергетичного управління ε_1 чи ε_2 . Це, з одного боку, спрощує реалізацію управляючих впливів у СІС, а з іншого – забезпечує підвищення ефективності процесів управління взаємодією акторів у СІС.

Моделювання процесів синергетичного управління. BPMN-діаграма [20] процесу синергетичного управління поведінкою акторів віртуальних спільнот СІС, побудована засобами інтегрованого середовища *ARIS Express* наведена на рис. 1.

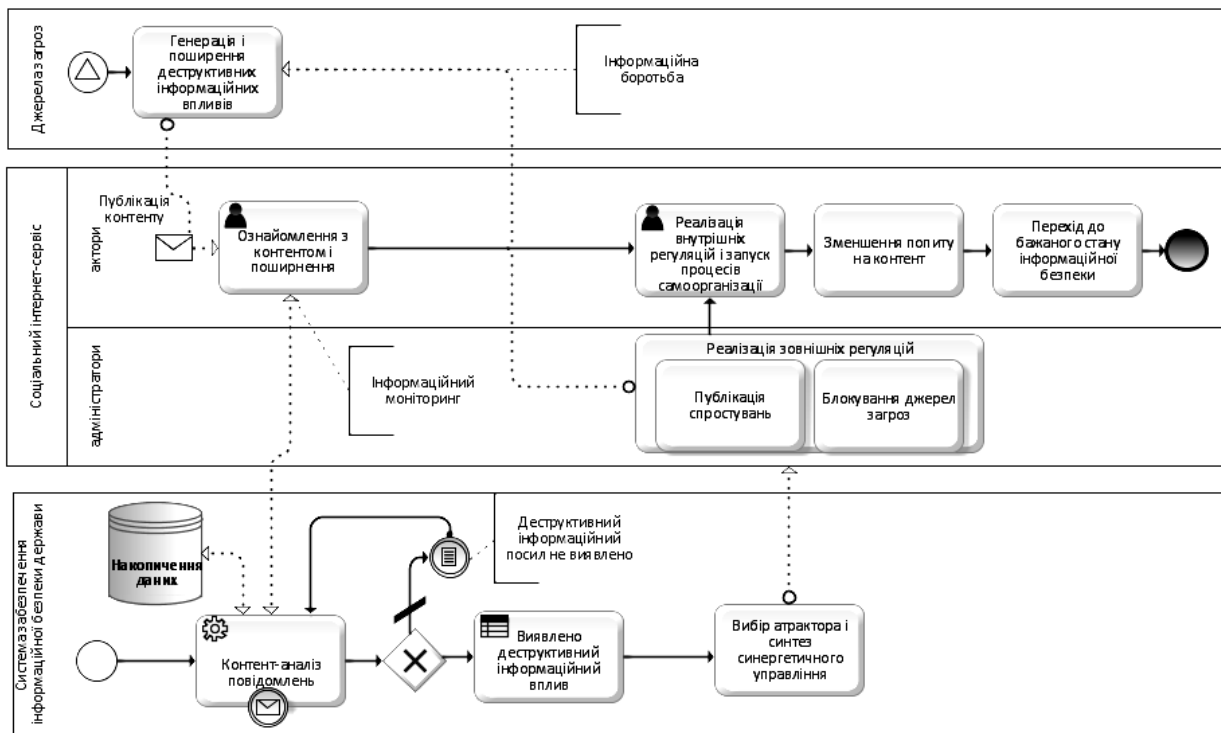


Рис. 1. BPMN-діаграма управління поведінкою акторів СІС

На рис. 1 подано три об'єкти процесів управління – система забезпечення інформаційної безпеки держави (СЗІБ), СІС і джерела загроз. При появі

умовної події запускається процес поширення джерелами загроз контенту, який містить деструктивні інформаційні посили. В результаті відбувається пу-

блікація і обговорення цього контенту акторами СІС. СЗІБ здійснює постійний моніторинг інформаційного середовища СІС шляхом контент-аналізу повідомлень з метою виявлення таких деструктивних інформаційних посилів. У разі успішного знаходження такого контенту СЗІБ генерує синергетичне управління для регуляризації поведінки акторів СІС на основі обраної макрозмінної. Практичну реалізацію синтезованого синергетичного управління виконують адміністратори СІС.

Така організація управління поведінкою акторів СІС забезпечить ефективний моніторинг інформаційного середовища і протидію загрозам інформаційній безпеці. В результаті таких дій штучно досягається виникнення процесів самоорганізації акторів віртуальних спільнот з подальшим переходом параметрів їх взаємодії до заданого стану інформаційної безпеки.

Експеримент. Наведемо приклад застосування способу синергетичного управління поведінкою акторів на прикладі реальних інформаційних акцій, що мали місце в СІС. Для цього засобами сервісу *YandexWordstat* проаналізовано кількість запитів акторів СІС на контент із семантичним ядром «мігранти згвалтували дівчинку» у період з 11 січня по 14 лютого 2016 р. (табл. 1). Досліджуваний деструктивний інформаційний посил поширювався у віртуальних спільнотах СІС і мав на меті викликати міжнародну ворожнечу на підґрунті конфлікту з мігрантами у Німеччині [21].

Таблиця 1

Попит акторів на контент «мігранти згвалтували дівчинку»

Період	Кількість запитів акторів СІС, тис.	Синергетично керований попит, тис.
11.01.16–17.01.16	0,345	0,345
18.01.16–24.01.16	0,370	0,234
25.01.16–31.01.16	0,273	0,148
01.02.16–07.02.16	0,111	0,103
08.02.16–14.02.16	0,063	0,065

Встановлено, що для даної інформаційної акції параметри системи диференціальних рівнянь (7) приймають наступні значення: показник зміни швидкості попиту акторів СІС на контент $a = 0,25$; показник зміни стану процесу конкуренції акторів у СІС на публікацію контенту $b = 0,3$. Для синергетично керованого зменшення попиту акторів СІС на контент використано модель макрозмінної (4) з такими значеннями параметрів: коефіцієнт регуляризації попиту акторам СІС на публікацію контенту $\epsilon_1 = 5,5$; коефіцієнт регуляризації конкуренції акторів СІС на публікацію аналогічного контенту $\epsilon_2 = 1$. У результаті виникнення процесів самоорганізації

акторів СІС синергетично керований попит на контент змінюється, як показано на рис. 2.

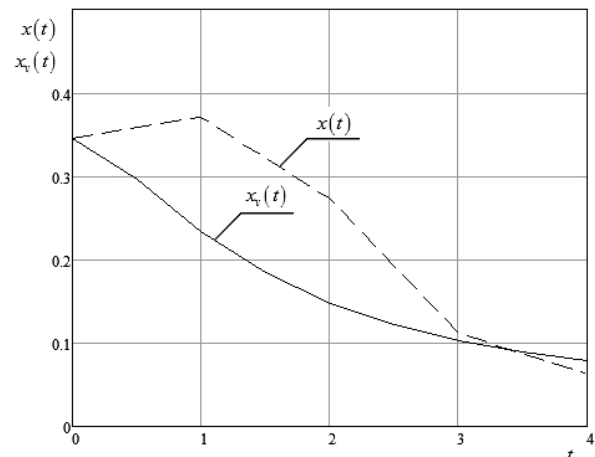


Рис. 2. Попит акторів СІС на контент із семантичним ядром «мігранти згвалтували дівчинку»: $x(t)$ – некерований, тис. запитів; $x_s(t)$ – синергетично керований попит, тис. запитів

Від моменту появи у СІС деструктивного інформаційного контенту попит на нього зростає перші два періоди, а потім повільно зменшувався. Для порівняння, синергетично керований попит на досліджуваний контент спадає за експоненціальним законом вдвічі швидше і є плавним процесом, що дозволяє уникнути хаотичної динаміки системи.

Отже, завдяки впровадженню концепції синергетичного управління поведінкою акторів в СІС досягається зменшення попиту акторів на контент, який містить деструктивні інформаційні посили (див. рис. 2). За такого підходу також вдається організувати ефективну інформаційну протидію деструктивним інформаційним посилам. Крім того, створюються умови, при яких відбувається прискорене протікання перехідних процесів в нелінійній динамічній системі при досягненні заданого стану інформаційної безпеки.

Висновки

Приведені в статті результати застосування синергетичного управління поведінкою акторів СІС дозволили підтвердити припущення про те, що синтезоване управління дозволяє враховувати природні особливості взаємодії у віртуальних спільнотах. Встановлено, що ефект регуляризації поведінки акторів СІС досягається варіюванням параметрів синергетичного управління, що реалізує перехід віртуальної спільноти до гарантовано стійкого стану інформаційної безпеки.

Список літератури

1. Missaoui R. *Social Network Analysis – Community Detection and Evolution* / R. Missaoui, I. Sarr. – Switzerland : Springer International Publishing, 2014. – 272 p.

2. Earl J. *Digitally Enabled Social Change: Activism in the Internet Age* / J. Earl, K. Kimport. – Cambridge : MIT, 2011. – 258 p.
3. Горбулін В. П. Інформаційні операції та безпека суспільства: загрози, протидія, моделювання : монографія / В. П. Горбулін, О. Г. Додонов, Д. В. Ланде. – К. : Інтертехнологія, 2009. – 164 с.
4. Молодецька К. В. Узагальнена класифікація загроз інформаційній безпеці держави в соціальних інтернет-сервісах / К. В. Молодецька // *Защита информации*. – 2016. – Вып. 23. – С. 75–87.
5. Гришук Р. В. Основи кібернетичної безпеки : монографія / Р. В. Гришук, Ю. Г. Даник; за заг. ред. проф. Ю. Г. Даника. – Ж. : ЖНАЕУ, 2016. – 636 с.
6. Morozov E. *The Net Delusion: The Dark Side of Internet Freedom* / Evgeny Morozov. – NY : PublicAffairs, 2012. – 448 p.
7. Гришук Р. В. Методика оцінювання рівня небезпеки кібернетичних загроз / Р. В. Гришук, С. В. Чернишук // *Сучасний захист інформації*. – 2013. – Спецвипуск. – С. 23–28.
8. Tufekci Z. *Social media and the decision to participate in political protest: observations from Tahrir Square* / Z. Tufekci, C. Wilson. // *J. Commun.* – 2012. – № 62(2). – PP. 363–379.
9. González-Bailón S. *Networked discontent: The anatomy of protest campaigns in social media* / S. González-Bailón, N. Wang // *Social Networks*. – 2016. – № 44. – PP. 95–104.
10. Barrett Ch. *Modeling and Simulation of Large Biological, Information and Socio-technical Systems: an Interaction Based Approach* / Ch. Barrett, S. Eubank, M. Marathe // *Interactive Computation : The new paradigm*; D. Goldin, S. Smolka, P. Wegner edition. – Springer Verlag, 2006. – PP. 353–392.
11. Wasserman, Stanley. *Social network analysis : Methods and applications* / Stanley Wasserman, Katherine Faust. – Cambridge : Cambridge university press, 1994. – 825 p.
12. Carrington P. J. *Models and Methods in Social Network Analysis* / P. J. Carrington, J. Scott, S. Wasserman. – Cambridge : Cambridge University Press, 2005. – 344 p.
13. Пригожин И. *Порядок из хаоса : Новый диалог человека с природой [пер. с англ.]* / И. Пригожин, И. Стенгерс ; под. общ. ред. В. И. Аршинова, Ю. Л. Климонтовича, Ю. В. Сачкова. – М. : Наука, 1984. – 432 с.
14. Хакен Г. *Синергетика. Иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах* / Г. Хакен. – М. : Мир, 1985. – 419 с.
15. Ott E. *Chaos in Dynamical Systems* / E. Ott. – Cambridge : Cambridge University Press, 2002. – 478 p.
16. Гришук Р. В. Концепція синергетичного управління процесами взаємодії агентів у соціальних інтернет-сервісах / Р. В. Гришук, К. В. Молодецька // *Безпека інформації*. – 2015. – Т. 21, ч. II. – С. 123–130.
17. Колесников А. А. *Синергетическое методы управления сложными системами : теория системного синтеза* / А. А. Колесников. – М. : Едиторал УРСС, 2005. – 228 с.
18. Молодецька К. В. Спосіб підтримання заданого рівня попиту акторів соціальних інтернет-сервісів на контент / К. В. Молодецька // *Радиоелектроніка, інформатика, управління*. – 2015. – № 4(35). – С. 113–117.
19. Молодецька К. В. Методика вибору аттрактора для управління динамікою процесів взаємодії акторів у соціальних інтернет-сервісах / К. В. Молодецька // *Інформаційна безпека*. – 2014. – № 3–4. – С. 146–151.
20. White S. *BPMN 2.0 Handbook Second Edition: Methods, Concepts, Case Studies and Standards in Business Process Management Notation* / S. White, C. Bock. – Future Strategies Inc., 2011. – 308 p.
21. Берлін закликає Москву припинити пропаганду навколо "звальнованої мігрантами російської дівчини" [Електронний ресурс] / Euronews. – Режим доступу : <http://ua.euronews.com/2016/01/27/germany-warns-russia-against-using-teen-rape-case-as-propaganda/> (дата звернення 15.09.2016). – Назва з екрану.

Надійшла до редколегії 16.02.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Г.А. Кучук, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

СПОСОБ СИНЕРГЕТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОВЕДЕНИЕМ АКТОРОВ В СОЦИАЛЬНЫХ ИНТЕРНЕТ-СЕРВИСАХ

Р.В. Гришук, К.В. Молодецкая

На современном этапе социальные интернет-сервисы являются не только прогрессивным средством коммуникации, но и инструментом распространения недостоверного и предвзятого контента. С целью регуляризации нелинейных процессов взаимодействия акторов, возникающих в результате воздействия деструктивного контента и обеспечение состояния управляемости их поведением предложен новый способ на основе концепции синергетического управления. Раскрыта сущность процесса выбора параметра порядка, который описывает спрос и предложение на контент. Показано, что синтез синергетического управления позволяет повысить устойчивость акторов виртуальных сообществ к контенту деструктивного содержания. Полученные в результате эксперимента данные позволили подтвердить эффективность предложенного способа.

Ключевые слова: социальные интернет-сервисы, взаимодействие акторов, нелинейный хаос, синергетическое управление, аттрактор.

METHOD SYNERGISTIC BEHAVIOR MANAGEMENT ACTORS IN THE SOCIAL NETWORKING SERVICES

R.V. Hryshchuk, K.V. Molodetska

At the present stage of social networking services are not only progressive means of communication, but also a tool for dissemination of false and biased content. For the purpose of regularization of nonlinear processes of interaction of actors, resulting from the impact of destructive content, and providing state of control their behavior suggested a new method based on the concept of synergetic management is presented. The essence of the process of selecting the order parameter that describes the supply and demand for content. It is shown that the synthesis synergetic control can increase the stability of virtual communities of actors. Obtained as a result of the experiment data allowed to confirm the effectiveness of the proposed method.

Keywords: social networking services, the interaction of actors, non-linear chaos, synergetic management, attractor.

REVIEW OF THE WAYS TO PROTECT COMPUTER NETWORKS FROM ATTACKS ON SECURITY

The results of the analysis of intrusion detection methods to computer networks are presented in this work, discussed their advantages and disadvantages. The mechanisms used in modern systems detect attacks and the uses of combinations were analyzed. Proposed the ways of improving the quality of protection and methods to overcome attempts.

Keywords: *security, protect computer networks.*

Introduction

One of the most widespread methods of attack is DoS-attack, which aims to make computer resources unavailable to users for whom the computer system was designed. If the attack occurs simultaneously with a large number of IP-addresses, then it is called a distributed (DDoS) [1 – 3]. The danger most of DDoS-attacks in their absolute transparency and normality, as if bug in the software can always be corrected, the total consumption of resources - a phenomenon almost everyday. They face many administrators when resource machine is not enough. If cut traffic and resources for everybody, it is possible to escape from DDoS, but at the same time lose most of the customers. There is actually no way out of this situation, but the consequences of DDoS-attacks and their effectiveness can be substantially lower due to the correct router, firewall and continuous analysis of anomalies in network traffic.

Static protective mechanisms, which include access control systems, authentication systems, in many cases, can not provide effective protection. Therefore dynamic methods to quickly identify and prevent security breaches are necessary. One of the technologies that can detect violations that can not be identified by traditional models of access control, identification technology is attack. In fact, this process is a process of evaluation of suspicious activity taking place in the corporate network. In other words, intrusion detection is the process of identifying and responding to suspicious activities aimed at computers or network resources.

The effectiveness of attack detection systems depends on the used methods of analysis of the information received. In the first intrusion detection system developed in the early 80s, used static methods. Currently, these methods added a number of new techniques, ranging from expert systems, fuzzy logic, and ending the use of neural networks.

Main material

The main advantage is the use of static methods already developed and proven system of mathematical statistics and adapting to the behavior of the subject. First, all of the analyzed system defined profiles. Any deviation from

the reference profile used by the unauthorized activity. Static methods are universal, because the analysis does not require knowledge of possible attacks and vulnerabilities that they use. However, using these techniques raises the following problems: 1) "Static" systems are not sensitive to the order of events in some cases the same events, depending on the order in which they follow can characterize abnormal or normal activities; 2) it's hard to put the limits monitored attack detection system, the characteristics to adequately identify anomalous activity; 3) "Static" systems can eventually be "trained" violators so that attacking actions were regarded as normal.

It should also be mind that static methods are not allowed in cases where the user no typical pattern of behavior typical or unauthorized actions.

Expert systems consist of a set of rules covering human expert knowledge. The use of expert systems is a common method of intrusion detection, in which information on the attack is formulated in the form of regulations. These rules can be written as a sequence of actions or signatures. In carrying out any of them a decision on the presence of unauthorized activity. An important advantage of this approach is the almost complete lack of false alarms. Database of the expert system should contain a scenario most currently known attacks. To remain constantly relevant, expert systems require constant updating databases. Although these systems and offer the opportunity to view the data in the log files required updates can either ignored or performed manually by the administrator. At a minimum, this leads to weakened expert system capabilities. In the worst case, lack of proper maintenance reduces the degree of security of the entire network by introducing its deceptive about the actual level of security. The main disadvantage is the inability to display unknown attacks. However, even a small change already known attacks can be a serious obstacle to the functioning of attack detection. Using neural networks are a way of overcoming these problems. Unlike previous systems neural network analyzes the data and provides an opportunity to assess whether the data are consistent with the characteristics that she trained to recognize. While the degree of compliance with network presentation may reach 100% reli-

ability choice depends entirely on the quality system in analyzing examples of the problem.

Originally neural network is trained on proper identification of pre-picked examples sample domain. Her reaction is analyzed and the system is configured so as to achieve the desired results. The neural network is dialed experience over time, as she analyzes data relating to its subject area. An important advantage of neural networks in detecting fraud is their ability to "learn" the characteristics of deliberate attacks and identify items that are not similar to those observed previously in the network. As each of the above described method have several advantages and disadvantages, almost hard to find a system that implements only one of the following methods. Typically, they are used together.

Also, the existing systems used a wide range of methods of response, which can be divided into three categories: message, preservation, active response.

A simple and widely used method is the message that is sending administrator security reports attack on console systems detect attacks that can be set not every employee is responsible for safety, in addition, these employees may be of interest, not all security events, so you need to use other mechanisms messages. These mechanisms may be sending messages via email, pager, fax or telephone. The category of "preservation" are: event log database and play attacks in real time. The first variant is widespread in other systems of protection. To implement the second option should miss attacking the network and fix all its actions for later playback administrator in real time all activities undertaken attacking, analyze successful attacks and prevent them in the future, and use the data collected in the review process.

Active response includes the following options: blocking of the attack, the attacker complete session node network management equipment and protective equipment. Active response, on the one hand, very efficient and on the other - requires precise use, because improper use can lead to abnormal function of the system.

The mechanisms used in modern systems detect attacks based on several common methods are not mutually excluded. Many systems use a combination. Yes, they are classified in three ways: 1) by way of response; 2) the method of detecting attacks; 3) the method of gathering information about the attack.

Conclusion

We will consider a more detailed classification of the method of gathering information at the network, host or application. The system at the network level (network-based) is the type of sniffer, monitoring traffic on the network and identifying possible actions of intruders. Such systems using typically attacks and signature analysis "on the fly", which is to monitor network traffic in real or near real time and using appropriate detection algorithms. The system-level host is designed for monitoring, detecting and responding to malicious action on a particular host. These systems analyze logs operating systems or applications. Generally, the analysis of the log is in addition to other methods of intrusion detection, including the detection of attacks "on the fly". Using this method allows for "debriefing" after it has been recorded attack in order to develop effective measures to prevent similar attacks in the future. Systems of this class can be divided into 3 groups: system-level application, system-level operating systems and system-level database management system. The system at the application level (application-based) is based on identifying attacks on specific applications, for example, Web-server. An example of such a system is Real Secure OS Sensor or Web Stalker Pro. The system-level operating system (OS-based) can detect attacks on the operating system level. An example of such a system is or Real Secure Server Sensor Intruder Alert. The system-level database management system (DBMS-based) makes it possible to identify attacks on specific database. Each of these types of attack detection system has its advantages and disadvantages. Hybrid system, which is a combination of different types of systems usually include the possibility of several categories.

References

1. Технологии обнаружения атак [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://yupn.ru/448/intrusion-detection-technologies>.
2. DoS-атака [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://uk.wikipedia.org/wiki/DoS-атака>.
3. Современные методы и средства сетевой защиты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.lghost.ru/lib/security/kurs6/theme03_chapter04.htm.

Надійшла до редколегії 1.02.2016

Рецензент: д-р техн. наук, с.н.с. С.Г. Семенов Національний технічний університет «ХПІ», Харків.

ОБЗОР СПОСОБОВ ЗАЩИТЫ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ ОТ АТАК НА БЕЗОПАСНОСТЬ

И.И. Енина, Ю.М. Пархоменко, В.В. Босько

В данной статье представлены результаты анализа методов обнаружения вторжений в компьютерные сети, рассмотрены их преимущества и недостатки. Проанализированы механизмы, используемые в современных системах обнаружения атак. Предложены пути повышения качества защиты и методов преодоления атак.

Ключевые слова: безопасность, защита компьютерных сетей.

ОГЛЯД СПОСОБОВ ЗАХИСТУ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ ВІД АТАК НА БЕЗПЕКУ

І.І. Єніна, Ю.М. Пархоменко, В.В. Босько

У даній статті представлені результати аналізу методів виявлення вторгнень у комп'ютерні мережі, розглянуті їх переваги та недоліки. Проаналізовано механізми, що використовуються в сучасних системах виявлення атак. Запропоновано шляхи підвищення якості захисту і методів подолання атак.

Ключові слова: безпека, захист комп'ютерних мереж.

UDC 004.023:004.421.2

I.V. Ilyina, N.Yu. Sheviakova

*The Kharkov National University of Air Forces of Ivan Kozheduba, Kharkov***RISK MANAGEMENT IN SOFTWARE DEVELOPMENT**

The article is analyzed the theoretical and methodological aspects and the allocation of the main risks related to software development. In the article is deals the main risk management techniques for identification, minimization and risk prevention were considered.

Keywords: *RMMM, software development, budget and staff estimation, risk management, project, software risk management model.*

Introduction

Despite the steady and significant progress observed in the software industry over the last decades, it must be recognized that development of software in a set terms with a given quality and with a given budget still causes many significant problem. Thus, about two-thirds of the total number of software projects are now either completely fail, or are not completed on time or did not realize initially planned functionality. Research clearly shows the complex nature of the problem, the solution to which requires the same comprehensive approach. Software engineering explores ways of effective software development with specific functionality and within acceptable time and budget [1].

Webster defines "risk" as "the possibility of loss or injury." This definition can be translated into the fundamental concept of risk management: the concept of Risk Exposure (RE), sometimes also called risk impact. Risk Exposure is defined by the relationship.

$$RE = \text{Prob}(\text{UO}) \times \text{Loss}(\text{UO})$$

where Prob(UO) is the probability of an unsatisfactory outcome.

Loss(UO) is the loss to the parties affected if the outcome is unsatisfactory [2].

The classification of risks is a way of systematic identification of risks and providing the basis for their awareness, understanding and action against them. Each project has its own structure but there are some categories that are common to many projects.

Types of risk in Software Projects

Table 1

Categories of risks	Characteristics of risks
Schedule Risk	<ul style="list-style-type: none"> – Wrong time estimation – Resources are not tracked properly (staff, systems, skills of individuals etc) – Failure to identify complex functionalities and time required to develop those functionalities – Unexpected project scope expansions
Budget Risk	<ul style="list-style-type: none"> – Wrong budget estimation – Cost overruns Project scope expansion
Technical risks	<ul style="list-style-type: none"> – Continuous changing requirements – No advanced technology available or the existing technology is in initial stages – Product is complex to implement – Difficult project modules integration
Operational Risks	<ul style="list-style-type: none"> – Failure to address priority conflicts – Failure to resolve the responsibilities – Insufficient resources – No proper subject training – No resource planning – No communication in team
Programmatic Risks	<ul style="list-style-type: none"> – Running out of fund – Market development – Changing customer product strategy and priority – Government rule changes

Main material

The study of theoretical issues related to risk management is an actual scientific and practical task. At the same time, risk classification and analysis of their causes has significant impact along with the study of essence, main characteristics and functions of risk. Risks can be classified into three groups: predictable, unpredictable and inherent risks [5].

Unpredictable risks are risks occurrence and reliable information of which cannot be estimated and forecast. Also, such circumstances can be called force majeure.

Predictable risks are risk occurrence and reliable information on which to assess and predict a poor accuracy. Such risks include changing consumer demands, or from the past experience of the project (for example, in the past, the product was 500 bugs)

Inherent risks are risks, which can be detected after a thorough evaluation of the current project plan, the business and technical environment or other reliable sources of information (e.g. the new OS release date).

There are several models available for risk management. The recommended model was developed by the Software Engineering Institute [3] and is shown in Fig. 1.

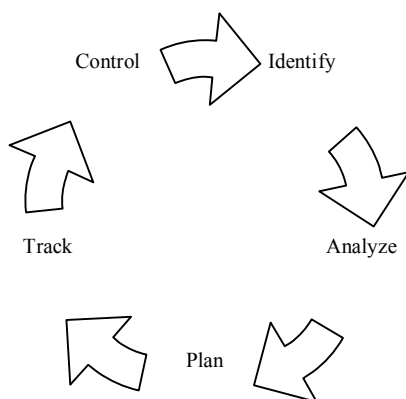


Fig. 1. Software Risk Management Model

This model may be tailored to be consistent with existing site project management processes. In all phases of a project, risks should be assessed continuously and used for decision-making. This model identifies the fundamental risk management functions that must be taken to effectively manage risk: identify, analyze, plan, track, control.

Accordingly, the first step in the chain is identification. Search for and locate risks before they become problems adversely affecting the project. The next step is to analyze risks and process this data into decision-making information. One of the most important steps is a plan. A plan can be written by translating risk information into decisions and actions and

implementing those actions. After plan has been created, the risk indicators and actions taken against risks must be monitored.

The last but not the last step is control. Correct for deviations from planned risk actions. Communication is essential part in software risk management model. It provides visibility and feedback data internal and external to your program on current and emerging risk activities [4].

Identification of risks [6] is recommended to perform using checklists technique, analysis of decisions and resolve problems. Risks occur due to the uncertainty or lack of knowledge regarding all possible future events in the life cycle and in the software operation.

These events can be classified into favorable and unfavorable for the development and use of software in the future. Software development project plan is a prepared forecast of scheduled events. A large number of events can occur throughout the project life cycle, not included in this plan, the composition of which must be minimized.

Analysis of identified risks can be performed using simulation performance and value dimensions, analysis of network capacity (decisions and the factors affecting the quality). Simulation of performance and resource costs allows the project manager on the basis of variables that reflect the characteristics of performance and cost dimensions form a scenario on the basis of "what if."

The values of these variables are evaluated on the basis of ideas inherent in original domain, where we investigate the problem[7]. The analysis of qualitative factors, as well as the range of solutions allows the team to get the project developers enhanced representation of the project information, which is being developed in the analysis of problems in carrying out the identification of risk.

When all risks have been identified, they will then be evaluated to determine their probability of occurrence, and how they will be affected if they do occur. Plans will then be made to avoid each risk, to track each risk to determine if it is more or less likely to occur, and to plan for those risks should they occur. It is the organization's responsibility to perform risk mitigation, monitoring, and management in order to produce a quality product [8]. The quicker the risks can be identified and avoided, the smaller the chances of having to face that particular risk's consequence. The fewer consequences suffered as a result of good RMMM plan, the better the product and the smoother the development process.

RMMM stands for Risk Mitigation, Monitoring, and Management. Risk reduction (prevention) is the basic strategy and is achieved through the action plan. While risk monitoring, project manager controls the

factors that can give an idea that can become more or less probable risk.

Risk management and planning requires additional costs for preventing RMMM failure [9]. Each member of the organization will undertake risk management. The development team will consistently be monitoring their progress and project status as to identify present and future risks as quickly and accurately as possible.

With this said, the members who are not directly involved with the implementation of the product will also need to keep their eyes open for any possible risks that the development team did not spot. The responsibility of risk management falls on each member of the organization.

Conclusion

The problem of research and reduction of the risks of software operation in the development and life cycle arisen and develops as a result of increasing diversity, the complexity of tasks and responsibilities of their use.

Risk management is the process of devising ways and defining actions to increase opportunities and reduce threats to a project. This process begins after the qualitative and quantitative analysis of risks. In order to simplify, the risk management process is the list of potential risks, estimated the probability of their occurrence and the potential consequences for the project.

This article describes five main categories of risks such as : schedule risks, technical risks, budget risks, operational risks and programmatic risks. The table with characteristic of these risks and problems from real software problems was built . All risks can be divided into three groups predictable, unpredictable and inherent risks.

The probability models of completion of the project evaluation period, which allows to implement the risk assessment in the early stages of the project reduce dependence on expert evaluations.

The use of the model makes it possible to more accurately predict the duration of the project and in the early stages.

References

1. *The Standish Group. Charting the Seas of Information Technology / The Standish Group. - Dennis, MA: The Standish Group, 2007. – P. 32.*
2. *J. Rothfeder, It's Late, Costly, and Incompetent - But Try Firing a Computer System, Business Week, November 7, 1988. – P. 164 -165.*
3. *Van Scoy, Roger L. Software Development Risk: Opportunity, Not Problem, CMU/SEI-92-TR-030, ADA258743. Pittsburgh, Pa.: Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, 1992.*
4. *Carr, Marvin et al, Taxonomy-Based Risk Identification, CMU/SEI-93-TR-006. Pittsburgh, Pa.: Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, June 1993.*
5. *Дорохина, Е.Ю. Риски проектов: теория и практика управления // Вестн. Рос. экон. акад. – М., 2009. – N 6. – С. 86-93.*
6. *Казанцев Л.К. Основы инновационного менеджмента: теория и практика./ Л. Казанцев, Л. Миндель. – Экономика, 2007.*
7. *Глуценко В.В. Оценка и анализ финансовых рисков // Генеральный директор. — №9 – 2007. – С. 15-17.*
8. *Karl E. Wieger, Know Your Enemy: Software Risk Management, 1998. – P. 33-34.*
9. *Steve McConnell Software Estimation: Demystifying the Black Art (Developer Best Practices) // Microsoft Press; 1 edition (March 1, 2006), – P. 106.*

Надійшла до редколегії 19.02.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.О. Можаяв, Національний технічний університет «ХПІ», Харків.

УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ В РОЗРОБЦІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

І.В. Ільїна, Н.Ю. Шевякова

Стаття присвячена аналізу теоретичних і методологічних положень та виділенню головних ризиків, пов'язаних з розробкою програмного забезпечення. В статті були розглянуті методи управління ризиками, які спрямовані на виявлення, мінімізацію або повне запобігання виникнення ризику.

Ключові слова: РМММ, розробка програмного забезпечення, оцінка бюджету і персоналу, управління ризиками, проект, модель управління ризиками програмного забезпечення.

УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ В РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

И.В. Ильина, Н.Ю. Шевякова

Статья посвящена анализу теоретических и методологических положений и определению основных рисков, связанных с разработкой программного обеспечения. В статье были рассмотрены методы управления рискам, направленные на выявление, минимизацию или полное предотвращение возникновения риска.

Ключевые слова: РМММ, разработка программного обеспечения, оценка бюджета и персонала, управление рисками, проект, модель управления рискам программного обеспечения.

УДК 004.023

А.Р. Карапетян

Черкаський державний технологічний університет, Черкаси

ЕВОЛЮЦІЙНІ МЕТОДИ В ЗАДАЧАХ АДАПТИВНОЇ МАРШРУТИЗАЦІЇ ДАНИХ

В статті представлені існуючі методи застосування моделей, побудованих на основі нейронної мережі Хопфілда та генетичних алгоритмів, для визначення оптимального маршруту. Розглянуто можливість використання еволюційних методів. Проаналізовано обчислювальну складність при використанні функції енергії для активації нейронної мережі та генетичного алгоритму в мережах з адаптивною маршрутизацією.

Ключові слова: методи маршрутизація, адаптивна маршрутизація, багатокритеріальна оптимізація, нейронні мережі, генетичний алгоритм.

Вступ

Постановка проблеми. Інтенсивне зростання складності комп'ютерних мереж вимагає розробки паралельних алгоритмів маршрутизації для визначення маршрутів передачі даних у мережі, які характеризуються максимальною пропускною здатністю, або мінімальним часом затримки. Через складну структуру сучасних комп'ютерних мереж, задача маршрутизації не вирішується повною мірою. У більшості випадків це пов'язано з маршрутизаторами, які не спроможні підтримувати таблиці маршрутизації і обирати оптимальний маршрут для даного класу трафіку. Задачі планування роботи мережевих пристроїв та вибору маршруту відносять до класу комбінаторно-оптимізаційних задач, для яких не можна знайти прості аналітичні розв'язки. Досягти рівня адекватності математичного опису мережі можливо лише в рамках моделей, що враховують особливості динамічного функціонування системи. Обчислювальні затрати на розв'язання таких задач експоненційно зростають із ростом розмірності оброблюваних графів. Тому виникає актуальна необхідність формування нових підходів та алгоритмів розв'язання задач пошуку оптимальних шляхів з багатьма критеріями, одним із яких є еволюційні методи.

Аналіз публікацій і досліджень. До недавнього часу теорія телетрафіку забезпечувала теоретичну базу для проектування і моделювання систем розподілу інформаційних потоків, що отримала свій розвиток в роботах ряду авторів: Л. Клейнрока, Г.П. Башарина та ін. [3]. Стационарний пуассонівський потік, відповідний для мереж з комутацією каналів є найбільш поширеною моделлю потоку викликів в теорії телетрафіку. У роботах зарубіжних дослідників (W. Leland, D. Wilson, I. Noros) стверджується, що трафік в мережах з комутацією пакетів має так звану властивість «самоподібності» [1]. У результаті, теоретичні розрахунки характеристик сучасних систем розподілу інформації за класични-

ми формулами дають некоректні результати щодо довжин черг і часу затримок пакетів [2].

Таким чином, розробка моделей і алгоритмів маршрутизації, які зможуть враховувати завантаженість ліній і «самоподібність» трафіку є актуальною.

Метою даної роботи є аналіз існуючих методів маршрутизації та дослідження ефективності використання мережних ресурсів у розподілених мережах за допомогою еволюційних алгоритмів.

Основний матеріал

Особливості адаптивної маршрутизації в порівнянні із статичною або динамічною:

- алгоритми адаптивної маршрутизації вимагають обліку і обробки поточної інформації про реальний стан мережі;
- передача інформації про поточний стан або структурні зміни в мережі, необхідної для адаптивної маршрутизації, додатково завантажує мережу та призводить до затримок;
- збільшення завантаження мережі і часу затримки може призвести до коливань або автоколивань і до збільшення кількості операцій при визначенні оптимального маршруту.

Задачу керування потоками даних можна розв'язувати за допомогою методів оптимізації процесів маршрутизації з використанням нейромережевих технологій. Нейронні мережі (НМ) є ефективною обчислювальною моделлю апроксимування функцій будь-якої складності, що ґрунтується на неповній інформації.

В якості математичної моделі статичної комп'ютерної мережі, комунікаційні характеристики якої не змінюються з часом, розглядатимемо граф

$$G = G(V, E(V)), \quad (1)$$

де V – множина вузлів; E – впорядкована множина направлених дуг.

Визначимо набір параметрів, що характеризують комунікаційні можливості мережі. Розглянемо множину пар вузлів граф G виду

$$D_0 = \{(s,d) | s,d \in V, s \neq d\}, \quad (2)$$

де перший елемент пари є вузлом-джерелом необхідних даних, а другий — вузлом-одержувачем запитаних даних.

Побудуємо нейронну мережу для даної моделі.

Розглянемо оптимізаційне завдання:

$$F \rightarrow \min \quad (3)$$

при таких обмеженнях:

$$\Gamma^T x = \Phi, \quad x \geq 0. \quad (4)$$

Дана задача має принаймні один розв'язок при виконанні наступних умов:

1. Середня вартість маршруту визначається як сума вартостей навантажень на його ребра (канали зв'язків), тобто

$$T_p = \sum_{l \in E(V)} \delta_{lp} T_l(p_l).$$

2. Для будь-якого ребра $l \in E(V)$ справедливим є

$$T_l: [0, \infty) \rightarrow [0, \infty] \text{ и } T_l(0) < \infty.$$

3. Для кожного ребра $l \in E(V)$ функція $T_l(p_l)$ опукла та або строго монотонно зростає на інтервалі, де $T_l(p_l) < \infty$, або $T_l(p_l) = \text{const}$.

4. Функція $T_l(p_l)$ безперервна на всій області визначення, причому на інтервалі, де $T_l(p_l) < \infty$, вона неперервно диференційовна.

Для всіх розв'язків значення вектору розподілу навантажень p будуть одними і тими ж.

Розглянемо систему:

$$F = \sum_{p \in \Pi} \frac{x_p}{\Phi(D)} T_p = \frac{1}{\Phi(D)} \sum_{l \in E(V)} \rho_l T_l(p_l). \quad (5)$$

Оскільки для конкретної множини $D \subset D_0$ значенням функції Φ_D є додатня константа, то

$$F\Phi_D = \sum_{l \in E(V)} \rho_l T_l(p_l) \quad (6)$$

Введемо матрицю T виду

$$\Delta = \begin{pmatrix} \delta_{11} & \delta_{12} & \dots \\ \delta_{21} & \delta_{22} & \dots \\ \vdots & \vdots & \ddots \end{pmatrix} \quad (7)$$

де δ_{ij} — частка інтенсивності інформаційного потоку X_j .

Оскільки $\rho_l = \rho_l(x)$, то завдання (3) – (4) можна переформулювати таким чином:

$$F\Phi_D \rightarrow \min \quad (8)$$

при обмеженнях:

$$\Gamma^T x = \Phi; \Delta x = \rho; x \geq 0 \quad (9)$$

Як можливі розв'язки задач (8), (9) шукатимемо вектори (ρ, x) за умови, що $0 < \rho < 1$ та $0 < x < 1$.

Побудуємо енергетичну функцію $E=E(\rho, x)$ для НМ, таку щоб вона була квадратичною формою від (ρ, x) . Спочатку розглянемо функцію E_0 :

$$E_0 = \frac{\alpha_{11}}{2} \left(\sum_{l \in E(V)} \rho_l T_l(p_l) \right)^2 + \sum_{d \in D} \frac{\alpha_{2d}}{2} \left(\sum_{p \in \Pi} \gamma_{pd} x_p - \phi_d \right)^2 + \sum_{l \in E(V)} \frac{\alpha_{2l}}{2} \left(\sum_{p \in \Pi} \delta_{lp} x_p - \rho_l \right)^2, \quad (10)$$

де α_{ij} – деякі додатні константи, причому α_{ij} – достатньо мале число. Проте E_0 не є квадратичною формою, оскільки в першій сумі присутні нелінійні елементи $T_l(p_l)$.

Замінімо першу суму в (10) на квадрат лінійної комбінації p . одержимо наступну енергетичну функцію:

$$E_0 = \frac{\alpha_{11}}{2} \left(\sum_{l \in E(V)} \rho_l T_l(p_l) \right)^2 + \sum_{d \in D} \frac{\alpha_{2d}}{2} \left(\sum_{p \in \Pi} \gamma_{pd} x_p - \phi_d \right)^2 + \sum_{l \in E(V)} \frac{\alpha_{2l}}{2} \left(\sum_{p \in \Pi} \delta_{lp} x_p - \rho_l \right)^2, \quad (11)$$

де параметри $c_l \geq 0$ і достатньо малі.

Заміна (10) на (11) допустима, оскільки для двох строго зростаючих функцій з однаковими областями визначення екстремуми досяжні в однакових точках.

Таким чином, синтезована модель НМ, що складається з $|E| + |\Pi|$ нейронів, де Π – впорядкована множина всіх маршрутів для всіх пар вузлів, а E – множина ребер графа відповідної КМ. Ця модель НМ орієнтована на централізовану схему маршрутизації [1].

Розглянемо завдання локальної оптимізації

$$\begin{aligned} (T(x) - \Gamma A(x))x &= 0; \\ T(x) - \Gamma A(x) &\geq 0; \\ \Gamma^T x - \varphi &= 0; x \geq 0, \end{aligned} \quad (12)$$

для розподіленої схеми маршрутизації. При виконанні умов 1-4 ця задача має, принаймні, один розв'язок. Розглянемо перше рівняння системи (12). Через другу і четверту нерівності системи одержимо, що для будь-якого x справедлива нерівність виду $(T(x) - \Gamma A(x))x \geq 0$.

Тому невід'ємна функція $(T(x) - \Gamma(x))x$ приймає нульові значення (з урахуванням решти обмежень) в точках можливих розв'язків нерівностей (12). Тобто точки мінімумів даної функції співпадають з розв'язками оптимізаційної задачі (12). Враховуючи (12) і те, що

$$T(x)x - \Gamma A(x)x = (F\Phi_D) - \Gamma A(x)x, \quad (13)$$

переформулюємо задачу (1.6) таким чином:

$$F\Phi_D - \Gamma A(x)x \rightarrow \min;$$

$$T(x) - \Gamma A(x) \geq 0; \quad \Gamma^T x - \varphi = 0; \quad x \geq 0. \quad (14)$$

Цю задачу можна звести до наступної:

$$F\Phi_D - \Gamma A(x)x \rightarrow \min;$$

$$T(x) - \Gamma A(x) - z = 0; \quad \Gamma^T x - \varphi = 0; \quad x \geq 0, z \geq 0. \quad (15)$$

Відмітимо, що $z_p = 0$, якщо

$$T_p(x) = (\Gamma A(x))_p.$$

Тому з урахуванням $x_p \geq 0$ і $z_p > 0$ одержимо, що

$$T_p(x) > (\Gamma A(x))_p \quad \text{і} \quad x_p = 0.$$

Побудуємо НМ, що розв'язує оптимізаційне завдання (15). Як можливі розв'язки шукатимемо вектори (x, z) , вражаючи, що $0 \leq x \leq 1$ і $0 \leq z \leq 1$.

З першої рівності в системі обмежень витікає, що

$$F\Phi_D - \Gamma A(x)x = zx.$$

Таким чином, енергетична функція E для НМ набуватиме наступного вигляду:

$$E = \alpha_{11} \left(\sum_{p \in \Pi} z_p x_p \right) + \sum_{d \in D} \frac{\alpha_{3d}}{2} \left(\sum_{p \in \Pi} \gamma_{pd} x_p - \phi_d \right)^2 + \sum_{l \in E(V)} \frac{\alpha_{2p}}{2} \left(T_p(x) - \sum_{p \in \Pi} \gamma_{pd} A_d - z_d \right)^2.$$

Модель НМ з енергетичною функцією (15) складається з $2 |\Pi|$ нейронів, де Π — впорядкована множина всіх маршрутів для всіх пар вузлів КМ. Ця НМ орієнтована на розв'язання задачі локальної оптимізації для розподіленої схеми маршрутизації.

Дослідження показали можливість застосування запропонованих модифікацій НМ для розв'язку завдань маршрутизації потоків даних як у статичних, так і у динамічних КМ. Недоліком запропонованого методу нейромережевої маршрутизації для розподіленої схеми є великий об'єм попередніх обчислень.

Розглянемо загальний випадок векторної багатокритеріальної задачі. Знайти

$$\min f(x) = [f_1(x), f_2(x), \dots, f_k(x)].$$

Тут $x = [x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n]^T$ — вектор розв'язків, $i = 1, 2, \dots, n$, n — кількість змінних; $x \in X$, де $X \subset \mathbb{R}^n$ — множина допустимих рішень; $f_j(x)$ — j -й критерій оцінювання, $j = 1, 2, \dots, k$. Вектор $f(x)$ називається критеріальним вектором, а $f(X) = Y \subset \mathbb{R}^k$ — множиною допустимих оцінок, де \mathbb{R}^k — критеріальний простір.

Оскільки багатокритеріальна оптимізація полягає в пошуку оптимального рішення, що задовольняє одночасно більш ніж одну цільову функцію, то

для знаходження компромісного рішення в багатокритеріальних моделях в теорії оптимізації введено поняття рішення оптимального за Парето, яке відоме також як покращене рішення або не домінуюче рішення. Формальне визначення Парето-оптимального рішення задачі сформульовано наступним чином:

Генетичні алгоритми добре зарекомендували себе в якості методик пошуку у багатьох областях практично при повній відсутності інформації про властивості цільової функції і обмежень. В різних дослідженнях було розроблено декілька методів і підходів використання генетичних алгоритмів для розв'язання багатокритеріальної оптимізації.

Розглянемо формалізовану задачу пошуку оптимального шляху на графі (1). В загальному випадку існує декілька вагових функцій $\omega_1, \dots, \omega_k : E \rightarrow \mathbb{R}$, кожна з яких відповідає певному критерію оптимізації.

Довільний шлях $p = v_i \rightarrow v_j$ складається з послідовності ребер $\langle v_i, v_1 \rangle, \dots, \langle v_k, v_j \rangle \in E$ і може бути представлений у вигляді послідовності вершин графа, що належать шляху.

Нехай індекс s відповідає початковій, а d — кінцевим вершинам шуканого шляху $p = v_i \rightarrow v_j$. Визначимо:

$$x_{i,j} = \begin{cases} 1, & \text{якщо ребро } (i, j) \text{ входить до шляху;} \\ 0 & \text{в іншому випадку.} \end{cases}$$

Нехай загальна кількість критеріїв оптимізації задачі k . За кожним критерієм можна обчислити певний функціонал (цільову фітнес-функцію), який відповідає якості шляху з точки зору алгоритму маршрутизації і визначається як:

$$C_m(p) = F_m(\omega_m(i, j), x_{i,j}), \quad m = 1 \dots k, (i, j) \in E.$$

Для адитивних характеристик шляху (затримка, довжина), що використовуються як метрики сучасних алгоритмів маршрутизації, F_m є сумою значень вагової функції ребер, які входять до шляху p . Для неадитивних характеристик шляху (пропускна спроможність, надійність, навантаження) функціонал F_m є складною функцією від багатьох параметрів і може враховувати не тільки стан з'єднань, але й стан маршрутизаторів мережі, зміну середовища передачі даних та ін.

Позначимо множину всіх можливих шляхів між вершинами v_s та v_d як P . В загальному випадку задача про найкоротший шлях між двома визначеними вершинами в графі з багатьма критеріями може бути сформульована таким чином:

$$\min_P C_m(p) = F_m(\omega_m(i, j), x_{i,j}), \quad m = 1 \dots k, (i, j) \in E, \quad (16)$$

$$\sum_{j=s, j \neq i}^d x_{i,j} - \sum_{j=s, j \neq i}^d x_{j,i} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } i = s, \\ -1, & \text{якщо } i = d, \\ 0 - \text{в іншому випадку,} \end{cases} \quad (17)$$

$$\sum_{j=s, j \neq i}^d x_{i,j} = \begin{cases} \leq 1, & \text{якщо } i \neq d; \\ 0, & \text{якщо } i = d. \end{cases} \quad (18)$$

Умови (17) та (18) вимагають, щоб шуканий шлях не містив циклів. Умова (16) вимагає, щоб цільова функція за кожним критерієм оптимізації по всіх можливих шляхах $p = v_s \rightarrow v_d \in P$ досягала найменшого значення на шуканому шляху.

До кожного покоління розв'язків (хромосом) застосовуються операції кросоверу та мутації. Імовірність застосування цих операцій до певної хромосоми в запропонованій моделі не залежить від пристосованості моделі і позначають P_c та P_m відповідно. У [5] було проведено генетичні операції кросоверу, мутації та відбору. Внаслідок операції кросоверу можливе формування шляхів, що містять цикли. Оскільки такі шляхи не задовольняють умову (17) задачі, їх необхідно відкинути і виключити з множини розв'язків. Тому після операції кросоверу всі хромосоми-нащадки підлягають перевірці на присутність циклів у відповідних їм шляхах на графі. Хромосоми, що не проходять перевірку, відкидаються і не приймають участі в операції відбору.

Як і при операції кросоверу, результат операції мутації також може не задовольняти умову (17) задачі. В цьому випадку, аналогічно попередньому, вводиться операція перевірки результату, а розв'язки, що містять цикли, відкидаються.

Для операції відбору було використано турнірний метод, що не має необхідності обрахунку функції пристосованості в цілому, що значно спрощує саму процедуру відбору.

Висновки

В роботі запропоновані нейромережі та генетичний алгоритм для розв'язання задачі оптимізації за багатьма параметрами, проведено теоретичні оцінки

складності, узагальнено задачу пошуку найкоротших шляхів на графі з кількома критеріями та сформовано підходи до її формалізації. На основі виконаних досліджень зроблено висновок, що еволюційні методи є досить потужним математичним інструментом і можуть з успіхом застосовуватися для розв'язання широкого класу прикладних задач.

Перспективним напрямком є використання генетичних алгоритмів оптимізації для створення сучасних протоколів маршрутизації, які враховують як характеристики мережевих з'єднань, так і обладнання. Сформовані підходи дозволяють значно спростити (а для деяких окремих випадків є єдиним варіантом) розв'язання задачі маршрутизації у складних комп'ютерних телекомунікаційних системах.

Список літератури

1. Hajek B., Sasaki G. Sceduling in Polynomial Time *IEEE Trans. Inform. Theory*. Sept. 1998. vol. 34, pp. 910-917.
2. Wieselthier J. E., Barnhart C. M., Ephermides A. A *Neural Networks Approach to Routing Without Interference in Multihop Networks IEEE Transactions on Comm.*, 1994, vol.42, no.1, pp166-1777.
3. Клейнрок Л. Коммуникационные сети. Стохастические потоки и задержки сообщений / Л. Клейнрок. – М.: Наука, 1970. – 255 с.
4. Колесніков К.В. Застосування нейронних мереж Хопфланда до задач адаптивної маршрутизації даних в телекомунікаціях / К.В. Колесніков, А.Р. Карапетян, О.В. Кравченко // *Автоматика-2010*. – Т. 2. – X.: ХНУРЕ, 2010. – С. 168-169.
5. Колесніков К.В. Генетичні алгоритми для задач багатокритеріальної оптимізації в мережах адаптивної маршрутизації даних / К.В. Колесніков, А.Р. Карапетян, Т.А. Царенко // *Вісник НТУ «ХП»*. – X.: НТУ «ХП», 2013. – Вип. 56 (1029). – С. 44-50.
6. Тимофеев А.В. Проблемы и методы адаптивного управления потоками данных в телекоммуникационных системах / А.В. Тимофеев // *Информатизация и связь*. – 2003. – № 1, 2. – С. 68-73.

Надійшла до редколегії 18.02.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.М. Рудницький, Черкаський державний технологічний університет, Черкаси.

ЭВОЛЮЦИОННЫЕ МЕТОДЫ В ЗАДАЧАХ АДАПТИВНОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ ДАННЫХ

А.Р. Карапетян

В статье представлены существующие методы применения моделей, построенных на основе нейронной сети и генетических алгоритмов для определения оптимального маршрута. Рассмотрена возможность использования эволюционных методов. Проанализирована вычислительная сложность при использовании функции энергии для активации нейронной сети и генетического алгоритма в сетях с адаптивной маршрутизацией.

Ключевые слова: методы маршрутизация, адаптивная маршрутизация, многокритериальная оптимизация, нейронные сети, генетический алгоритм.

EVOLUTIONARY METHODS IN NETWORKS WITH ADAPTIVE ROUTING OF DATA PACKETS

A.R. Karapetyan

In the article presented existing methods of application models based on neural network and genetic algorithms presented in the paper for applying. The possibility of using evolutionary methods. The computational complexity when using the activation energy for the neural network is analysed.

Keywords: routing, neural networks, adaptive routing, genetic algorithm, the search for an optimal path in the graph.

УДК 378.147: 621.391

В.Є. Козлов¹, Ю.В. Козлов², О.О. Новикова¹, В.Т. Оленченко¹¹ Національна академія Національної гвардії України, Харків² Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків

ЗАСТОСУВАННЯ НАУКОВО-МЕТОДИЧНОГО АПАРАТУ ПРОФЕСІЙНОГО ВІДБОРУ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УПРАВЛІННЯ КАДРАМИ

Розглянуто можливість використання перевіреного на практиці науково-методичного апарату професійного відбору для вирішення завдань оцінювання відповідності кандидатів визначеній моделі в процесі кадрової роботи.

Ключові слова: професійний відбір, моделі і методи.

Аналіз публікацій та постановка проблеми

Протягом декількох років для забезпечення кадрової роботи та інформаційної бази обліку кадрів в Національній академії Національної гвардії (НГ) України розроблявся, застосовується на практиці та удосконалюється науково-методичний апарат професійного відбору фахівців [1 - 6], який містить такі складові:

- модель фахівця (формалізовані вимоги до кандидата);
- методи (методики, показники, шкали, критерії, алгоритми) оцінювання відповідності кандидатів визначеній моделі;
- інформаційну технологію обробки та подання результатів оцінювання кандидатів особі, що приймає рішення.

Отримані наукові результати знайшли своє практичне застосування при вирішенні завдань відбору фахівців одного із спецпідрозділів НГ і підтвердили свою ефективність.

Останнім часом, у зв'язку з реформуванням сил охорони правопорядку, зокрема поліції, вирішуються аналогічні завдання. Судячи з публікацій засобів масової інформації, цей відбір ведеться в "авральному порядку", і можна припустити, що не забезпечить його високу якість. Це обумовлює актуальність даної публікації і мету статті – розглянути можливість використання науково-методичного апарату відбору кадрів для вирішення завдань професійного відбору для будь-якої галузі людської діяльності.

Виклад основного матеріалу

Відмітимо, що найбільш жорсткі вимоги висувають до кандидатів для служби у підрозділах спеціального призначення (ПСП), що обумовлено значними морально-психологічними, фізичними навантаженнями і службово-бойовими завданнями, покладеними на військовослужбовців цих підрозділів. Відмітимо також, що важливість своєчасного ви-

ключення помилок у відборі кандидатів при комплектуванні підрозділів, призначених для виконання спеціальних завдань, пов'язаних з високим ризиком для життя та здоров'я, обумовлена тим, що при виконанні таких завдань помилка одного військово-службовця може привести до фатальних наслідків для усього підрозділу у цілому. Тому науково-методичний апарат, застосовуваний при вирішенні завдань відбору фахівців ПСП, може бути використано у будь-якій галузі людської діяльності, навіть не пов'язаної з ризиком.

До частин спеціального призначення на військову службу за контрактом відбираються кандидати, які пройшли строкову службу у військових формуваннях. Механізм відбору кандидатів передбачає первинний відбір, тестування, спостереження й співбесіду.

Первинний відбір передбачає проведення попередньої співбесіди з кожним кандидатом, медичне обстеження та визначення фізичних і психофізіологічних якостей кандидатів.

Медичне обстеження проводиться у поглибленому обсязі із залученням досвідчених лікарів-спеціалістів у відповідності до вимог, що висуваються до призовників, призначених для проходження служби в частинах та підрозділах спеціального призначення ЗС України та МВС України.

Фізичні якості кандидатів перевіряються відповідно до вимог з використанням інструментальних вимірювань.

Психофізіологічні (психічні, розумові тощо) якості кандидатів перевіряються за допомогою тестів типу багаторівневого особистісного опитувальника модифікації Березіна, опитувальника Кеттела та інших.

Розумові здібності визначаються методом випробування за допомогою тестів (вправ), не дуже складних, але таких, що давали б необхідну інформацію про військовослужбовця. Оцінювання результатів тестування виконується методом підрахування балів (стенів) за шкалами порядку та найменувань.

У процесі відбору за кандидатами ведеться спостереження, результати якого фіксуються.

Співбесіда завершує процес відбору. В її ході також перевіряються дії й реакція кандидата на запитання, швидкість відповіді, логіку й швидкість мислення, кмітливість й уважність, знання основних положень військових дисциплін із тактичної та вогневої підготовки.

Науково-методичний апарат розроблений фахівцями академії з урахуванням достоїнств і недоліків відомих методів відбору.

1. Модель фахівця у будь-якій галузі людської діяльності може бути складена із сукупності оцінюваних якостей, визначених вимогами до кандидатів групою експертів. Для цього кожна з якостей a_j ($j = 1 \dots M$) оцінюється кожним із експертів E_k ($k = 1 \dots K$) за чотирибальною шкалою [3, 7] виходячи з правила: 5 балів за відповідь “Так”, 4 – “Скоріше так, чим ні”, 3 – “Скоріше ні, чим так”, 2 – “Ні” як відповідь на запитання “Відповідає чи ні дана якість даному фахівцю?” Показниками узгодженості думок експертів можуть бути значення коефіцієнтів варіації [8] – відношень середніх квадратичних відхилень середніх арифметичних значень $\sigma_{w_{серj}}$ до самих середніх арифметичних $w_{серj}$. Усереднені оцінки якостей нормуються відносно їх загальної суми. Результати нормування – фактично вагові коефіцієнти v_j якостей, додаток яких дорівнює одиниці. Приклад таких розрахунків наведений у табл. 1.

Таблиця 1
Оцінки якостей моделі фахівця

Якість	Експерти						v_j
	E_1	E_2	...	E_k	...	E_K	
a_1	4	5		4		4	0,37
a_2	5	5		3		4	0,21
...							
a_j	5	3		5		4	0,23
...							
a_M	3	4		2		5	0,12

Отриманий список доповнюють змістовими визначеннями кожної з якостей, наприклад, вольової риси характеру особистості: **дисциплінованість** (дисциплінований – такий, що підкорюється дисципліні, дотримується порядку, зібраний, організований) – недисциплінованість, незібраність, неорганізованість. Підсумок цієї роботи – тезаурус – є інформаційною моделлю якоїсь із складових моделі фахівця. Ця модель може включати загальні якості особистості (акуратність, альтруїстичність, вимогливість тощо), інтелектуальні особливості (спостережливість, пам’ятливість і т.ін.) і ще будь-які якості на розсуд замовника моделі та експертів. Головна вимога до визначень – виключення можливості неоднозначних тлумачень при використанні тезаурусу.

2. Оцінювання відповідності кандидатів визначеній моделі виконується теж експертним методом.

Для цього неупереджені до кандидатів експерти оцінюють кожну з якостей із застосуванням моделі оцінних функцій експерта [3, 7]: кожному з кандидатів кожен із експертів виставляє оцінки за чотирибальною шкалою у спосіб, аналогічний розглянутому вище, як відповідь на запитання “Притаманна чи ні дана якість даному кандидату?”. Ці оцінки зводяться у таблицю для подальшого оброблення.

Результати оцінювання можуть подаватися у вигляді середніх арифметичних або медіанних значень, як прийнято для даних загальної природи (нечислових даних, яким є бали за шкалою порядку, приписувані експертами в процесі оцінювання) [9]. Узгодженість думок експертів щодо кандидата можна оцінити шляхом розрахунку значень коефіцієнтів варіації або в будь-який інший спосіб.

3. Використання сучасних інформаційних технологій дозволяє сукупність розрахованих середніх арифметичних значень оцінок кожної з якостей кандидата подати як його персонограму (або одну зі складових персонограми) і візуалізувати [3], як показано на рис. 1.

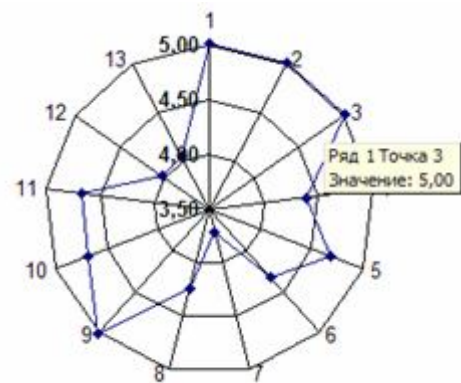


Рис. 1. Приклад пелюсткової діаграми деякої складової персонограми кандидата

За пелюстковою діаграмою розраховують коефіцієнт відповідності i -го кандидата складовій персонограми [3]:

$$K_{vi} = S_{pi} / S_E \quad (1)$$

Тут S_{pi} – площа багатокутника, що описує якість i -го кандидата; S_E – площа правильного багатокутника, який відповідає ідеалізованій складовій моделі кандидата, її еталону (оцінки всіх якостей дорівнюють п’яти балам).

В [10] показано, що замість коефіцієнта відповідності можна використовувати модифікований коефіцієнт конкордації (МКК), що спрощує розрахунки без втрати якості відбору. При цьому порівняння отриманих експертних оцінок за чотирибальною шкалою виконується з еталоном, яким є послідовність п’ятірок за чотирибальною шкалою, як і у попередньому випадку.

Коефіцієнт відповідності або МКК використовують для побудови ранжированих списків кандида-

тів, які подають особі, що приймає рішення. Якщо при оцінюванні відповідності кандидата в якості експертів виступають товариші по службі ($i = 1 \dots K$), то отримані результати оцінювання якостей i -го кандидата у сукупності з середніми арифметичними значеннями по стовпцях (табл. 2), дають додаткову інформацію для аналізу.

Таблиця 2
Оцінки якостей m -го кандидата

Якість	Експерти						w_{ji}
	E_1	E_2	...	E_m	...	E_K	
a_1	4	5		4		4	4,23
a_2	5	5		3		4	4,21
...							
a_i	5	3		5		4	4,34
...							
a_M	3	4		4		5	4,16
Середні	4,22	4,32	...	4,39	...	4,26	4,27

Порівняння виділених сірим кольором середніх значень самооцінки (4,39 для m -го кандидата) і усіх оцінок (4,27) дають змогу оцінити рівень домагань кандидата (у m -го кандидата вони завищені), а близькість середніх значень оцінок експертів до середнього значення усіх оцінок свідчать про рівень їх симпатії (4,32 від другого експерта), антипатії (4,22 від першого експерта) до кандидата або рівного ставлення (4,26 від K -го експерта). Результати такого аналізу дають змогу особі, що приймає рішення, комплектувати із підлеглих групи (колективи) для виконання визначених завдань.

Висновки

Розглянутий науково-методичний апарат професійного відбору, заснований на використанні моделі фахівця, чотирибальної шкали порядку для експертного оцінювання та сучасної інформаційної технології для оброблення та візуалізації результатів оцінювання може бути використаний для забезпечення управління кадрами у будь-якій галузі людської діяльності, що є визначальним, зокрема, для якості наступної професійної підготовки та діяльності кандидатів.

ПРИМЕНЕНИЕ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОГО АППАРАТА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОТБОРА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ КАДРАМИ

В.Е. Козлов, Ю.В. Козлов, Е.А. Новикова, В.Т. Оленченко

Рассмотрена возможность использования проверенного на практике научно-методического аппарата профессионального отбора для решения задач оценивания соответствия кандидатов определенной модели в процессе кадровой работы.

Ключевые слова: профессиональный отбор, модели и методы.

APPLICATION OF THE SCIENTIFICALLY-METHODICAL DEVICE OF PROFESSIONAL SELECTION FOR SUPPORT OF PERSONNEL MANAGEMENT

V.Ye. Kozlov, Yu.V. Kozlov, O/O/ Novikova, V.T. Olenchenko

Considered the possibility of using the proven scientifically-methodical device of professional selection for the solution of problems of estimation of compliance of the candidates of a particular model in the process of personnel work.

Keywords: professional selection, models and methods.

Список літератури

1. Козлов В.Є. Позамашинна інформаційна база системи кадрового забезпечення вищого навчального закладу МВС України / В.Є. Козлов, В.Т. Оленченко, І.О. Юзьков // Системи обробки інформації. – 2008. – Вип. 6 (73). – С.180-183.
2. Приходько І.І. Професійний психологічний відбір майбутніх офіцерів внутрішніх військ МВС України. Монографія / І.І. Приходько. – Х.: АБВ МВС України, 2008. – 190 с.
3. Козлов В.Є. Методика рейтингового оцінювання для експертного застосування/ В.Є. Козлов, В.Т. Оленченко, І.О. Юзьков // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2009. – Вип. 4 (12). – С. 69-74.
4. Полторак С.Т. Використання сучасних інформаційних технологій для вирішення завдань відбору кадрів/ С.Т. Полторак, В.Т. Оленченко, В.Є. Козлов // Честь і закон. – 2012. – №1 (40). – С. 51-54.
5. Полторак С.Т. Інформаційна технологія відбору кадрів для внутрішніх військ МВС України – основа якості відбору / С.Т. Полторак, В.Т. Оленченко, В.Є. Козлов // Системи обробки інформації. – Харків: ХУПС, 2012. – Вип. 2(100). – С. 288-290.
6. Полторак С.Т. Удосконалення науково-методичного апарату відбору кадрів для внутрішніх військ МВС України / С.Т. Полторак, В.Т. Оленченко, В.Є. Козлов // Зб. наук. праць Харківського університету Повітряних Сил. – 2012. – Вип. 1 (30). – С. 223-225.
7. Оленченко В.Т. Модель оцінних функцій експерта/ В.Т. Оленченко // Зб. наук. праць Акад. внутр. військ. – 2011. – Вип. 1 (17). – С. 122-125.
8. Вероятность и математическая статистика: Энциклопедия / Гл. ред. Ю.В. Прохоров. – М.: Большая Российская энциклопедия, 1999. – 910 с.
9. Орлов А.И. Эконометрика / А.И. Орлов. – М.: Экзамен, 2002. – 442 с.
10. Козлов В.Є. Метод побудови ранжированих списків кандидатів на заміщення посад у спецпідрозділах сил охорони правопорядку // В.Є. Козлов, О.О.Новикова // Зб. наук. праць Нац. акад. НГ України, 2014. – Вип. 2(24) – С. 92-94.

Надійшла до редколегії 29.02.2016

Рецензент: канд. техн. наук, с.н.с., доц. О.Ю. Іохов, Національна академія Національної гвардії України, Харків.

УДК 004.056 (043.2)

В.В. Конев, А.А. Плугин

Український державний університет залізничного транспорту, Харків
Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ЖИЗНЕННОМ ЦИКЛЕ ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ

В статье проведен сравнительный анализ существующего набора СПО, используемого для решения задачи автоматизации и интеллектуализации принятия решений на стадиях жизненного цикла объектов недвижимости. Представлены основные этапы жизненного цикла строительного объекта (здания, сооружения). Дана краткая характеристика существующих специальных программных продуктов выполняющих расчеты, документирование, прогнозирования, и другие функции на этапе проектирования объектов недвижимости. Сделан вывод о целесообразности создания единой интеллектуальной системы управления изменениями в жизненном цикле строительного объекта.

Ключевые слова: жизненный цикл объекта недвижимости, специальное программное обеспечения, проектирование.

Постановка задачи

Оценка эффективности функционирования любого объекта недвижимости подразумевает рассмотрение его на протяжении всего жизненного цикла.

Изменения в этом цикле в течение его стадий и при переходе от одной к другой определяются и/или сопровождаются принятием различных конструкторских, организационных, управленческих, технологических решений. Решения принимаются уполномоченными специалистами (инженерами проектировщиками, строителями, технологами,смотрителями и т.п.) на основании информации о нормируемых и текущих свойствах объекта. Сбор и анализ такой информации и само принятие этих решений весьма трудоемки. Поэтому для решения указанных задач целесообразно использовать различные методы и средства автоматизации и интеллектуализации принятия решений. Внедрение и практическая реализация подобного рода средств возможны только с использованием средств вычислительной (компьютерной) техники и соответствующего специального программного обеспечения (СПО).

Целью данной статьи является анализ существующего набора СПО, используемого для решения задачи автоматизации и интеллектуализации принятия решений на стадиях жизненного цикла объектов недвижимости.

Основная часть

Анализ литературы [1, 3] и проведенные исследования показали, что жизненный цикл объекта от момента технико-экономического обоснования до момента физического или морального старения можно разделить на четыре основные стадии:

1. Проектирование;
2. Строительство (прединвестиционная и инвестиционная фазы);
3. Эксплуатация до момента полной окупаемости (предпринимательская фаза проекта);
4. Эксплуатация при последующей наработке результатов на вложенные инвестиции (инновации, закрытие объекта).

В табл. 1 более подробно раскрыты основные составляющие каждой из указанных стадий жизненного цикла.

Проведенный анализ существующих государственных стандартов и подзаконных актов показал, что разработка или выбор СПО для рассматриваемых задач жизненного цикла объектов недвижимости должен соответствовать требованиям, характерными каждому из перечисленных в табл. 1. Этапов. Так, например, основные системные требования к программному обеспечению для управления процессом технической эксплуатации CAFM/CIFM (Computer Aided Facility Management / Computer Integrated Facility Management – системы автоматизации процессов фасилити менеджмента) [3] можно сформулировать следующим образом.

1. Доминирующей целью приобретения IT-аксессуаров является повышение экономической эффективности и обеспечение безопасности процессов ТЭ.
2. Иерархическая структура программного обеспечения должна обеспечивать кросс-функциональность обмена данными.
3. Информационное управление процессами ТЭ должно соответствовать алгоритму саморегуляции с обратной связью.
4. Программное обеспечение должно позволять заказчику выбирать наиболее ему благоприятный (выгодный) режим осуществления процессов ТЭ.

Таблица 1

Жизненный цикл строительного объекта (здания, сооружения)

Стадии жизненного цикла			Длительность стадий
Проектирование			Несколько месяцев (в зависимости от сложности строительного объекта)
Строительство			Несколько месяцев или лет (в зависимости от сложности строительного объекта)
Эксплуатация	Техническая эксплуатация		Несколько десятилетий
	Надзор (осмотры и обследования)	Техническое и санитарное обслуживание	
Капитальный ремонт (или реконструкция). Капитальному ремонту (для сложных объектов и работ) и реконструкции (обязательно) также предшествует проектирование.			Несколько месяцев или лет (в зависимости от сложности строительного объекта)
Эксплуатация	Техническая эксплуатация		Несколько десятилетий
	Надзор (осмотры и обследования)	Техническое и санитарное обслуживание	
Реконструкция или ликвидация (снос или демонтаж)			

Проведенный анализ различных информационных источников [2 – 10] показал, что в настоящее время существует значительное количество компьютерного специального программного обеспечения, помогающего принимать управленческие решения. Наиболее проработано и шире применяется СПО для проектирования (табл. 2). Вызвано это в большей степени тем, что этот этап особенно сложен, он состоит из многочисленных составляющих, а именно: анализ условий для воплощения первоначального замысла, разработка концепции проекта, оценка его жизнеспособности, выбор и согласование места размещения объекта, экологическое обоснование, экспертизы, разработка ТЭО, получение разрешения на

строительство, создание временной строительной инфраструктуры, создание или обновление объекта, ввод его в эксплуатацию. В наименьшей степени проработано СПО для строительства и, особенно, технической эксплуатации, включающей надзор, техническое обслуживание, текущие ремонты.

Кроме этого, на всех рассматриваемых этапах жизненного цикла объектов недвижимости применяется офисное СПО общего пользования: текстовые редакторы MSWord, электронные таблицы MExcel, СУБД MSAccess и т.д. Как видно из этой таблицы, указанное СПО представляет собой скорее экспертные системы, причем разрозненные и слабо связанные между собой.

Таблица 2

Этапы проектирования строительных объектов и СПО для них

Этап проектирования зданий и сооружений	Конечный результат	Специализированное программное обеспечение
1	2	3
Архитектурное проектирование и конструирование	Проектная документация (чертежи ² , 3D-модели, спецификации ³ , пояснительные записки эскизных и рабочих проектов, технико-экономических обоснований, проектов, рабочих и исполнительной документации)	Системы автоматизированного проектирования САПР (Computer-aided Design CAD): Autodesk AutoCAD (США); ArchiCAD (Graphisoft, Венгрия); Allplan (Nemetschek Allplan Systems GmbH, Германия); ASKON COMPAS-3D (Россия). Программы трехмерного моделирования: Autodesk 3ds MAX; ScetchUp
Расчеты несущей способности при конструировании	Результаты расчетов (размеры сечений конструкций, марки и классы материалов по прочности, вид и количество арматуры и т.п.)	Системы автоматизированных инженерных расчетов (Computer-Aided Engineering CAE): универсальная – ANSYS (США); строительных конструкций и сооружений – Лира, Лира-САПР (Украина); SCAD (Украина); оснований и фундаментов – Geo-Slope (Канада); PLAXIS (Россия)
Прогнозирование долговечности и ее обеспечение	Результаты прогнозирования (время достижения неработоспособного состояния) и меры по обеспечению нормируемого срока службы (показатели плотности, непроницаемости, морозостойкости, коррозионной стойкости, требования к защитным слоям и покрытиям, электрохимической защите и т.п.)	«Недостающее звено» во взаимодействии CAD – SAE

1	2	3
Проектирование организации строительства и технологическое проектирование	Проекты организации строительства (строительные генеральные планы, календарные графики и планы) Проекты производства работ, технологические карты и процессы	Стройгенпланы, календарные графики, технологические карты: универсальные САПР – AutoCAD, Allplan специализированные программы: «Гектор: Календарный план строительства объектов» (Россия); «Адепт: Управление строительством» (Россия). Расчет состава бетона: автономные программы: Concrete Quality (Испания – США); ВЕТОН (Польша); КСУБС (ПДАБА–НУВГП); Concrete Design (ХНУБА); ПСБ-УкрДУЗТ; online-сервисы: RUKAMEN.RU; «Он-лайн расчет и проектирование технологических карт» (ООО «Категис», Россия)
Сметные расчеты	Сметная документация (локальные, объектные, сводные сметы, калькуляции)	«Строительные технологии – Смета» (Украина); АВК (Украина); «Гектор: Сметчик-строитель» (Россия)

Выводы

Таким образом, в статье проведен анализ существующего СПО, выполняющего задачи автоматизации на этапах жизненного цикла объектов недвижимости. Проведенный анализ показал предпочтения разработчиков СПО компьютеризированным программным средствам разработки и проектирования объектов недвижимости. В то же время вопросам автоматизации и интеллектуализации эксплуатационных управленческих этапов жизненного цикла внимания уделяется чрезвычайно мало. Вызвано это недостаточностью теоретического материала, методологий (методов), которые бы стали основой разрабатываемого СПО. Поэтому создание единой интеллектуальной системы управления изменениями в жизненном цикле строительного объекта представляет собой актуальную задачу, решение которой на порядок уменьшит их трудоемкость и минимизирует ошибки.

Список литературы

1. Асаул А.Н. Экономика недвижимости [Электронный ресурс] / А.Н. Асаул. – Режим доступа : <http://bizbook.online/nedvijimost-book/ekonomika-nedvijimosti.html>.
2. Гектор: сметчик-строитель выпуск смет и актов выполненных работ инструкция по эксплуатации [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://msk.mos.ru/Handlers/Files.ashx/Download?ID=1005>

3. Жизненный цикл объекта недвижимости [Электронный ресурс]. – Режим доступа :

http://regionvuz.pguas.ru/Plone/reestr/2014_1_2_6_21.pdf

4. Михеев И.А. Сучасні інформаційні технології для визначення складу бетону [Електронний ресурс]. – Режим доступа : <http://suchasni-informatsiyni-tehnologiyi-dlya-viznachennya-skladu-betonu.pdf>.

5. Обзор современных систем автоматизированного проектирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.bourabai.kz/graphics/dir.htm>.

6. Пилипенко А.В. Применение САПР в инженерных расчетах [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://automationlab.ru/index.php/article/94-2009-03-17-18-59-30>.

7. Сизова Н.Д. Особенности создания программно-обеспечения для проектирования состава бетона / Н.Д. Сизова, И.А. Михеев // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2013. – № 6/2(66). – С. 27-31.

8. Современные САЕ системы автоматизации инженерных расчетов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://housea.ru/index.php/auto/1362>.

9. Справочно-методическое пособие по разработке стройгенпланов и календарных графиков в составе ППП [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.unireg.org/dat/codes_doc_383.pdf.

10. Kaetzel L.J. Expert Knowledge Based Systems for Materials in the Construction Industry / L.J. Kaetzel, J.R. Clifton // State-of-Art Report. Washington: SHRP NAS, 1993. – 36 p.

Надійшла до редколегії 18.02.2016

Рецензент: д-р техн. наук, с.н.с. С.Г. Семенов Національний технічний університет «ХПІ», Харків.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В ЖИТТЄВОМУ ЦИКЛІ ОБ'ЄКТІВ НЕРУХОМОСТІ

В.В. Конєв, А.А. Плугін

У статті проведено порівняльний аналіз існуючого набору СПО, використовуваного для вирішення завдання автоматизації та інтелектуалізації прийняття рішень на стадіях життєвого циклу об'єктів нерухомості. Представлені основні етапи життєвого циклу будівельного об'єкта (будівлі, споруди). Дана коротка характеристика існуючих спеціальних програмних продуктів виконують розрахунки, документування, прогнозування, і інші функції на етапі проектування об'єктів нерухомості. Зроблено висновок про доцільність створення єдиної інтелектуальної системи управління змінами в життєвому циклі будівельного об'єкта.

Ключові слова: життєвий цикл об'єкта нерухомості, спеціальне програмне забезпечення, проектування.

COMPARATIVE ANALYSIS SOFTWARE DECISION SUPPORT LIFECYCLE REAL ESTATE

V.V. Konev, A.A. Plugin

In the article the comparative analysis of the existing set of open source software, used to solve the problem of automation and intellectualization of decision-making stages of the real estate life cycle. The main stages of the construction site (buildings) lifecycle. A brief description of the existing special software to perform calculations, documentation, forecasting, and other functions at the design stage of real estate. It was concluded that the feasibility of creating a single intelligent change management system in the life cycle of building object.

Keywords: real estate life cycle, special software design.

УДК 519.7

В.М. Левыкин, О.В. Чалая

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА КОНТЕКСТА ЗНАНИЕ-ЕМКИХ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

Предложена информационная технология интеллектуального анализа контекста знание-емких бизнес-процессов, которая включает в себя фазы выявления артефактов контекста, построения иерархии артефактов, построения жизненного цикла артефактов. В качестве входных данных технологии используются логи (журналы регистрации событий) соответствующих бизнес-процессов. Предложен метод построения жизненного цикла артефакта контекста бизнес-процесса, который включает шаги выделения паттернов артефактов, построения модели жизненного цикла артефакта, дополнения паттернов жизненного цикла связями с другими артефактами. Предлагаемые метод и технология обеспечивают возможность экстернализации и последующего использования неявных знаний исполнителей, которые оказывают влияние на ход выполнения процесса.

Ключевые слова: бизнес-процесс, контекст, объект, неявные знания, workflow.

Введение

Методы интеллектуального анализа процессов предназначены для построения моделей бизнес-процессов на основе анализа их журналов регистрации событий (логов) [1,2]. При моделировании бизнес-процесса (БП) задается его поведение в виде workflow - графа, описывающего последовательность его действий, а также причинно-следственных связей между этими действиями [3]. Однако указанные действия представляют ценность для пользователя лишь в определенном контексте, связанном с обработкой и преобразованием необходимых для него данных. Такие данные описывают множество взаимодействующих с БП объектов – как виртуальных, так физических [4]. Объекты могут выступать в роли ресурсов и результатов работы процесса, могут использоваться процессом и влиять на ход процесса, также одновременно использоваться в рамках нескольких процессов. Совокупность таких объектов задает контекст выполнения бизнес-процесса.

Особенно актуальной проблема выделения объектов контекста, а также циклов их обработки при выполнении последовательности действий процесса является для знание-емких бизнес-процессов (ЗБП) [5].

Знание - емкие бизнес-процессы (ЗБП) относятся к классу адаптируемых на основе организационных знаний бизнес-процессов [6]. Знания, входящие в состав ЗБП, связывают последовательность действий процесса с контекстом их выполнения.

Моделирование поведения объектов контекста ЗБП реализуется в рамках основанного на артефактах (artifact-centered) подхода [7 - 9]. Такой подход предполагает выделение артефактов (объектов бизнес-процесса) и их жизненного цикла в рамках рассматриваемого бизнес-процесса [7]. При построении моделировании артефакта создается описание его статических и динамических аспектов: информаци-

онная модель его атрибутов, а также модель его жизненного цикла.

Основанный на артефактах подход обычно используется при моделировании взаимодействия объектов, при синхронизации их состояний без явного задания последовательности действий по их обработке. В основном данный подход используется для бизнес-процессов, ориентированных на последовательную обработку, в которых ход действий процесса определяется последовательностью операций жизненного цикла объекта. В то же время в знание-емких бизнес-процессах последовательность действий определяется на основе знаний о поведении и обработке артефактов. Эти знания отражают типовые шаблоны действий над артефактами. Указанные шаблоны могут быть получены на основе анализа логов знание-емких бизнес-процессов и в дальнейшем включены в традиционную workflow – модель с целью повышения адекватности последней. Однако для выделения таких знаний необходимо получить модели артефактов контекста, а также связи между этими артефактами, соответствующие описанному в логе процесса поведению. Изложенное определяет актуальность проблемы интеллектуального анализа контекста знание-емких бизнес-процессов.

Целью данной статьи является разработка технологии интеллектуального анализа контекста знание-емкого бизнес-процесса с тем, чтобы обеспечить возможность выделения методами майнинга причинно-следственных зависимостей, определяющих выбор действий процесса в конкретном контексте.

Технология интеллектуального анализа контекста

Предлагаемая технология включает в себя следующие фазы:

Фаза 1. Выделение контекста знание-емкого бизнес-процесса. Описание этапов данной фазы приведено в табл. 1. На данной фазе выполняется

последовательное выявление элементов контекста со следующими видами связей:

- устойчивыми реляционными связями только между контекстными составляющими;
- причинно-следственными зависимостями между артефактами контекста действиями одного процесса;
- уникальные зависимости между артефактами, характерные для нескольких экземпляров процесса.

Связи первого типа задают интеграцию артефактов в рамках контекста. Эти связи не зависят от конкретных действий процесса и отражают общее знание о контексте выполнения бизнес-процесса. Такие зависимости входят в состав исходных условия для правил второго вида. Причинно-следственные связи второго типа определяют выбор действий процесса в зависимости от состояния его контекста. Эти зависимости могут быть включены в модель априорно, при ее построении. В таком случае знания о таких зависимостях являются явными. Также знания о зависимостях второго типа могут принадлежать исполнителям. На основе этих зависимостей они выбирают действия в конкретном контексте. Такие знания являются неявными.

Уникальные зависимости третьего типа характерны для ad-hoc, разовых процессов. Они могут содержать новые, перспективные подходы к решению

типовых задач. В большинстве случаев эти разовые решения основаны на использовании неявных знаний исполнителей.

Фаза 2. Построение иерархии артефактов бизнес-процесса. Описание этапов данной фазы приведено в табл. 2. На данной фазе выполняется последовательное уточнение групп атрибутов и установление связи между атрибутами и артефактами. В качестве входных данных используется онтология артефактов предметной области.

Цель данной фазы состоит в том, чтобы связать артефакты из онтологии атрибутами, которые записаны в логе процесса.

Фаза 3. Построение жизненного цикла артефактов контекста бизнес-процесса. На данной фазе выполняется метод построения жизненного цикла артефактов. Описание этапов данного метода приведено в табл. 3.

Выводы

Предложена информационная технология интеллектуального анализа контекста знание-емких бизнес-процессов, которая включает в себя фазы выявления артефактов контекста, построения иерархии артефактов, а также выявления жизненного цикла артефактов на основе анализа логов соответствующих процессов.

Таблица 1

Основные этапы фазы 1 технологии

Наименование этапа	Исходные данные	Результат этапа
Этап 1. Предварительная обработка лога с целью выделить последовательности с искомыми контекстными зависимостями.	Лог; набор искомых атрибутов событий и подмножества допустимых значений для каждого атрибута.	Фрагменты логов, связанные с исходным контекстом
Этап 2. Выявление артефактов контекста, между которыми существуют статические взаимосвязи, путем сопоставления атрибутов событий фрагментов лога	Подмножества событий лога,	Подмножества артефактов контекста с потенциальными реляционными зависимостями между атрибутами
Этап 3. Выявление элементов контекста, которые влияют на последовательность действий процесса, путем выявления изменяющихся атрибутов для последовательностей событий	Набор артефактов контекста как результаты этапа 2	Набор атрибутов артефактов контекста, для которых могут существовать зависимости с действиями процесс
Этап 4. Сравнение результатов 2 и 3 этапов для различных наборов исходных данных целью выявить общие и уникальные для отдельных трасс элементы контекста	Результаты этапов 2 и 3	Подмножество атрибутов артефактов, общее для различных трасс процесса x БП, или же уникальное для отдельных трасс в случае ЗБП

Таблица 2

Основные этапы фазы 2 технологии

Наименование этапа	Исходные данные	Результат этапа
Этап 1. Предварительная обработка лога с целью выделить группы атрибутов, потенциально относящихся к одному объекту.	Лог; классификаторы атрибутов в составе лога	Набор подмножеств атрибутов лога
Этап 2. Дополнение онтологии артефактов атрибутами для выделенных в логе классификаторов	Набор подмножеств атрибутов лога, онтология артефактов предметной области	Дополненная размещенными в логе атрибутами онтология артефактов контекста
Этап 3. Отбор атрибутов, для которых не указаны артефакты контекста	Онтология с указанием атрибутов артефактов	Подмножество атрибутов, подлежащих дальнейшей классификации
Этап 4. Дополнение исходного подмножества атрибутов реляционными связями	Подмножество атрибутов, подлежащих дальнейшей классификации	Подмножество атрибутов артефактов, с реляционными связями
Этап 5. Классификация атрибутов по артефактам на основе сопоставления реляционных связей атрибутов и артефактов	Атрибуты артефактов, полученные из событий лога, с указанными реляционными связями.	Онтология артефактов с указанием атрибутов событий из лога для каждого артефакта

Таблиця 3

Фази 3 построение жизненного цикла артефактов

Наименование этапа	Исходные данные	Результат этапа
Этап 1. Фильтрация лога: выделяются последовательности событий, связанных с обработкой заданного артефакта контекста.	Лог процесса; онтология артефактов; артефакт, для которого формируется жизненный цикл.	Подмножество событий лога, связанных с обработкой выделенного артефакта
Этап 2. Выявление паттернов поведения артефактов контекста: создания и удаления объектов, их последовательной и параллельной обработки, ветвления и слияния результатов обработки, синхронизации, циклического выполнения и ожидания обработки (хранения объектов)	Результаты этапа 1	Подмножества паттернов поведения артефакта
Этап 3. Построение модели жизненного цикла из паттернов поведения.	Паттерны обработки объекта	Модель жизненного цикла артефакта
Этап 4. Определение связей с другими артефактами при реализации ЖЦ артефакта	Модель ЖЦ, онтология артефактов	Связи между паттернами ЖЦ и онтологией артефактов

В процессе анализа контекста между артефактами выявляются статические реляционные связи, причинно-следственные связи, отражающие влияние состояния артефактов на ход процесса.

Предлагаемая технология создает условия для выявления неявных знаний исполнителей, которые оказывают влияние на ход выполнения процесса.

Результаты применения знаний исполнителей фиксируются в логе процесса, что и обеспечивает возможность их извлечения при наличии модели контекста и workflow - модели действий процесса.

Предложен метод построения жизненного цикла артефакта контекста бизнес-процесса, который включает шаги выделения паттернов артефактов, построения модели жизненного цикла артефакта, дополнения паттернов жизненного цикла связями с другими артефактами.

Последовательность обработки объектов в значительной степени зависит от их свойств и потому задает ограничения на допустимые последовательности действий процесса в целом. Однако рассмотренный процедурный подход не позволяет эффективно выделить циклы обработки важных для пользователя данных.

Список литературы

1. Van der Aalst, W. M. P. *Process Mining: Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes* / W. M. P. Van der Aalst. – Springer Berlin Heidelberg, 2011. – 352 p.
2. Van der Aalst, W. M. P. *Process Mining in the Large: A Tutorial* / W. M. P. Van der Aalst // *Business Intelligence*. – Springer Science + Business Media, 2014. – P. 33–76.
3. Weske, M. *Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures* / M. Weske – 2nd ed. – Presented at Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012. – 403 p.
4. Cohn, D. *Business artifacts: A data-centric approach to modeling business operations and processes* / D. Cohn, R. Hull // *Bulletin of the IEEE Computer Society Technical Committee on Data Engineering*. – 2009. – Vol. 32, № 3. – P. 1–7.
5. Gronau N. *KMDL-Capturing, Analysing and Improving Knowledge-Intensive Business Processes* / N. Gronau, C. Myller, R. Korf // *Journal of Universal Computer Science*. – 2005. – №11(4). – pp. 452- 472.
6. Gronau N. *Modeling and Analyzing knowledge intensive business processes with KMDL: Comprehensive insights into theory and practice* / N. Gronau –Taschenbuch . – 519 p.
7. Cohn, D. *Business artifacts: A data-centric approach to modeling business operations and processes* / D. Cohn, R. Hull // *Bulletin of the IEEE Computer Society Technical Committee on Data Engineering*. – 2009. – Vol. 32, № 3. – P. 1–7.

Надійшла до редколегії 23.02.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.А. Філатов, Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків.

ТЕХНОЛОГІЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ КОНТЕКСТУ ЗНАННЯ-ЄМНИХ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ

В.М. Левикін, О.В. Чала

Запропоновано інформаційну технологію інтелектуального аналізу контексту знання-ємних бізнес-процесів, яка включає в себе фази виявлення артефактів контексту, побудови ієрархії артефактів, побудови життєвого циклу артефактів. В якості вхідних даних технології використовуються логи (журнали реєстрації подій) відповідних бізнес-процесів. Запропоновано метод побудови життєвого циклу артефакту контексту бізнес-процесу, який включає кроки виділення паттернів артефактів, побудови моделі життєвого циклу артефакту, доповнення паттернів життєвого циклу зв'язками з іншими артефактами. Запропоновані метод і технологія забезпечують можливість екстерналізації і подальшого використання неявних знань виконавців, які впливають на хід виконання процесу.

Ключові слова: бізнес-процес, контекст, об'єкт, неявні знання, workflow.

MINING OF CONTEXT OF KNOWLEDGE INTENSIVE BUSINESS PROCESSES

V.M. Levykin, O.V. Chala

A information technology of mining of context of knowledge-intensive business processes is proposed. the technology includes the phases of identifying the context of the artifacts, building a hierarchy of artefacts, building artifacts of the life cycle. The technology use logs (event logs) that are related to business processes. A method of constructing an artifact context of the business process life cycle, which includes the steps of selection of artifacts patterns, constructing a model of the artifact lifecycle additions bonds lifetime patterns with other artifacts. The proposed method and technology enable externalization and later use the implicit knowledge of performers that have an impact on the progress of the process.

Keywords: business process context object, tacit knowledge, workflow.

УДК 378.2+881.111.1

О.А. Макогон¹, О.В. Магілін², С.А. Новік³¹ Факультет військової підготовки Національного технічного університету «ХПІ», Харків² Державна гімназія-інтернат з посиленою військово-фізичною підготовкою «Кадетський корпус», Харків³ Національний технічний університет «ХПІ», Харків

МЕТОДИКА ПІДГОТОВКИ ДО СКЛАДАННЯ ТЕСТІВ НА ПІДТВЕРДЖЕННЯ ВОЛОДІННЯ ІНОЗЕМНОЮ МОВОЮ ЗА ДОПОМОГОЮ КЛАСТЕРІВ БАЗОВИХ ЗНАТЬ

Багатоваріантність тестів на підтвердження володіння компетенціями іноземної мови не нижчих рівня В2 визначає необхідність розробки методики базової підготовки та механізму оперативної допідготовки до складання конкретного тесту. Головною ідеєю для створення такої методики є визначення базових знань - кластерів - на кожному рівні освоєння мовних компетенцій. Сполучними елементами в процесі серфінга по кластерах будуть загальнонавчальні навички, якими володіє учень. Запропонований підхід дозволить оптимізувати зусилля, витрачені учнями для досягнення заданого рівня володіння іноземною мовою.

Ключові слова: рівень володіння іноземною мовою, кластер, мовний дескриптор, мовна компетенція, загальнонавчальні навички.

Вступ

Постановка проблеми. Процеси світової глобалізації та інтеграції призвели до бурхливого зростання міжкультурних та наукових контактів в усіх сферах нашого життя. До нього міцно увійшли такі ситуації міжкультурного спілкування, як навчання у вищі з обміну, стажування вчених, міжнародні конференції, семінари, туристичні поїздки, виставки, і т. ін. Таким чином, однією з умов успішної адаптації в соціальному просторі стає володіння іноземними мовами.

Важливо, щоби фахівці України були, поперше, у курсі розвитку світової науки та техніки і не витрачали сили і кошти на створення того, що вже існує в інших країнах, а, по-друге, використовували у розвитку економіки нашої країни все цінне і передове, що є у світовій науці і техніці з найменшими витратами. А щоби бути в курсі останніх розробок зі світу науки і техніки, необхідно вміти читати літературу мовою оригіналу [1].

Важко уявити сучасного вченого, який не має публікацій в зарубіжних виданнях і можливості знайомитися з публікаціями на іноземній мові. Крім того публікація англійською мовою - ключ до більш широкої аудиторії, коло якої не обмежено російсько-українсько-мовними читачами. Логічним виглядає впровадження державою вимог до володіння англійською мовою для присудження наукового ступеня, вченого звання.

Тобто, пошук ефективних шляхів підвищення рівня знань іноземної мови тих, хто йде в авангарді науки, цілком може вважатися одною з найактуальніших задач підготовки науково-педагогічних працівників.

Аналіз літератури. Підвищення вимог до рівня підготовки наукових та науково-педагогічних кадрів знайшло відображення в ряді нормативно-правових документів. Згідно [2] одним з нововведень стало підтвердження володіння компетенціями іноземної мови шляхом складання тесту зі списку, зазначеного в табл. 1.

Таблиця 1

Перелік рекомендованих міжнародних тестів на знання англійської мови як іноземної

Провайдер	Назва тесту
IELTS Test Partners	IELTS
British Council	APTIS (British Council)
Cambridge English	Cambridge English First (FCE), Cambridge English Advanced (CAE), Cambridge English Proficiency (CPE), Cambridge English Business Vantage (BEC Vantage), Cambridge English Business (Higher), Cambridge English Business Language Testing Service (BULATS)
Pearson	Pearson Test of English (PTE)
Pearson	Pearson EDEXCEL (English as a Second language)
Trinity College London	Integrated Skills in English (ISE)
ETS (Education Testing Service)	Test of English as a Foreign Language (TOEFL)
Pearson/London Chamber of Commerce and Industry (LCCI)	English for Specific Purposes, London Chamber of Commerce and Industry LCCI

Незважаючи на те, що успішне складання будь-якого з перерахованих тестів відповідає рівню знання мови B2 за європейською класифікацією, кожен з тестів має певну специфіку. В свою чергу, це, природно, вимагає окремої підготовки, яка пов'язана зі значними часовими та інтелектуальними витратами. Відповідно виникає необхідність розробки методики базової підготовки та механізму оперативної допідготовки для складання конкретного тесту.

Крім того, вибір певного місця складання тесту може бути обмежений як об'єктивними, так і суб'єктивними причинами.

Метою цієї статті є розробка методики базової підготовки та механізму оперативної допідготовки до складання конкретного тесту на знання англійської мови як іноземної.

Результати досліджень

1. Головною ідеєю для створення такої методики є визначення базових знань - кластерів - на кожному рівні формування мовних компетенцій.

На рис. 1 схематично показана структура подання знань з англійської мови у вигляді кластерів за видами мовної діяльності і рівнями володіння мовою.

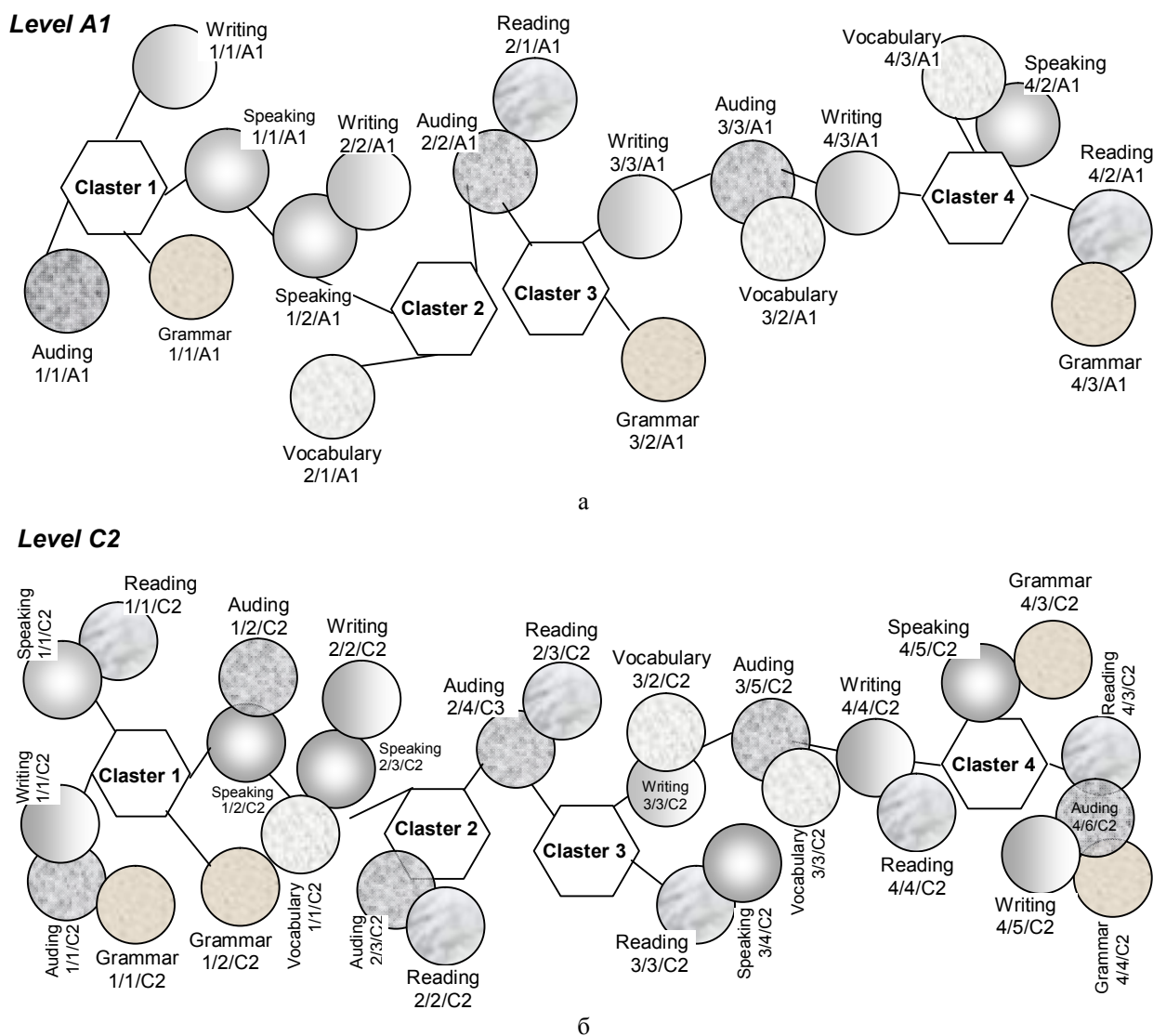


Рис. 1. Подання знань з англійської мови

у вигляді кластерів за видами мовної діяльності (а) та рівнями володіння іноземною мовою (б)

Кожний кластер об'єднує знання за видами мовної діяльності - «Auding», «Grammar», «Speaking», «Reading», «Vocabulary», «Writing». З рисунка видно, що обсяг знань, який відповідає певному рівню володіння мовою, зростає, і це логічно, але його організаційна структура залишається незмінною [3].

Розглянемо зміст кластерів, необхідних для формування мовних компетенцій і механізм утворення кластеру.

Для формалізації процесу угруповання дескрипторів мовних компетенцій в кластери, поставимо кожному дескриптору у відповідність числовий набір ознак.

Наприклад, запис «*Speaking s1/s2 /s3*» буде містити номер за порядком кластера *s1*, номер за порядком дескриптора *s2* і рівень складності *s3*, що характеризує рівень володіння іноземною мовою.

Конкретна інтерпретація даного процесу може бути наступною. Наприклад, знання мови, що дозволяє виконати дію «*Можу представитися*» буде формально записано як «*Speaking1/1/A1*», «*Можу показати переваги і недоліки різних думок*» буде записано як «*Speaking1/1/B2*». При цьому знання «*Vocabulary1/1/A1*» буде містити словниковий запас, необхідний для виконання «*Speaking1/1/A1*». Визначення індексів доцільно провести за допомогою одного з відомих методів експертних оцінок [4]. Спочатку експертами призначаються другий і третій індекси.

Далі, після об'єднання однорідних дескрипторів їх число скорочується, і визначається перший індекс, що вказує на змістовну приналежність до кластеру (рис. 2).

Запропонований підхід дозволить оптимізувати зусилля, що витрачаються учнями для досягнення заданого рівня володіння іноземною мовою.

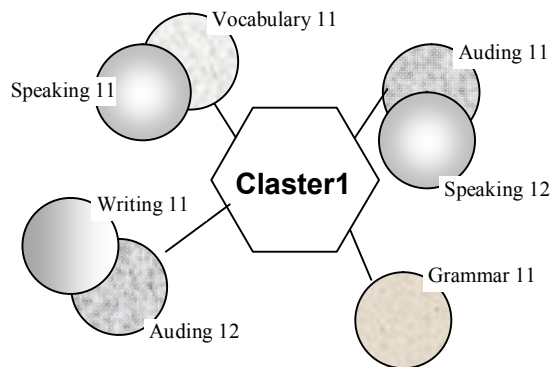


Рис. 2. Механізм формування кластерів

2. Аналогічним способом пропонується виділити приналежність того чи іншого дескриптора до певного тесту. Ця процедура дозволить виявити мовні компетенції, загальні для декількох кластерів. Ілюстрація даного процесу для рівня B2 приведена на рис.3. Припустимо, що для успішного складання тесту «*Speaking*» з англійської мови на рівень знань B2 для будь-якого з *K* тестів необхідно *n* дескрипторів, що належать до кластеру 1: «*Speaking1/1/B2*», «*Speaking1/2/B2*», ..., «*Speaking1/n/B2*». Виділимо загальну для всіх дескрипторів частину *S1*:

$$S1 = \bigcup_{j=1}^n S1 / j / B2 . \quad (1)$$

Дескриптори, що не ввійшли до цього об'єднання, будуть згруповані за належністю до того чи іншого тесту

$$S1^{(k)}, k = \overline{1, K} [5].$$

В аналогічний спосіб будуть сформовані області необхідних знань за іншими видами мовної діяльності.

Ілюстрація даного процесу для рівня B2 приведена на рис. 3.

Таке наочно-формалізоване групування знань, необхідних для підготовки до складання тестів, дозволить заощадити час для підготовки до тесту і покращити результат. Для складання розглянутих схем, природно, необхідна обробка великих обсягів інформації. Для цього можливе залучення експертів і використання засобів обчислювальної техніки.

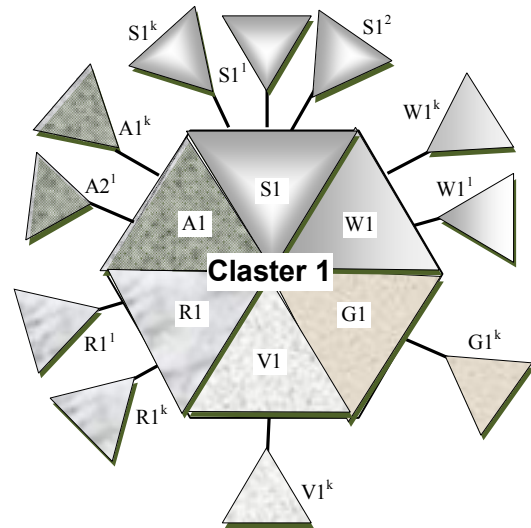


Рис. 3. Групування знань для підготовки до складання тестів

3. Далі розглянемо механізм серфінгу утворених кластерів. Сполучними елементами в цьому процесі будуть загальнонавчальні навички, якими володіє учень. Наявність і/або розвиток в учнів цих навичок відіграє неоціненну роль при підготовці до тестів. Саме розвиток усіх видів загальнонавчальних навичок дозволить учню сформувати індивідуальну програму підготовки до тестування, яка включатиме необхідний і достатній набір кластерів, що підлягають освоєнню. Безумовно, пройдений учнем шлях у вивченні іноземної мови від рівня A1 до B2 свідчить про наявність у першого загальнонавчальних навичок. У даному ж випадку необхідно звернути увагу на такі психолого-педагогічні аспекти підготовки до проходження тестування як уміння проводити адекватну самооцінку та усвідомлення ролі самопідготовки. Учень, який найчастіше здійснює підготовку до тестів самостійно, виходячи зі свого рівня знань, перш за все, повинен володіти загальнонавчальними навичками визначення таких позицій, необхідних для складання індивідуальної програми підготовки:

– визначення свого рівня володіння мовою; це досягається виконанням тестів та завдань з аналізом попереднього досвіду навчання і оцінки;

- визначення рівня сформованості компетенцій за мовними аспектами; практичний досвід авторів свідчить про наявність істотних диспропорцій та «прогалин» у підготовці учнів за видами мовної діяльності, наприклад, добре володіння комунікативними навичками не завжди кореспондується з високим рівнем писемною мовлення;

- підготовка до тестів, виходячи із специфіки програми провайдера; практика показує, що рівень володіння мовою не завжди об'єктивно відповідає результатам тестів, причина цього полягає у відсутності практики проходження тестів і виконання специфічних тестових завдань, недостатній рівень розвитку загальнонавчальних навичок [6].

Висновки

1. Підготовка до складання тесту на знання іноземної мови пов'язана зі значними часовими і інтелектуальними витратами, тому виникає необхідність розробки методики базової підготовки та механізму оперативної допідготовки до складання конкретного тесту.

2. Головною ідеєю для створення такої методики є визначення базових знань - кластерів - на кожному рівні формування мовних компетенцій.

3. Сполучними елементами в процесі серфінгу по кластерах будуть загальнонавчальні навички учня.

4. Запропонований підхід дозволить оптимізувати зусилля, які витрачаються учнями для досягнення заданого рівня володіння іноземною мовою.

Список літератури

1. Войтович И.К. Иностранные языки в контексте непрерывного образования: монография / И.К. Войтович; под ред. Т. И. Зелениной. – Ижевск: Удмуртский университет, 2012. – 212 с.

2. Наказ Міністерства освіти і науки України від 14.01.2016 №13 «Про затвердження Порядку присвоєння вчених звань науковим і науково-педагогічним працівникам».

3. Загальноєвропейські Рекомендації з мовної освіти: вивчення, викладання, оцінювання / Науковий редактор українського видання: д-р пед. наук, проф. С.Ю. Ніколаєва. – К.: Ленвіт, 2003. – 273 с.

4. Макогон Е.А. Оценка эффективности сложных систем с использованием модифицируемого метода попарных сравнений / Е.А. Макогон, О.В. Серая // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Х.: ХУПС, 2007. – Вып. 3 (15). – С. 112-116.

5. Михайленко В.В. Вища математика. Кн. 1. Лінійна алгебра та аналітична геометрія / В.В. Михайленко, Л.Д. Добряков. – Житомир: ЖДТУ, 2004 – 554 с.

6. Дичко О.О. Психолого-педагогічні аспекти підготовки курсантів факультету військової підготовки до державного екзамену з англійської мови (субтест з читання): Навчально-методичний посібник / О.О. Дичко, О.А. Макогон, С.А. Новік. – Х.: ФВП НТУ «ХПІ», 2015. – 62 с.

Надійшла до редколегії 19.02.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.О. Можаяєв, Харківський національний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків.

МЕТОДИКА ПОДГОТОВКИ К СДАЧЕ ТЕСТА НА ПОДТВЕРЖДЕНИЕ ВЛАДЕНИЯ ИНОСТРАННЫМ ЯЗЫКОМ С ПОМОЩЬЮ КЛАСТЕРОВ БАЗОВЫХ ЗНАНИЙ

Е.А. Макогон, А.В. Магилин, С.А. Новик

Многовариантность тестов на подтверждение владения компетенциями иностранного языка определяет необходимость разработки методики базовой подготовки и механизма оперативной доподготовки к сдаче конкретного теста. Основной идеей для создания такой методики является определение базовых знаний - кластеров - на каждом уровне освоения языковых компетенций. Соединительными элементами в процессе серфинга по кластерам будут общеучебные навыки учащегося. Предложенный подход позволит оптимизировать усилия, потраченные учащимися для достижения заданного уровня владения иностранным языком.

Ключевые слова: уровень владения иностранным языком, кластер, языковой дескриптор, языковая компетенция, общеучебные навыки.

PREPARATION METHODS FOR A FOREIGN LANGUAGE PROFICIENCY TESTS USING CLUSTERS OF BASIC KNOWLEDGE

H.A. Makogon, O.V. Magilin, S.A. Novik

Foreign language proficiency tests are multivariant, so it is essential to develop methods of basic training and operational techniques for a particular test preparation. The method based on the determination of clusters of student's basic knowledge at each level of language competences formation is suggested. The connecting element in surfing clusters is the student's general educational skills. The approach suggested will help students to optimize their efforts in achieving a certain foreign language proficiency level and in preparing for an appropriate level test.

Keywords: the English language proficiency level, cluster, language descriptor, language competence, general educational skills.

УДК 004.942

А.В. Прохоров

Национальный аэрокосмический университет имени Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков

МОДЕЛЬ ДИНАМИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ РАСПРЕДЕЛЕННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АГЕНТОВ

Рассмотрены основные особенности управления ресурсами в распределенных интеллектуальных системах. Предложена агентная модель управления ресурсами в сложных динамических средах, с возможностями экономической самоорганизации и коллективной адаптации элементов модели с собственными интересами и процессами принятия решений, которая позволяет осуществлять децентрализованное планирование с гибким управлением ресурсами и нагрузкой в условиях неопределенности и динамического окружения. Описаны основные особенности поведения и взаимодействия агентов при моделировании процессов управления ресурсами.

Ключевые слова: распределенная интеллектуальная система, агентная модель, управление ресурсами, компетенции.

Введение

Главный смысл происходящих последнее десятилетие смен концепций (парадигмы) создания и использования средств искусственного интеллекта – переход от индивидуальных систем к распределенной обработке знаний и разработке мультиагентных систем. В этом случае распределенная интеллектуальная система строится из множества взаимодействующих интеллектуальных компонент (агентов), совместно решающих поставленную задачу в распределенных вычислительных средах.

Интеллектуальные компоненты могут быть неравноправны. Тогда архитектура распределенной интеллектуальной системы может быть иерархической, поскольку имеются интеллектуальные компоненты «метауровня», осуществляющие координацию распределенного решения задач другими компонентами.

Базовыми специфическими особенностями, которыми обладают распределенные интеллектуальные системы, являются следующие:

- физическая и логическая распределенность по узлам вычислительной сети, которая зависит от характера и назначения системы, характеристик обрабатываемой информации и программно-аппаратных средств реализации;

- распределенность баз знаний;

- распределенность задач, при которой выбор задач, решаемых данным интеллектуальным компонентом, зависит от доступных баз знаний, входных данных и управляющей информации;

- распределенность логического вывода решений;

- скоординированное информационное взаимодействие интеллектуальных компонент.

Мультиагентные системы с учетом предоставляемых ими преимуществ – автономности, децентрализованности, индивидуального поведения с

возможностью обучения и адаптации для составляющих их агентов – автоматизируют полный цикл управления ресурсами в реальном времени, включая согласование интересов, скоординированное взаимодействие, динамическое планирование и адаптивное перепланирование заказов/ресурсов.

Анализ последних исследований и публикаций. К базовым видам взаимодействия между агентами относятся: кооперация (сотрудничество); конкуренция (конфронтация, конфликт); компромисс (учет интересов других агентов); конформизм (отказ от своих интересов в пользу других); уклонение от взаимодействия [1]. Взаимодействие агентов обусловлено целым рядом причин и одной из важных среди них является отношение к ресурсам. В качестве ресурсов рассматриваются любые средства, используемые агентами для достижения своих целей. Наиболее сложный случай сотрудничества, когда к проблеме распределения задач добавляется проблема координации действий, обусловленная ограниченностью ресурсов.

Можно выделить класс систем с необходимостью решения задач динамического распределения ресурсов и четко прослеживающимся совместным и скоординированным взаимодействием владельцев и потребителей ресурсов. Сюда относятся системы производственной и транспортной логистики [2], управление проектами и персоналом [3], управление финансовыми ресурсами в банках [4], электронная коммерция [5], управление региональным развитием [6], GRID-системы [7] и др.

Ограниченность ресурсов, которые используются многими агентами, обычно порождает конфликты. Один из основных способов разрешения конфликтов обеспечивают переговоры, направленные на достижение компромиссов, в которых учитываются интересы всех агентов.

Агентный подход является наиболее перспективным направлением повышения эффективности

управління ресурсами. Тем більше, якщо справа йде про координування колекцій ресурсів – це завдання вищого рівня, і більшість процесів (моніторинг, діагностика, планування) потребує інтелектуальних, автономних, соціальних здібностей.

В агентному підході часто використовується принцип «виртуальної» торгівлі за ресурси, коли кожному агенту-замовнику виділяється частина робочого часу агента-ресурса. Такий спосіб дозволяє здійснювати планування в реальному часі, т.е. враховувати несподівані відмови або виникнення нових ресурсів і замовлень додаванням, видаленням або зміною параметрів агентів моделі.

Постановка задачі дослідження. В межах цього дослідження пропонується агентна модель управління ресурсами в складних динамічних середовищах, з можливостями економічної самоорганізації і колективної адаптації елементів моделі з власними інтересами і процесами прийняття рішень, яка дозволяє здійснювати де-

централизованное планування з гнучким управлінням ресурсами і навантаженням в умовах неопределенності і динамічного оточення.

Агентна модель управління ресурсами

Множество ресурсів і замовлень/завдань моделюються в формі агентів (рис. 1).

Таким чином, в складі мультиагентної моделі управління ресурсами кожен агент *TaskAgent* представляє собою конкретний замовлення/завдання і характеризується своїми цілями, пріоритетом, строками, вартістю. Ціллю для кожного агента *TaskAgent* є пошук контрактів з ресурсами, які можуть виконати необхідні роботи з мінімальними витратами. Ресурси є елементом з індивідуальним поведінкою, тому моделюються агентом *ResourceAgent*. Його ціль складає в тому, щоб збільшити рівень завантаження ресурсів, а з точки зору економічного підходу і доходів.

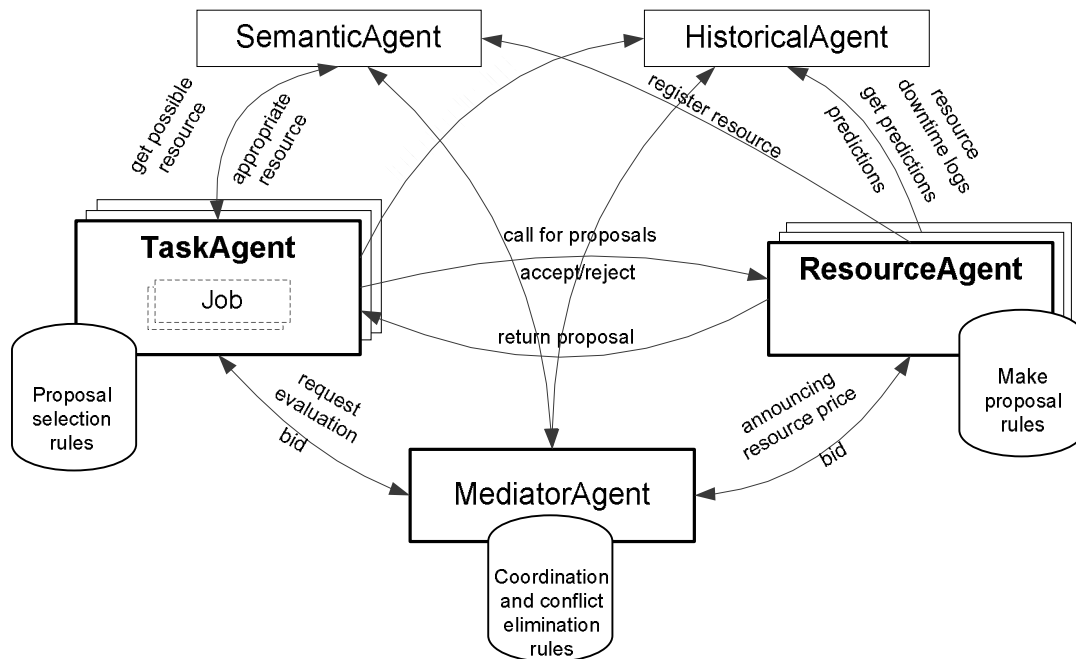


Рис. 1. Мультиагентна модель управління ресурсами

Рассмотрим основные составляющие модели.

Множество ресурсов $R = \{R_1, R_2, \dots, R_M\}$.

Формализовано представити ресурс R_m ($m = \overline{1..M}$) можна в формі сукупності таких компонентів:

$$R_m = \langle P_m^R, H_m^R, E_m^R, PV_m^R, S_m^R \rangle,$$

де P_m^R – вектор початкових характеристик m -го ресурса; H_m^R – множина компетенцій ресурса; E_m^R – вектор економічних характеристик ресурса; PV_m^R – вектор індивідуальних уподобань ресурса; S_m^R – вектор, описуючий стан ресурса.

Отличительной особенностью предложенной модели является введение в состав характеристик ресурсов множества компетенций, которыми располагает тот или иной ресурс, а в составе агенто-заданий набора компетенций, которые необходимы для их выполнения.

Множество компетенций ресурса H_m^R состоит из набора пар для каждой i -й компетенции (h_{mi}^R, e_{mi}^R) , где h_{mi}^R – характеризует доступный уровень по каждой компетенции, e_{mi}^R представляет собой эффективность (способность) ресурса при выполнении компетенции так, что $0 \leq e_{mi}^R \leq 1$.

Целью каждого агента ресурса является максимизация прибыли.

Для этого они пытаются продать свои ресурсы по более высоким ценам и конкурируют друг с другом за получение большего числа работ.

Множество заданий $O = \{O_1, O_2, \dots, O_N\}$. Каждое задание O_n ($n = \overline{1..N}$) можно представить в виде совокупности следующих компонентов:

$$O_n = \langle P_n^O, Y_n^O, H_n^O, PV_n^O, S_n^O \rangle,$$

где P_n^O – вектор начальных характеристик n -го задания; Y_n^O – комплекс работ; H_n^O – множество компетенций, необходимых для выполнения задания; E_n^O – вектор экономических характеристик задания; PV_n^O – вектор индивидуальных предпочтений задания; S_n^O – состояние выполнения задания.

Комплекс работ $Y_n^O = \{y_{nj}\}$, где $j = \overline{1..p_n}$ где p_n – количество работ n -го задания. Каждая работа задания характеризуется $y_{nj} = (l_{nj}, s_{nj}, t_{nj}^k)$, где l_{nj} – размерность j -й работы, s_{nj} – объём финансовых ресурсов (бюджет), выделенный для выполнения работы, т.е. максимальная стоимость, которую агент готов заплатить за выполнение работы, t_{nj}^k – желаемый срок завершения работы.

Максимально стоимость определяется

$$\varphi = s_{nj} / l_{nj}.$$

Подмножество $H_n^O = (h_{n1}^O, h_{n2}^O, \dots, h_{nk}^O)$ – набор компетенций, которые необходимы для выполнения задания, h_{ni}^O – характеризует требуемый уровень по каждой компетенции. Вектор экономических характеристик задания включает:

– объём средств r_n , которые задание может потратить на выполнение работ $r_n = \sum_j s_{nj}$;

– прибыль задания $SV(O_n) = \sum_i (r_n(R_i) - s_i)$ определяется как сумма денежных средств от использования ресурсов для выполнения задания, т.е. разница между объемом средств $r_n(R_i)$, имеющих на покупку i -го ресурса и его текущей ценой s_i , принятой заданием.

Вектор индивидуальных предпочтений $PV(O_m)$ – это предпочтения задания относительно желательного и предельно допустимого срока завершения, объема, штрафа за невыполнение задания и т.д.

Целью каждого агента задания является выполнение своих работ в срок и с минимальными затратами.

Особенности взаимодействия агентов модели управления ресурсами

Наибольшую сложность в теоретических исследованиях и практических реализациях современных мультиагентных систем представляют вопросы, связанные с процессами взаимодействия агентов при коллективном решении задач реальной практической сложности и значимости, поскольку каждый агент, решающий конкретную подзадачу, имеет лишь частичное представление об общей задаче и должен постоянно взаимодействовать с другими агентами.

В каждую единицу времени, агенты-задания и агенты-ресурсы подают заявки и запросы аукционисту (*MediatorAgent*). Аукционист ведет список текущих предложений и запросов и контрактует два предложения, когда цена лота превышает или равна самому низкому запросу. Определение значений ставки и запроса для агентов-заданий и агентов-ресурсов можно сделать автономным и на основе их целей. В работе мы рассматриваем два способа принятия решений для определения значений ставок и запросов.

Рассмотрим поведение агента *TaskAgent*.

Агент задания определяет значение заявки в каждую единицу времени на основе двух параметров: среднее оставшееся время для проведения торгов и оставшиеся ресурсы для заявки.

1. *Определение значения заявки, основанное на количестве оставшихся ресурсов на участие в аукционе.*

В этом варианте, в каждую единицу времени, агент задания определяет значение ставки в зависимости от количества оставшихся ресурсов, которые могут предложить цену за их использование. Задание может претендовать на ресурс, если он может выполнять работу в пределах срока и цена резервирования ресурса меньше или равна максимальному значению, которое агент может заплатить за работу.

Формально работа i задания n может торговаться за ресурс j

$$t_{ni}^k - L_j - \frac{l_{ni}}{c_j} \geq 0,$$

где l_{ni} / c_j – время выполнения работы i задания n на ресурсе j .

Число оставшихся ресурсов уменьшается (из-за принятия новых работ ресурсами на выполнение).

В каждый момент времени, значение ставки для работы i задания n основывается на оставшихся ресурсах и определяется

$$V_{pi} = \left(\frac{s_{min}}{\varphi_i} + \left(1 - \frac{s_{min}}{\varphi_i} \right) \left(1 - \frac{M^t - 1}{M} \right)^{\frac{1}{\alpha}} \right) \cdot \varphi_i$$

где s_{\min} - минимальная цена резервирования среди оставшихся ресурсов; M^t - число оставшихся ресурсов в момент времени t для работы i задания n ; α - полиномиальный коэффициент ($0.01 \leq \alpha \leq 100$).

Когда $\alpha < 1$ агент задания поддерживает низкую стоимость покупки, пока число оставшихся ресурсов не станет близким к нулю. С другой стороны, когда $\alpha > 1$ агент задания начинает со значения ставки близким к ϕ_i , т.е. максимальным значением заявки. Когда число оставшихся ресурсов уменьшается, значение заявки увеличивается.

2. *Определение значения заявки, основанное на среднем оставшемся времени для проведения торгов.*

Здесь в каждый момент времени, агент задания определяет значение ставки на основе среднего оставшегося времени для проведения торгов с ресурсами. Пусть заявка работы i задания n подается в момент времени t . Оставшееся время для агента задания, когда он может сделать заявку ресурсу j , определяется

$$rt_{nij} = \left(t_{ni}^k - L_j - \frac{I_{ni}}{c_j} \right) \cdot x,$$

$$\text{где } x = \begin{cases} 1, & \text{если } \phi_i \geq s_j \\ 0, & \text{если } \phi_i < s_j \end{cases}.$$

Если $rt_{ij} < 0$, то это означает, что ресурс j не может выполнить работу i задания n в желаемый срок.

Среднее оставшееся время для подачи заявки может быть получено следующим образом

$$rt_{ni} = \frac{\sum_j (rt_{nij} \cdot y)}{M},$$

$$\text{где } y = \begin{cases} 1, & \text{если } rt_{nij} > 0 \\ 0, & \text{если } rt_{nij} \leq 0 \end{cases}$$

На момент подачи работы, среднее оставшееся время для подачи заявки имеет максимальное значение rt_{ni}^{\max} .

Значение заявки на основе среднего оставшегося времени для торгов может быть получено следующим образом

$$V_{rt} = \left(\frac{s_{\min}}{\phi_i} + \left(1 - \frac{s_{\min}}{\phi_i} \right) \left(1 - \frac{r_{ni}}{rt_{ni}^{\max}} \right)^{\beta} \right) \cdot \phi_i,$$

где $0.01 \leq \beta \leq 100$. Здесь параметр β аналогичен α и используется для управления степенью выпуклости кривой.

После определения значений заявки для каждого из ограничений, упомянутых выше, агент задания объединяет их для расчета окончательной суммы заявки

$$V_b = \lambda \cdot V_{rt} + (1 - \lambda) \cdot V_{rt},$$

где $0 \leq \lambda \leq 1$ - используется для регулирования эффективности параметров, используемых в этом уравнении. Если $\lambda = 1$, то это означает, что только ограничение на оставшиеся ресурсы рассматривается в окончательной стоимости тендерного предложения, а $\lambda = 0$ означает, что учитывается только ограничение на оставшееся время. Значение $\lambda \in (0,1)$ означает, что учитываются оба параметра.

Рассмотрим поведение агента *ResourceAgent*.

Агент ресурса направлен на получение большей прибыли. Для этого он пытается продать свой ресурс по более высокой цене и конкурирует с другими ресурсами для получения новых работ на выполнение.

Будем считать, что в момент появления ресурса, его загруженность L_m равна нулю и ресурс устанавливает цену на свое резервирование. После закрепления работы он обновляет свою рабочую нагрузку (т.е. по сути время начала новой работы) и устанавливает свою цену по максимальному значению ms_m . Постепенно загруженность ресурса L_m уменьшается и приближается к нулю.

С уменьшением загруженности агент ресурса уменьшает свою стоимость и в случае, когда загруженность равна нулю, он устанавливает цену резервирования s_m . Максимальная цена может быть определена либо владельцем ресурса или агентом через сотрудничество с другими агентами. Агент ресурса определяет свою цену следующим образом

$$V_r = \left(\frac{s_j}{ms_j} + \left(1 - \frac{s_j}{ms_j} \right) \left(\frac{L_j}{L_j^t} \right)^{1/\gamma} \right) \cdot ms_j,$$

где L_j^t - загруженность ресурса j после последнего размещения работы; L_j - текущая загруженность или время начала новой работы. Здесь параметр γ аналогично используется для управления степенью выпуклости кривой.

В каждый момент времени агенты заданий и агенты ресурсов определяют свои заявки и запросы и отправляют их аукционисту (*MediatorAgent*). Аукционист сортирует значения заявок в порядке возрастания, а значения запросов в порядке убывания. Если заявка больше или равна самому низкому запросу, то сделка происходит по следующей цене

$$V_c = \frac{(V_b^{\max} + V_r^{\min})}{2}.$$

Заключення

В роботі пропонується агентна модель управління ресурсами в складних динамічних середовищах, з можливостями економічної самоорганізації та колективної адаптації елементів моделі з власними інтересами і процесами прийняття рішень, що дозволяє вирішувати задачі децентралізованого планування з гнучким управлінням ресурсами і навантаженням в умовах неопределенності і динамічного оточення.

Список літератури

1. Тарасов В.Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям: философия, психология, информатика [Текст] / В.Б. Тарасов. – М.: Эдиториал УРСС, 2002. – 352 с.
2. Соуд Абдалазез Мохаммед Амен. Координация взаимодействий агентов при моделировании процессов нефтепродуктообеспечения [Текст] / Соуд Абдалазез Мохаммед Амен, А.В. Прохоров, О.Е. Федорович // Радиоелектронні та комп'ютерні системи. – 2012. – №4(56). – С. 185-192.
3. Федорович О.Е. Имитационная модель анализа процессов управления проектами с учетом рисков [Текст] / О.Е. Федорович, А.В. Прохоров, Е.М. Жигулина // Авиационно-космическая техника и технология. – Вып. 1 (37). – Харьков: ХАИ, 2007. – С. 75-84.
4. Прохоров А.В. Знаниеориентированная агентная модель анализа процессов управления финансовыми ресурсами банка [Текст] / А.В. Прохоров, Ю.Н. Страшненко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. – Т. 1. № 2 (49). – С. 42-46.
5. Прохоров А.В. Концептуальная модель мультиагентной системы управления контекстной рекламой [Текст] / А.В. Прохоров, Е.Н. Владимирская // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2010. – № 46(4/9). – С. 44-52.
6. Прохоров А.В. Інтелектуальна система підтримки прийняття рішень з управління регіональними ресурсами [Текст] / А.В. Прохоров, А.О. Матюшко // Радиоелектронні та комп'ютерні системи. – 2015. – №1(71). – С. 110-114.
7. Прохоров А.В. Мультиагентные технологии управления ресурсами в распределенных вычислительных средах [Текст] / А.В. Прохоров, Е.М. Пахнина // Proc. of Second Int. Conf. «Cluster Computing». – Lviv, 2013. – P. 184-190.

МОДЕЛЬ ДИНАМІЧНОГО УПРАВЛІННЯ РЕСУРСАМИ РОЗПОДІЛЕНОЇ ВЗАЄМОДІЇ АГЕНТІВ

О.В. Прохоров

Розглянуто основні особливості управління ресурсами в розподілених інтелектуальних системах. Запропоновано мультиагентну імітаційну модель управління ресурсами в складних динамічних середовищах, з можливостями економічної самоорганізації та колективної адаптації елементів моделі з власними інтересами і процесами прийняття рішень, яка дозволяє здійснювати децентралізоване планування з гнучким управлінням ресурсами і навантаженням в умовах невизначеності і динамічного оточення. Описано основні особливості поведінки та взаємодії агентів при моделюванні процесів управління ресурсами.

Ключові слова: розподілена інтелектуальна система, агентна модель, управління ресурсами, компетенції.

AGENT-BASED MODEL OF RESOURCE MANAGEMENT IN DISTRIBUTED INTELLIGENT SYSTEMS

A.V. Prokhorov

The main features of the resource management in distributed intelligent systems are considered. We propose a multi-agent simulation model of resource management in complex dynamic systems with the possibility of economic self-organization and collective adaptation model elements. It allows implement decentralized planning with flexible management of resources and its utilization under conditions of uncertainty and dynamic environment. We describe the detail of behavior and agents interaction in the simulation process of resource management.

Keywords: distributed intelligent system, agent-based model, resource management, competence.

References

1. Tarasov V. B. *От многоагентных систем к интеллектуальным организациям: философия, психология, информатика* [From multi-agent systems to intellectual organizations: philosophy, psychology, computer science], Jeditorial URSS, 2002, 352 p.
2. Soud Abdalazez Mohammed Amen, Prokhorov A. V., Fedorovich O. E. *Koordinacija vzaimodejstvij agentov pri modelirovanii processov nefteproduktobespechenija* [Coordination of agents interaction in modeling processes petroleum products]. *Radioelektronni ta komp'juterni sistemi*, 2012, №4(56), pp. 185-192.
3. Fedorovich O. E., Prokhorov A. V., Zhigulina E. M. *Imitacionnaja model' analiza processov upravlenija proektami s uchetom riskov* [A simulation model for the analysis of project management processes with risks account]. *Aviacionno-kosmicheskaja tehnika i tehnologija*, 2007, Vol. 1(37), pp. 75-84.
4. Prokhorov A. V., Ju. N. Strashnenko *Znаниеorientirovannaja agentnaja model' analiza processov upravlenija finansovymi resursami banka* [Knowledge-agent model analysis of the bank's financial management processes]. *Vostochno-Evropskij zhurnal peredovyh tehnologij*, 2011. Vol 1. № 2(49), pp. 42-46.
5. Prokhorov A. V., Vladimirskaja E. N. *Konceptual'naja model' mul'tiagentnoj sistemy upravlenija kontekstnoj reklamoj* [Conceptual model of the multi-contextual advertising management]. *Vostochno-Evropskij zhurnal peredovyh tehnologij*, 2010, № 46(4/9), pp. 44-52.
6. Prokhorov A. V., Matjushko A. O. *Intelektual'na sistema pidtrimki prinyattja rishen' z upravlinnja regional'-nimi resursami* [Intelligent decision support system for regional resources management]. *Radioelektronni ta komp'juterni sistemi*, 2015. №1(71), pp. 110-114.
7. Prokhorov A. V., Pakhnina E. M. *Mul'tiagentnye tehnologii upravlenija resursami v raspredelennyh vychislitel'nyh sredah* [Multi-agent management technology in distributed computing environments]. *Proc. of Second International Conference «Cluster Computing» CC 2013. Lviv, 2013*, pp. 184-190.

Надійшла до редколегії 1.03.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Є.А. Дружиніг, Національний аерокосмічний університет імені М.Є. Жуковського "ХАІ", Харків.

УДК 004.41:004.056

А.А. Смирнов, А.В. Коваленко

Кировоградский национальный технический университет, Кировоград

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПСЕВДОБУЛЕВЫХ МЕТОДОВ БИВАЛЕНТНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

В данной работе предлагается использовать псевдобулевы методы бивалентного программирования с нелинейной целевой функцией и линейными ограничениями, для формирования метода управления рисками разработки программного обеспечения, с целью определения оптимальной стратегии устранения эксплуатационных ошибок. При этом предлагается рассматривать задачу управления рисками разработки программного обеспечения, в виде полумарковской модели принятия решений для управляемого процесса в непрерывном времени с критерием минимума расходов на устранение аномалий.

Ключевые слова: псевдобулевы методы бивалентного программирования, управление рисками, разработка программного обеспечения.

Постановка проблемы в общем виде и анализ литературы

Всеобщие процессы глобализации экономических, финансовых, социальных и информационных отношений способствовали развитию направления риск-менеджмента. Однако общемировые финансовые кризисы показали недостаточно внимательное отношение к управлению рисками со стороны большинства представителей руководства организаций, в том числе и в Украине.

В настоящее время в большинстве организаций и предприятий различных форм собственности все больше внимания уделяется вопросам анализа и оценки рисков. Но, несмотря на это проблемы и вопросы, относящиеся к общей теории и методологии анализа, оценки и управления рисками требуют адаптации к подходам и положениям современного менеджмента, учета новых факторов становления и развития технологий, объединения известных «устоявшихся» положений теории рисков с новыми, прогрессирующими подходами анализа и синтеза.

Анализ литературы [1 – 11, 16 – 20] показал, что несмотря на достаточно глубокую историю развития понятия «риск» и попытки ряда известных авторов сконцентрировать свои разработки в область управления рисками отдельных отраслей и направлений деятельности, разработка новых, перспективных научных положений в этой области все же несколько «заужена» финансовой деятельностью. В то же время широкое использование в нашей работе информационных технологий требует повышенного внимания к этому направлению, и соответственно, более глубокого освещения вопросов риск-менеджмента IT-индустрии.

Проведенные исследования, а также анализ литературы [1 – 9] показали, что управление риском разработки программного обеспечения (ПО) состоит

в заблаговременном выявлении связанных с риском финансовых, технических, психологических, и др. опасностей, и принятии мер по снижению риска путем целенаправленного изменения этих факторов с учетом эффективности принимаемых мер. Управление риском разработки ПО включает систему мероприятий, осуществляемых как до проявления негативного события, так и после его реализации. Однако, как показали исследования, превентивный анализ и учет большинства возможных эксплуатационных ошибок позволит снизить финансовые и др. затраты в жизненном цикле разработки ПО.

Ряд авторов [1 – 11, 16 – 20] под термином "управление риском" понимают разработку и обоснование оптимальных программ деятельности, призванных эффективно реализовать решения в области обеспечения безопасности. При этом главным элементом такой деятельности является процесс оптимального распределения ограниченных ресурсов с учетом характерных эксплуатационных, экономических и социальных факторов.

Рассматриваемую задачу управления рисками разработки ПО при определенных ограничениях на мероприятия по тестированию качества и безопасности, сформулируем в виде полумарковской модели принятия решений для управляемого марковского процесса в непрерывном времени и дисконтированными доходами (с коэффициентом $0 < \alpha < 1$ в нормальных условиях процесса создания ПО) или расходами (в условиях с отклонениями от плана, связанными с пренебрежением выявления уязвимостей (ошибок) безопасности). При этом данный вид эксплуатационных рисков отождествляются с последовательно соединенными независимыми элементами, восстанавливаемыми за конечное время.

Оптимальную нерандомизированную стационарную стратегию управления определим с помо-

щью псевдобулевых методов бивалентного программирования, находя все решения системы ограничений. Эти решения определяются на основе алгоритма пересечения решений отдельных неравенств-ограничений, предложенного в работе [12 – 15] для нахождения базисных решений системы линейных неравенств с булевыми переменными.

В таких условиях сформулируем основную задачу. Пусть каждому состоянию $i \in S$, где $S = \{0, 1, 2, \dots, N\}$ рассматриваемой системы управления рисками разработки ПО поставлено в соответствие конечное множество R_i решений, элементы которого обозначим как $r = 1, 2, \dots, r_i$. Если система находится в состоянии $i \in S$ и принимается решение $r \in R_i$, то ее дальнейшее поведение определяется вероятностным законом:

$$Y_{ij}^r(t) = P_{ij}^{(r)} F_{ij}^{(r)}(t), \quad j \in S, \quad (1)$$

где $P_{ij}^{(r)}$ – вероятность перехода системы из состояния в состояние i ; $F_{ij}^{(r)}(t)$ – функция распределения времени пребывания системы в состоянии i при принятии решения r и при условии, что следующий переход произойдет в состояние j .

При этом сделаем допущение, что выполнены следующие условия:

Состояние $i = 0$ соответствует нормальному процессу разработки ПО, а $i \neq 0$ – ситуация ошибки безопасности.

Функции $F_{0j}^{(r)}(t)$ и $F_{j0}^{(r)}(t)$, $j \in \tilde{S} = S \setminus \{0\}$, $r \in R_j$, вместе со своими первыми производными непрерывны при $t > 0$, за исключением конечного числа точек, и возрастают в соответствии с экспоненциальным законом распределения.

За единицу времени пребывания в состоянии i в случае принятия решения r тратится в среднем $k_i^{(r)}$ средств (при $i \neq 0$ число $k_i^{(r)}$ отрицательно и равно издержкам системы за единицу времени пребывания в состоянии i при условии выхода из этого состояния с учетом решения r).

Величины $|k_i^{(r)}|$ ограничены при всех $i \in S$, $r \in R_i$ и вероятности $P_i^{(r)}$ удовлетворяют соотношениям:

$$\sum_{j \in S} P_i^{(r)} = 1, \quad i \in S, \quad r \in R_i, \quad P_{ij}^{(r)} \geq 0, \quad i, j \in S, \quad r \in R_i.$$

Таким образом, в каждом состоянии $i \in S$ существует r_i решений из конечного множества R_i . Выбор некоторого решения r из этого множества R_i в состоянии $i \in S$ означает задание величин $Y_{ij}^r(t)$, $P_{ij}^{(r)}$, $F_{ij}^{(r)}(t)$, $k_i^{(r)}$, $j \in S$.

При $i = 0$, $R_0 = \{0\}$, вероятность $P_{0j}^{(r)} \neq 0$, $j \in S$ является вероятностью перехода в состояние j . Вероятность $P_{0j}^{(r)} \neq 0$, $j \in S$ вычисляется на практике как доля состояний с ошибками безопасности типа j в общей совокупности уязвимостей безопасности различных типов на основе данных предысторий процесса разработки ПО. В этом случае $F_{0j}^{(r)}(t)$ – функция распределения времени тестовой эксплуатации ПО между выявленными ошибками безопасности типа j .

При $i = 1, \dots, N$ для любого $r \in R_i$, $P_{i0}^{(r)} = 1$, $P_{ij}^{(r)} = 0$, $j \neq 0$, функция $F_{i0}^{(r)}(t)$ это функция распределения времени устранения уязвимостей безопасности с использованием решения r при ошибке типа j .

При условии непрерывности во времени исследуемого процесса будем пользоваться переоценкой экспоненциального вида с нормой α , то есть если в некоторый момент времени затраты составляют какую-то единичную величину, то через время t эти затраты уже будут $e^{-\alpha t}$ единичных величин. Тогда если k_i – расход за единицу времени, то суммарный расход за время t имеет вид:

$$\int_0^t k_i e^{-\alpha \tau} d\tau = \frac{k_i}{\alpha} (1 - e^{-\alpha t}). \quad (2)$$

Обозначим i_n состояние системы после n -го перехода, u_n – принятое решение, а τ_n – время пребывания в этом состоянии ($n = 0, 1, 2, \dots$), i_0 – начальное состояние. Допустимую стратегию β для системы управления разработкой ПО определим как последовательность $\{\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots\}$, где $\beta_n(\bullet / z_n)$ – вероятностная мера, сосредоточенная на функции ограничения $U(S)$ на принятые решения (управления), определяемые системой неравенств:

$$\sum_{j \in S} c_{rj} x_{rj} \leq b_r, \quad r \in R = \bigcup_{j \in S} R_j, \quad (3)$$

и зависящая от истории управляемой системы к моменту n -го перехода

$$z_n = (i_0, u_0, \tau_0, \dots, i_{n-1}, u_{n-1}, \tau_{n-1}, i_n).$$

Мера $\beta_n(\bullet / z_n)$ задает рандомизированное правило выбора решения u_n на основе информации z_n . Такую стратегию β можно назвать рандомизированной. Стратегия β является марковской, если $\beta_n(\bullet / z_n) = \beta_n(\bullet / i_n)$, где $n = 0, 1, 2, \dots$. Марковская стратегия называется стационарной, если $\beta_n(\bullet / i_n) = \beta_n(\bullet / i_n)$. Плотность меры такой страте-

гии при $i_n = i, u_n = r, (r \in R_i)$ обозначим $d_i^{(r)}$. Если стратегия β – марковская стационарная, то управляемый процесс является полумарковским.

Анализ литературы показал, что наиболее популярная информация о полумарковских процессах и управляемых полумарковских моделях с дополнительными расходами и дивидендами изложена в работах [12-15].

Обозначим через $g_i(t, \alpha, \beta)$ суммарный расход системы, управляемой в соответствии со стратегией β , с нормой переоценки α , за время t жизненного цикла разработки ПО. Обязательным условием является то, что процесс начинается в момент $t=0$ из состояния i . Через $v_i(t, \alpha, \beta) = g_i(t, \alpha, \beta)/t$ обозначим суммарный средний расход системы за время t при тех же условиях.

Пусть c_{rj} – затраты, связанные с реализацией мероприятия r в случае события нарушения безопасности ПО j и x_{rj} – булева переменная: $x_{rj} = 1$, если r применяется при событии j , $x_{rj} = 0$ в противном случае.

Предположим, что общий объем средств, отпущенных для устранения недостатков безопасности ПО (мероприятия типа r) ограничен константой b_r , т.е. выполняется неравенство (3).

Если затраты c_{rj} позволяют выполнить каждое из ограничений (3), то реализованная на основании (3) система определяет в пространстве $\mathbb{R}^d, d = \dim R$, некоторое конечное множество дискретных точек. Тогда в соответствии с работами [12-15] существует нерандомизированная стационарная стратегия β^* , называемая β – оптимальной, которая минимизирует суммарный средний расход $v(\alpha, \beta)$ при произвольной стратегии β и норме переоценки $\alpha (\alpha > 0)$. При этом $v(\alpha, \beta)$ есть $(N+1) \times 1$ -мерный вектор $(v_0(\alpha, \beta), v_1(\alpha, \beta), \dots, v_N(\alpha, \beta))$, где:

$$v_i(\alpha, \beta) = \lim_{t \rightarrow \infty} v_i(t, \alpha, \beta), i \in S. \quad (4)$$

Необходимо найти α – оптимальную нерандомизированную марковскую стационарную стратегию β^* , которая минимизирует суммарный средний расход $v(\alpha, \beta)$ при произвольном начальном распределении процесса:

$$y = (y_0, y_1, \dots, y_N), \quad (5)$$

$$\sum_{i \in S} y_i = 1, y_i \geq 0, i \in S. \quad (6)$$

Не уменьшая общности, в качестве начального распределения возьмем вектор $y = (1, 0, \dots, 0)$, т.е. начальное состояние системы. На основе полумар-

ковской модели принятия решений данную задачу приведем к эквивалентной задаче бивалентного программирования с использованием псевдодобулевых методов.

2. Задача управления рисками разработки программного обеспечения, в виде полумарковской модели принятия решений

Вероятности переходов рассматриваемого, для системы разработки ПО, полумарковского процесса принятия решений в моменты скачков из состояния i в состояние j при принятии решения $r \in R_i$ определяется стохастической $(N+1) \times (N+1)$ матрицей $P^{(r)} = \{p_{ij}^{(r)}\}$, которая задает так называемую вложенную цепь Маркова. Элементы $p_{ij}^{(r)}$ при любых $i, j \in S$ и $r \in R_i$ позволяют определять по формуле (1) совместную вероятность $Q_{ij}^{(r)}(t)$ того, что длительность пребывания в состоянии i не превосходит время t из состояния i при $r \in R_i$ процесс переходит в состояние j с вероятностью $p_{ij}^{(r)}$. Функции $Q_{ij}^{(r)}(t)$ в (1) удовлетворяют условиям:

$$Q_{ij}^{(r)}(0) = 0, i, j \in S, r \in R_i, \quad (7)$$

$$\sum_{j \in S} Q_{ij}^{(r)}(\infty) = \sum_{j \in S} p_{ij}^{(r)} = 1, i \in S, r \in R_i. \quad (8)$$

С помощью матрицы $Q_{ij}^{(r)}(t) = \{Q_{ij}^{(r)}(t)\}$ переходных распределений, определим функцию:

$$H_i^{(r)}(t) = \sum_{j \in S} Q_{ij}^{(r)}(t), i \in S, r \in R_i, \quad (9)$$

являющуюся функцией распределения времени пребывания процесса в состоянии i при принятии решения $r \in R_i$.

Случайный процесс $(Z_t), t \geq 0$ со значениями $Z_t = i$, если в момент t система находится в состоянии i , является полумарковским, и задается величинами

$$N, y, Q_{ij}^{(r)}(t), i, j \in S, r \in R_i.$$

Полумарковский процесс называется регулярным, если за конечный промежуток времени он с вероятностью $p_p = 1$ перейдет в любое состояние не более конечного числа раз. Таким образом, регулярный полумарковский процесс за конечный промежуток времени всегда совершает лишь конечное число переходов. Далее в разделе будем рассматривать только регулярные полумарковские процессы. В случае одноэлементных множеств решений R_i в результате стандартных для теории восстановления

[12-15] рассуждений получаем следующее уравнение восстановления

$$v_i(t) = (1 - H_i(t)) \frac{k_i}{\alpha} (1 - e^{-\alpha t}) + \sum_{j \in S} \int_0^t \left(\frac{k_i}{\alpha} (1 - e^{-\alpha t}) + e^{-\alpha t} v_j(t - \tau) \right) dQ_{ij}(\tau), \quad i \in S,$$

где $v_i(t)$ – краткая запись суммарного среднего расхода $v_i(t, \alpha, \beta)$ за время t .

В случае конечных множеств R_i уравнение восстановления с учетом вероятностей $d_i^{(r)}$ принятия решений r в состоянии i запишем в виде:

$$v_i(t) = \sum_{r \in R_i} d_i^r \left(1 - H_i^{(r)}(t) \right) \frac{k_i^{(r)}}{\alpha} (1 - e^{-\alpha t}) + \sum_{j \in S} \sum_{r \in R_i} \int_0^t d_i^r \left(\frac{k_i^{(r)}}{\alpha} (1 - e^{-\alpha t}) + e^{-\alpha t} v_j(t - \tau) \right) dQ_{ij}^{(r)}(\tau), \quad i \in S, \quad (10)$$

где $k_i^{(r)}$ – расход системы за единицу времени пребывания в состоянии i при решении $r \in R_i$; $v_j(t)$ – суммарный средний расход с учетом переоценки (2), при условии, что процесс начинается в момент $t = 0$ из состояния j .

Величины $v_i(\alpha, \beta)$ из выражения 4 можно записать в виде $v_i(\alpha)$, и для этого уравнения воспользоваться основными положениями уравнения (интеграла) Лапласа-Стилтьеса. В соответствии с работами [12-15] для любой функции $F(t)$, производная $F'(t)$ которой является функцией-оригиналом, удовлетворяющей неравенству $F'(t) < Ce^{\alpha t}$ для всех $t < 0$, при всех комплексных s , когда $\text{Re } s > \alpha$ существует функция:

$$F^*(s) = L_s^* \langle F(t) \rangle = \int_0^\infty e^{-st} dF(t), \quad (11)$$

то есть функция e^{-st} при $\text{Re } s > \alpha$ интегрируема по функции $F(t)$. Функцию $F^*(s)$ называют преобразование Лапласа-Стилтьеса функции $F(t)$.

Из (8), (9) следует $H_i^{(r)}(\infty) = 1$, $i \in S, r \in R_i$, поэтому первая сумма в выражении 10 при $t \rightarrow \infty$ обращается в нуль. Интегрируя по частям выражение 11 для $L_s^* \langle F(t) \rangle$, получаем:

$$sL_s^* \langle F(t) \rangle = L_s^* \langle F(t) \rangle - F(0), \quad (12)$$

где
$$F(s) = L_s \langle F(t) \rangle = \int_0^\infty e^{-st} F(t) dt$$

есть преобразование Лапласа функции $F(t)$.

Из (12) при $s \neq 0$ находим

$$L_s \langle F(t) \rangle = \frac{1}{s} (L_s^* \langle F(t) \rangle - F(0)). \quad (13)$$

Интегрируем по частям с учетом (9) находим

$$\sum_j \int_0^t (1 - e^{-\alpha t}) dQ_{ij}^{(r)}(\tau) = (1 - e^{-\alpha t}) \sum_j dQ_{ij}^{(r)}(\tau) \Big|_0^t - \sum_j \alpha \int_0^t e^{-\alpha t} H_i(\tau) d\tau. \quad (14)$$

Проводя преобразования, переходя в выражении 14 к пределу $t \rightarrow \infty$ и применяя (13) для $s = \alpha$, ($\alpha > 0$), с учетом (7) и (8) получим:

$$\sum_j \int_0^t (1 - e^{-\alpha t}) dQ_{ij}^{(r)}(\tau) = (1 - \alpha) L_{s=\alpha} \langle H_i^{(r)}(\tau) \rangle = 1 - \alpha \frac{1}{\alpha} L_{s=\alpha}^* \langle H_i^{(r)}(\tau) \rangle = 1 - h_i^{(r)}(\alpha)$$

где $h_i^{(r)}(\alpha) = L_{s=\alpha}^* \langle H_i^{(r)}(t) \rangle$.

Применяя к функции:

$$\Phi_i^{(r)}(t) = \int_0^t e^{-\alpha t} v_j(t - \tau) dQ_{ij}^{(r)}(\tau)$$

теорему о предельном переходе в интеграле по параметру, от которого зависят пределы интегрирования и подынтегральная функция [12-15], при $t \rightarrow \infty$ получаем:

$$\Phi_i^{(r)}(\infty) = \int_0^\infty e^{-\alpha t} v_j(\alpha) dQ_{ij}^{(r)}(\tau) = v_j(\alpha) q_{ij}^{(r)}(\alpha), \quad (16)$$

где $q_{ij}^{(r)}(\alpha) = L_{s=\alpha}^* \langle Q_{ij}^{(r)}(\alpha) \rangle$.

Переходя в выражении 10 к пределу при $t \rightarrow \infty$, с учетом 15 и 16 получаем следующее аналитическое выражение:

$$v_i(t) = \sum_{r \in R_i} d_i^r (\zeta_i^{(r)}(\alpha)) + \sum_{j \in S} q_{ij}^{(r)}(\alpha) v_j(\alpha), \quad (17)$$

где
$$\zeta_i^{(r)}(\alpha) = \frac{k_i^{(r)}}{\alpha} (1 - h_i^{(r)}(\alpha)). \quad (18)$$

Пусть
$$\zeta_i(\alpha) = \sum_{r \in R_i} d_i^r (\rho_i^{(r)}(\alpha));$$

$$\mathfrak{Z}(\alpha) = (\zeta_0(\alpha), \dots, \zeta_N(\alpha))^T, \quad \wp(\alpha) = (v_0(\alpha), \dots, v_N(\alpha))^T,$$
 (T – символ транспонирования матрицы). Тогда:

$$\wp(\alpha) = \mathfrak{Z}_0(\alpha) + q(\alpha) \wp(\alpha), \quad (19)$$

где $q(\alpha) = \{q_{ij}(\alpha)\}$, $q_{ij}(\alpha) = \sum_{r \in R_i} d_i^r (q_{ij}^{(r)}(\alpha))$.

Из выражения (19) найдем:

$$\wp(\alpha) = \{I - q(\alpha)\}^{-1} \mathfrak{Z}_0(\alpha) \quad (20)$$

Данное выражение справедливо, так как при $\alpha > 0$ матрица $\{I - q(\alpha)\}$ – невырожденная, I – единичная матрица размера $(N \times 1) \times (N \times 1)$.

Умножив обе части равенства (19) слева на вектор u , получим следующее:

$$u^0(\alpha) = \sum_{i \in S} \sum_{j \in \tilde{S}} \sum_{r \in R_i} y_i \mu_{ij}(\alpha) \zeta_j^{(r)}(\alpha) d_i^{(r)},$$

$$\{I - q(\alpha)\}^{-1} = \{\mu_{ij}(\alpha)\}. \quad (21)$$

Величины $\mu_{ij}(\alpha)$ зависят от $d_i^{(r)}$, $r \in R_i$, $i \in S$, так как элементы матрицы $\{I - q(\alpha)\}$ можно выразить через $d_i^{(r)}$, $r \in R_i$, $i \in S$.

Пусть $\{d_i^{(r)}\}$ ($r \in R_i$) – нерандомизированная марковская стационарная стратегия системы разработки ПО в состоянии j , $d_j^{(r)} \in \{0,1\}$, $\sum_{j \in S} d_j^{(r)} = 1$ и

$x_{00} = 1$, $x_{rj} = d_j^{(r)}$, $r \in R_i$, $j \in \tilde{S}$. Минимизация расходов (21) приводит к задаче оптимизации для булевых переменных $X = \{x_{rj}\}$, $r \in R_i$, $j \in \tilde{S}$:

$$f(\alpha, X) = \sum_{i \in S} \sum_{j \in \tilde{S}} \sum_{r \in R_i} y_i \mu_{ij}(\alpha, X) \zeta_j^{(r)} x_{rj} \rightarrow \min, \quad (22)$$

$$\sum_{r \in R_i} x_{rj} = 1, j \in \tilde{S}, \quad (23)$$

$$\sum_{j \in \tilde{S}} c_{rj} x_{rj} \leq b_r, r \in R_i, j \in \tilde{S}, \quad (24)$$

$$x_{rj} \in \{0,1\}, j \in \tilde{S}, r \in R_i. \quad (25)$$

3. Построение оптимальной нерандомизированной марковской стационарной стратегии

Обозначим систему (24), (25) как систему C . Она является системой псевдобулевых неравенств.

Подключив далее дополнительное условие (23) можно обозначить систему как \tilde{C} . А через $X_r^{(k)} = \{x_{r1}^{(k)}, \dots, x_{rN}^{(k)}\}$, $k = 1, \dots, k_r$ – допустимые решения r -го неравенства системы C .

Для построения решений системы \tilde{C} при известных допустимых решениях каждого неравенства (24) применим следующий подход. Решения системы \tilde{C} находятся в виде $Z = \{s_j\}$, $j = 1, \dots, N$, где S_j – множество номеров r , для которых допустимо равенство $x_{rj} = 1$. Решения находятся за m шагов, где m – число ограничений 24. В исходном состоянии каждое из множеств $s_j^{(0)}$ вектора $Z^{(0)}$ включает все возможные значения $r \in R_i$. На r -м шаге происходит пересечение вектора $Z^{(r-1)}$ с одним из решений r -го неравенства. Допуская, что r -му неравенству соответствует $r = r_1$, а также, что α_j является j -м элементом допустимого решения данного неравен-

ства, $\alpha_j \in \{0,1,\phi\}$, где ϕ – неопределенный параметр из множества $\{0,1\}$, называемый в дальнейшем почерком, можно сформулировать следующие правила для r -го шага алгоритма построения решений системы \tilde{C} .

1. Если значение α_j не фиксировано, то $s_j^{(r)} = s_j^{(r-1)}$.

2. Если $\alpha_j = 1$, то при $r_1 \in s^{(r-1)}$ допускаем $s^{(r)} = \{r_1\}$, а при $r_1 \notin s^{(r-1)}$ допускаем $s^{(r)}$ равно пустому множеству.

3. Если $\alpha_j = 0$, то допускаем $s^{(r)} = s^{(r-1)} / \{r_1\}$. При этом пересечение семейств решений осуществляется с учетом дополнительных ограничений (23).

На m шаге алгоритма получается вектор $Z^{(m)} = \{\alpha_1^{(m)}, \dots, \alpha_N^{(m)}\}$, каждая компонента $\alpha_j^{(m)}$, которого является одноэлементным множеством $\{r\}$, $r \in R$, $R = \{1, \dots, m\}$ и следовательно, $Z^{(m)}$ есть решение системы \tilde{C} . Исключение составляют случаи, когда \tilde{C} представляет собой некоторый набор чисел r из множества R . В этом случае с помощью сочетания элементов многозначных компонент из вектора $Z^{(m)}$ можно получить несколько решений системы \tilde{C} . Затем в результате находим совокупность всех решений системы \tilde{C} , из которых выбираем оптимальное решение, доставляющее минимум целевой функции $f(\alpha, X)$. Это решение может находиться разными известными методами линейного программирования, или просто путем непосредственного сравнения значений $f(\alpha, X)$ при определении X системы \tilde{C} .

Численная реализация изложенного метода управления рисками безопасности индустрии программного обеспечения для полумарковской модели принятия решений при аномальных ситуациях безопасности представлена в дальнейших работах.

Выводы

В данной работе использованы псевдобулевы методы бивалентного программирования с нелинейной целевой функцией и линейными ограничениями для формирования метода управления рисками разработки программного обеспечения, с целью определения оптимальной стратегии устранения эксплуатационных ошибок. При этом, задача управления рисками разработки программного обеспечения, рассматривается в виде полумарковской модели принятия решений для управляемого процесса в непрерывном времени с критерием минимума расходов на устранение аномалий.

Проведенные исследования показали, что используемые в данной работе теоретические положения в достаточном объеме отражают стандарты и возможности современных методологий тестирования ПО.

Список литературы

1. Krishnan M. Soumya Software Development Risk Aspects and Success Frequency on Spiral and Agile Model / M. Soumya Krishnan // *International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering (An ISO 3297: 2007 Certified Organization) Vol. 3, Issue 1, January 2015.* – P.301-310
2. Zeng Y. Risk Management For Enterprise Resource Planning System Implementations in Project-Based Firms : dis. for the degree of PHD / Zeng Yajun, Maryland, 2010 – P. 210.
3. Бриткин А.И. Риски, связанные с внедрением технологий, в проектах разработки программного обеспечения / А. Бриткин // *Социально-экономические и технические системы.* – 2007. – № 8 (42).
4. Вишняков Я.Д. Общая теория рисков: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Я.Д. Вишняков, Н.Н. Радаев. – М.: Изд. центр «Академия», 2008. – 368 с.
5. Шапкин А.С. Теория риска и моделирование рисков ситуаций / А.С. Шапкин, В.А. Шапкино. – М.: Изд.-торговая корпорация «Дашкв и К», 2005. – 880 с.
6. Boehm V.W. A spiral model of software development and enhancement / Boehm V., Eged A. // *IEEE Computer*, May 1988 pp. 61-72
7. Исикава К. Японские методы управления качеством / К. Исикава, Сокр.пер. с англ. / Под. Ред. А. В. Гличева. – М.: Экономика, 1988. – 214 с.
8. В.Д. Ногин. Принятие решений при многих критериях. Учебно-методическое пособие.– СПб. ЮТАС, 2007. – 104 с.
9. Geymayr J. Fault-Tree Analysis: A Knowledge-Engineering Approach / J. Geymayr, N. Ebecken // *IEEE Transactions on Reliability.* – 1995. – № 44(1), pp. 37 – 45.
10. Анализ дерева отказов (Fault tree analysis (FTA)) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.statistica.ru/knowledge-clusters/technical-sciences/analiz-dereva-otkazov/>
11. Інженерія програмного забезпечення: Навч. посібник / [Смірнов О.А., Коваленко О.В., Мелешко Є.В. та ін.]. – К.: РВЛ КНТУ, 2013. – 409 с.
12. Будников С.А. Полумарковская модель сложного конфликта радиоэлектронных систем [Электронный ресурс] / С.А. Будников // V Межд. конф. «Методы и средства управления технологическими процессами», Саранск, 19–21 ноября 2009 года. Режим доступа: – <http://fetmag.mrsu.ru/2009-2>.
13. Гнеденко Б.В., Коваленко И.Н. Введение в теорию массового обслуживания. Изд. 3-е, испр. и доп. – М.: Комкнига, 2005. – 400 с.
14. Semi-Markov risk models for finance, insurance and reliability [Electronic resource] / J. Jacques, M. Raimondo. - Electronic text data. - Boston, Ma : Springer Science + Business Media LLC, 2007.
15. Литвиненко К.В. Полумарковский гиперслучайный подход к оценке рисков систем / К.В. Литвиненко // *Збірник наук. праць ОДАТРЯ.* – 2014. – №1(4). – С.77-80
16. Коваленко А.В. Задачи распознавания ситуаций в ERP системах / А.А. Смирнов, А.В. Коваленко, А.С. Коваленко // *Збірник наукових праць "Системи обробки інформації".* – Вип. 4(120). – X.: ХУПС, 2014. – С. 161-164
17. Коваленко А.В. Методы качественного анализа и количественной оценки рисков разработки программного обеспечения / А.А. Смирнов, А.В. Коваленко // *Збірник наукових праць "Системи обробки інформації".* – Вип. 5(142). – X.: ХУПС, 2016. – С. 153-157.
18. Проблемы анализа и оценки рисков информационной деятельности / А.А. Смирнов, А.В. Коваленко, Н.Н. Якименко, А.П. Доренский // *Збірник наукових праць "Системи обробки інформації".* – Вип. 3(140). – X.: ХУПС, 2016. – С. 40-42.
19. Метод качественного анализа рисков разработки программного обеспечения / А.А. Смирнов, А.В. Коваленко, Н.Н. Якименко, А.П. Доренский // *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України.* – № 2(23). – Харків: ХУПС. – 2016. – С. 150-158.
20. Метод количественной оценки рисков разработки программного обеспечения / А.А. Смирнов, А.В. Коваленко, Н.Н. Якименко, А.П. Доренский // *Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил.* – 2016. – № 2. – С. 128-133.

Надійшла до редколегії 2.03.2016

Рецензент: д-р техн. наук, доц. МА. Павленко, Харківський університет Повітряних Сил ім. Кожедуба, Харків.

ВИКОРИСТАННЯ ПСЕВДОБУЛЕВИХ МЕТОДІВ БІВАЛЕНТНОСТІ ПРОГРАММУВАННЯ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

О.А. Смірнов, О.В. Коваленко

У даній роботі пропонується використовувати псевдобулеві методи бівалентного програмування з нелінійною цільовою функцією і лінійними обмеженнями, для формування методу управління ризиками розробки програмного забезпечення, з метою визначення оптимальної стратегії усунення експлуатаційних помилок. При цьому пропонується розглядати задачу управління ризиками розробки програмного забезпечення, у вигляді напівмарковських моделі прийняття рішень для керованого процесу в безперервному часі з критерієм мінімуму витрат на усунення аномалій.

Ключові слова: псевдобулеві методи бівалентного програмування, управління ризиками, розробка програмного забезпечення.

USING METHODS PSEUDO BIVALENT PROGRAMMING FOR RISK MANAGEMENT SOFTWARE DEVELOPMENT

A.A. Smirnov, A.V. Kovalenko

In this paper we propose to use a pseudo-dual-programming techniques with non-linear objective function and linear constraints for the formation method of risk management software development, in order to determine the optimal strategy for elimination of operational errors. At the same time it is proposed to consider the problem of risk management software development, in the form of a semi-Markov decision model for the controlled process in continuous time with a minimum criterion to eliminate anomalies costs.

Keywords: pseudo-dual-mode programming methods, risk management, software development.

УДК 681.3 (075)

О.В. Станович, О.Є. Бондаренко, В.В. Малих, В.Д. Кротов

Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації, Київ

ВАРІАНТ ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Не дивлячись на очевидну актуальність, питання оцінки надійності програмного забезпечення (ПЗ) не викликає належної уваги. Інтерес до оцінювання надійності ПЗ з'явився одночасно з появою програм. Він викликав жагу отримати традиційну вірогідну оцінку надійності технічного засобу (ЕОМ), робота якого, в цілому, і призначалася для функціонування ПЗ. У статті розглянуто надійність програмних систем. Розрахована ймовірність похибки в різноманітних структурах програмного забезпечення (при послідовному, паралельному, матричному та ієрархічному з'єднанні). Наведена залежність ймовірності помилки від кількості блоків у структурі програмного забезпечення. Також у розрахунку надійності вищезазначених систем, була врахована ймовірність помилки на стиках програмних модулів.

Ключові слова: програмного забезпечення, ймовірності похибки.

Вступ

Постановка проблеми. В даний час відповідно до перспективної концепції побудови систем зв'язку спеціального призначення передбачається перехід до багатоешелюваного принципу побудови об'єднаних систем зв'язку Збройних сил (ЗС) з різноманітними засобами зв'язку та телекомунікаційним обладнанням, що мають різноманітне програмне забезпечення. При такій побудові систем зв'язку надійність програмного забезпечення елементів системи та системи в цілому є одним із визначальних показників функціонування систем зв'язку.

Зі значним збільшенням потреби в обробці масивів інформації у повсякденній діяльності та під час ведення бойових дій, забезпечення військами засобів зв'язку та телекомунікаційного обладнання, що мають програмне забезпечення актуальним стало питання оцінки надійності встановленого програмного забезпечення (далі – ПЗ) та надійності інформаційно-телекомунікаційної системи в цілому.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботах [1, 2, 6 – 8] описані і проаналізовані комп'ютерні системи різного призначення та визначені алгоритми оцінювання надійності програмних засобів в цих системах. Аналіз проведених досліджень не дає можливості розрахувати ймовірності похибки в різноманітних структурах програмного забезпечення для використання їх у комп'ютерних системах спеціального призначення у подальшому, так як і не була врахована вірогідність помилки на стиках між програмними модулями – вірогідність похибки у зв'язках. Враховуючи це, **метою статті** є розрахунок ймовірності похибки в різноманітних структурах програмного забезпечення при послідовній, паралельній, матричній та ієрархічній взаємодії модулів ПЗ. **Методи дослідження:** У ході дослідження використовувалися такі методи: аналіз теоретичних джерел з проблем оцінювання програмного забезпечення, вивчення та узагальнення передового досвіду щодо питань оцінки надійності ПЗ, аналіз

та оцінка ймовірності похибок в різноманітних структурах програмного забезпечення.

Виклад основного матеріалу дослідження

Особливу роль в надійності програмних систем грає сама структура програмних модулів. Розраховавши ймовірність похибки в одному програмному модулі можливо розрахувати ймовірність збою всього програмного продукту. Закономірність щільності помилок в залежності від кількості рядків коду ПЗ показана в табл. 1 [4].

Таблиця 1

Закономірність щільності помилок в залежності від кількості рядків коду ПЗ

Розмір ПЗ (число строк коду)	Типова щільність похибок на 1000 строк коду
Менше ніж 2000	0 – 25
2000 – 16000	0 – 40
16000 – 64000	0,5 – 50
64000 – 512000	2 – 70
512000 і більше	4 – 100

З огляду на дані, наведені в табл. 1, в сучасних програмних системах кількість помилок на 1000 рядків коду – 40, оскільки програмні системи мають в середнім від 2000000 рядків коду. Кожне з розглянутих ПЗ має свою програмну конфігурацію (структуру), кожен блок даної структури відповідає за виконання різних функцій. Дані результати в подальшому можливо використовувати для оцінки надійності програмного забезпечення засобів зв'язку та телекомунікаційного обладнання. При застосуванні понять надійності до програмних засобів (ПЗ) слід враховувати особливості та відмінності цих об'єктів від традиційних технічних систем, для яких розроблялася теорія надійності:

не для всіх видів програм можливо застосувати поняття та методи теорії надійності – їх використовують тільки до ПЗ, які функціонують в реальному часі і безпосередньо взаємодіють з зовнішньою середою;

домінуючими факторами, які визначають надійність програм, є дефекти та похибки проектування і розробки, та другорядне значення має фізичне руйнування програмних компонентів при зовнішніх впливах;

відносно рідке руйнування програмних компонентів та необхідність їх фізичної заміни, призводить до принципової зміни понять збою і відмови програм;

для підвищення надійності комплексу програм особливе значення мають методи автоматичного скорочення тривалості відновлення, шляхом введення у програмні засоби часової, програмної і інформаційної надлишковості;

непередбачуваність місця, часу і ймовірності прояву дефектів та помилок, а також їх рідкого виявлення, не дозволяє ефективно використовувати традиційні методи апріорного розрахунку показників надійності систем;

традиційні методи випробувань надійності систем шляхом фізичного впливу на їх компоненти не використовуються для програмних засобів та слід замінити їх на методи форсованого впливу інформаційних потоків зовнішньою середою.

Отже, що ж являє собою поняття надійність програмного забезпечення – надійність програмного забезпечення це здатність програмного продукту безвідмовно виконувати зазначені функції при заданих умовах протягом заданого періоду часу з досить великою ймовірністю.

Проведемо розрахунок ймовірності похибки на стиках між програмними модулями, так звана ймовірність похибки в взаємодії. Оскільки кількість рядків коду на взаємодії між модулями одне, наприклад, 10% від загальної кількості рядків коду, то можна припустити що кількість помилок на 1000 рядків коду дорівнює 20 оскільки в середньому на зв'язку йдуть від 14 000 до 25 000 рядків. Так як великі програмні проекти містять у собі достатню значну кількість рядків коду, він реалізується за рахунок різних моделей розробок, тобто програмний проект розділяється на кілька програмних модулів. Послідовність цих програмних модулів може бути різною: послідовної, паралельної, ієрархічної (гібридної), матричної. Залежно від типу взаємодії модулів змінюється ймовірність збою програмного забезпечення (надійність). Отже, розрахуємо ймовірність похибки ($P_{\text{пох}}$) в окремому взятому блоці $P_{\text{бл}}$ і в зв'язках $P_{\text{зв}}$:

$$P_{\text{бл}} = \frac{N_{\text{бл}}}{N_{\text{ст}}} = \frac{40}{10000} = 0,04; \quad (1)$$

$$P_{\text{зв}} = \frac{N_{\text{зв}}}{N_{\text{ст}}} = \frac{20}{10000} = 0,02, \quad (2)$$

де $N_{\text{бл}}$ – кількість похибок в блоках (програмних модулях); $N_{\text{зв}}$ – кількість похибок на міжблочній взаємодії (взаємодія між програмними модулями); $N_{\text{ст}}$ – кількість строк коду в даний момент за одиницю береться 1000 строк коду; $P_{\text{бл}}$ – ймовірність похибки в роботі окремого блоку; $P_{\text{зв}}$ – ймовірність похибки в між блочній взаємодії.

Надійність програмного забезпечення залежить від коректності організації функціонування системи і не може бути вирахована безпосередньо виходячи із надійності програмних модулів [6]. Виходячи з вищезазначеного за основу розрахунку надійності (P) обрано формулу розрахунку надійності при послідовному з'єднанні:

$$P = (P_{\text{вз}} + P_{\text{бл}})^n. \quad (3)$$

Зазначена формула є універсальною для усіх типів з'єднань (послідовного, паралельного, ієрархічного, матричного) за виключенням кількості $P_{\text{вз}}$, так як в залежності від типу з'єднання змінюється кількість зв'язків між модулями. Наприклад, для схеми послідовного з'єднання модулів (рис. 1) формула розрахунку ймовірності похибки $P_{\text{посл}}$ ПЗ набуде такого вигляду:

$$P_{\text{посл}} = (P_{\text{вз}} + P_{\text{бл}})^n + P_{\text{вз}}, \quad (4)$$

для схеми паралельного з'єднання модулів ймовірності похибки $P_{\text{пар}}$ (рис. 2, а):

$$P_{\text{пар}} = (2P_{\text{вз}} + P_{\text{бл}})^n, \quad (5)$$

для схеми матричної (кожен з кожним) взаємодії модулів ймовірності похибки $P_{\text{матр}}$ (рис. 2, б):

$$P_{\text{матр}} = (P_{\text{бл}} + P_{\text{вз}} \cdot (n-1))^n, \quad (6)$$

а для схеми гібридного (ієрархічного) з'єднання модулів ймовірності похибки $P_{\text{гіб}}$ (рис. 3):

$$P_{\text{гіб}} = (P_{\text{вз}} + P_{\text{бл}})^n. \quad (7)$$

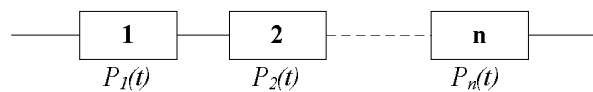


Рис. 1. Схема послідовної взаємодії блоків

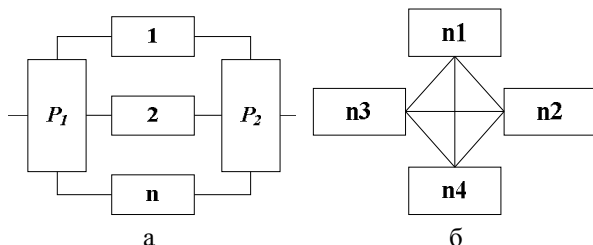


Рис. 2. Схеми паралельної (а) та матричної (б) взаємодії блоків

Виходячи з даних розрахунку $P_{\text{пох}}$, ми можемо привести діаграму залежності $P_{\text{пох}}$ від кількості програмних модулів (рис. 5). Як видно з діаграми залежності ймовірності збою в роботі програмного забезпечення, при послідовній, паралельній, матричній і ієрархічній взаємодії від кількості програмних модулів $P_{\text{пох}}$ нижчий при матричній взаємодії програмних модулів.

Висновки й перспективи подальших досліджень

Був проведений розрахунок ймовірності збою програмного модуля в сучасних операційних системах, а також ймовірність збою на стиках між модулями.

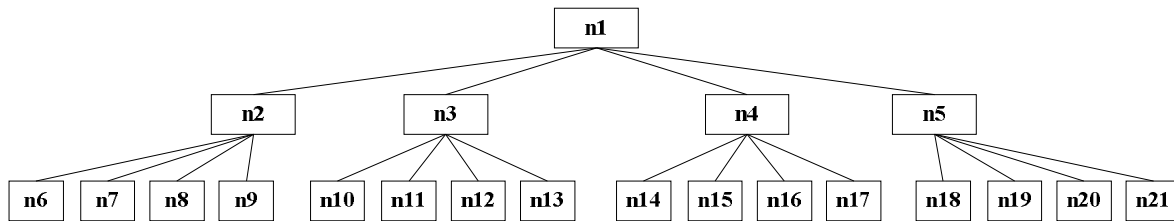


Рис. 4. Схема гібридної (ієрархічної) взаємодії модулів

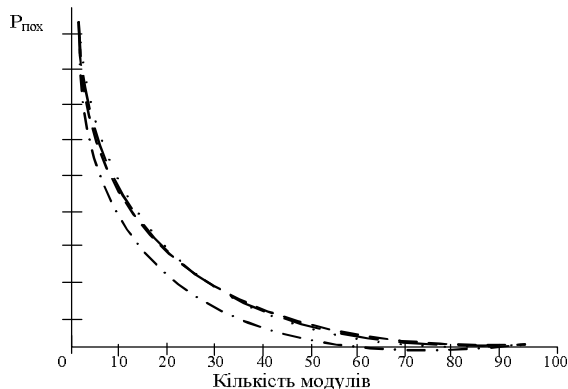


Рис. 5. Залежність ймовірності збою в роботі програмного забезпечення при послідовній (—), паралельній (· · · · ·), матричній (- · - · -) і ієрархічній (---) взаємодії від кількості програмних модулів

Був проведений розрахунок надійності програмних систем при послідовній, паралельній і ієрархічній взаємодії програмних модулів. При цьому враховувалася ймовірність збою не тільки програмного модуля, а й ймовірність помилки на стиках між модулями. Також були наведені залежності ймовірності збою програмного забезпечення від кількості модулів в різних програмних системах. Впровадження даного варіанту оцінки надійності програмного забезпечення в військах зв'язку дозволить моделювати систему, що створюється з розрахунком надійності програмного забезпечення та системи в цілому.

Для виявлення та усунення похибок проектування всі етапи розробки та супроводження ПЗ по-

винні бути підтриманні методами і засобами систематичного, автоматизованого тестування. Надійність функціонування ПЗ безпосередньо впливає від повноти застосування комплектів тестів та генераторів тестів реальними об'єктами зовнішнього середовища і умовами майбутньої експлуатації.

Список літератури

1. Завгородний В.И. Комплексная защита информации в компьютерных системах / В.И. Завгородний. – М.: Логос, 2001. – 356 с.
2. Казарин О.В. Теория и практика защиты программ / О.В. Казарин. – М., 2004. – С. 276-280.
3. Майерс Г. Надежность программного обеспечения / Г. Майерс. – М.: Мир, 1980.
4. Макконнелл Стив. Совершенный код / Стив Макконнелл. – М.: Русская редакция, 2012; – 72 с.
5. Савельев А.Г. Оценка надежности функционирования компьютерных систем защиты информации / А.Г. Савельев. // Программные продукты и системы. – М.: МНИИПУ, 2002. Вып. 2.
6. Томашевский А.В. Оценка надежности компьютерной информации / А.В. Томашевский // Центр исследования компьютерной преступности. – М., ЦИКП, 2014. Вып. 4. – С. 3-4.
7. Турский В. Методология программирования / В. Турский. – М.: Мир, 1981.
8. Черкесов Г.Н. Надежность аппаратно-программных комплексов / Г.Н. Черкесов. – СПб.: Питер, 2005. – 479 с.
9. Andrew S. Tanenbaum Can We Make Operating Systems Reliable and Secure? / S. Andrew // Vrije Universiteit, Amsterdam Computer. IEEE Computer Society. – V. 39. – № 5, 2006.

Надійшла до редколегії 29.02.2016

Рецензент: канд. техн. наук, с.н.с., доц. О.Ю. Іохов, Національна академія Національної гвардії України, Харків.

ВАРИАНТ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

А.В. Станович, О.Е. Бондаренко, В.В. Малих, В.Д. Кротов

Несмотря на очевидную актуальность, вопрос оценки надежности программного обеспечения (ПО) не привлекает должного внимания. Интерес к оцениванию надежности ПО возник одновременно с появлением программ. Он был вызван естественным стремлением получить традиционную вероятностную оценку надежности технического устройства (ЭВМ), работа которого, в основном, и предназначалась для функционирования ПО. В статье рассмотрена надежность программных систем. Рассчитана вероятность ошибки в разнообразных структурах программного обеспечения (в последовательном, параллельном, матричном и иерархическом соединении). Приведена зависимость вероятностной ошибки от количества блоков в структуре программного обеспечения. Также при расчете надежности вышеупомянутых систем, была учтена вероятность ошибки на стыках программных модулей.

Ключевые слова: программное обеспечение, вероятность ошибок.

ASSESSMENT VARIANT OF SOFTWARE RELIABILITY

O.V. Stanovich, O.E. Bondarenko, V.V. Malyh, V.D. Krotov

The assessment of software reliability is very actuality, but doesn't attract due attention. Interest to evaluation of software reliability simultaneously arose up with advent of the programs. It was caused by natural aspiration to get the traditional probabilistic estimation of technical device (computer) reliability work of that and targeted at functioning to software. Shows reliability of software systems. Calculated the probability of error in various structures of the software (in series, parallel, matrix hierarchical connection). Shows graphs of the error probability of the number of blocks in the software structure. Also in calculating of reliability of the above systems has been accounted the probability of error at connections of software modules.

Keywords: software, error probability.

УДК 536.532

В.Г. Худов

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків

СЕГМЕНТУВАННЯ БАГАТОМАСШТАБНОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ ЗОБРАЖЕНЬ МУЛЬТИАГЕНТНИМ МЕТОДОМ

Запропоновано при сегментуванні оптико-електронних зображень попереднього проводити багатомасштабне перетворення зображень. У якості ядра перетворення обрано гаусіан з відповідним значенням масштабного коефіцієнта. У якості методу сегментування запропоновано використання мультиагентного методу. Проведено експериментальні дослідження щодо сегментування багатомасштабної послідовності оптико-електронних зображень мультиагентним методом.

Ключові слова: оптико-електронне зображення, перетворення, ядро, масштабний коефіцієнт, сегментування, метод, агент, рух, поворотна точка, феромон, ділянка, вихідна точка маршруту.

Вступ

Постановка проблеми у загальному вигляді. Відомо [1-3], що сегментування зображення, що отримано з бортових систем оптико-електронного спостереження, є розділення зображення на області, що мають приблизно однаковий рівень яскравості (для полу тонових зображень) або однакові кольорові характеристики (для кольорових зображень). Для сегментування зображень (визначення границь або контурів об'єктів розроблено багато методів [4, 5]. Але на зображеннях, що отримані з бортових систем оптико-електронного спостереження, в більшості присутні контури об'єктів з різними швидкостями зміни яскравості (для полу тонових зображень) або кольору (для кольорових зображень) [1, 2]. У зв'язку з цим, неможливо найкращим чином визначити усі присутні на зображенні границі з використанням якогось конкретного методу сегментування. У зв'язку з цим, для підвищення якості сегментування будемо використовувати методи, які дозволяють побудувати картину контурів об'єктів на зображенні на основі інформації, що отримується в результаті обробки зображень різних масштабів.

Мета статті – провести сегментування багатомасштабної послідовності оптико-електронних зображень мультиагентним методом.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Існує декілька підходів до аналізу багато масштабної інформації, тобто до побудови картини контурів об'єктів градієнтних зображень різного масштабу [6]. Існують підходи, в яких аналіз градієнтних зображень проводиться від грубих масштабів до точних [7, 8] та від точних до грубих [9, 10]. Методи розрізняються по принципах побудови градієнтного зображення одного масштабу, але при цьому відкритим є питання, яким чином необхідно комбінувати багато масштабну інформацію для побудови кінцевої картини границь. В роботі Бергольма [7] запропоновано метод, який полягає у послідовному аналізі багатомасштабної інформації від грубих масштабів до точних. Та-

кий підхід дозволяє значно зменшити вплив шуму і, таким чином, уникнути хибного визначення контурів під впливом шумів. Недоліком методу [7] є можливе розділення контурів, що визначаються на грубих масштабах, на декілька окремих при переході до більш точного масштабу. Стратегія розгляду градієнтних масштабів від грубих до точних також відмічається в роботі [8]. Однак в тих випадках, коли на зображенні присутні невеликі об'єкти з різкими границями, точне визначення границь цих об'єктів при переході від грубих масштабів до точних є ускладненим, так як на градієнтних зображеннях грубого масштабу виникає значне зміщення положення різних контурів.

В роботах [9, 10] кінцева картина границь складається на основі аналізу градієнтних зображень від точних масштабів до грубих. При цьому основними задачами є зменшення впливу шуму, до якого чутливі оператори градієнту малого розміру, та комбінування границь, що отримані на точних масштабах, з плавними границями, які визначаються на грубих масштабах. При успішному рішенні таких проблем підхід до аналізу градієнтних зображень від точних масштабів до грубих є найбільш ефективним для багатьох практичних випадків, в яких необхідно достатньо точно визначити контури об'єктів. Однак, методи, що наведені в [7-10] можуть бути застосовані для сегментування сканованих зображень сторінок книг, газет, журналів з великою кількістю об'єктів невеликого розміру, наприклад, букв та символів.

Методи обробки багатомасштабної послідовності цифрових зображень в промислових системах контролю якості наведені в роботах [11-13]. Однак, розроблені в роботах [11-13] методи обробки багатомасштабної послідовності цифрових зображень можуть бути використані при:

- зменшенні часу на розшифровку рентгенографічних знімків зварних з'єднань;
- подавленні шуму на рентгенограмах без внесення додаткових спотворень;
- виділяти дефекти зварних з'єднань;
- виявляти групові дефекти зварних швів;

- проводити якісний аналіз мікроструктури металів;
- відновлювати томографічні зображення по неповним даним.

Але методи, що запропоновані в [11 – 13], не можна напряму використовувати для обробки багатомасштабної послідовності зображень, отриманих з бортових систем оптико-електронного спостереження.

Постановка задачі та викладення матеріалів дослідження

Багатомасштабне перетворення вихідного зображення $f(x, y)$, де (x, y) - просторові координати зображення будемо представляти у вигляді:

$$L(x, y, t) = g(x, y, t) * f(x, y), \quad (1)$$

де $L(x, y, t)$ – багатомасштабне перетворення вихідного зображення $f(x, y)$; $g(x, y, t)$ – ядро перетворення; t – масштабний коефіцієнт; $*$ – оператор згортки.

Необхідно зауважити, що у виразі (1) згортка виконується по просторових координатах (x, y) , а масштабний коефіцієнт t лише указує, для якого масштабу проводиться операція згортки.

Ядро перетворення $g(x, y, t)$ будемо обирати у вигляді гаусіана (2):

$$g(x, y, t) = \frac{1}{2\pi t} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2t}\right). \quad (2)$$

Вибір саме такого виду ядра перетворення обумовлений унікальністю гаусова ядра, яке включає лінійність, інваріантність до здвигу, не посилення локальних екстремумів на вихідному зображенні, інваріантністю до масштабним спотворенням та інваріантністю до обертання зображення [14].

Масштабний коефіцієнт t відіграє роль дисперсії у виразі для гаусіана (2). При $t = 0$ ядро перетворення $g(x, y, 0)$ становиться імпульсною функцією, такою, що $L(x, y, 0) = f(x, y)$, тобто масштабне перетворення вихідного зображення є саме вихідне зображення $f(x, y)$. При збільшенні масштабного коефіцієнта t $L(x, y, t)$ є результат згладжування вихідного зображення $f(x, y)$.

Після отримання багатомасштабного перетворення вихідного зображення $L(x, y, t)$ проведемо сегментування кожного з зображень при різних значеннях масштабного коефіцієнта t . Для проведення сегментування будемо використовувати мультиагентний метод, запропонований в роботі [3].

Отже, в найпростішому випадку сегментування зображення можна представити як сукупність наступних ділянок руху агентів (рис. 1): вихідна точка маршруту (ВТМ), прямі ділянки, кінцева точка маршруту (КТМ). Прямі ділянки проходять через поворотні точки маршруту (ПТМ), в яких відбувається зміна напрямку руху агента. У подальшому вважаємо, що положення ВТМ, КТМ та поворотних точок маршруту повністю визначає маршрут руху агента.

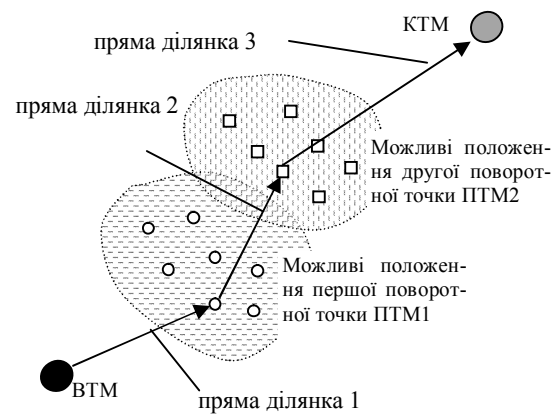


Рис. 1. Приклад представлення маршруту руху агента на зображенні при сегментуванні зображення [3]

Рух по кожній з ділянок маршруту, а також здійснення повороту в вибраних ПТМ, має певні небезпеки та вимагає певних витрат ресурсів, що призводить до наявності переваги одного маршруту руху перед іншим. Оскільки варіантів розташування ПТМ може бути дуже багато, кількість можливих маршрутів руху буде надзвичайно великою, що ускладнює вибір маршруту руху методом перебору. Продемонструємо, як прокласти маршрут руху з використанням простішого ММ (AS методу).

ММ, використаний в [3], оснований на імітації природного механізму пошуку найкоротшого шляху до джерела їжі колонією мурах (агентів). Самоорганізація системи забезпечується низькорівневою взаємодією агентів, при цьому агенти обмінюються тільки локальною інформацією, для передачі якої вони використовують спеціальний секрет, феромон, що відкладається агентом на своєму маршруті. Наступний агент, який буде знаходитись поблизу маршруту руху першого, сприймає феромон та з високою ймовірністю продовжить рух по шляху першого агента, в свою чергу відкладаючи феромон (підвищуючи його концентрацію на маршруті). Чим вище концентрація феромону на маршруті, тим вища привабливість цього маршруту для наступних агентів. Розподіл феромону в навколишньому середовищі являється немовби динамічною пам'яттю системи. Кожний агент в певний момент часу сприймає та змінює одну гратку цієї пам'яті – рівень феромону в околиці точки, в якій агент знаходиться.

Концентрація феромону, відкладеного на маршруті, пропорційна привабливості (якості, ефективності) маршруту. Чим привабливіший буде маршрут, тим більшою буде концентрація феромону на ньому, в результаті кращі маршрути зберігаються в глобальній пам'яті колонії агентів і з вищою ймовірністю будуть обрані наступними агентами.

З часом феромон випаровується, що забезпечує зворотній зв'язок. Оскільки, як зазначено вище, концентрація феромону буде поступово збільшуватись на привабливих маршрутах, а швидкість випаровування феромону є постійною, через деякий час невіддалі маршрути зникнуть, і все більше агентів бу-

дуть здійснювати рух лише по вдалих маршрутах. Використання зворотного зв'язку (випаровування) попереджує завчасну сходимость рішень – вибір агентами одного і того ж субоптимального маршруту.

В простішому ММ в кожній ітерації ітераційного процесу m агентами здійснюється пошук рішення та оновлення феромонів на знайденому маршруті. Кожний m -й агент при сегментуванні зображення починає шлях з ВТМ, послідовно проходить вибрані методом ПТМ і завершує шлях в одній з КТМ. Вибір ПТМ з J можливих здійснюється на основі ймовірнісного правила, що визначає ймовірність $P_i^m(t)$ переходу m -го агента в i -у ПТМ з врахуванням привабливості i -ї ділянки маршруту L_i та концентрації феромонів на цій ділянці F_i в момент часу t таким чином:

$$P_i^m(t) = F_i(t)^\alpha \cdot L_i^\beta / \sum_{j=1}^J F_j(t)^\alpha \cdot L_j^\beta, \quad (3)$$

де α і β – параметри, що задають вагу феромона і привабливості ділянки, відповідно.

Вважаємо, що привабливість ділянки маршруту L_i в ММ обернено пропорційна затратам на подолання ділянки, тобто

$$L_i = 1/D_i, \quad (4)$$

де D_i – довжина i -ї ділянки маршруту.

На початку ітераційного процесу кількість феромону на ділянках маршруту приймається однаковою і рівною деякому невеликому числу F_0 . Після кожної ітерації концентрація феромонів на вибраних агентами ділянках оновлюється за правилом:

$$F_i(t+1) = (1-\rho)F_i(t) + \sum_{m=1}^M \Delta F_i^m, \quad (5)$$

де $\rho \in [0,1]$ – швидкість випаровування феромону;

ΔF_i^m – концентрація феромону на i -й ділянці маршруту, що створюється проходженням m -го агента.

В результаті проведення певної кількості ітерацій визначаються найпривабливіші за вибраним критерієм маршрути, концентрація феромону на яких максимальна. Феромон на непривабливих маршрутах поступово "висихає" і непривабливі маршрути зникають.

На рис. 2 наведено результати використання ММ для сегментування зображення [3]: рис. 2, а – після проведення 100 ітерацій, рис. 2, б – після проведення 300 ітерацій. Більш краці маршрути позначені більш жирними лініями. Колами відмічені ділянки зображення, де необхідно змінити маршрут руху агентів (їх фізичний смисл необхідно визначити у подальших дослідженнях). З аналізу рис. 2 видно, що після 100 ітерацій рівень феромону на всіх маршрутах значно зменшується внаслідок випаровування (тонші лінії). Після 300 ітерацій кращий маршрут, який і є оптимальним для проведення сегментування, виділяється явно (рис. 2, б).

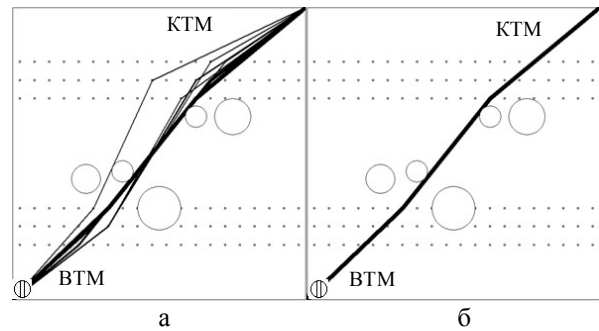


Рис. 2. Результати використання ММ для сегментування зображення [3]: а – після 100 ітерацій; б – після 300 ітерацій

Проведемо сегментування багато масштабної послідовності оптико-електронного зображення мультиагентним методом. У якості вихідного оберемо зображення, наведено на рис. 3 [15]. Після проведення багатомасштабних перетворень у відповідності з виразом (1) та сегментування кожного з отриманих масштабованих зображень мультиагентним методом за виразами (3)-(5), отримаємо результати, наведені на рис. 4 – 6. На рис. 4 наведено результат сегментування з масштабним коефіцієнтом $t = 1$, на рис. 5 – $t = 2$, на рис. 6, а – $t = 4$, на рис. 6, б – $t = 8$.

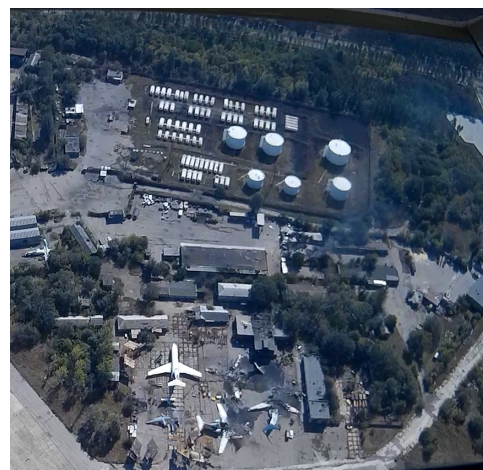


Рис. 3. Вихідне зображення [15]

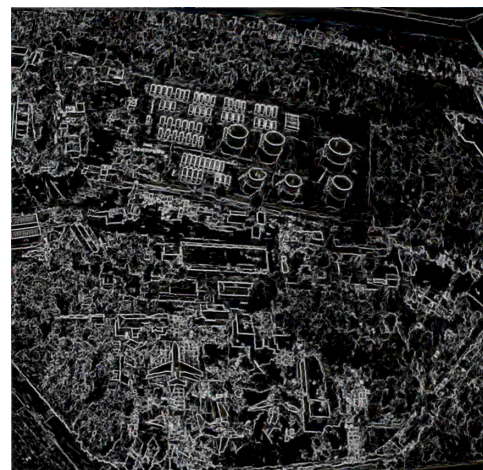


Рис. 4. Результат сегментування зображення (рис. 3) з масштабним коефіцієнтом $t = 1$

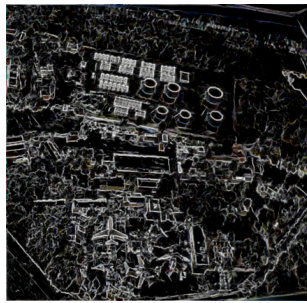


Рис. 5. Результат сегментування зображення (рис. 3) з масштабним коефіцієнтом $t = 2$

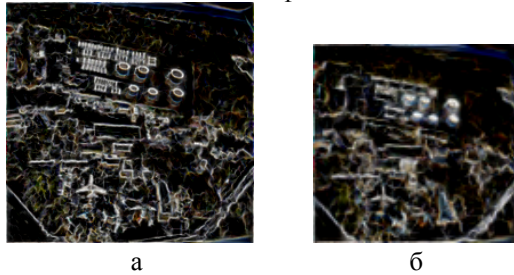


Рис. 6. Результат сегментування зображення (рис. 3) з масштабним коефіцієнтом $t = 4$ (а) та $t = 8$ (б)

Висновок і напрями подальших досліджень

Таким чином, в роботі сегментування багатомасштабної послідовності оптико-електронних зображень мультиагентним методом. У подальших дослідженнях необхідно провести оцінку ефективності запропонованого методу сегментування та його порівняльну оцінку з іншими методами сегментування оптико-електронних зображень.

Список літератури

1. Малогабаритные беспилотные авиационные комплексы (Mini UVS) / Баишинский В.Г., Бзот В.Б. и др. Моногр. – Запорожье: изд. АО «Мотор-Сич», 2014. – 261 с.
2. Барталев С.А. Анализ возможностей применения методов сегментации спутниковых изображений для выявления изменений в лесах / С.А. Барталев, Т.С. Ховратович // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2011. – Т. 8. – № 1. – С. 44-62.
3. Худов В.Г. Мультиагентный метод сегментування зображень, що отримані з бортових систем оптико-електронного спостереження / В.Г. Худов // Системи озброєння і військова техніка, 2016. – № 3 (47). – С. 116-119.

4. Методы сегментации изображений объектов не-регулярного вида, особенности их применения и перспективы развития / К.С. Смеляков, И.А. Романенко, и др. // Сборник научных работ ХУПС, 2010. – Вып. 2 (24). – С. 92-97.

5. Худов В.Г. Анализ відомих методів сегментування зображень, що отримані з бортових систем оптико-електронного спостереження / В.Г.Худов, Г.А. Кучук, О.М. Маковейчук, А.В. Крижний // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2016. – Вип. 9 (146). – С. 77-80.

6. Ziou D. Edge Detection Techniques / D. Ziou, S. Tabbone // An Overview technical report: Dept Math & Informatique. Universit de Sherbrooke, 1997. - № 195. – P. 567-578.

7. Bergholm F. Edge Focusing / F.Bergholm // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1987. - № 9. – PP. 726-741.

8. Williams D.J. Edge Contours Using Multiple Scales / D.J.Williams, M.Shas // Computer Vision, Graphics and Image Processing, 1990. - № 51. – PP. 256-274.

9. Lacroix V. The Primary Raster: A Multiresolution Image Description / V.Lacroix // Proc. of the 10th Int. Conference on Pattern Recognition, 1990. – P. 903-907.

10. Canny J.F. A Computational Approach to Edge Detection / J.F.Canny // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1986. - № 8. – P. 679-698.

11. Жизняков А.Л. Формализация некоторых понятий теории обработки многомасштабных последовательностей цифровых изображений / А.Л. Жизняков // СУИТ. – 2007. – № 3.3 (29). – С. 354-358.

12. Жизняков А.Л. Теоретические основы обработки многомасштабных последовательностей цифровых изображений / А.Л. Жизняков, С.С. Садыков. – Владим. гос. ун-т. – Владимир: Владим. гос. ун-т, 2008. – 121 с.

13. Жизняков А.Л. Теория и методы обработки многомасштабных последовательностей цифровых изображений в промышленных системах контроля качества: автореферат дис. ... докт. техн. наук: 05.13.01 / Жизняков Аркадий Львович – Владимир, 2008. – 35 с.

14. Uniqueness of the Gaussian kernel for scale-space filtering / J. Babaud, A.P. Witkin, M. Baudin, R.O. Duda // IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., 1986. - № 8. – P. 26-33.

15. Електронний ресурс. Режим доступу <http://www.satimagingcorp.com/gallery/ikonos/>

Надійшла до редколегії 3.03.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. К.С. Васюта, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

СЕГМЕНТАЦИЯ МНОГОМАСШТАБНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ МУЛЬТИАГЕНТНЫМ МЕТОДОМ

В.Г. Худов

Предложено при сегментации оптико-электронных изображений предварительно проводить многомасштабное преобразование изображений. В качестве ядра преобразования выбран гауссиан с соответствующим значением масштабного коэффициента, а метода сегментации – мультиагентный метод. Проведено экспериментальные исследования сегментации многомасштабной последовательности оптико-электронных изображений мультиагентным методом.

Ключевые слова: оптико-электронное изображение, преобразование, ядро, масштабный коэффициент, сегментация, метод, агент, движение, поворотная точка, феромон, участок, исходная точка маршрута.

SEGMENTATION OF MULTILARGE-SCALE SEQUENCE OF OPTIC-ELEKTRONIC IMAGES BY MULTIAGENT METHOD

V.G. Khudov

It is offered to carry out previously at segmentation of optic-electronic images multilarge-scale transformation of images. As a kernel of transformation gets out Gaussian the corresponding value of large-scale factor. As a method of segmentation use of a multiagent method is offered. It is carried out researches of multilarge-scale sequence of optic-electronic images by a multiagent method.

Keywords: optic-electronic image, transformation, kernel, large-scale factor, segmentation method, agent movement, a turning point, a pheromone, a portion of the route starting point.

ЗАПОБІГАННЯ ТА ЛІКВІДАЦІЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

УДК 658:562.014:006.354

В.А. Глива¹, В.В. Халіль²

¹ Національний авіаційний університет, Київ

² Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків

ПОПЕРЕДНІЙ АНАЛІЗ ТА ВИБІР КРИТЕРІЇВ ОЦІНКИ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ОХОРОНОЮ ПРАЦІ ПІДПРИЄМСТВА

У роботі розглянуто основну вертикаль управління охороною праці у системі керування охороною праці підприємства (СКОПП). Визначено рівні професійної компетенції з охорони праці та розроблено критерії оцінки професійної компетенції для кожного із рівнів щодо охорони праці та безпеки виробництва. На базі отриманих критеріїв оцінки створено перелік питань, на які працівники мають відповісти під час анкетування чи при поданні документів з прийому на роботу, чи під час атестації/перееатестації, щоб визначити відповідність працівника посадовим обов'язкам та вимогам із охорони праці.

Ключові слова: управління, охорона праці, компетенції, безпека, виробництво, анкетування, атестація, система, елементи.

Вступ

Однією із основних проблем у менеджменті охороною праці на підприємстві є визначення відповідності системи керування охороною праці до державних, галузевих та європейських вимог. Основним існуючим критерієм цієї відповідності зараз є стан безпеки та охорони здоров'я працівників, який оцінюється за показниками травматизму або професійних захворювань, тобто, по результату.

Виходячи із цього підходу, завжди залишаються ненадійні або небезпечні робочі місця, де навіть працівники знають про ненадійність але у звітах все гаразд.

Така ситуація не може бути, а тому необхідно розробляти нові підходи, у тому числі такі, які дозволяють виявляти у існуючих системах управління ненадійні ланки, своєчасно замінювати або змінювати їх.

1. Вертикаль управління охороною праці

Розглянемо схему управління охороною праці [1], та виділімо з неї основну управляючу вертикаль, яку запропоновано у СКОПП та показано на рис. 1.

Згідно із законом України «Про охорону праці», відповідальність за стан питань безпеки, професійного захворювання та іншого, що до цього відноситься, покладено на керівника підприємства – роботодавця.

Тобто, це функція керування управлінням та відповідальність у межах діючого законодавства.

Тому цій рівень керування відноситься до 1 рівня професійної компетентності (знань та навичок).

Керівник підприємства не може водночас бути присутнім у всіх робочих місцях та займатись відразу усіма питаннями, особливо це стосується великих за обсягом підприємств, а тому, частину своєї керівної функції, а також відповідальності, у межах підприємства, він перекладає на підлеглих та призначає заступників із різних питань, які утворюють другий рівень професійної компетентності (знань та навичок), та керівників підрозділів (відділів), які утворюють третій рівень.

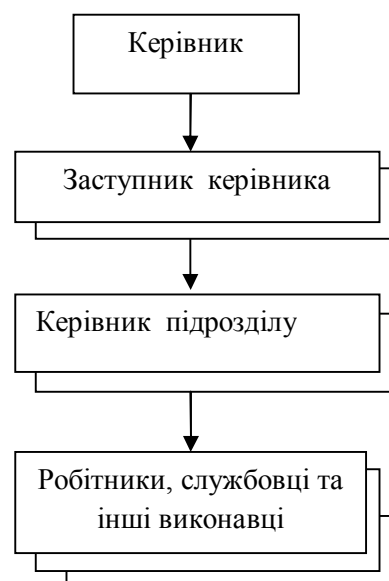


Рис. 1. Основна вертикаль управління охороною праці у СКОПП

2. Рівні професійної компетенції

Сучасний закон із охорони праці передбачає окрім прав працівників (робітників), ще і обов'язки. Кожен із них повинен мати посадові обов'язки, та мати відповідні інструкції з охорони праці на кожному робочому місці.

Таким чином, утворюється чотири рівня професійної компетенції.

На рис. 2 показано чотири рівні професійної компетенції із питань безпеки на виробництві.

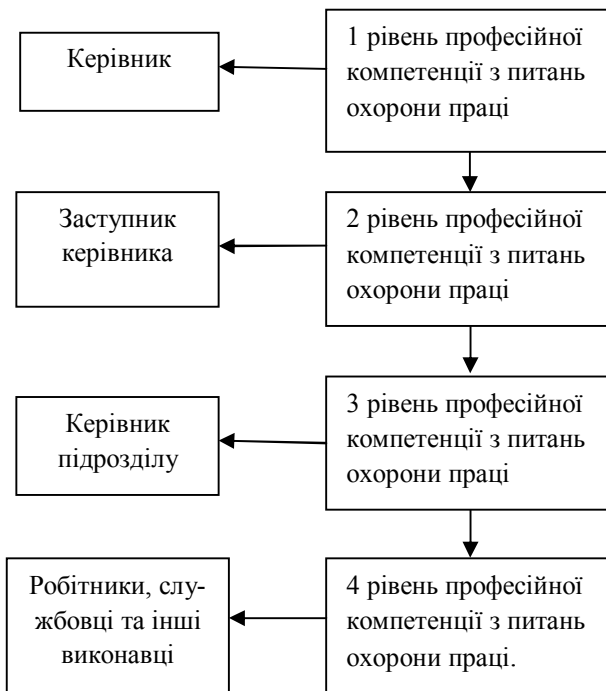


Рис. 2. Розподіл рівнів професійної компетенції з охорони праці

Виходячи із вище вказаного, необхідно розробити критерії оцінки професійної компетенції для кожного із рівнів щодо охорони праці та безпеки виробництва.

На основі цих критеріїв проводиться анкетування працівників на підприємстві.

3. Компетенції з охорони праці відповідно до посадових рівнів

Перший та другий рівень компетенції посадовців (рис. 2).

1. Освіта (базова за фахом, за фахом ОП, спеціальна, вища, середня).
2. Підвищення кваліфікації (НТЦ, університет, інша).
3. Участь у конференціях (міжнародних, всеукраїнських, регіональних, галузевих, підприємства).
4. Участь у науково-методичних семінарах (за фахом, із питань охорони праці, інші).

5. Участь у навчальному процесі (університет, коледж, інші).

6. Участь у науці (галузева, підприємства, університетська, інша).

7. Наявність сертифікатів (фахові, безпеки праці, інші).

8. Кількість підготовлених інструкцій з ОП підлеглим (так або ні).

9. Кількість підлеглих (до 5, до 10, до 50, до 100, до 500, до 1000, більше 1000).

10. Стаж роботи на посаді (до 2 років, до 5 років, до 10 років, більше 10 років).

11. Загальний стаж роботи (до 2 років, до 5 років, до 10 років, більше 10 років).

12. Кількість підлеглих травмованих (за 1 рік, в загалі за термін праці на посаді).

13. Кількість підлеглих, що мають профзахворювання (за 1 рік, в загалі за термін праці на посаді).

14. Наявність посадової інструкції робочому місці.

15. Наявність інструкції із ОП на робочому місці.

16. Перебування за кордоном (за роботою, за фахом, стажування, інше).

Третій рівень компетенції посадовців (рис. 2).

1. Освіта (базова за фахом, за фахом ОП, спеціальна, вища, середня).

2. Підвищення кваліфікації (НТЦ, університет, інша).

3. Участь у конференціях (міжнародних, всеукраїнських, регіональних, галузевих, підприємства).

4. Участь у науково-методичних семінарах (за фахом, із питань охорони праці, інші).

5. Участь у навчальному процесі (університет, коледж, інші).

6. Участь у науці (університетська, підприємства, галузева, інша).

7. Наявність сертифікатів (фахові, безпеки праці, інші).

8. Кількість підготовлених інструкцій з ОП підлеглим.

9. Кількість підлеглих (до 5, до 10, до 50, до 100, до 500, до 1000, більше 1000).

10. Стаж роботи на посаді (до 2 років, до 5 років, до 10 років, більше 10 років).

11. Загальний стаж роботи (до 2 років, до 5 років, до 10 років, більше 10 років).

12. Кількість підлеглих травмованих (за 1 рік, в загалі за термін праці на посаді).

13. Кількість підлеглих, що мають профзахворювання (за 1 рік, в загалі за термін праці на посаді).

14. Наявність посадової інструкції робочому місці.

15. Наявність інструкції із ОП на робочому місці.
16. Перебування за кордоном (за роботою, за фахом, стажування, інше).
17. Кількість травм у підлеглих (в середньому на працівника) за рік та взагалі за термін праці на посаді (до 10, більш як 10).
18. Кількість захворювань у підлеглих (в середньому на працівника) за рік та взагалі за термін праці на посаді (до 10, більш як 10).

Четвертий рівень компетенції (на робочому місці).

1. Кількість особистих травм (для працівників) (до 3, від 4 до 10, більш 10) та відносно робочого часу за що аналізується.
2. Кількість особистих захворювань за 1 рік та взагалі за термін роботи на посаді (для працівників).
3. Кількість травм не зареєстрованих у медичних установах (на рік та за час праці).
4. Наявність на робочому місці шкідливих факторів (за результатами атестації, за опитуванням працівника – так чи ні).
5. Наявність на робочому місці небезпечних факторів (за результатами атестації, за опитуванням працівника – так чи ні).

6. Відповідність обладнання та робочого місця вимогам із ОП (за результатами атестації, за опитуванням працівника – так чи ні).
7. Термін використання обладнання (до 5 років, до 10 років, більш 10 років).
8. Наявність у робітника стурбованості щодо стану свого здоров'я (так, ні, не цікаво).
9. Кількість керівників на одного працівника (один, від двох до трьох, більш трьох).
10. Знання закону "Про охорону праці" (обов'язки, права та інше – знає номер статті, не знає номер статті).
11. Загальний стаж праці (до 5 років, до 20 років, більш 20 років).
12. Стаж роботи за фахом (до 2 років, до 5 років, до 20 років, більш 20 років).

4. Праця як об'єкт дослідження

При системному підході об'єктом дослідження є охорона праці, об'єктом вивчення якої, в свою чергу, є праця (трудова діяльність).

Система «людина – техніка – середовище» (СЛТС) включає в себе людину - оператора системи, машину, через яку він здійснює виробничу діяльність, і середовище на робочому місці [3]. Така система має комплекс взаємозалежних елементів, які перебувають у постійної взаємодії (рис. 3).



Рис. 3. Схема системи «людина – техніка – середовище»

Система - це повний, цілісний набір елементів (компонентів), взаємопов'язаних і взаємодіючих між собою так, щоб могла реалізуватися функція системи.

Для системи СЛТС елементами є людина-оператор, машина та середовище.

Під «людиною-оператором» (оператором) розуміють людину (групу людей), яка здійснює свою

цілеспрямовану діяльність, основу якої складає взаємодія з машиною, об'єктом управління і виробничим середовищем.

Поняття «машина» означає як найпростіші знаряддя праці (молоток, лопата тощо), так і металообробні верстати, або космічні кораблі.

Це знаряддя праці людини, а вона сама – суб'єкт праці.

«Середовище» (виробниче середовище) – сукупність фізичних, хімічних, біологічних і психофізіологічних факторів, що впливають на оператора СЛТС на його робочому місці.

Під час взаємодії з машиною оператор отримує інформацію про стан об'єкту керування (ОК). На підставі переробки цієї інформації відповідно до певних правил оператор виробляє командну інформацію, яка вводиться і машину і впливає на об'єкт керування (ОК). Тобто між окремими ланками системи утворюється замкнений інформаційний контур.

Отримання інформації відбувається через сприймання оператором інформаційної моделі (ІМ). Між елементами системи утворюються зв'язки, які здійснюють безпосередню взаємодію між елементами (або підсистемами) системи, а також з елементами і підсистемами середовища. Наявність зв'язків є головною рисою будь якої системи і вона існує саме завдяки наявності зв'язків між її елементами. Через зв'язки встановлюють закони функціонування системи.

Зв'язки розрізняють за характером взаємозв'язку як прямі і зворотні, а по виду прояви (опису) як детерміновані і імовірнісні.

Для проведення аудиту із охорони праці на підприємстві, насамперед необхідно визначити критерії або ознаки, за якими буде проводиться оцінка відповідності функціонування системи «людина – машина – середовище» бажаному результату або поставленої мети при відповідних обмеженнях.

До групи критеріїв, що відображають динаміку деяких кількісних і якісних показників трудової діяльності як процесу, що відбувається у певний відтинок часу, можна віднести погодинний виробіток продукції (продуктивність праці) без порушень питань охорони праці. Погодинне виготовлення продукції є кількістю виготовленої продукції протягом години одним працівником.

Звичайно, даний критерій монотонності здебільшого відображає економічні результати роботи, не відображає суб'єктивних відчуттів людей відносно її складності та важкості, оскільки на динаміку продуктивності впливати можуть і суб'єктивні чинники, наприклад, мотивація, фізіологічний стан працівника, особливості його нервової системи тощо.

Ефективність системи «людина — машина — середовище» – співвідношення між заданим (цільовим) показником результату функціонування системи і фактично реалізованим.

Діяльність оператора СЛТС суттєво впливає на безпечність та ефективність функціонування системи, оскільки людина є основною ланкою системи, яка ставить мету, координує, направляє всі

процеси у СЛТС. Максимальна ефективність системи «людина — машина» може бути забезпечена за умови, коли при її проектуванні і експлуатації буде врахований людський фактор. Відомо, що внаслідок помилок з боку працівника виникає до 80 % всіх порушень технології, аварійних ситуацій в системах управління.

Проектування системи «людина — машина» передбачає аналіз характеристик об'єкта керування, розподіл функцій між людиною і машиною, проектування діяльності оператора і технічних засобів його роботи, оцінку системи в цілому. Воно базується на досягненнях інженерної психології, яка вивчає об'єктивні закономірності процесів інформаційної взаємодії людини і техніки з метою використання їх у практиці проектування, створення і експлуатації системи «людина — машина»[4].

Психологічні критерії об'єднують такі критерії, як задоволеності, психічного стану працівника, динаміки суб'єктивного відчуття втоми. Почуття задоволеності чи невдоволення роботою є найпростішими особистісними показниками ставлення людини до праці. При цьому чим менше задоволена людина працею, тим монотоннішою праця може бути. Суб'єктивний психічний стан працівника визначається як його оцінка появи стану нудьгування під час виконання робіт, а критерій динаміки суб'єктивного відчуття втоми характеризується оцінкою людини ступеня втомленості на різних етапах роботи.

Сукупність усіх факторів, які впливають на працездатність людини, її самопочуття в процесі співпраці з машинами, називають інтегральною характеристикою системи.

Тож крім вищезазначених чинників, які відповідають фізіологічним і психофізіологічним показникам характеристики системи, в процесі організації праці операторів особливу увагу приділяють біомеханічним показникам.

Для біомеханічних показників важливим є врахування швидкості рухів оператора та просторових характеристик рухів. Швидкість рухів залежить передусім від того, якими частинами тіла людина працює.

До просторових характеристик рухів оператора відносять розміри моторного поля (зони досяжності - простір, який описується дугою радіусом витягнутої руки оператора) та траєкторію рухів. До просторових характеристик рухів відносять їх траєкторію.

Вважають найбільш прийнятними рухи з траєкторією по колу чи еліптичні. Порівняно з рухами прямою лінією вони знижують втомленість, підвищують продуктивність праці.

Особливе місце серед показників людського фактора належить психологічним показникам. Пси-

хологічні показники розглядають крізь призму емоційних та психічних станів.

Емоційний стан — це стан, що виникає через переживання людиною її ставлення до зовнішнього світу, до самої себе, до характеру параметрів зовнішнього середовища і пов'язаний з індивідуальною семантичною значущістю інформації, яку отримує людина-оператор.

Відокремлюють кілька емоційних станів, які виявляються у формі настрою, афектів, стресів, фрустрації та пристрасті.

Психічні стани — це складні явища психічної діяльності (пам'ять, увага, мислення, воля тощо).

Психічні стани суттєво впливають на динаміку продуктивності праці.

Інтегральну характеристику системи «людина — машина — середовище» також формують і такі показники, як гігієнічні, антропометричні та естетичні [4, 5].

Висновки

Узагальнюючи, обираємо для досліджень, як критерій оцінки системи СЛТС:

- для людини, як основного елемента, без якого система не буде працювати - відповідність працівника посадовим обов'язкам, вимогам із охорони праці та її психічний стан;
- для машини (обладнання) — показник надійності та безаварійної праці [6];
- для середовища — відповідність санітарно-гігієнічним показникам робочої зони.

Усі ці елементи пов'язані між собою відповідними вимогами на галузевому рівні та на рівні підприємства.

Список літератури

1. *Основи охорони праці: Навчальний посібник / За ред. проф. В. В. Березуцького. — Х.: Факт, 2008. — 480 с.*
2. *Березуцький, В.В. Безпека життєдіяльності [Текст] / В.В. Березуцький, Л.А. Васьковець, Н.П. Вершиніна, В.В. Горбенко, О.С. Лісогор, В.Ф. Райко. — Харків: Факт, 2007. - №5. — 382 с.*
3. *Крушельницька Я.В. Фізіологія і психологія праці. [Електронний ресурс] // 01.03.2016. Режим доступу: URL: <http://studentbooks.com.ua/content/view/952/76/1/5/>*
4. *Луцький національний технічний університет. Електронний посібник з дисципліни: ергономіка інформаційних технологій. Фактори впливу на людину в системі «людина — машина — середовище». [Електронний ресурс] // 01.03.2016. Режим доступу: URL: <http://elib.lutsk-ntu.com.ua/book/knit/ktpn/2011/11-40/page13.html>*
5. *Ярошевська, В.М. Охорона праці в галузі: Навчальний посібник / В.М. Ярошевська, В.Й. Чабан. — К.: ВД «Професіонал», 2004. — 288 с.*
6. *Лисяній, Г.М. Охорона праці в нафтогазовій галузі: навчальний посібник / за ред. професора МНТУ Г.М. Лисяного. — Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2015. — 304 с.*

Надійшла до редколегії 19.02.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. М.І. Адаменко, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И ВЫБОР КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА ПРЕДПРИЯТИЯ

В.А. Глыва, В.В. Халиль

В работе рассмотрена основная вертикаль управления охраной труда в системе управления охраной труда предприятия (СУОТП). Определены уровни профессиональной компетенции по охране труда и разработаны критерии оценки профессиональной компетенции для каждого из уровней по охране труда и безопасности производства. На базе полученных критериев оценки создан перечень вопросов, на которые работники должны ответить в ходе анкетирования или при подаче документов по приему на работу, во время аттестации/переекспертации, чтобы определить соответствие работника должностным обязанностям и требованиям по охране труда.

Ключевые слова: управление, охрана труда, компетенции, безопасность, производство, анкетирование, аттестация, система, элементы.

PRELIMINARY ANALYSIS AND SELECTION CRITERIA ASSESSMENT CONTROL SYSTEMS PROTECTION WORK ENTERPRISE

V.A. Glyva, V.V. Khalil

This article examines the main vertical safety management system OSH management company (SKOPP). The levels of professional competence of safety and the criteria for assessment of professional competence for each level of labor protection and safety. Based on the evaluation criteria established list of questions that employees have to answer during questioning or when filing documents with the hiring or during the certification / recertification to determine whether the employee's duties and requirements of safety.

Keywords: management, labor, competence, safety, production, surveys, certification, system elements.

УДК 621.039.7

І.О. Полякова

Державний науково-технічний центр з ядерної та радіаційної безпеки, Київ

ВИКОРИСТАННЯ СПЕЦІАЛЬНИХ ІНЖЕНЕРНИХ БАР'ЄРІВ ПРИ ЗБЕРІГАННІ РІДКИХ ТРИТІЄВИХ РАДІОАКТИВНИХ ВІДХОДІВ

Показано проблему поводження з рідкими радіоактивними відходами що містять тритій та шляхи її вирішення застосовуючи спеціальні технічні засоби й використовуючи інженерні бар'єри системи «пасивного» захисту у місцях зберігання радіоактивних відходів.

Ключові слова: тритій, радіоактивні відходи, радіонуклідний склад, інженерні бар'єри, полімерні матеріали.

Вступ

Постановка проблеми. Основними, найактуальнішими проблемами людства є забезпечення потреб в енергії та безпечне поводження з відходами, що невідворотно утворюються [1]. Якщо проблему продукування енергії на майбутні 100 років, в основному, вирішено, то вирішення проблеми відходів є не стільки актуальною, як нагальною та терміновою проблемою забезпечення безпеки життєдіяльності.

Загалом в Україні станом на 2015 рік у сховищах АЕС, ДК «УкрДО «Радон» та об'єкті «Укриття» зберігається понад 6×10^{15} Бк тритію (Т) і майже вдвічі більше його емітовано в навколишнє середовище протягом кампанії ядерних реакторів, а також внаслідок радіаційних аварій [2].

Рідкі тритієві радіоактивні відходи (РРВ) зберігаються у спеціальних ємностях з нержавіючої сталі як суміш з іншими радіонуклідами, у тому числі довгоіснуючими. На відміну від цього, тритієві РРВ на АЕС зберігаються у двохсот літрових металевих бочках з нержавіючої сталі, у місцях тимчасового зберігання радіоактивних відходів АЕС, які передбачають відповідну систему інженерного захисту.

Надходження тритію в оточуюче природне середовище можливе за умов неправильного поводження з такого типу відходами та виникнення радіаційних аварій з емісією Т у довкілля. Цього можна запобігти, застосовуючи спеціальні інженерні бар'єри на шляху можливого поширення Т під час зберігання.

Формулювання мети статті. Схема поводження з тритієвими радіоактивними відходами (РАВ) радикально не буде відрізнитись від класичної схеми поводження з іншими РАВ, та охоплюватиме усі види діяльності, що стосуються попередньої обробки, кондиціонування, перевезення, зберігання чи захоронення. Також, буде забезпечено радіаційну безпеку під час поводження з радіоактивними відходами – не перевищення допустимих меж радіаційного впливу на персонал, населення та навколишнє природне середовище, встановлених нормами, правилами, стандартами з безпеки, а також

обмеження міграції радіонуклідів у навколишнє природне середовище.

Безпечне зберігання відокремлених тритієвих РРВ необхідно проводити у спеціальних двофазних захисних контейнерах у місця з багатобар'єрною системою «пасивного» захисту [3, 4].

Виклад основного матеріалу

Надходження тритію в оточуюче природне середовище відбувається з джерел, обумовлених природними і штучними процесами. Шляхи міграції тритію зі сховищ можуть слугувати індикатором можливого виходу інших радіонуклідів у геологічне середовище. В Україні діяльність з поводження з РАВ здійснюють державні міжобласні спеціалізовані підприємства ДК «УкрДО «Радон»: Дніпропетровський, Київський, Львівський, Одеський і Харківський, Донецький. Тритієві зберігаються на всіх спеціалізованих підприємствах ДК «УкрДО «Радон» у рідкому і твердому вигляді.

На Київському, Дніпропетровському, Одеському спеціалізованих підприємствах ДК «УкрДО «Радон» тритій у вигляді суміші рідких радіоактивних відходів зберігають у спеціальних нержавіючих ємностях. На Київському спеціалізованому підприємстві $\sim 500 \text{ м}^3$, на Дніпропетровському спеціалізованому підприємстві $\sim 100 \text{ м}^3$, на Одеському спеціалізованому підприємстві $\sim 170 \text{ м}^3$.

Безпека зберігання/захоронення РАВ повинна забезпечуватись шляхом послідовної реалізації концепції глибокоешелюваного захисту, основаної на застосуванні [5]:

- системи фізичних (інженерних і природних) бар'єрів на шляху розповсюдження радіонуклідів в оточуюче середовище;

- системи технічних і організаційних заходів по захисту бар'єрів і збереженню їх ефективності.

Сумарна активність тритію у РАВ, що вже знаходяться на зберіганні та подальше стрімке утворення на підприємствах і в організаціях, які використовують у своїй діяльності тритієві джерела іонізуючого випромінювання у закритому та відкритому

вигляді, а також в установах, результатом господарської діяльності яких є напрацювання відходів, що містять тритій, або виникнення тритію у побічних технологічних відходах постійно зростає [6].

Небезпека зберігання РРВ, що містять Т з іншими радіонуклідами полягає у протіканні процесу радіолізу води, що виникає під час радіоактивного розпаду хімічних елементів з утворенням α -, β -частинок та γ -квантів, що вилітають з атома з певною енергією і утворюють вільні радикали на шляху іонізації. Забезпечення безпечного зберігання тритієвих відходів можна досягти шляхом відокремлення тритію від інших радіонуклідів та зберіганням тритієвих РРВ у спеціальних двошарових захисних контейнерах [3, 4].

Особливу увагу необхідно звернути на інженерно – технічні характеристики місць зберігання РРВ та ТРВ, що містять Т. Дослідивши причину – наслідковий зв'язок виникнення та поширення радіаційних аварій на сховищах ПЗРВ з емісією тритію, виникла необхідність розробки «пасивної» системи захисту на шляху розповсюдження радіоактивних матеріалів та використання додаткових інженерних бар'єрів.

Вибір матеріалів захисного двошарового контейнера відбувався шляхом аналізу фізико-хімічних властивостей і характеристик тритію: тип радіоактивного розпаду, енергія випромінювання β -частинок, період напіврозпаду, дифузійної проникності (фільтрація), радіобіологічного впливу на живі організми. Підбір матеріалів, що забезпечать безпечне зберігання тритієвих радіоактивних відходів на період їх потенційної небезпеки відбувався виходячи з:

- аналізу властивостей тритію. Верхня межа β -спектру тритію рівна 18,6 кеВ, середня енергія β -частинок близько 5,7 кеВ, «чистий» β -розпад, що не супроводжується виділенням γ -квантів. Лише 18%

частинок β -спектру мають енергію понад 9 кеВ. Максимальний пробіг β -частинок тритію у повітрі при нормальних умовах складає 5,7 мм або 7×10^4 г/см², а середній – 0,9 мм і 2×10^4 г/см² відповідно. При розпаді утворюється стабільний елемент – гелій ³Не. Короткоіснуючий ізотоп, період напіврозпаду $T_{1/2}=12,35$ років;

- аналізу властивостей і характеристик Т. Втрата енергії на одиниці шляху dE/dx є значною, розпад не супроводжується утворенням γ -квантів, незначна енергія але значна фільтрація. Матеріал обираємо з «легких» але твердих матеріалів. Такими є полімерні матеріали.

Ротаційне формування (ротомолдинг) – метод, яким було виготовлено двошаровий захисний полімерний контейнер із матеріалу на поліетиленовій основі $(-CH_2 - CH_2 -)_n$, товщиною 0,5 см, з нанесеним на її поверхню методом напилення шару фторопласту $(-CF_2 - CF_2 -)_n$ товщиною 0,1 см.

Ротаційне формування – метод виготовлення тонкостінних порожнистих виробів у формі, що обертається: заповнена порошкоподібним або гранульованим матеріалом закрита металева форма обертається навколо двох та більше вісей, що перетинаються. При цьому відбувається розподіл сировинного матеріалу по внутрішній поверхні порожнини форми, а одночасний підігрів форми сприяє його розчиненню з утворенням тонкого покриття у вигляді оболонки.

Фіксація форми і розмірів отриманого порожнинного виробу досягається охолодженням розплавленого матеріалу. Дифузійна проникність конструкційних матеріалів не перевищує для тритію $1,5 \times 10^{-13}$ м²/с. Формою контейнеру для тимчасового зберігання радіоактивних відходів, що містять тритій обрано бочку (рис. 1).

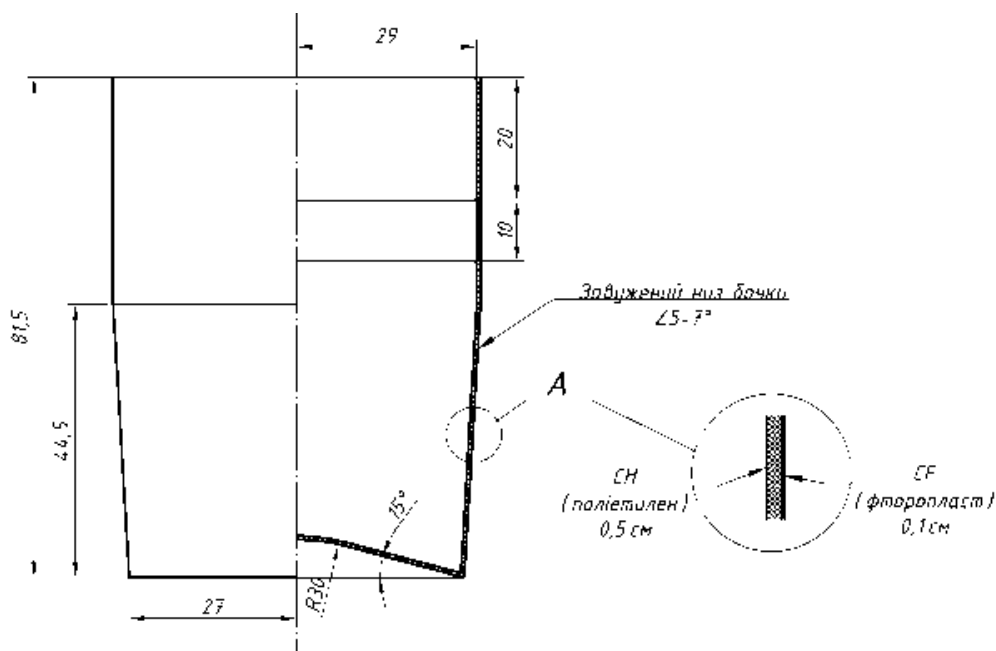


Рис. 1. Форма спеціального двошарового контейнеру та його геометричні розміри

Для досягнення механічної стійкості контейнерів, забезпечення стійкості до горіння, радіаційної стійкості тощо, поверхня поліетиленового контейнера покривається шаром фторопласту різної товщини. Фторопласт, також має високу радіаційну стійкість.

Інженерні бар'єри системи «пасивного» захисту. Розрахунок властивостей інженерних бар'єрів системи «пасивного» захисту базувався на уявленні щодо комплексного застосування гідрофільних та гідрофобних матеріалів під час зберігання радіоактивних відходів та аналізу наслідків, що виникнуть при розгерметизації контейнеру з тритієвими РРВ.

Товщини шарів інженерних бар'єрів отримуємо, виходячи з моделювання фізичного процесу витоку 150 літрів тритієвої води (НТО) з однієї бочки на площі S під бочкою та поглинання її гідрофобними і гідрофільними захисними шарами (рис. 2).

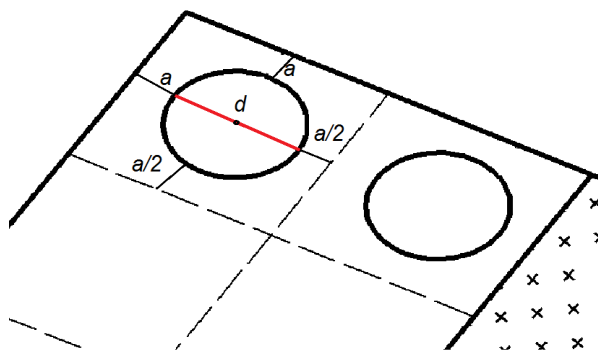


Рис. 2. Модель розрахунку поглинаючої площі під гідрофобні та гідрофільні захисні інженерні бар'єри

Діаметр бочки $d = 58$ см, відстань до бетонної матриці $a = 20$ см, відстань до умовної лінії, що обмежує площу під бочкою $a/2 = 10$ см. Площа S буде рівною $0,744$ м².

Для розрахунку першого, гідрофільного інженерного бар'єру з силікагелю $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, використаємо дані щодо густини насипного силікагелю (ГОСТ 3956-76) та його гідрофобних/гідрофільних властивостей. Для розрахунку другого інженерного бар'єру з бентонітової глини, використаємо дані щодо густини глини та її водопоглинення за масою. Тобто 1 кг глини поглине 0,15 кг НТО. А 1000 кг глини вбере 150 літрів тритієвої води, що відповідає об'єму 1 бочки за умови, що шар силікагелю не поглинув зовсім НТО. Для розрахунку третього інженерного бар'єру з бетону (марка М 400, клас В30, марка по водостійкості W12, міцністю 393 кгс/см²), використаємо дані щодо його густини та її водопоглинення за масою. Тобто 1 кг бетону поглине 0,02 кг НТО, а 7500 кг бетону поглине 150 літрів тритієвої води, що відповідає об'єму 1 бочки за умови, що шар силікагелю та шар глини не поглинув зовсім НТО.

Поводження з відокремленими тритієвими РРВ розміщено у спеціальний захисний контейнер, що зберігається у гідроізолюваній бетонній «матриці», дно якої торкретовано шаром глини та заповнено силікагелем на випадок виникнення радіаційної аварії викликаной розгерметизацією контейнеру і витоком тритієвих РРВ. Приклад системи «пасивного» захисту під час зберігання тритієвих відходів вказано на рис. 3.

Таблиця 1

Розрахунок інженерних бар'єрів

Найменування інженерного бар'єру	Властивість матеріалу інженерного бар'єру			Розрахована товщина інженерного бар'єру, м
	Водопоглинення за масою, %	Густина ρ , кг/м ³	Маса, кг	
Силікагель	>100%, гідрофільний матеріал [7-10]	770	100	0,17
Бентонітова глина	5-15%, гідрофобний матеріал [11-15]	2640	1000	0,5
Бетон	2%, гідрофільний матеріал [16-18]	2500	7500	4,03

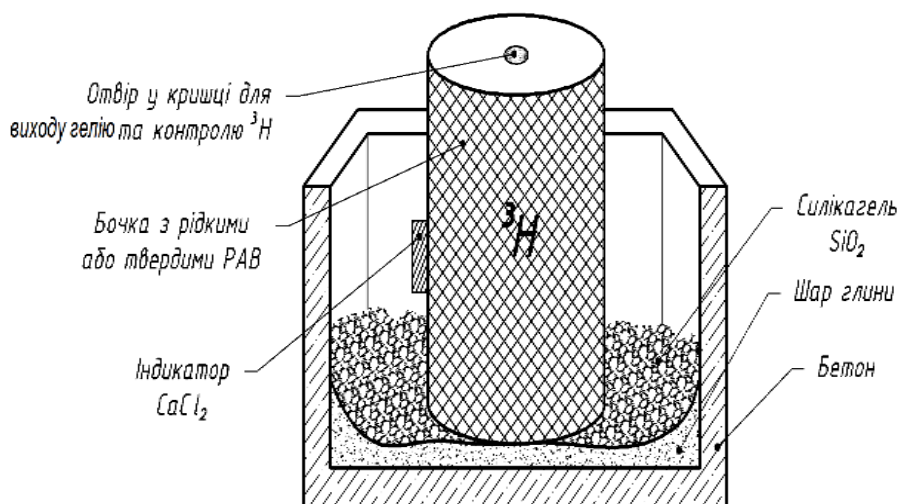


Рис. 3. Система «пасивного» захисту при зберіганні тритієвих радіоактивних відходів

На бічній поверхні спеціального двохполімерного контейнеру розташовано індикатор з CaCl_2 (може бути використано CuSO_4), що змінює свої фізичні характеристики (колір, об'єм) під час взаємодії з водою та використовується для визначення концентрації тритію у повітрі.

Як додаткові інженерні бар'єри на шляху можливого поширення РАВ, що містять тритій, використано бетон, глину, силікагель.

Використання конструкційних матеріалів поверхневих сховищ з бетону як єдиного інженерного бар'єра є неприпустимим через його фільтраційні властивості відносно води, яка конденсується в процесі нормальної експлуатації сховища.

Висновки

Встановлено, що кількість РАВ, у тому числі тритієвих зростає. Відокремлене зберігання тритію з періодом напіврозпаду 12,35 років від інших радіонуклідів, у тому числі довго існуючих, є передумовою зменшення хімічного руйнування захисних оболонок контейнерів, викликаних взаємодією з пероксидом водню H_2O_2 для РРВ та виникнення радіаційних аварій з емісією тритію у навколишнє природне середовище.

Для безпечного зберігання тритієвих РРВ, необхідно застосовувати спеціальні захисні полімерні контейнери, що розміщують у сховищах із системою інженерних бар'єрів з гідрофобних та гідрофільних матеріалів на випадок розгерметизації контейнеру.

Список літератури

1. Соботович Е.В. Сучасні проблеми екологічної стабілізації біосфери / Е.В. Соботович, В.В. Долін // Інститут геохімії навколишнього середовища НАНУ. Збірник наукових праць. Вип. 22. – 2013. – С. 22-42.
2. Тритій у біосфері / Долін В.В., Пушкар'єв О.В., Шраменко І.Ф. та ін. – Київ: Наук. думка, 2012. – 224 с.
3. Полякова І.О. Безпечне зберігання радіоактивних відходів, що містять тритій / І.О. Полякова, О.В. Зубко // Вісник ЛДУ БЖД: збірник наукових праць. – Львів, 2016. – № 13. – С. 100-106.
4. Полякова І.О. Технічні засоби для безпечного поводження з радіоактивними відходами, що містять тритій / І.О. Полякова // Ядерна та радіаційна безпека. – Київ, 2016. - № 2(70). – С. 52-55.
5. Клименко М.О. Моніторинг довкілля / М.О. Клименко, А.М. Прищеп, Н.М. Вознюк. – К.: Академія., 2006. – 360 с.
6. Poliakova I. Technogenic and ecological consequences of tritium contamination of the surrounding environment caused by emissions from near surface storage of radioactive waste / I. Poliakova // Екологічні науки: науково-практичний журнал. – Київ, 2016. – № 10. – С. 24-28.

7. Неймарк И.Е. Силикагель, его строение и химические свойства / И.Е. Неймарк, Р.Ю. Шейнфайн. – Л.: Госхимиздат, 1963. – 200 с.

8. Кольцов С.И. Силикагель, его получение, свойства и применение / С.И. Кольцов, В.В. Алесковский. – К.: Наукова думка, 1973. – 94 с.

9. Ralph K. Iler *The Chemistry of Silica. Solubility, Polymerization, Colloid and Surface Properties, and Biochemistry.* – New York / Chicester / Brisbane / Toronto / Singapore : John Wiley & Sons, 1979. – 866 с.

10. Raymond Peter, William Scott. *Silica gel and bonded phases: their production, properties, and use in LC.* – Wiley, 1991. – 261 с.

11. ДСТУ Б В.2.7-11-94 «Будівельні матеріали. Добавки для виробництва штучних пористих заповнювачів».

12. Будівельне матеріалознавство / За ред. П.В.Кривенко. – К.: Ліра-К, 2012. – 624с.

13. Мала гірнича енциклопедія: у 3 т. / за ред. В.С. Білецького. – Д.: Східний видавничий дім, 2004 – 2013. – Т. 1. – 640 с.

14. Свойства геологической среды в условиях радиационной аварии на пункте складирования радиоактивных отходов / А.В. Пушкарев, Р.А. Пушкарева, А.С. Литовченко, Б.Г. Колтунов // Материалы Международной конференции "Экологическая геология и рациональное недропользование". – Санкт-Петербург, 2000. – С. 129-130.

15. Исследование обмена изотопов водорода в глинистых минералах под воздействием γ -облучения методом ИК спектроскопии / [Пушкарева Р.А., Литовченко А.С., Пластицина М.А. и др.] // Радиохимия. – 1999. – Т. 41, № 6. – С. 558-562.

16. Українська радянська енциклопедія: [у 12-ти т.] / гол. ред. М. П. Бажан; редкол.: О.К. Антонов та ін. – 2-ге вид. – К.: Головна редакція УРЕ, 1974–1985.

17. ДСТУ Б В.2.7-170:2008 Бетони. Методи визначення середньої густини, вологості, водопоглинання, пористості і водонепроникності. К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 38 с.

18. Методы измерения трития. Рекомендации Национального комитета по радиационной защите и измерениям (НКРЗ) США: Пер. с англ. М.И. Рохлина и Г.М. Рохлина / Под. ред. проф. Ю.В. Сивинцева. – М.: Атомиздат, 1978. – С. 31-67.

Надійшла до редколегії 14.02.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.А. Машков, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління, Київ.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ БАРЬЕРОВ ПРИ ХРАНЕНИИ ЖИДКИХ ТРИТИЕВЫХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

И.А. Полякова

Показано проблему обращения с жидкими радиоактивными отходами содержащими тритий та пути ее решения, используя специальные технические средства и инженерные барьеры системы «пассивной» защиты в местах хранения радиоактивных отходов.

Ключевые слова: тритий, радиоактивные отходы, радионуклидный состав, инженерные барьеры, полимерные материалы.

USE OF SPECIAL ENGINEERING BARRIERS DURING STORAGE OF LIQUID TRITIUM RADIOACTIVE WASTE

I.O. Poliakova

Showing the problem of treatment of liquid radioactive waste containing tritium and its solving using special technical equipment and engineering barriers using system of "passive" protection in the storages of radioactive waste.

Keywords: tritium, radioactive waste radionuclide composition, engineered barriers, polymeric materials.

МЕТОДИКА ВИБОРУ РАЦІОНАЛЬНИХ ЗНАЧЕНЬ ПАРАМЕТРІВ СИГНАЛУ ДЛЯ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ З ПРОГНОЗУВАННЯМ СТАНУ КАНАЛІВ УПРАВЛІННЯ І ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ

У статті запропоновано методику вибору раціональних значень параметрів сигналу для безпілотних авіаційних комплексів з прогнозуванням стану каналів управління і передачі даних. Зазначена методика заснована на адаптивному управлінні параметрами сигналу при динамічній зміні сигнально-завадової обстановки та прогнозуванні стану каналів управління та передачі даних.

Ключові слова: безпілотні авіаційні комплекси, сигнально-кодова конструкція, швидкість передачі інформації, ймовірність бітрової помилки, радіоелектронне подавлення, прогнозування помилок.

Вступ

Як свідчить досвід останніх локальних конфліктів, військових навчань та бойових дій на Сході України безпілотні авіаційні комплекси все активніше використовуються для вирішення завдань розвідки, забезпечення зв'язку та нанесення вогневих ударів по позиціям противника [1].

В якості базової технології передачі інформації для безпілотних авіаційних комплексів використовують метод ортогонального частотного розділення з мультиплексуванням OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) [2, 4].

Основна особливість OFDM сигналів їх інваріантність до явища багатопроблемності в каналі. Однак цим системам властиві свої недоліки, основними з яких є:

- високий пік-фактор;
- нелінійні спотворення в радіотракті засобів радіозв'язку;
- помилки синхронізації;
- шкідливий вплив навмисних завад.

Також характерною особливістю для каналів зв'язку з безпілотними авіаційними комплексами є необхідність постійного збільшення радіусу дії системи управління та передачі даних, підвищення швидкості передачі даних при роботі в нестабільних умовах поширення радіохвиль. Проведений в роботах [2, 4, 5] аналіз свідчить про те, що використання технології OFDM не в повній мірі задовольняє всі наведені вище вимоги до каналів управління і зв'язку з безпілотними авіаційними комплексами.

Одним з напрямків підвищення ефективності систем радіозв'язку є застосування методів просторової обробки сигналів у системах радіодоступу, зокрема технології „багато входів – багато виходів”

(Multiple-Input Multiple-Output - MIMO) [5, 6]. У технології MIMO об'єднані просторово-часові методи прийому з використанням адаптивних антен і методи просторово-часового кодування і просторово-часового розділення сигналів.

Для реалізації просторово-часового розділення сигналів у системах MIMO “множина виходів” (випромінюючих антен) здійснює передачу декількома (у загальному випадку – безліччю) шляхами (променями), а приймається ця множина сигналів як множина потоків на декілька приймальних антен (рознесених у просторі). Ключовою властивістю MIMO є можливість перетворити ефект багатопроблемного поширення, що значно погіршує якість радіозв'язку, у перевагу для користувача. Так само MIMO робить можливим підвищення експлуатаційних показників радіозв'язку без збільшення необхідної смуги частот системи.

Аналіз різних методів підвищення ефективності систем радіозв'язку [7, 8] виявляє ряд суперечностей. Так, зростання смуги пропускання каналу дозволяє збільшити пропускну спроможність засобів радіозв'язку, але разом з тим призводить до збільшення потужності шуму в каналі. Збільшення потужності передавача є неефективним і неприпустимим з погляду забезпечення прихованості засобів радіозв'язку.

Стратегічним напрямом при вирішенні задачі підвищення ефективності системи передачі інформації є перехід від систем з жорсткою структурою до адаптивних систем [9]. В адаптивних системах алгоритми передачі і прийому сигналів можуть узгоджено змінюватися залежно від зміни зовнішніх умов. Алгоритми адаптації повинні дозволяти в умовах мінімальної апріорної інформації досягти оптимальних параметрів системи.

Також хотілося б зазначити те, що в зазначених технологіях не використовуються елементи прогнозування стану каналу.

Пошук альтернатив для організації заводозахищеної та швидкісної системи управління і зв'язку для безпілотних авіаційних комплексів показав те, що сумісне використання технології OFDM та MIMO з елементами прогнозування стану каналів управління та передачі даних для систем управління та зв'язку з безпілотними авіаційними комплексами є перспективним та доцільним.

Тому *метою статті* є розробка методики вибору раціональних значень параметрів сигналу для безпілотних авіаційних комплексів з прогнозуванням стану каналів управління і передачі даних.

Постановка завдання

Задано: параметри передавального пристрою і каналу зв'язку

$$\Psi = \{\psi_i\}, \quad i = \overline{1, n},$$

де $\Psi_1 \dots \Psi_n$ – кількість (сукупність) піднесучих, потужність передавача, кількість приймальних та передавальних антен, відношення сигнал/шум в каналі (задається для кожного підканалу окремо), робоча частота, види модуляції, мінімально необхідна швидкість передачі інформації (необхідна пропускна спроможність), смуга пропускання каналу зв'язку, набір коригувальних кодів з відповідними параметрами: швидкість коригувального коду, граничне значення відношення сигнал/шум в каналі, при якому коригувальний код починає давати виграш порівняно з модуляцією без кодування.

Необхідно: визначити кількість приймальних та передавальних антен, параметри сигналу (кількість активних піднесучих, що будуть використовуватися при передачі повідомлень, сигнально-кодову конструкцію для кожної піднесучої (вид модуляції та коригувального коду), при яких ймовірність бітової помилки мінімізується при обмеженнях на швидкість передачі $v_i \geq v_{i\text{доп}}$.

Обмеження: вид коригувального коду – згорточні коди зі швидкостями $R = \frac{1}{4}, \frac{2}{5}, \frac{1}{2}, \frac{3}{5}, \frac{3}{4}$; вид сигналу – ФМ-М (квадратурна фазова маніпуляція), КАМ-М (квадратурна амплітудна маніпуляція, розмірність маніпуляції $M = 16, 32, 64, 128, 256$), кількість піднесучих N ($N = 256$); максимально допустима ймовірність помилкового приймання сигналів

$$P_{\text{б доп}} = 10^{-6}, \quad \tau_{\text{гр}} \leq \tau_{\text{кор}},$$

де $\tau_{\text{гр}}$ – тривалість групи символів, на які розділяється потік сигналів, $\tau_{\text{кор}}$ – час кореляції завмирань, $N_{\text{пд}} \leq 4, N_{\text{пм}} \leq 4$ – кількість приймальних та передавальних антен не більше 4.

Тип завдань – адитивні. В залежності від системних вимог вказані обмеження можуть змінюватись.

Допущення: стан передатної характеристики каналу зв'язку $H_{\text{заг}}$ перед передачею чергового OFDM-символу відомий та не змінюється під час передачі символу:

$$H_{\text{заг}} = H_1, H_2, \dots, H_N = \sum_{i=1}^N H_i;$$

амплітудна характеристика підсилювача потужності передавача лінійна – нелінійні спотворення сигналу відсутні, потужність передавача є незмінною $P_{\text{прд}} = \text{const}$.

Вирішення завдання

Завдання визначення параметрів MIMO-OFDM системи з мінімальною ймовірністю бітової помилки при обмеженнях на швидкість передачі інформації зводяться до типової оптимізаційної задачі.

Система рівнянь для розв'язання оптимізаційної задачі має вигляд

$$\begin{cases} P_0 = F_1(v_i, \Delta F, M, n, R, d, P_c, N_A, Q_i^2, N_{\text{пд}}, N_{\text{пм}}) \rightarrow \\ \rightarrow \min; \\ v_i = F_2(M, R, N_A, \Delta F, Q_i^2, N_{\text{пд}}, N_{\text{пм}}) \geq v_{i\text{доп}}, \end{cases} \quad (1)$$

де $N_{\text{пд}}, N_{\text{пм}}$ – кількість передавальних та приймальних антен, N_A – кількість активних піднесучих (підканалів, де передається інформація), $N_A = N - N_B$, N_B – підканали, що відключаються, P_c – потужність сигналу в підканалі ($P_c = P_{\text{прд}}/N_A$), G_0 – спектральна щільність потужності шуму, M_i – розмірність ансамблю сигналів, R_i – швидкість коригувального коду ($R_i = \frac{k}{n}$), k – кількість інформаційних біт на вході кодера, n – кількість біт на виході кодера, d_{ff} – величина вільної відстані, що характеризує заводозахисні властивості згорточного коду, i – індекс підканалу, ΔF – ширина спектра сигналу. Значення $P_{\text{прд}}, \Delta F, T_S$ є постійними, значення $G_{0i}, M_i, R_i, d_{\text{ff}}$ – задаються для кожного активного підканалу.

Розкриваємо функціонали системи рівнянь (1). Інформаційна швидкість визначається як

$$v_i = \frac{B}{T_S} = \sum_{i=1}^{N_A} \log_2 M_i \cdot R_i \cdot N_{\text{пд}} \cdot N_{\text{пм}} / T_S, \quad (2)$$

де T_S – тривалість символу, B – кількість OFDM-символів, що передається в одній антені, i – індекс активного підканалу.

Таким чином, вибір раціональних значень параметрів MIMO-OFDM системи для безпілотних авіаційних комплексів зводиться до адаптивного вибору схеми системи MIMO, адаптивного розподі-

лу потужності сигналу між власними антенними каналами, адаптивним управлінням параметрами OFDM-сигналу та адаптивним формуванням сигнально-кодової конструкції для кожної під несучої.

Методика вибору раціональних значень параметрів MIMO-OFDM-сигналу для безпілотних авіаційних комплексів складається з наступних етапів.

1. Введення вихідних даних.

Вводяться параметри передавального пристрою і каналу зв'язку $\Psi = \{\psi_i\}$, а також значення допустимої величини ймовірності помилкового приймання сигналів $P_{\text{б доп}}$ та мінімально необхідної інформаційної швидкості передавання $v_{i \text{ доп}}$.

2. Прогнозування стану каналів управління та передачі даних.

Розглянемо принцип прогнозування стану каналів управління і передачі даних безпілотних авіаційних комплексів, що реалізований за допомогою розробленої в [3] методики.

В лінійному тракту прийомопередавача БпАК виділяється полоса субчастот $f_{c1}, f_{c2}, \dots, f_{cN}$, що розміщені біля однієї фіксованої частоти f_{ϕ} . По всій смузі частот здійснюється підтримання сталого рівня сигналу за допомогою цифрової системи автоматичного регулювання потужності передавача. Цифровий синтезатор частот формує сітку сигналів, що надходить на демодулятор.

Таким чином, при відсутності корисного сигналу на виході демодулятора формуються відліки $Z_{i1}, Z_{i2}, \dots, Z_{iN}$, в кожний момент $t_i, i = 1, 2, \dots$ дискретного часу. Основна задача статистичного аналізу випадкових полів спостереження $Z_{ij}, i = 1, 2, \dots, j = 1, 2, \dots, N$, є побудова полів спостереження $\hat{x}_{ij}, i = 1, 2, \dots, j = 1, 2, \dots, n$, квантилів полів та виборі номерів $j_{01}, j_{02}, \dots, j_{0m}$, субчастот, в яких квантилі завод, та ймовірності бітових помилок будуть мінімальні. Отримані номери субчастот надходять на блок управління. Оцінювання полів квантилів завод пропонується здійснювати в два етапи. На першому етапі здійснюється фільтрація полів квантилів в кожному субканалі незалежно один від одного. Для цього відліки завод в блоках цифрової фільтрації на кожній j -й субчастоті $Z_{ij}, i = 1, 2$, порівнюються зі змінюючим пороговим рівнем $\hat{x}_{ij}, i = 1, 2$. Якщо черговий i -й відлік Z_{ij} перевищує порогів рівень \hat{x}_{ij} , то значення \hat{x}_{ij} збільшується на величину Δ . Це відбувається з ймовірністю

$$P = \int_x^{\infty} w(z_{ji}) dz_{ji},$$

де $w(z_{ji})$ – щільність розподілу ймовірностей відліків на виході демодулятора j -го частотного каналу в момент часу t_i , p – заданий рівень дійсного значення квантилі x_{ij} . Регулярно, через $1/p$ часових інтервалів, значення оцінки \hat{x}_{ij} знижується на величину Δ . Таким чином, кожний цифровий фільтр може бути представлений у вигляді автоматичної системи підстроювання рівня квантилі з цифровим інтегратором.

Порівняння рівня Z_{ij} з рівнем \hat{x}_{ij} виконується пороговим елементом.

Зазначену систему оцінювання квантилі на одному підканалі можна розглядати як варіант реалізації псевдо градієнтного адаптивного алгоритму прогнозування стану каналів управління та передачі даних БпАК.

3. Визначення кількості антен у системі MIMO.

На зазначеному етапі обирається в залежності від стану каналу зв'язку кількість передавальних та приймальних антен для безпілотного авіаційного комплексу ($N_{\text{пд}} \times N_{\text{пм}}$), з урахуванням необхідного відношення сигнал/шум та необхідної швидкості передачі.

Таким чином, якщо задати допустиму швидкість передачі MIMO – системи, усередненої по флуктуаціям сигналів v_{Σ} , тоді порогове значення $\lambda_{\text{порог}}^{(Q^2)}$ для відбору необхідної кількості найбільш потужних власних каналів можна знайти з рівняння:

$$P\left(\lambda_{\text{порог}}^{(Q^2)}, Q_0^2\right) = 1 - \frac{v_{\Sigma}}{v_{\text{max}}}.$$

Отже $\lambda_{\text{порог}}^{(Q^2)}$ залежить від середнього відношення сигнал/шум Q_0^2 , від заданої швидкості передачі даних

$$v_{\Sigma} = \left(\lambda_{\text{порог}}^{(Q^2)} = \lambda_{\text{порог}}^{(Q^2)}(Q_0^2, v_{\Sigma}) \right)$$

і збільшується зі зростанням відношення сигнал/шум Q_0^2 .

4. Розподіл потужності між власними каналами.

За допомогою водоналивного методу, здійснюється розподіл потужності між власними каналами. Дана процедура повторюється з інтервалом $\tau_{\text{гр}}$ тривалість групи символів, на які розділяється потік сигналів.

5. Вибір числа піднесучих.

При OFDM груповий сигнал модему на інтервалі передачі одного символу може бути поданий у вигляді, наведеному у [9]. На цьому етапі вибирається кількість піднесучих сигналів з OFDM, при якому забезпечується задане відношення сигнал/шум. Оцінка передатної характеристики каналу зв'язку. На даному етапі за допомогою пілотнесучих оцінюються стан багатопробеневого каналу зв'язку та визначається його передатна характеристика. В загальному випадку оцінка стану каналу може здійснюватись як прямими, так і непрямыми методами. Докладніше вони розглянуті в [11].

Також на даному етапі за допомогою методу, запропонованого в [12] оцінюється стан багатопробеневого каналу зв'язку

$$\hat{h}^{\text{УНК}}(k) = \hat{h}^{\text{НК}}(k)W(k);$$

$$\hat{h}^{\text{УНК}} = \text{diag}(W)\hat{h}^{\text{НК}},$$

де ваговий вектор W є перетворенням Фур'є коефіцієнтів вікна, що згладжується, у частотній області.

6. Перетворення каналу з міжсимвольними спотвореннями в сукупність гаусівських каналів без пам'яті.

В реальних частотно-обмежених каналах зв'язку крім адитивного шуму виникає міжсимвольна інтерференція (МСІ), яка викликана пам'яттю каналів. Реакція каналу на послідовність вхідних сигналів викликає взаємне накладення сигналів на його виході. У результаті описаного вище перетворення гаусівських каналів з міжсимвольною інтерференцією в сукупність незалежних паралельних гаусівських каналів без пам'яті вхід і вихід кожного каналу пов'язані виразом

$$Z_i = K_i X_i + V_i, \quad i = \overline{0, L-1}.$$

7. Визначення параметрів попередніх спотворень сигналів.

Розглянемо підхід до кодування в каналах із МСІ, заснований на синтезі таких сигнально-кодкових конструкцій, які враховують „деформацію” простору сигналів при передачі реальним каналом [4].

Для оптимізації параметрів групового сигналу з OFDM вводяться попередні спотворення сигналу на передачі

$$X_i = \frac{1}{|K_i|} \xi_i$$

і корекція на прийомі $\xi_i = b_i Z_i$, де

$$b_i = e^{-j \arg K_i}.$$

8. Визначення середньої потужності сигналу на виході гаусівського каналу без пам'яті (ГКБП).

Якщо вихідний канал має істотну нерівномірність амплітудно-частотної характеристики в смузі

Найквіста, то отримані канали можуть бути досить різні. Розходження ГКБП повинне враховуватися при побудові сигналів і СКК.

Як правило, у паралельних ГКБП із попередніми спотвореннями використовуються різні алфавіти сигналів із квадратурною амплітудною модуляцією, але з однаковою мінімальною відстанню Евкліда d , що не залежить від номера ГКБП i . Необхідність розгляду цього варіанта пояснюється можливістю побудови на його основі ефективних сигналів і сигнально-кодкових конструкцій [9].

9. Впорядкування підканалів у порядку зменшення відношень сигнал/шум на вході приймача.

На даному етапі за результатами оцінки передатної характеристики каналу здійснюється присвоєння порядкових номерів кожному підканалу в порядку зменшення відношень сигнал/шум (гірші підканали мають більші порядкові номери):

$$Q_1^2 \geq Q_2^2 \geq \dots \geq Q_N^2.$$

10. Ітераційна процедура відключення підканалів

Процедура здійснюється шляхом відкидання гіршої половини підканалів (відсіювання гіршої половини підканалів, перерозподіл потужності по підканалах, додавання кращої половини у підканалах). Тоді потужність передавача рівномірно розподіляється між іншими невідключеними (активними) підканалами.

Оскільки за рахунок перерозподілу потужності за рахунок відключених підканалів ВСШ в активних підканалах збільшується, то, можна припустити, що доцільно відключати не всі підканали, для яких

$$Q_i^2 \leq Q_{\text{доп}}^2,$$

а тільки їх частину.

11. Вибір раціональних сигнально-кодкових конструкцій.

На даному етапі зі скінченної кількості коригувальних кодів та видів модуляції, що визначаються вихідними даними, в залежності від поточного ВСШ, для кожного підканалу визначається СКК, яка дозволяє отримати максимальне значення швидкості передачі при забезпеченні заданої ймовірності бітової помилки.

Основні етапи вибору оптимальних сигнально-кодкових конструкцій наступні:

На підставі параметрів радіозасобів та каналу зв'язку $\Psi = \{\psi_i\}$, а також значення допустимої величини ймовірності бітової помилки радіозасобів вибираємо розмірність ансамблю сигналів N (конструкції з одномірними, двомірними і багатомірними сигналами), а також структура ансамблю сигналів. Детально розрахунки ймовірності бітової помилки для M позиційних сигналів типу ФМ та КАМ наведені в роботі [13].

Вибирається вид коригуючого коду.

По виду завадостійких кодів усі СКК можна розділити на два великі класи:

- на основі блокових кодів
- на основі безперервних кодів.

Крім того, окремий клас складають СКК на основі каскадних кодів, що застосовують одночасно блокові і безперервні коди.

Вибирається маніпуляційний код. При узгодженні кодека двійкового завадостійкого коду і модему багатопозиційних сигналів, необхідно використати маніпуляційний код, при якому збільшенню відстані по Хемінгу між кодовими комбінаціями відповідає більша відстань по Евкліду між сигналами, що відповідають їм.

Пристрій управління вибором параметрів сигналу повинен лише вибрати з множини можливих СКК оптимальну для даного стану каналу.

12. Розрахунок максимальної швидкості передачі в кожному підканалі.

Максимальна швидкість у кожному ГКБП при фіксованому q_j визначається таким чином:

$$v\left(q_j, \frac{P_{q_j}}{P_{\text{ш}}}\right) = v\left(q_j, d_E^2 \phi\left(2^{q_j}\right) / P_{\text{ш}}\right).$$

13. Визначення максимальної швидкості передачі групового сигналу.

Сумарна швидкість у ГКМСІ задається виразом

$$v = v_0 \frac{1}{N} \sum_{j=1}^Q s_j v\left(q_j, d_E^2 \left(2^{q_j}\right) / P_{\text{ш}}\right),$$

де $s_j = m_j - m_{j-1}$, $m_0 = 0$ – кількість ГКБП з однако- вим алфавітом квадратурної амплітудної маніпуляції.

Оптимізація розглянутого варіанта по швидкості при обмеженій середній потужності сигналу на вході каналу зводиться до вибору оптимальної розбивки паралельних ГКБП на групи з однаковою швидкістю, оптимального вибору алфавітів квадратурної амплітудної маніпуляції і мінімальної відстані d_E в них.

Виходячи з цього, максимальна швидкість, яку можна досягнути в ГКМСІ із попередніми спотвореннями і довільними алфавітами КАМ у кожному з паралельних ГКБП за умови, що мінімальна відстань у всіх алфавітах постійна і дорівнює d , задається виразом при обмеженнях, наведених вище, на припустиму середню потужність сигналу на вході ГКМСІ, а

$$s_j = m_j - m_{j-1}, m_0 = 0, \\ 0 < m_1 < m_2 < \dots < m_Q \leq M_1 -$$

розбивка множини ГКБП на групи з v_j паралельних каналів, у кожному з яких використовується той самий алфавіт КАМ із середньою потужністю

$$P_{q_j} = d_E^2 \times (2^{q_j}).$$

14. Передача чергового символу.

В результаті визначаються параметри чергового OFDM-символу: кількість активних підканалів N_A та їх номери, M та R для кожного підканалу, інформація про значення яких передається у складі службової інформації для зустрічної станції.

Висновки

1. В роботі запропоновано методику вибору раціональних значень параметрів сигналу для безпілотних авіаційних комплексів з прогнозуванням стану каналів управління і передачі даних. Новизна розробленої методики полягає у прогнозуванні стану каналів управління та передачі даних та адаптації параметрів гібридної MIMO-OFDM-системи для підвищення ефективності функціонування безпілотних авіаційних комплексів.

2. Новизна методики полягає і у тому, що оптимальні параметри сигнально-кодових конструкцій визначаються для випадку передачі інформації по каналу зв'язку. Також здійснюється адаптивне формування матриці субканалів шляхом адаптивного до сигнально-завадової обстановки вибору структури антенної системи безпілотних авіаційних комплексів, відключення формувачів матриць, тим самим звужуючи або розширюючи частотний діапазон сигналу OFDM (відповідно зменшуючи або збільшуючи кількість субканалів), що необхідно для підвищення енергетичної та частотної ефективності радіозасобів умовах активної радіоелектронної протидії.

Оптимальні параметри MIMO-OFDM-сигналу для конкретного стану каналу зв'язку визначаються зі скінченної кількості допустимих варіантів, що дозволяє спростити практичну реалізацію модемного обладнання адаптивних систем радіозв'язку.

Виходячи з оцінки ефективності методики вибору раціональних значень параметрів сигналу для безпілотних авіаційних комплексів для максимізації енергетичної ефективності, що склала близько 2-3 дБ в залежності від глибини завмирань у багатопроменевому каналі, можна стверджувати, що на основі границі Шеннона [11], частотна ефективність при використанні запропонованої методики та відповідних СКК повинна зрости на величину приблизно 2-4 дБ.

При використанні елементів прогнозування стану каналів управління та передачі даних при виборі раціональних значень параметрів прийомопередавачів безпілотних авіаційних комплексів завадо-

захищеність каналів управління та передачі даних зростає в середньому в 1,1 рази, що підтверджується імітаційним моделюванням, проте, знижується частотна ефективність каналів управління та передачі даних.

Тому, для вирішення зазначеної наукової задачі, напрямком подальших досліджень є розробка методики прогнозування стану каналів управління та передачі даних з поліпшеною обчислювальною складністю.

Список літератури

1. Чекунов Е. Применение БЛА ВС США в военных конфликтах / Е. Чекунов // Зарубежное военное обозрение. – 2010. – № 7. – С. 53-58.
2. Шишацький А.В. Проведення аналізу напрямів підвищення ефективності функціонування систем радіозв'язку з ортогональним частотним мультиплексуванням / А.В. Шишацький, В.В. Лютов, О.Г. Жук // Науково-технічний журнал "Озброєння та військова техніка". – К.: ЦНДІ ОВТ ЗС України. – 2015. – № 4(8) 2015. – С. 22-26.
3. Животовський Р.М. Методика прогнозування стану каналів управління і передачі даних безпілотних авіаційних комплексів / Р.М. Животовський, С.М. Петрук // Збірник наукових праць ЦНДІ ОВТ ЗС України. – К.: ЦНДІ ОВТ ЗСУ, 2016. – № 3(63). – С. 127-134.
4. Шишацький А.В. Аналіз завадостійких протоколів, що використовують OFDM-технології / А.В. Шишацький, В.В.Твердохлібов // Науково-практична конф. "Перспективи розвитку автоматизованих систем управління військами та геоінформаційних систем", тези доповідей, 29 січня 2015 р., Львів: АСВ, 2015. – С. 164-166.
5. Кувишинов О.В. Методологія оперативного управління радіоресурсом військових систем радіозв'язку / О.В. Кувишинов // V-та науково-технічна конференція „Пріоритетні напрямки розвитку телекомунікаційних систем та мереж спеціального призначення” 20-21 жовтня 2010 року, доповіді та тези доповідей, К., ВІТІ НТУУ „КПІ”, 2010. – С. 23-28.
6. Слюсар В. Системи МІМО: принципи побудови та обробка сигналів / В. Слюсар // Електроніка: Наука, Технологія, Бізнес. – 2005. – № 8. – С. 52-58.
7. Кувишинов О.В. Аналіз характеристик систем радіодоступу з технологією МІМО / О.В. Кувишинов, Д.А. Міночкін // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Т. Шевченка. – Вип. 3. – К.: ВІКНУ, 2006. – С. 51-56.
8. Аналіз шляхів вдосконалення засобів радіозв'язку мережі радіодоступу військової телекомунікаційної системи / Т.Г. Гурський, С.О. Кравчук, О.А. Липський [та ін.] // Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ “КПІ”. – 2007. – Вип. 1. – С. 30-42.
9. Советов Б.Я. Построение адаптивных систем передачи информации для автоматизированного управления / Б.Я. Советов, В. Стах. – Л.: Энергоиздат, 1982. – 120 с.
10. Шишацький А.В. Методика формування сигнально-кодівих конструкцій OFDM-сигналу в умовах впливу навмисних завад та селективних замирань / А.В. Шишацький // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2015. – № 7. – С. 71-76.
11. Шишацький А.В. Аналіз існуючих методів оцінки стану каналу зв'язку / А.В. Шишацький, В.В. Лютов // VI Науково-технічна конференція “Проблемні питання розвитку озброєння та військової техніки”. – К., 2015. – С. 398.
12. Животовський Р.М. Розробка методу динамічного контролю стану каналу зв'язку в умовах складної радіоелектронної обстановки / Р.М. Животовський, А.В. Шишацький, В.В. Лютов // Збірник наукових праць ЦНДІ ОВТ ЗС України. – К.: ЦНДІ ОВТ ЗСУ, 2016. – Вип. 1(60). – С. 253-264.
13. Шишацький А.В. Математична модель спотворення сигналу в системах радіозв'язку з ортогональним частотним мультиплексуванням при впливі навмисних завад / А.В. Шишацький, В.В. Лютов, М.В. Борознюк, І.Ю. Рубцов // Системи обробки інформації. – 2016. – № 3. – С. 181-186.

Надійшла до редколегії 14.02.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. І.О. Романенко, Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки ЗС України, Київ.

МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ СИГНАЛА ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ С ПРОГНОЗИРОВАНИЕМ СОСТОЯНИЯ КАНАЛОВ УПРАВЛЕНИЯ И ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Р.Н. Животовский

В статье предложено методику формирования рациональных значений параметров сигнала для беспилотных авиационных комплексов с прогнозированием состояния каналов управления и передачи данных. Указанная методика основана на адаптивном управлении параметрами сигнала при динамическом изменении сигнально-помеховой обстановки и прогнозировании состояния каналов управления и передачи данных.

Ключевые слова: беспилотные авиационные комплексы, сигнально-кодированная конструкция, скорость передачи информации, вероятность битовой ошибки, радиоэлектронное подавление, прогнозирование ошибок.

METHOD OF SELECTION RATIONAL VALUES OF THE SIGNAL FOR UNMANNED AVIATION SYSTEMS TO THE PREDICTION OF THE CHANNEL MANAGEMENT AND DATA TRANSMISSION

R.M. Zhyvotovskiy

In the article offered method of choice of rational parameters signal for unmanned aircraft systems with forecasting state control channels and data transmission. The above method is based on adaptive control signal parameters at dynamic change of signal-interference conditions and forecasting of control channels and data transmission.

Keywords: unmanned aircraft systems, signal-code construction, information rate, bit error probability, radio-electronic suppression, forecasting errors.

УДК 004.056

О.А. Замула¹, Д.О. Семченко²¹ Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків² Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків

МЕТОД СИНХРОНІЗАЦІЇ ДАНИХ ДЛЯ КАНАЛІВ ЗВ'ЯЗКУ, ПОБУДОВАНИХ НА УПРАВЛІННІ ЧАСОВИМИ ЗАТРИМКАМИ ПАКЕТІВ ДАНИХ

Представлено метод синхронізації даних у каналах зв'язку, які побудовані на управлінні часовими затримками пакетів. Наведено фактори, які впливають на продуктивність запропонованого методу. Розглянуто загрози, що можуть виникати під час обміну даними та особливості самого процесу обміну. Сформульовано пропозиції щодо вдосконалення представленого методу.

Ключові слова: метод, повідомлення, фактор, протокол, канал зв'язку, часові затримки, пакет даних, бітчасове значення.

Вступ

Постановка задачі. Ефективність функціонування каналів зв'язку визначається їх здатністю виконувати поставлені перед ними завдання, в заданих умовах [1-2]. До основних показників ефективності їх функціонування відносять: пропускну здатність, інформаційну безпеку (імітостійкість, інформаційна скритність, криптостійкість), достовірність, продуктивність. Такі показники як пропускну здатність, продуктивність, ефективність каналу, в свою чергу, в значній мірі, базуються на методах синхронізації даних між абонентами в мережі. В процесі досліджень виконано аналіз проблем, які виникають при побудові, використанні існуючих каналів зв'язку та методів синхронізації даних, що в них реалізовані. На основі проведеного аналізу, отримано сукупність часткових показників ефективності, інтегральний безумовний критерій захищеної телекомунікаційної системи.

Фактори, які впливають на продуктивність запропонованого методу. Визначимо основні фактори, що впливають на продуктивність каналу зв'язку. Такими факторами, зокрема, є такі: буферизація, операційна система та мережа. Розглянемо детально кожен із них.

Буферизація. Транспортні протоколи передачі даних реалізуються операційною системою. Операційна система може застосовувати різні засоби оптимізації передачі даних для збільшення пропускну спроможності каналів. Одним з таких засобів оптимізації є буферизація даних, що відправляються додатком. Зазвичай, буферизація застосовується при реалізації TCP протоколу, що може призводити до втрати інформації, яка вбудовується в затримки до передачі стороннім додатком пакета даних операційній системі. Для протоколу UDP така буферизація зазвичай не застосовується, але в зв'язку з тим, що в загальному випадку розроблений метод потенційно можна застосовувати для будь-якого протоколу передачі даних, слід враховувати, що буферизація операційної системи знизить ефективність або повністю унеможливить передачу

даних по використовуваному каналу зв'язку у вигляді затримок. У разі коли встановлюється канал зв'язку за допомогою протоколу TCP, слід встановити флаг TCP_NODELAY, що призведе до відключення алгоритму Негла [3] і, отже до відключення буферизації.

Операційна система. Крім програмного забезпечення сторонніх виробників, а також розробленого програмне забезпечення, що здійснює управління часовими затримками пакетів даних, операційна система виконує безліч інших завдань, що виконуються в інших процесах. У будь-який момент програмне забезпечення, що розроблено, може бути перервано в цілях передачі управління одному з таких процесів. Якщо розроблене програмне забезпечення буде перервано після впровадження затримки, але до передачі даних в мережу, вбудована затримка буде пошкоджена. Зокрема таке може відбуватися при великій активності паралельних процесів. Крім того операційна система Windows не є системою реального часу, що може призводити до значних розбіжностей між затримками, що запитуються і тими затримками, що реально надаються системою. Для протидії цьому реалізований двоступеневий алгоритм створення затримок. Однак, якщо розбіжності між запитаним часом очікування і реальним часом очікуванням, наданими відповідними системними сервісами операційної Windows будуть занадто великими (кілька мілісекунд), то для вибраного розміру вікна в 20 мс точність цього алгоритму буде недостатньою, що також призведе до пошкодження даних, які закодовані в затримках. Така ситуація може виникнути при великому навантаженні системи. При реалізації розробленого методу у вигляді низькорівневого драйверу замість звичайного системного додатку, цих проблем можна уникнути.

Мережа. Різні події в мережі, такі як зміна маршруту пакетів або раптові навантаження на певні сегменти мережі, можуть приводити до непередбачуваних мережевих затримок або навіть втрат пакетів [4]. При виникненні непередбачуваних затримок можна порівняно легко відновити загублені дані, завдяки повторній передачі цих даних. Однак втрати

пакетів будуть приводити до розсинхронізації станів ГПВП [5] (генератора псевдовипадкової послідовності) на обох сторонах каналу. Розсинхронізація, а також відновлення даних втрачених в результаті розсинхронізації, можливо за допомогою більш складних алгоритмів повторного аналізу затримок для різних послідовних станів генератора псевдовипадкових послідовностей (ГПВП).

Основна частина

Під часовими затримками пакету у мережі буде розуміти час, необхідний пакету щоб досягти отримувача, з моменту його відправки. Під часовим вікном розумітимемо найбільше значення штучного збільшення часової затримки пакету між отриманими та відправленими пакетами даними. Кожний мережевий пакет, який має штучно збільшену часову затримку, назвемо несучим пакетом. Для того, щоб реалізувати управління часовими затримками необхідно, використовувати аналізатор пакетів між клієнтом та мережевим стеком операційної системи. Аналізатор пакетів являє собою UDP проху, що здійснює аналіз пакетів на можливість вбудовування затримок на основі обробки та перевірки пакетів за їх властивостями, за результатами аналізу струму мережевих даних.

Процес обміну даними здійснюється наступним чином. UDP проху починає очікувати пакети, які за алгоритмом визначаються як несучі пакети, для того щоб вбудувати часові затримки. Як тільки клієнт намагається передати пакет через мережу, здійснюється обробка пакету та пакет перевіряється на придатність до вбудовування затримки. Якщо пакет класифікується як непридатний для затримування (тобто він не є несучим пакетом), він відправляється одразу ж у мережу. Якщо це перший придатний для затримування пакет (несучий пакет), то він також одразу ж пропускається в мережу, при цьому запам'ятовується його часова мітка. Коли передається несучий пакет, UDP проху розраховує, на який мінімальний час цей пакет можна затримати таким чином, щоб деяке попередньо задане числове значення дорівнювало міжпакетному часу (різниця між дійсним часом передачі поточного та попереднього несучого пакету).

Метод синхронізації даних базується на використанні дев'ятибіткової послідовності, іменованої як FSS (frame synchronization sequence). Основною метою FSS є не розбивання шифрованого потоку бітів на кадри, а поліпшення визначення початку послідовності несучих пактів і відкидання усіх попередніх пакетів, що надіслані "клієнтом". Як тільки FSS виявлена в потоці затримок, "клієнт" отримувача стає готовим для декодування корисних даних з затримок. Щоб компенсувати можливі втрати даних, які закодовані у вигляді затримок, одні й ті ж дані відтворюються повторно в затримках як проста міра протидії пошкодженню даних, що виникли в результаті мережевого шуму. Як тільки всі необхідні закодовані дані відправлені через прихований тимчасовий канал, пе-

редачу даних слід повторити, починаючи з FSS. Це повинен враховувати "клієнт" отримувача. FSS повинна обиратися таким чином, щоб запобігти її появі у безперервному потоці біт. Якщо на цей потік біт не накласти ніяких обмежень, то він потенційно може містити будь-яку послідовність. Таким чином для запобігання появі FSS в цьому потоці застосовується модифікація потоку що називається Bit Stuffing [6].

Крім FSS у структурі передачі інформації також використовується CRC (Cyclic redundancy check). Під CRC будемо розуміти алгоритм знаходження контрольної суми, що призначений для перевірки цілісності даних. CRC є практичним застосуванням завадостійкого кодування, що заснований на певних математичних властивостях циклічного коду. CRC потрібен для того, щоб унеможливити появу FSS у наступній біттовій послідовності.

Для вирішення задачі криптографічної стійкості до відомих атак під час передачі даних через мережу необхідно, щоб прихований канал не містив даних в явному вигляді. Часове значення можна динамічно змінювати для кожної затримки, що кодується згідно деякої псевдовипадкової послідовності. При цьому необхідно враховувати, що псевдовипадкова послідовність повинна бути синхронізована з "клієнтом" отримувача. Знання обраної послідовності бітчасових значень дозволить виявити прихований канал передачі даних. Відповідно ця послідовність повинна бути «закритою» по відношенню до всіх крім учасників обміну даними. Спільний секрет дозволяє запобігти виявленню каналу, при використанні засобів аналізу мережевого трафіку під час передачі даних. Спільний секрет передається окремим каналом зв'язку або визначається при особистій зустрічі. Механізми передачі спільного секрету не є предметом розгляду при оцінці властивостей запропонованого методу, при цьому ці механізми можуть бути розглянуті як подальші розробки у рамках наукових досліджень. Серед існуючих механізмів може бути застосовано асиметричне шифрування. Загрози, що можуть виникати під час обміну даними, можливо поділити на такі види:

- атаки типу "відмова в обслуговуванні";
- атаки направлені на виявлення каналу передачі даних (атака на виявлення факту передачі даних);
- атаки, які направлені на компрометацію каналу зв'язку (атаки спрямовані на розкриття даних).

Атаки типу "відмова в обслуговуванні" можуть бути реалізовані за допомогою вбудови затримок в усі пакети в мережі та як крайній випадок - за допомогою фізичного руйнування каналу зв'язку. Здійснення такого виду атак значно погіршить якість обміну даними у мережі, а у випадку фізичного руйнування - повністю унеможливлять передачу будь-яких даних. Даний вид атак також може бути реалізований, якщо користувачі використовують нестабільне підключення до мережевого шлюзу (2G або 3G зв'язок) за рахунок зменшення якості зв'язку шляхом фізичного збільшення перешкод. Атаки, які направлені на вияв-

лення каналу передачі даних, можуть бути реалізовані за допомогою статистичного аналізу. У ході атаки зловмисник порівнює статистичну модель каналу зв'язку програмного забезпечення чиї пакети даних піддаватимуться часовій модуляції з існуючим каналом зв'язку. Статистичний аналіз може вказати зловмиснику на наявність скритого каналу зв'язку, однак, у цьому, випадку зловмисник не зможе точно відповісти: існує прихований канал зв'язку чи різниця статистичних моделей каналу зв'язку пов'язана з проблемами у мережі, чи іншими факторами. Для запобігання такого виду атак потрібно перевіряти канал на придатність до вбудовування затримок та оптимально підбирати розмір часового вікна. Атаки, які направлені на компрометацію каналу зв'язку, можуть бути реалізовані за допомогою атаки на ГПВП [7]. При цьому зловмисник «бачить» канал зв'язку та намагається із затримок отримати дані. Також зловмисник повинен знати, що в конкретний момент часу передається (атака з відомим відкритим текстом). Наприклад FSS послідовність була б придатна для такої атаки щоб за допомогою аналізу послідовності затримок визначити стан ГПВП. Ефективними рішеннями є використання криптостійкого генератора ГПВП, що фактично унеможливить визначення стану ГПВП [8, 9], та передача всієї послідовності у шифрованому вигляді (введення додаткового шифрування).

З метою забезпечення захисту від криптографічних атак та для генерації бітчасових значень може бути використаний генератор псевдовипадкової послідовності CMWC (complementary multiply with carry) Marsaglia. Найпростіший приклад генератора CMWC Marsaglia з періодом більше 2^{285} вимагає 291 біт стану генератора, при цьому, з них, - мінімум 256 біт можна використовувати як сід. Даний генератор псевдовипадкової послідовності використовується в комбінації з SHA-256. Крім криптографічних характеристик, вибір цього алгоритму обумовлений наявністю можливості розрахунку SHA-256 в операційній системі Windows стандартним крипто-провайдером і рівності розміру хешу SHA-256 розміру сіду CMWC Marsaglia. Це дозволяє у повному обсязі використовувати ентропію як алгоритму хешування, так і генератора псевдовипадкової послідовності. Таким чином хеш паролю використовується для ініціалізації генератора псевдовипадкової послідовності.

Висновки

Метод синхронізації даних базується на використанні дев'яти бітової послідовності, іменованої як FSS. Щоб унеможливити виникнення послідовності FSS в бітовому потоці даних, здійснюється bit stuffing таким чином, що в середині кожного октету вставляється нульовий біт і, таким чином, FSS можна обрати рівною 9 одиничним бітам, що унеможливить її появу в будь-якому іншому місці бітового потоку. Цільовий аналіз потоку пакетів на предмет вбудованих затримок не дозволить відрізнити їх від

випадковості моменту відправки цих пакетів стороннім додатком – це дозволяє вирішити задачу скритності факту передачі даних між абонентами в мережі. Виявлення передачі неможливо без знання поточного стану ГПСЧ. FSS - це дев'ять одиниць (біт), але кожній одиниці відповідає випадкова затримка тому, при спробі виявлення «видно» тільки випадкові моменти появи пакетів в мережі. Те, що ці випадкові моменти кодує саме одиниці, знають тільки відправник і одержувач тому, що тільки їм відомо стан ГПСЧ. Вирішення задачі криптостійкості розробленого методу зводиться до криптостійкості ГПСЧ, що використовуються.

Для забезпечення підвищеного рівня стійкості можливо додати шифрування повідомлення будь-яким відомим стійким алгоритмом. У цьому може бути сенс, якщо немає гарантії стійкості ГПСЧ (потрібна plain-text атака). Наприклад, симетричне шифрування (на тому ж паролі, але з іншим хешем, якщо хешування вважати стійким). З асиметричним шифруванням попередньо потрібно створити сесію обміну відкритими ключами (знову ж у вигляді затримок), але оскільки для атакуючого затримками легко маніпулювати, то доведеться ще використовувати методи протидії атаці man in the middle (наприклад, використовувати interlock protocol).

Список літератури

1. Зима В.М. Безопасность глобальных сетевых технологий / В.М. Зима, А.А. Молдовян, Н.А. Молдовян. – СПб.: БХВ-Петербург, 2001. – 362 с.
2. Алгазинов Е.К. Анализ и компьютерное моделирование информационных процессов и систем / Е.К. Алгазинов, А.А. Сирота. – М.: Диалог МИФИ, 2009. – 414 с.
3. Larry L. Peterson, Bruce S. Davie (2007). *Computer Networks: A Systems Approach (4 ed.)*. Morgan Kaufmann. p. 402–403. ISBN 0-12-374013-4.
4. Вишневский В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей / В.М. Вишневский. – М.: Техносфера, 2003. – 512 с.
5. Горбенко І.Д. Прикладна криптологія. Теорія. Практика. Застосування: Монографія / І.Д. Горбенко, Ю.І. Горбенко. – Харків: Видавництво «Форт», 2012. – 880 с.
6. Олифер В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. – 4-е изд. / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. – СПб.: Питер, 2012. – 943 с.
7. Замула О.А. Аналіз і обґрунтування критеріїв і показників ефективності криптографічних генераторів псевдовипадкових чисел / О.А. Замула, Д.О. Семченко, Ю.В. Земляно // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2014. – № 4 (120). – С. 131-136.
8. Замула А.А. Генераторы псевдослучайных чисел, основанные на дискретном логарифме / А.А. Замула, Д.А. Семченко // Технологический аудит и резервы производства. – 2013. – № 5/1 (13). – С. 28 – 31.
9. Замула А.А. Методы генерации псевдослучайных последовательностей и оценка их свойств / А.А. Замула, Д.А. Семченко // Прикладная радиоэлектроника. – 2012. – № 2 (11). – С. 191-194.

Надійшла до редакції 29.02.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.А. Краснобаєв, Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, Харків.

МЕТОД СИНХРОНИЗАЦИИ ДАННЫХ ДЛЯ КАНАЛОВ СВЯЗИ, ПОСТРОЕННЫХ НА УПРАВЛЕНИИ ВРЕМЕННЫМИ ЗАДЕРЖКАМИ ПАКЕТОВ ДАННЫХ

А.А. Замула, Д.А. Семченко

Представлен метод синхронизации данных в каналах связи, построенных на управлении временными задержками пакетов. Указаны факторы, влияющие на производительность предложенного метода. Рассмотрены угрозы, которые могут возникать при обмене данными и особенности самого процесса обмена. Выдвинуты предложения по усовершенствованию представленного метода.

Ключевые слова: метод, сообщение, фактор, протокол, канал связи, временные задержки, пакет данных, битчасовое значение.

METHOD OF SYNCHRONIZING DATA IN THE COMMUNICATION CHANNEL BUILT ON MANAGEMENT PACKAGE DELAYS

A.A. Zamula, D.A. Semchenko

Presented method of synchronizing data channels, which based on management package delays. Listed factors that affect the performance of the proposed method. Considered threats that may arise during the exchange of data and characteristics of the process. Put forward proposals to improve the present method.

Keywords: method, message, factor, protocol, communication channel, time delay, bit values.

УДК 621.391

К.М. Ткаченко, О.Ю. Іохов, В.Г. Малюк

Національна академія Національної гвардії України. Харків

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РАДІООБМІНУ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ АКТИВНОГО РАДІОМАСКУВАННЯ

Розроблена математична модель радіообміну при застосуванні активного радіомаскування підрозділів НГУ на визначеній ділянці. Розроблений математичний апарат для визначення коефіцієнту подавлення корисного сигналу у ймовірній точці розташування противником мобільних наземних засобів радіорозвідки. Встановлена залежність коефіцієнту подавлення від діаграми спрямованості антен та кількості постановників навмисних завад з урахуванням їхнього просторового розташування та орієнтування.

Ключові слова: система радіозв'язку, радіорозвідка, активне радіомаскування, коефіцієнт подавлення, розвідзахищеність, діаграма спрямованості.

Вступ

Постановка проблеми. Аналіз застосування системи радіозв'язку підрозділів Національної гвардії України (НГУ) під час проведення АТО виявив недоліки у забезпеченні її розвідзахищеності (РЗ). Використання наземних мобільних засобів радіорозвідки противника (ЗРЕРп) дозволяє сканувати, перехоплювати, аналізувати, класифікувати та здійснювати моніторинг радіообміну [1,2]. Теоретичні та практичні дослідження методів захисту від ЗРЕРп показують, що одним з ефективних методів є активне радіомаскування (РМ). Орієнтовні розрахунки дають можливість стверджувати про необхідність ефективнішого використання спеціальних засобів радіоелектронного подавлення (РЕП), що здатні створювати на вході приймача радіорозвідки перешкоди з необхідним рівнем потужності [3]. Це обумовлює актуальність досліджень у напрямку розвитку засобів активного радіомаскування.

У подальших дослідженнях доцільно проаналізувати методи та засоби захисту РМ у радіомережах

підрозділів НГУ. При цьому слід окремо врахувати вимоги електромагнітної сумісності при маскуванні радіомереж імітуючими завадами з використанням штатних засобів радіозв'язку підрозділів НГУ. Відповідно, отримання кількісних оцінок електромагнітної сумісності радіозасобів з РМ – важливе та актуальне науково-практичне завдання.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Для отримання кількісних оцінок електромагнітної сумісності на визначених ділянках розміщення підрозділів НГУ існують різні методики [3–6], які враховують енергетичні показники, при цьому енергетичні показники характеризуються співвідношенням потужностей сигналів та перешкод на вході приймального пристрою засобів радіорозвідки. Загальним недоліком методик [3 – 6] є відсутність механізму оцінювання впливу декількох засобів РМ на РЗ підрозділів НГУ та декількох засобів РЕП противника. Визначимося з деякими теоретичними поняттями в галузі захисту системи зв'язку від РТР [7,8].

Радіомаскування - комплекс узгоджених за метою, місцем і часом, організованих технічних захо-

дів, спрямованих на протидію радіорозвідки противника. Воно проводиться у всіх видах бойової діяльності військ.

Термін активного РМ, як він розуміється в даний час, означає протидію радіо- і радіотехнічній розвідці шляхом створення спеціальних полів перешкод, що ускладнюють несанкціонований прийом сигналу засобами радіотехнічної розвідки і виділення повідомлень засобами радіорозвідки.

Визначення неповно без істотно важливого обмеження: перешкоди при активному радіотехнічному маскуванні не повинні заважати роботі маскуємих систем, тобто не повинні знижувати показники їх ефективності і якості нижче деякого прийнятного рівня. Активні перешкоди формуються передавачами, що встановлюються на землі або на літальних апаратах. Результатом дії активних шумових перешкод є маскування корисних сигналів в деякому тілесному куті і певному інтервалі відстаней. Внаслідок цього істотно погіршуються характеристики виявлення засобів радіозв'язку, їх роздільна здатність і точність визначення координат.

У роботах [5,6] розроблені імітаційні моделі роботи каналу радіозв'язку (КРЗ) між підрозділами НГУ, які дозволяють оцінити параметри його завадозахищеності відносно стаціонарних наземних засобів радіоелектронної боротьби противника. У цих роботах припускалося, що для забезпечення захищеного радіозв'язку з командним пунктом (КП) під-

розділи НГУ (ПНГ) та засоби радіомаскування (ЗРМ) використовували РЕЗ з направленими антенними пристроями.

Недоліком цих моделей, який не дозволяє використовувати їх у задачі боротьби з наземними мобільними ЗРЕРп є те, що траєкторія пересування останніх являє собою не одну точку, а множину точок, які необхідно придушувати одночасно.

Друга проблема, яку не вирішують зазначені вище імітаційні моделі імітаційні моделі роботи КРЗ між підрозділами НГУ, полягає у тому, що радіомаскуванню найчастіше підлягають декілька точок оперативного простору (ТОП) у місці тимчасового розташування підрозділів НГ.

Така нова задача потребує доопрацювання зазначених вище моделей.

Метою статті є удосконалення математичної моделі радіообміну підрозділів НГУ на визначеній ділянці при застосуванні активного РМ для отримання кількісних оцінок електромагнітної сумісності радіозасобів.

Виклад основного матеріалу

Будемо вважати, що можлива траєкторія пересування наземного мобільного ЗРЕРп розташовується уздовж лінії фронту і у кожній своїй точці є доступною для відповідним чином розташованих ЗРМ. Визначимо об'єкти моделі наступним чином (рис. 1).

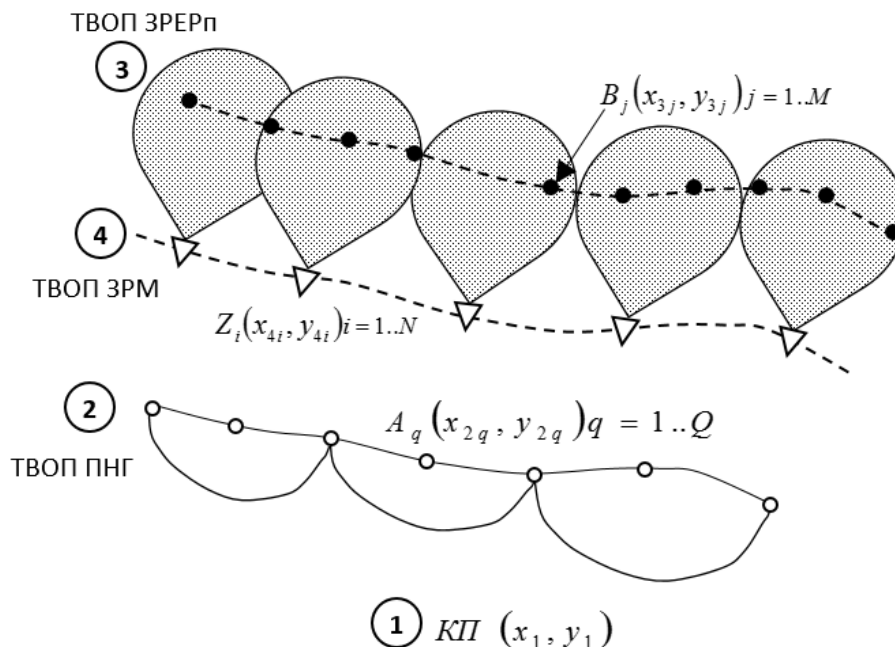


Рис. 1. Складові моделі активного радіомаскування підрозділів НГУ в умовах дії наземних мобільних ЗРЕРп

Об'єкт 1. Командний пункт. Характеризується координатами розташування (x_1, y_1) та потужністю передавача P_1 .

Об'єкт 2. $A = \{A_1, A_2, \dots, A_Q\}$ – множина точок визначення оперативного простору (ТВОП) у місці тимчасового розташування ПНГ.

Об'єкт 3. $B = \{B_1, B_2, \dots, B_M\}$ - множина точок $B_j(x_{3j}, y_{3j})$ можливої траєкторії пересування наземного мобільного ЗРЕРп.

Об'єкт 4. $Z = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_N\}$ - множина точок розташування ЗРМ. У кожній точці $Z_i(x_{4i}, y_{4i})$ розміщується РЕЗ потужністю P_{4i} , азимут діаграми спрямованості (ДС) якого становить кут θ_{4i} .

Маскуючі перешкоди, створювані об'єктами Z , спотворюють структуру сигналів, знижують точність вимірювання характеристик сигналів і ускладнюють можливість виділення інформації у радіоприймальному пристрої, який знаходиться у точці $B_j(x_{3j}, y_{3j})$, $i = 1..M$.

Зі збільшенням потужності перешкод їх маскуюча дія зростає. Як правило, маскуючі перешкоди лінійно підсумовуються з сигналом на вході приймача, тобто є адитивними [7].

Розглянемо схему радіомаскування точки визначення оперативного простору ПНГ $A_q(x_{2q}, y_{2q})$, де можливе розташування РЕЗ потужністю P_{2q} , азимут ДС якого становить кут θ_{2q} (рис. 2). Для простоти на рисунку наведений тільки один ЗРМ $Z_i(x_{4i}, y_{4i})$ потужністю P_{4i} , азимут ДС якого становить кут θ_{4i} .

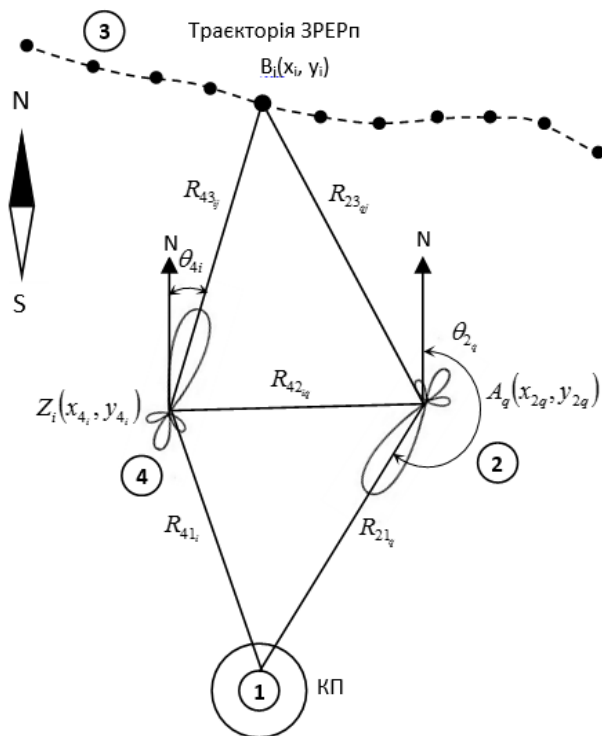


Рис. 2. Схема активного радіомаскування точки визначення оперативного простору підрозділу НГУ

За результатами роботи [5], використовуючи принцип суперпозиції, коефіцієнт придушення K_{12q} сигналу об'єкту 1 (КП) у точці A_q в присутності адитивних завад від системи ЗРМ $Z = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_N\}$ одержимо у такому вигляді:

$$K_{12q}(A_q, Z) = \frac{R_{21q}^2}{P_1 G_2 (\theta_{21q} - \theta_{2q})} \sum_{i=1}^N \frac{P_{4i} G_{4i} (\theta_{42iq} - \theta_{4i})}{R_{42iq}^2}, \quad (1)$$

де θ_{21q} - кут азимуту від точки $A_q(x_{2q}, y_{2q})$ на командному пункті;

θ_{42iq} - кут азимуту від точки $Z_i(x_{4i}, y_{4i})$ на точку $A_q(x_{2q}, y_{2q})$;

$$R_{21q} = \sqrt{(x_1 - x_{2q})^2 + (y_1 - y_{2q})^2} - \text{відстань}$$

між КП та точкою $A_q(x_{2q}, y_{2q})$;

$$R_{42iq} = \sqrt{(x_{4i} - x_{2q})^2 + (y_{4i} - y_{2q})^2} - \text{відстань}$$

між точками $Z_i(x_{4i}, y_{4i})$ та $A_q(x_{2q}, y_{2q})$;

G_2 - функція залежності коефіцієнту підсилення від азимуту антен приймачів ПНГ;

G_{4i} - функція залежності коефіцієнту підсилення від азимуту антени передавача радіосигналу i -го ЗРМ ($i = 1..N$).

Коефіцієнт придушення K_{21} сигналу об'єкту 2 (ПНГ), що випромінюється з точки A_q , у точці розташування об'єкту 1 (КП)

$$K_{21q}(A_q, Z) = \frac{R_{21q}^2}{P_{2q} G_2 (\theta_{21q} - \theta_{2q})} \sum_{i=1}^N \frac{P_{4i} G_{4i} (\theta_{41i} - \theta_{4i})}{R_{41iq}^2}, \quad (2)$$

де θ_{41i} - кут азимуту від точки $Z_i(x_{4i}, y_{4i})$ на точку розташування КП (x_1, y_1) ;

$$R_{41i} = \sqrt{(x_{4i} - x_1)^2 + (y_{4i} - y_1)^2} - \text{відстань між точками } Z_i(x_{4i}, y_{4i}) \text{ та КП } (x_1, y_1).$$

Коефіцієнт придушення сигналу об'єкту 2 (ПНГ), що випромінюється з точки A_q , у точці $B_j(x_{3j}, y_{3j})$ можливої траєкторії пересування наземного мобільного ЗРЕРп:

$$K_{23qj}(A_q, Z, B_j) =$$

$$= \frac{R_{23qj}^2}{P_{2q} G_2 (\theta_{23qj} - \theta_{2q})} \sum_{i=1}^N \frac{P_{4i} G_{4i} (\theta_{43ij} - \theta_{4i})}{R_{43ij}^2}, \quad (3)$$

де θ_{4i} – кут азимуту від точки $Z_i(x_{4i}, y_{4i})$ на точку $B_j(x_{3j}, y_{3j})$;

$$R_{23qj} = \sqrt{(x_{2q} - x_{3j})^2 + (y_{2q} - y_{3j})^2} - \text{відстань}$$

між точками $A_q(x_{2q}, y_{2q})$ та $B_j(x_{3j}, y_{3j})$;

$$R_{43ij} = \sqrt{(x_{4i} - x_{3j})^2 + (y_{4i} - y_{3j})^2} - \text{відстань}$$

між точками $Z_i(x_{4i}, y_{4i})$ та $B_j(x_{3j}, y_{3j})$.

Отримані співвідношення (1-3) надають можливість простежити зміну коефіцієнтів подавлення корисного сигналу в ймовірних точках розташування ПНГ (K_{12q}), КП (K_{21q}) та точках $B_j(x_{3j}, y_{3j})$ можливої траєкторії пересування наземного мобільного ЗРЕРп (K_{23qj}) в залежності від кількості діючих ЗРМ $Z_i(x_{4i}, y_{4i})$, форми ДС радіозасобів та їх просторового розташування і орієнтування.

На основі зазначеної математичної моделі було розроблено програмний виріб, який надає можливість визначенні зазначених коефіцієнтів придушення в будь-якому місці оперативного простору.

Висновки

Запропонована математична модель радіообміну при застосуванні активного радіомаскування може бути використана при вирішенні задачі боротьби з наземними мобільними ЗРЕРп та дозволить врахувати траєкторію пересування останніх, а саме не одну точку, а множину точок, які необхідно придушувати одночасно. Використання запропонованої

математичної моделі дозволить вирішити проблему, пов'язану з радіомаскуванням кількох точок тимчасового розташування підрозділів НГУ.

Розроблено програмне забезпечення для отримання кількісних оцінок електромагнітної сумісності засобів активного радіомаскування з радіомережою підрозділів НГУ на визначеній ділянці.

Список літератури

1. Мобильный автоматизированный комплекс РЭБ 85Я6 «Леер-2» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://foto-i-mir.ru/leer-2-tigr>.
2. SDR комплекс радиомониторинга «КАЖАН-2М» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://mkt.com.ua/files/sdr_kajan_2m.pdf
3. Аналіз впливу заходів радіомаскування на розвідзачищеність радіоелектронних засобів / Ю.В. Журавський, Р.М. Жовноватюк, Г.Д. Носова, А.А. Завада // Збірник наукових праць ЖВІ ДУТ, вип.. 10, 2015. – С. 43-50.
4. Вакин, С.А.. Основы радиопротиводействия и радиотехнической разведки / С.А. Вакин, Л.Н. Шустов. – М.: Сов. радио, 1968. – 448 с.
5. Оцінювання завадостійкості каналу радіозв'язку тактичної ланки управління підрозділами внутрішніх військ методом імітаційного моделювання [Текст] / О.Ю. Іохов, І.В. Кузмінич, В.Г. Малюк, О.В. Северінов // Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць Полтавського НТУ ім. Ю. Кондратюка. – Полтава : ПНТУ, 2013. – Вип. 3 (27). – С. 153-158.
6. Іохов О.Ю. Імітаційне моделювання радіоканалів військового призначення / О.Ю. Іохов, В.Г. Малюк, О.М. Горбов // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних сил України. – 2015. – № 1 (18). – С. 92-96.
7. Палий, А.И. Радиоэлектронная борьба (средства и способы подавления и защиты радиоэлектронных систем) [Текст] / А.И. Палий. – М.: Воениздат, 1981. – 320 с.
8. Цветнов, В.В. Радиоэлектронная борьба: радиомаскировка и помехозащита [Текст] / В.В. Цветнов, В.П. Демин, А.И. Курпьянов. – М.: МАИ, 1999. – 240 с.

Надійшла до редколегії 1.02.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.О. Морозов, Національна академія Національної гвардії України. Харків.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАДИООБМЕНА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АКТИВНОЙ РАДИОМАСКИРОВКИ

К.Н. Ткаченко, А.Ю. Иохов, В.Г. Малюк

Разработана математическая модель радиообмена при применении активной радиомаскировки подразделений НГУ на определенном участке. Разработан математический аппарат для определения коэффициента подавления полезного сигнала в вероятной точке расположения противником мобильных наземных средств радиоразведки. Установлена зависимость коэффициентов подавления от диаграммы направленности антенны и количества постановщиков умышленных помех с учетом их пространственного расположения и ориентирования.

Ключевые слова: система радиосвязи, радиоразведка, активная радиомаскировка, коэффициент подавления, разведзачищенность, диаграмма направленности.

MATHEMATICAL MODEL OF THE RADIO WITH AN ACTIVE DECEPTION

K.M. Tkachenko, O.Yu. Iohov, V.G. Maluk

A mathematical model of the radio when using active radio camouflage impersonate NGU-divisions in a particular area. The mathematical apparatus for determination of the useful signal suppression factor in the likely location of the enemy point of mobile ground-based signals intelligence. The dependence of the suppression coefficients of antenna patterns and the number of directors of intentional interference with regard to their spatial arrangement and orientation.

Keywords: radio communication system, radio reconnaissance, active deception, suppression coefficient, intelligence security, radiation pattern.

УДК 519.87 (045)

Д.П. Чирва

Институт информационно-диагностических систем НАУ, Киев

СПЕКТРАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ВЛИЯНИЯ ВОЗМУЩЕНИЯ ВОЛНОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ НА ОБЛАСТЬ ЧАСТОТНЫХ ИСКАЖЕНИЙ РАСПРЕДЕЛЁННЫХ МАГИСТРАЛЕЙ

Установлена связь между детерминированным и статистическим возмущением волнового сопротивления распределённой магистрали (неоднородной линии) и областью частотных искажений

Ключевые слова: волновое сопротивление; частота; спектр.

Введение

В современных высокоскоростных информационных системах необходимо учитывать волновой характер процессов в магистралях передачи информации. В настоящее время в качестве моделей таких магистралей используются отрезки линий передачи с постоянным волновым сопротивлением (регулярные линии). Данная модель является весьма приближённой и позволяет учитывать в основном регулярные случайные ошибки в реализации постоянно номинального волнового сопротивления и ограниченный класс нерегулярных возмущений [1].

Основная часть

Обозначим через $\tilde{W}(\tau)$, $W(\tau)$ волновые сопротивления возмущенной и невозмущенной линий соответственно, τ - текущее время задержки, t_3 - время задержки всей линии. Пока полагаем, что $\tilde{W}(\tau)$ является детерминированной функцией.

1. Пусть $\tilde{W}(0) \neq W(0)$ и (или) $\tilde{W}(t_3) \neq W(t_3)$. В данном случае, как следует из [1], нарушается асимптотическое выражение для матриц линии по сравнению с выражением для невозмущенной линии. Поэтому отличие волнового сопротивления хотя бы на одном конце приводит к постоянному характеру искажений параметров линии на больших частотах, т.е. при $\omega \rightarrow \infty$.

2. $\tilde{C}_{СТ} \neq C_{СТ}$, где $\tilde{C}_{СТ}$, $C_{СТ}$ - статические емкости возмущенной и невозмущенной линий.

Согласно [2]

$$\tilde{C}_{СТ} = \int_0^{t_3} \tilde{W}^{-1}(x) dx, \quad C_{СТ} = \int_0^{t_3} W^{-1}(x) dx. \quad (1)$$

Статическая емкость определяет вычеты в нуле элементов матрицы сопротивлений. Поэтому неравенство $\tilde{C}_{СТ} \neq C_{СТ}$ приводит обязательно к искажению параметров линии в области низких частот $\omega < \omega_1$, где ω_1 - первая гармоника разомкнутой невозмущенной линии.

3. $\tilde{W}(0) = W(0)$ и $\tilde{W}(t_3) = W(t_3)$. В данном случае асимптотическое выражение для матриц линии [1] не нарушается. Поэтому при $\omega \rightarrow \infty$, т.е. на больших частотах, искажение параметров линии будет отсутствовать. Следовательно, наиболее сильные искажения возникают только в области частот $\omega < \infty$.

Следует отметить, что ошибки п.1.2 могут присутствовать одновременно. То же можно сказать и об ошибках п.2.3. При реализации волнового сопротивления ошибки п.1 обычно исключаются, поскольку не представляет труда проводники линии на концах выполнить наиболее точно. Так как абсолютно точно изготовить проводники нельзя, то возмущение волнового сопротивления на концах приводит к искажениям параметров линии типа фона на больших частотах. Наиболее опасными возмущениями являются возмущения п.2 и п.3. Данные возмущения сосредоточены во всей области $0 < \tau < t_3$ и поэтому избавиться от них не представляется возможным. Ввиду этого ниже рассматриваются возмущения п.3. Возмущения п.2, очевидно, являются при этом частным случаем возмущений п.3.

Пусть ρ - спектральная функция краевой задачи

$$-U'' + q(\tau)U = \omega^2 U, \quad q = N^2 - N^1, \quad N = W^1 / 2W, \quad (2)$$

$$U'(\omega, 0) + N(0)U(\omega, 0) = 0, \quad U(\omega, 0) = 1. \quad (3)$$

Наряду с задачей (2)-(3) рассмотрим вторую краевую задачу

$$-U'' + \tilde{q}(\tau)U = \omega^2 U, \quad \tilde{q} = \tilde{N}^2 - \tilde{N}^1, \quad \tilde{N} = \tilde{W}^1 / 2\tilde{W}, \quad (4)$$

$$U'(\omega, 0) + \tilde{N}(0)U(\omega, 0) = 0, \quad U(\omega, 0) = 1. \quad (5)$$

Условия (3) и (5) соответствуют тому, что при $\tau = 0$ входные сопротивления обеих линий равны бесконечности. Найдем связь между волновыми сопротивлениями $W(\tau)$ и $\tilde{W}(\tau)$ при условии, что спектральная функция задачи (4)-(5) равна

$$\tilde{\rho} = \rho + C_1 \cdot 1(\omega^2 - \mu^2), \quad (6)$$

где C_1 - некоторая константа, $1(\omega^2 - \mu^2)$ - функция Хевисайда.

Обозначим решения задач (2)-(3) и (4)-(5) через $U(\omega, \tau)$ и $\tilde{U}(\omega, \tau)$ соответственно. Тогда, как показано в [1],

$$\tilde{U}(\omega, \tau) = U(\omega, \tau) - \left[CU(\mu, \tau) / \left(1 + C \int_0^\tau U^2(\mu, t) dt \right) \right] \cdot \int_0^\tau U(\mu, t) U(\omega, t) dt,$$

Учитывая, что волновые сопротивления связаны с напряжениями U и \tilde{U} зависимостью [2]:

$$\frac{1}{\sqrt{W(\tau)}} = \frac{1}{\sqrt{W(0)}} \frac{U(0, \tau)}{U(0, 0)}, \quad \frac{1}{\sqrt{\tilde{W}(\tau)}} = \frac{1}{\sqrt{\tilde{W}(0)}} \frac{\tilde{U}(0, \tau)}{\tilde{U}(0, 0)}, \quad (8)$$

с учетом (7), получим

$$\frac{1}{\sqrt{\tilde{W}(\tau)}} = \frac{1}{\sqrt{W(\tau)}} - \frac{A(\mu, \tau)}{\sqrt{W(0)}}, \quad (9)$$

где $A(\mu, \tau) = \frac{CU(\mu, \tau)}{\tau} \int_0^\tau U(\mu, t) U(0, t) dt$. (10)

Введем дополнительное условие

$$U'(\omega, t_3) + N(t_3)U(\omega, t_3) = 0. \quad (11)$$

Обозначим собственные числа задачи (2), (3), (11) через $\omega_0^2 < \omega_1^2 < \omega_2^2 < \dots$. Последовательность чисел $\omega_0 < \omega_1 < \omega_2 < \dots$ является резонансными частотами разомкнутой с обоих концов линии, $\omega_0 = 0$. Тогда $U(\omega_k, t)$ является k -й собственной функцией и согласно теореме Штурма (теорема осцилляции) [1] внутри интервала $0 < \tau < t_3$ имеет ровно k нулей. Следовательно, при $\omega_k \leq \mu < \omega_{k+1}$ функция $U(\mu, \tau)$ в интервале $0 < \tau < t_3$ также имеет k нулей [1]. Из (10) следует, что нули $A(\mu, \tau)$ состоят из нулей $U(\mu, \tau)$ и нулей функции

$$\Phi(\mu, \tau) = \int_0^\tau U(\mu, t) U(0, t) dt. \quad (12)$$

В общем случае функция $\Phi(\mu, \tau)$ при $0 < \tau < t_3$ имеет не более k нулей. Таким образом, при $\omega_k \leq \mu < \omega_{k+1}$ количество нулей $A(\mu, \tau)$ в интервале $0 < \tau < t_3$ лежит в пределах

$$k \leq n \leq 2k. \quad (13)$$

Следовательно, в n точках $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n, 0 < \tau_1, \tau_n < t_3, W(\tau_k) = \tilde{W}(\tau_k)$. То есть возмущению спектральной функции (6) соответствует осциллирующий характер возмущения волнового сопротивления, рис. 1. Поскольку спектральная функция с точностью до постоянного множителя связана с волновым сопротивлением, то справедливо и обратное утверждение: появление осцилляций в волновом сопротивлении означает возмущение спектральной функции. Причем частоты осцилляций определяют частотный диапазон возмущения спектральной функции, следовательно, и всех параметров линии.

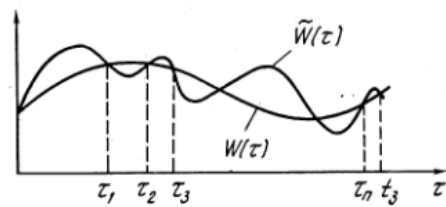


Рис. 1. Характер отклонения волнового сопротивления

Из (13) следует, если n - количество точек, в которых $W(\tau_k) = \tilde{W}(\tau_k), k = 1, 2, \dots, n, 0 < \tau_1, \tau_n < t_3$, то наиболее сильное искажение происходит в области частот (предполагается, что возмущение соответствует (6)):

$$\omega_{n/2} + \varepsilon_1 \leq \mu < \omega_{n+1} + \varepsilon_2, \quad (14)$$

где $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ - окрестности $\omega_{n/2}, \omega_{n+1}$.

Характер осцилляций может соответствовать более сложному возмущению спектральной функции по сравнению с (6). Поскольку функции

$$\sum_{k=1}^m C_k \cdot 1(\omega^2 - \mu_k^2), \quad \mu_1 < \mu_2 < \dots \quad (15)$$

плотны в пространствах непрерывных и интегрируемых функций, то спектральную функцию $\tilde{\rho}$ с произвольной степенью точности в указанных пространствах можно выразить через другую спектральную функцию ρ равенством

$$\tilde{\rho} = \rho + \sum_{k=1}^m C_k 1(\omega^2 - \mu_k^2), \quad \mu_k > \mu_{k-1}. \quad (16)$$

Следовательно, произвольному возмущению волнового сопротивления соответствует возмущение спектральной функции (16). Поэтому, чтобы оценить частотную область, в которой параметры линии изменяются достаточно сильно, надо ошибку $\Delta W(\tau) = \tilde{W}(\tau) - W(\tau)$ представить в виде набора простейших осцилляций (т.е. найти спектр) и согласно (14) оценить частотную область искажений параметров линии для осцилляции с наибольшей и наименьшей частотой. Здесь возникает вопрос: "Как правильно выбрать значение n , соответствующее μ_1 (16)), обозначим его $n_{\text{мин}}$, и значение n , соответствующее μ_m , обозначим его $n_{\text{макс}}$ ".

При нахождении спектра ошибки $\Delta W(\tau)$, как обратного преобразования Фурье от $\Delta W(\tau)$

$$G(\nu) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \Delta W(\tau) e^{-j\nu\tau} d\tau \quad (17)$$

получается бесконечный спектр, так как пределы интегрирования всегда конечны (время задержки линии $t_3 < \infty$). Поэтому при определении $n_{\text{мин}}$ и $n_{\text{макс}}$ следует под шириной спектра понимать область частот, в которой содержится большая часть энергии

импульса $\Delta W(\tau)$ подобно тому, как это принято в теории сигналов. Поскольку решение уравнения (2) устойчиво к возмущению потенциала $q(\tau)$ [1], то распределение по частоте основной доли энергии $\Delta W(\tau)$ будет определять и диапазон наиболее сильных искажений параметров линии. С другой стороны, согласно (16), диапазон частот наиболее сильных изменений параметров линии лежит в пределах

$$\mu_1 \leq \mu \leq \mu_m. \quad (18)$$

Следовательно, значения n_{\min} и n_{\max} , определенные исходя из рассмотрения спектра $\Delta W(\tau)$, будут соответствовать величинам μ_1 и μ_m спектральной функции (16). Таким образом, при оценке диапазона искажений следует поступать таким образом:

1. Находим спектр ошибки $G(v)$.
2. По $|G(v)|$ определяем минимальную и

максимальную частоту спектра v_{\min} и v_{\max} .

3. Находим n_{\min} и n_{\max} :

$$n_{\min} = 2 \cdot t_3 / T_{\max} - 1, \quad n_{\max} = 2 \cdot t_3 / T_{\min}, \quad (19)$$

$T_{\min} = 2\pi / v_{\max}$, $T_{\max} = 2\pi / v_{\min}$ – периоды колебаний, соответствующие частотам v_{\min} и v_{\max} .

4. Находим область наиболее сильных искажений:

$$\omega_{n_{\min}}/2 \leq \mu \leq \omega_{n_{\max}+1}. \quad (20)$$

Из изложенного следует ряд выводов:

1. Частоты осцилляций ошибки волнового сопротивления $\Delta W(\tau)$ определяют частотную область наиболее сильного возмущения параметров линии. Вне этой области возмущение параметров мало. Данная область определяется выражением (20).

2. Чем больше частоты осцилляций, тем выше область частот, в которой происходит возмущение параметров линии и наоборот.

3. Для линий, работающих в области частот до второй гармоники разомкнутой с обоих концов линии, наиболее опасными возмущениями являются монотонные отклонения волнового сопротивления и осциллирующие отклонения с малыми частотами $n_{\max} < 2$.

4. Большинство устройств на отрезках линий (фильтры, резонаторы и т.д.) работают в диапазоне частот до второй или до первой гармоники разомк-

нутой линии. Поэтому на их параметры наиболее сильно влияют монотонные и медленно осциллирующие возмущения $n_{\max} < 2$.

5. Поскольку модуль $G(v)$ не зависит от расположения возмущения на оси τ , то это означает, что и расположение возмущения не влияет на область искажений, а влияет только на характер искажений в данной области.

Предположим, что ошибка $\Delta W(\tau) = \Delta \tilde{W}(\tau)$ является случайным процессом. В данном случае все приведенные рассуждения сохраняют силу. Только вместо спектра ошибки $G(v)$ следует пользоваться понятием энергетического спектра $|G(v)|^2$. Без учета множителя $1/(2\pi)$ среднее по множеству мощности ошибки $\Delta \tilde{W}(\tau)$ на интервале $0, t_3$ равно:

$$m \left\{ |G(v)|^2 \right\} = \int_0^{t_3} \int_0^{t_3} B(t_1, t_2) e^{-jv(t_2-t_1)} dt_1 dt_2, \quad (21)$$

где $B(t_1, t_2) = m \left\{ \Delta \tilde{W}(t_1) \Delta \tilde{W}(t_2) \right\}$.

Таким образом, все полученные выше результаты можно использовать и при статистических возмущениях волнового сопротивления. Только при определении области искажений μ (20) вместо понятия $G(v)$ надо пользоваться (21).

Вывод

Все полученные выше результаты позволяют нам определить частотные области, в которых ошибки в реализации волнового сопротивления влияют наиболее сильно на характеристики линии.

Список литературы

1. Левитан М.Л. Введение в спектральную теорию: самосопряженные обыкновенные дифференциальные операторы / М.Л. Левитан, И.С. Саргсян. – М.: Наука, 1990. – 671 с.
2. Литвиненко О.Н. Теория неоднородных линий и их применение в радиотехнике / О.Н. Литвиненко, В.И. Соиников. – М.: Сов. радио, 1964. – 535 с.

Надійшла до редколегії 1.02.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.В. Козелков, Державний університет телекомунікацій, Київ.

СПЕКТРАЛЬНА МОДЕЛЬ ВПЛИВУ ЗБУРЕННЯ ХВИЛЬОВОГО ОПОРУ НА ОБЛАСТЬ ЧАСТОТНИХ СПОТВОРЕНЬ РОЗПОДІЛЕНИХ МАГІСТРАЛЕЙ

Д.П. Чирва

Встановлено зв'язок між детермінованим і статистичними обуренням хвильового опору розподіленої магістралі (неоднорідною лінією) і областю частотних спотворень

Ключові слова: хвильовий опір; частота; спектр.

SPECTRAL MODEL OF INFLUENCE OF DISTURBANCE WAVE RESISTANCE TO AREA FREQUENCY DISTORTION DISTRIBUTED HIGHWAYS

D.P. Chyryva

The connection between deterministic and statistical perturbation wave resistance line distributed (inhomogeneous line) and the area of frequency distortion

Keywords: wave resistance; frequency; range.

АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК

Берднік П.Г.	3	Кизима А.А.	26	Павленко М.А.	8
Беляєв О.В.	20	Кобилін А.М.	47	Пархоменко Ю.М.	71
Берковський В.В.	58	Кобилін О.А.	47	Пісоцька Л.А.	52
Бологова Н.М.	58	Коваленко О.В.	98	Плугін А.А.	83
Бондаренко О.Є.	104	Козлов В.Є.	80	Полякова І.О.	116
Босько В.В.	71	Козлов Ю.В.	80	Прохоров О.В.	93
Василенко Д.Є.	3	Конєв В.В.	83	Садовський М.С.	38
Володін С.А.	63	Кононова О.А.	29	Семченко Д.О.	126
Волощук О.М.	23	Королевська М.О.	29	Середа Ю.В.	23
Гавриленко С.Ю.	63	Кротов В.Д.	104	Смірнов О.А.	98
Глива В.А.	111	Кучук Н.Г.	52	Станович О.В.	104
Гребеннік І.В.	23	Лакіза Т.В.	52	Степанов Г.С.	8
Грищук Р.В.	66	Левикін В.М.	86	Тімочко О.О.	26
Данилов Ю.О.	8	Магілін О.В.	89	Ткаченко К.М.	129
Дубницький В.Ю.	47	Макогон О.А.	89	Усенко Г.В.	52
Євстігнєєв І.В.	52	Малих В.В.	104	Фриз С.П.	13
Єніна І.І.	71	Малюк В.Г.	129	Фролов В.Ф.	18
Животовський Р.М.	120	Молодецька К.В.	66	Халіль В.В.	111
Задорожна О.В.	20	Морозова Л.В.	32	Худов В.Г.	107
Замула О.А.	126	Науменко А.М.	29	Чала О.В.	86
Зуєв П.П.	26	Новикова О.О.	80	Чирва Д.П.	133
Ільїна І.В.	73	Новік С.А.	89	Шевякова Н.Ю.	73
Іохов О.Ю.	129	Обідін Д.М.	3, 8	Шульга О.В.	43
Карапетян А.Р.	76	Оленченко В.Т.	80	Ярчук О.О.	52

Наукове видання

СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ, НАВІГАЦІЇ ТА ЗВ'ЯЗКУ

Збірник наукових праць

Випуск 1 (37)

Відповідальна за випуск *К. С. Козелкова*Технічний редактор *Т. В. Уварова*Коректор *О. В. Морозова*Комп'ютерна верстка *Н. Г. Кучук*Оформлення обкладинки *І. В. Ільїна*

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 19512-93/2ПР від 16.11.2012 р.

Формат 60×84/8. Ум.-друк. арк. 17,0. Тираж 150 прим. Зам. 323-16

Адреса редакції: Україна, 36011, м. Полтава, Першотравневий проспект, 24, тел. (066) 706-18-30
Полтавський національний технічний університет імені Юрія КондратюкаВіддруковано з готових оригінал-макетів у друкарні ФОП Петров В.В.
Єдиний державний реєстр юридичних осіб та фізичних осіб-підприємців.
Запис № 24800000000106167 від 08.01.2009.61144, м. Харків, вул. Гв. Широнінців, 79в, к. 137, тел. (057) 778-60-34
e-mail: bookfabrik@mail.ua