

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
УКРАЇНСЬКА ФЕДЕРАЦІЯ ІНФОРМАТИКИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ**

**ПАТ «УКРТЕЛЕКОМ»**

**КП «НВК «ІСКРА»**

**НВП «ХАРТРОН-ЮКОМ»**

**ДП «РАДІОПРИЛАД»**



**СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ І ДОСЯГНЕННЯ В ГАЛУЗІ  
РАДІОТЕХНІКИ, ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ**

Тези доповідей

VIII Міжнародної науково-практичної конференції

(21–23 вересня 2016 р., м. Запоріжжя)



Co-funded by the  
Tempus Programme  
of the European Union

DesIRE



Запоріжжя – 2016

УДК 621.37+621.39+004  
ББК 32.84+32.884.1+32.94+30.614  
С 91

Рекомендовано до видання Вченою радою Запорізького національного  
технічного університету (протокол № 1 від 29.08.2016.)

Редакційна колегія:

*Піза Д. М.*, д. т. н., проф., директор інституту ІРЕ, проректор ЗНТУ  
*Морщавка С. В.*, к. т. н., зав. каф. РТ ЗНТУ

Тези доповідей друкуються методом прямого відтворення тексту, пред-  
ставленого авторами, які несуть відповідальність за його форму і зміст.

С 91 Сучасні проблеми і досягнення в галузі радіотехніки, теле-  
комунікацій та інформаційних технологій : тези доповідей  
VIII Міжнародної науково-практичної конференції (21–23  
вересня 2016 р., м. Запоріжжя). – Запоріжжя : ЗНТУ, 2016. –  
344 с.

ISBN 978-617-529-152-8

Зібрані тези доповідей, заслуханих на щорічній науково-практичній конфе-  
ренції серед студентів, викладачів, науковців, молодих учених і аспірантів.  
Збірка відображає широкий спектр тематики наукових досліджень, які прово-  
дяться у Запорізькому національному технічному університеті. Збірка розра-  
хована на широкий загал дослідників та науковців.

УДК 621.37+621.39+004  
ББК 32.84+32.884.1+32.94+30.614

ISBN 978-617-529-152-8

© Запорізький національний  
технічний університет  
(ЗНТУ), 2016

## **ОРГАНІЗАТОРИ КОНФЕРЕНЦІЇ**

- Міністерство освіти і науки України
- Українська федерація інформатики
- Запорізький національний технічний університет
- Харківський національний університет радіоелектроніки
- ПАТ «Укртелеком»
- КП НВК «Іскра»
- ДП «Радіоприлад»
- НВП «Хартрон-Юком»

## **ОРГКОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ:**

- Піза Д.М.** – директор інституту ІРЕ, проректор ЗНТУ, голова оргкомітету;  
**Крищук В.М.** – зав. кафедри ЗНТУ, заступник голови оргкомітету;  
**Кудерметов Р.К.** – зав. кафедри ЗНТУ, заступник голови оргкомітету;  
**Єфіменко Н.В.** – науковий директор НВП «Хартрон-Юком», м. Запоріжжя  
**Пресняк І.С.** – директор КП НВК «Іскра», м. Запоріжжя  
**Вітулев В.Ю.** – директор Запорізької філії ПАТ «Укртелеком»  
**Панфилов С.В.** – директор ДП «Радіоприлад», м. Запоріжжя  
**Кабак В.С.** – декан факультету радіоелектроніки та телекомунікацій ЗНТУ  
**Касьян М.М.** – декан ф-ту інформатики та обчислювальної техніки ЗНТУ  
**Мастиновський Ю.В.** – зав. кафедри ЗНТУ  
**Чернобородов М.П.** – доцент ЗНТУ  
**Бондарев Б.М.** – професор ЗНТУ  
**Бабіч А.В.** – доцент ЗНТУ  
**Висоцька Н.І.** – начальник патентного відділу ЗНТУ

## **ВЧЕНИЙ СЕКРЕТАР ОРГКОМІТЕТУ КОНФЕРЕНЦІЇ:**

- Морщавка С.В.** – зав. кафедри радіотехніки та телекомунікацій ЗНТУ.

## **ТЕХНІЧНИЙ СЕКРЕТАР ОРГКОМІТЕТУ КОНФЕРЕНЦІЇ:**

- Колеснікова Є.І.** – асистент кафедри радіотехніки та телекомунікацій ЗНТУ.

## ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ:

Alves G. – Dr., Prof. (Porto, Portugal)  
Arras P. – Dr. Ing. (Leuven, Belgium)  
Eliezer A. – Prof. (Beer-Sheva, Israel)  
Garcia-Zubia J. – Dr. (Bilbao, Spain)  
Henke K. – Dr. Ing. (Ilmenau, Germany)  
Kozik T. – Dr.Sc., Prof. Ing., (Nitra, Slovakia)  
Levashenko V. – Prof. (Zilina, Slovakia)  
Markowska-Kachmar U. – Prof. (Wroclaw, Poland)  
Markowsky D. – Prof. (Orono, USA)  
Oleschuk A. – Prof. (Kristiansand, Norway)  
Pester A. – Dr., Prof., (Villah, Austria)  
Sharpanskykh A. - PhD. (Delft, Holland)  
Wuttke H-D. – Dr. Ing. (Ilmenau, Germany)  
Zaitseva E. – Prof. (Zilina, Slovakia)  
Markosyan M.V., Dr.Sc., Prof. (Yerevan, Armenia)  
Бахрушин В.Е. – д.ф-м.н., проф. (Запоріжжя, Україна)  
Безрук В.М. – д.т.н., проф. (Харків, Україна)  
Бодяньський Є.В. – д.т.н., проф. (Харків, Україна)  
Гімпілевич Ю.Б. – д.т.н., проф. (Севастополь, Україна)  
Дробахін О.О. – д.ф-м.н., проф. (Дніпропетровськ, Україна)  
Дубровін В.І. – к.т.н., проф. (Запоріжжя, Україна)  
Каргін А.О. – д.т.н., проф. (Вінниця, Україна)  
Карпуков Л.М. – д.т.н., проф. (Запоріжжя, Україна)  
Карташов В.М. – д.т.н., проф. (Харків, Україна)  
Корніч Г.В. – д.ф-м.н., проф. (Запоріжжя, Україна)  
Кришук В.М. – к.т.н., проф. (Запоріжжя, Україна)  
Піза Д.М. – д.т.н., проф. (Запоріжжя, Україна)  
Погосов В.В. – д.ф-м.н., проф. (Запоріжжя, Україна)  
Субботін С.О. – д.т.н., проф. (Запоріжжя, Україна)  
Харченко В.П. – д.т.н., проф. (Київ, Україна)

1 секція *«Радіотехнічні, радіолокаційні та навігаційні системи».*

Керівник секції – Піза Д.М.; заступник – Чернобородов М.П.

2 секція *«Телекомунікаційні системи та мережі».*

Керівник секції – Кабак В.С., заступник – Костенко В.О.

3 секція *«Сучасні інформаційні системи і технології».*

Керівник секції – Кудерметов Р.К; заступник – Дубровін В.І.

4 секція *«Інформаційні технології в проектуванні та виробництві електронних апаратів».*

Керівник секції – Кришук В.М.; заступник – Шило Г.М.

5 секція *«Безпека інформаційно-комунікаційних систем».*

Керівник секції – Карпуков Л.М.; заступник – Козіна Г.Л.

6 секція «Фізика і технологія мікро - та наноелектроніки».

Керівник секції – Погосов В.В.; заступник – Сніжної Г.В.

Спеціальна секція «Вбудовані системи та IoT» (проект Tetris DESIRE)

Керівник секції – Табунщик Г.В.; заступник – Пархоменко А.В.

Міжнародна Літня Школа для молодих вчених (проект Tetris CERES)

Керівник секції – Субботін С.О.; заступник – Олійник А.О.

## ЗМІСТ

<b>ПЛЕНАРНІ ДОПОВІДІ .....</b>	<b>16</b>
<b>Почерняев В.Н., Повхлеб В.С.</b> Оценка электромагнитной совместимости радиоизлучающих средств мобильной цифровой тропосферно-радиорелейной станции .....	16
<b>Кириченко Л.О.</b> Обобщенный подход к фрактальному анализу самоподобных и мультифрактальных временных рядов.....	22
<b>1 СЕКЦІЯ «РАДІОТЕХНІЧНІ, РАДІОЛОКАЦІЙНІ І НАВІГАЦІЙНІ СИСТЕМИ».....</b>	<b>25</b>
<b>Firsov S.N. Pishchukhina O.A.</b> Information technology for assessment of Computer-Integrated Systems resilience.....	25
<b>Korolev V.M., Luchuk E.V., Klimovitsch O.K., Zaijets J.G.</b> Navigation systems in the military problems .....	27
<b>Белоконская Ю.В., Фирсов С.Н., Постников В.Н.</b> Система управления плазмой.....	29
<b>Бугрова Т.И.</b> Частотные свойства электрически малых антенн на основе фракталов с применением метаматериалов .....	31
<b>Василишин В.И.</b> Спектральный анализ сигналов методом root-min-norm с использованием псевдошумового размножения выборки.....	33
<b>Грохольський Я.М., Сусь Б.А., Сусь Б.Б.</b> Радіохвилі як потік частинок, що перебувають у коливальному стані .....	35
<b>Дробахін О.О., Салтиков Д.Ю., Горб Ю.А.</b> Застосування відкритих хвилевідних резонаторів з частковим діелектричним заповненням для вимірювання температури.....	37
<b>Дробахін О.О., Салтиков Д.Ю., Лимаренко С.С.</b> Перестроювання частоти біконічного резонатора за допомогою аксіальних металевих стержнів.....	39
<b>Дробахин О.О., Тулук А.Ю., Шерстюк Г.Г.</b> Инверсный синтез апертуры в промежуточной зоне излучения для формирования радиоизображений путем оптимальной фильтрации с эволюционным контролем .....	41
<b>Зуєв О.В.</b> Адаптивний моніторинг технічного стану засобів аеронавігації.....	43
<b>Карташов В.М., Беляев А.В.</b> Контурный анализ изображений в мультимедийном стрелковом тренажере .....	45
<b>Карташов В.М., Тихонов В.А., Воронин В.В., Толстых Е.Г.</b> Комплексирование систем дистанционного зондирования атмосферы....	47
<b>Корольов В.М., Лучук Е.В., Заєць Я.Г.</b> Система цілерозподілу на базі навігаційної інформації в підрозділах сухопутних військ.....	49

<b>Куцак С.В., Логачева Л.М.</b> Сравнительный анализ энергетических характеристик поглощающих фильтров гармоник.....	51
<b>Леховицкий Д.И., Рябуха В.П., Семеняка А.В., Катюшин Е.А.</b> Рекуррентный алгоритм $K = 4$ – рангового обновления параметров адаптивных решетчатых фильтров и его техническая реализация на основе цифрового сигнального процессора.....	53
<b>Осинин В.Ф., Четвериков С.Ф.</b> Погрешности обобщающей эмпирической модели естественных радишумов.....	55
<b>Ошаровская Е.В.</b> Сеточные 3D изображения и их спектры.....	57
<b>Пашук Ю.М., Сальник Ю.П., Опанасюк І.І.</b> Корисне навантаження тактичних БПЛА сухопутних військ – сучасний стан та перспективи розвитку.....	59
<b>Перелыгин Б.В.</b> Методология построения радиолокационной системы мониторинга окружающей среды на основе единого радиолокационного поля над территорией Украины.....	61
<b>Романенко С.Н., Дмитренко В.П., Тверденко А.В.</b> Шлейфные ответвители на комбинациях МПЛ и ЦЛ.....	63
<b>Рудик А.В.</b> Інтегральні перетворювачі відхилення електричної ємності від номінального значення.....	67
<b>Рябуха В.П., Леховицкий Д.И., Семеняка А.В., Катюшин Е.А., Зарицкий В.И.</b> Сравнительный анализ алгоритмов адаптивной пространственной обработки сигналов на фоне гауссовых шумовых помех.....	69
<b>Сальник Ю.П., Корольов В.М., Корольова О.В.</b> Навігаційна інформація в системі розвідки сухопутних військ.....	71
<b>Самойлик С.С., Пиза Д.М.</b> Развитие метода интегральных уравнений макроскопической электродинамики для нахождения собственных частот прямоугольного резонатора с многослойной полупроводниковой цилиндрической неоднородностью.....	73
<b>Семенов А.А.</b> Простой генератор хаоса на основе биполярной транзисторной структуры с отрицательным сопротивлением.....	75
<b>Соломенцев О.В., Заліський М.Ю.</b> Аналіз процесів погіршення технічного стану авіаційних радіоелектронних засобів.....	77
<b>Таршин В.А., Танцюра О.Б.</b> Зменшення впливу умов складної фоновочільової обстановки на функціонування систем розвідки поля бою на основі розвитку методів комплексування різноспектральних зображень.....	79
<b>Худов Г.В., Висоцький О.В., Ірха А.В.</b> Ваговий критерій сумісного пошуку і виявлення об'єктів в поточній зоні огляду радіолокаційної системи.....	81

<b>Худов Г.В., Ковалевський С.М., Ліщенко В.М.</b> Створення скритого маловисотного радіолокаційного поля в умовах ведення сучасних мережецентричних та гібридних війн .....	82
<b>Худов Г.В., Лісогорський Б.А., Сердюк О.В.</b> Підвищення точності визначення координат кочівних мінометів за рахунок використання штучних багатобазових комплексів .....	84
<b>Фирсов С.Н., Будиба Уиссам</b> Функционально устойчивое управление угловым движением малогабаритного летательного аппарата .....	86
<b>2 СЕКЦІЯ «ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ СИСТЕМИ ТА МЕРЕЖІ» .....</b>	<b>89</b>
<b>Березовский С.А.</b> 3D реконфигурируемая коммутационная структура на элементах Березовского .....	89
<b>Белов В.С., Белов А.С.</b> Реалізація програмної моделі для дослідження характеристик сигналів з мінімальною маніпуляцією .....	91
<b>Бондарев А.П., Максимів І.П., Максимюк Т.А.</b> Метод підвищення енергетичної ефективності HQPSK сигналів .....	93
<b>Бондарев А.П., Алтунін С.І.</b> Програмно-апаратна реалізація цифрового пристрою фазового автоматичного підстроювання частоти .....	95
<b>Корнейчук В.И., Щекотихин О.В.</b> Особенности расчета энергетических параметров линейных трактов .....	97
<b>Костенко В.О., Сметанин И.Н.</b> Принцип самоорганизующихся сетей при контроле потока мобильных станций .....	100
<b>Красовська Ю.О., Магро В.І.</b> Дослідження особливостей впровадження цифрового телебачення DVB-T2 на 9 каналі у м. Дніпро .....	103
<b>Орешков В.И., Барба И.Б., Егупова Е.П.</b> Оценка скорости передачи СП ADSL2+ при вариации параметров сигнала и характеристик канала .....	105
<b>Педаш В.В., Мазур А.Д.</b> Оценка влияния нелинейных искажений оптического волокна на качественные показатели когерентной ВОСП. 107	
<b>Хандецький В.С.</b> Модифікація топологій OSPF-мереж з урахуванням навантаження каналів зв'язку .....	108
<b>3 СЕКЦІЯ «СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ І ТЕХНОЛОГІЇ» .....</b>	<b>111</b>
<b>Dorenskiy O.P.</b> The methodology of evaluating the test cases quality for simple it monoprojects software testing .....	111
<b>Krivoulyu G.F., Lipchansky A.I.</b> Using unmanned aerial vehicles and wireless sensor networks for data collecting .....	113
<b>Polska O.V., Kudermetov R.K.</b> Web services ranking based on LSP and OWA methodologies .....	115
<b>Shkarupylo V.V., Tomićić I., Arapin D.V.</b> The concurrency representation in TLA+ specification .....	118



<b>Tverdohleб J., Dubrovin V., Zakharova M.</b> Wavelet technology of signals decomposition.....	120
<b>Tymchuk S.</b> Wavelet technology in the image processing .....	122
<b>Бахрушин В.Є.</b> Зарахування абітурієнтів до вищих навчальних закладів як задача багатокритеріального прийняття рішень в умовах невизначеності.....	123
<b>Водолазкіна К.О., Дубровін В.І.</b> Аналіз сумісної професійної ефективності команди проекту.....	125
<b>Голуб Т.В., Тягунова М.Ю.</b> Алгоритм Портера як метод стеммінгу україномовних текстів для класифікації документів.....	127
<b>Дейнега Л.Ю., Олефіренко Г.Є.</b> Система «електронна медична карта вагітної».....	129
<b>Дейнега Л.Ю., Федорченко Є.М. Корнієнко О.В.</b> Автоматизована підсистема «прогнозування стану здоров'я пацієнта».....	131
<b>Дмитриєва О.А.</b> Об адаптации разностного схем для параллельного управления шагом численного интегрирования.....	133
<b>Дубровин В.И., Икол С.А.</b> Обзор прогрессивных систем помощи водителю.....	135
<b>Ефименко Н.В., Зеленева И.Я., Грушко С.С., Лукаш Д.В.</b> Оптимизация схемы блока управления конфигурацией бортового цифрового вычислительного комплекса системы управления КА в базе FPGA ..	137
<b>Зеленева И.Я., Паромова Т.А., Луценко Н.В., Кленачов С.А.</b> Система контроля передачи изображений из альтернативных источников данных .....	139
<b>Имнашвили Л.Ш., Иашвили Г.Н., Бединеишвили М.М., Гаситашвили З.А., Иашвили Н.Г.</b> Вопросы создания автоматизированной информационной системы выборов на базе биометрической технологии.....	141
<b>Имнашвили Л.Ш., Иашвили Г.Н., Бединеишвили М.М., Гаситашвили З.А., Иашвили Н.Г.</b> О необходимости применения биометрических методов идентификации личности в избирательных процессах.....	143
<b>Каплієнко Т.І., Кас'янок Н.В.</b> Розробка автоматизованої системи супроводу приймальної кампанії ВНЗ.....	145
<b>Каплієнко Т.І., Каплієнко О.О., Шило С.І., Ліпак А.А.</b> Сучасні методи виявлення та аналізу вимог в процесі розроблення інформаційних систем та технологій .....	147
<b>Касім А.М., Касім М.М.</b> Трирівнева архітектура web-базованої геоінформаційної системи відображення різнотипних рухомих об'єктів .....	149

<b>Киричек Г.Г.</b> Ефективність імітаційного моделювання при вивченні мережних технологій .....	151
<b>Ковалев С.А., Цололо С.А., Гусев Б.С.</b> Нечеткий алгоритм для системы управления проветриванием выемочного участка шахт .....	153
<b>Колганова О.О., Корнієнко С.П., Шутко В.М. , Шутко М.О.</b> Розрахунок другої похідної з використанням швидкого сплайн-перетворення.....	155
<b>Котов Р.О., Лосєва А.А., Киричек Г.Г.</b> Автоматичне розгортання мережних сервісів .....	157
<b>Котов Р.О., Лосєва А.А., Киричек Г.Г.</b> Застосування інтелектуальних систем в інтернеті речей .....	159
<b>Левин В.И.</b> Исследование функций с неопределенностью в особых точках методом раздетерминизации .....	161
<b>Левин В.И.</b> К 120-летию юбилею СОФЬИ АЛЕКСАНДРОВНЫ ЯНОВСКОЙ.....	162
<b>Левин В.И.</b> Математическое моделирование потока исторических событий (на примере потока войн).....	164
<b>Левыкин И.В.</b> Разработка моделей прототипов проекта информационной системы по стадиям ее проектирования.....	166
<b>Матвєєва Н.О.</b> Розпізнавання форми сигналів за допомогою нейромережних технологій .....	168
<b>Михайлютенко Д.Ю., Киричек Г.Г.</b> Мікроконтролери в системі підвищення енергоефективності будинків.....	170
<b>Поляков М.А.</b> Киберсоциальная система «умный ЗНТУ».....	172
<b>Рисіков В.П. Степаненко О.О., Томашевський О.В.</b> Автоматизована система планування виробництва продукції з використанням методів оптимізації .....	174
<b>Саваневич В.Е., Хламов С. В., Брюховецкий А.Б. , Погорелов А.В., Мовсєсян Я.С., Власенко В. П.</b> CoLiTec – вычислительные методы обнаружения околонулевого видимого движения на серии CCD-кадров176	
<b>Сердюк С.Н., Каминская Ж.К.</b> р-адичне моделювання розумової діяльності оператора АСУ ТП.....	178
<b>Святний В.А., Мірошкін О.М., Любимов А.С., Горбань Я.Г.</b> Реалізація навчального MIMD-кластера на базі Raspberry Pi 2 .....	180
<b>Святний В.А., Гуськова Н. Г.</b> Оптимизация размерности модели взаимодействия с распределенными параметрами .....	182
<b>Омельчук В. В., Ракович В. С.</b> База даних діючих космічних апаратів .....	184
<b>Пашенко В.О.</b> Локальні характеристики проходження й відбиття ортотропного композита з дисипативними втратами .....	186

<b>Субботин О.В., Донченко Е.И.</b> Управление индикацией на информационно-указательном табло.....	188
<b>Татиевский Д.Н., Лымаренко Ю.А.</b> Моделирование методики реконструкции трехмерных поверхностей с использованием структурированной подсветки.....	190
<b>Твердоступ Н. И.</b> Управление чувствительностью F-метра к изменению реактанса индуктивного датчика.....	192
<b>Ухина А.В., Ситников В.С.</b> Интеллектуализация компонентов компьютерной системы.....	195
<b>Худов В.Г., Кучук Г.А.</b> Мультиагентный метод сегментування зображень, що отримані з бортових систем оптико-електронного спостереження ...	197
<b>Худов В.Г., Рубан І.В.</b> Сегментація зображення на попередньому етапі статистичного стеганоаналізу.....	199
<b>Худов Г.В., Соломоненко Ю.С., Березіна С.І.</b> Метод класифікації об'єктів на оптико-електронних зображеннях з використанням параметричного простору Хафа.....	200
<b>4 СЕКЦІЯ «ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ПРОЕКТУВАННІ ТА ВИРОБНИЦТВІ ЕЛЕКТРОННИХ АПАРАТІВ».....</b>	<b>202</b>
<b>Yevsieiev V.V., Miliutina S.S., Saliieva V.E.</b> Parametric model for flexible and flex-rigid circuit boards reliability diagnosis and assessment automated system development .....	202
<b>Агаркова С.А., Бояркин А.А.</b> Программно-технический комплекс управления режимами работы ионно-плазменной установки.....	204
<b>Бондарев А. П., Нестор Н.І.</b> Дослідження закону розподілу похибок технологічної операції із урахуванням розподілів параметрів технологічного середовища.....	206
<b>Боцман И. В., Боцман А. С., Невлюдова В. В.</b> Динамические испытания гибких коммутационных структур.....	208
<b>Грабовська Н.Р., Русин Б.П., Іванюк В.Г.</b> Оцінка точності тривимірної реконструкції зображення корозійного пітинга.....	210
<b>Крищук В.М., Фурманова Н.І.</b> Технології виробництва радіопоглинаючих матеріалів.....	214
<b>Кудря В.Г.</b> Задачі експериментальної перевірки внутрішньої електромагнітної сумісності.....	216
<b>Скрупская Л.С.</b> Информационные модели диагностирования и прогнозирования состояния изоляции трансформаторов тока.....	218
<b>Точилин С.Д.</b> Кроссплатформенный виртуальный вольтметр-самописец .....	220
<b>Чеченя В.С.</b> Математическая модель проведения соединений в области BGA компонент .....	222

<b>Шило Г.М., Арешкін Є.К., Куляба-Харитоновна Т.І.</b> Дослідження ефективності системи охолодження модулів радіоелектронних апаратів.....	224
<b>Шило Г.М., Лопатка Ю.А., Огренич Є.В.</b> Інтенсифікація тепловідводу в герметичних блоках етажерної конструкції.....	226
<b>5 СЕКЦІЯ «БЕЗПЕКА ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ».....</b>	<b>229</b>
<b>Бабаш А.В., Квашнин В.О., Тарасов А.Ф.</b> Способы защиты передаваемых данных с использованием специализированного протокола.....	229
<b>Воскобойник В.А., Касьяненко Е.Н.</b> Метод противодействия утечке информации по скрытым каналам, основанным на изменении длин передаваемых пакетов .....	231
<b>Воскобойник В.А., Триш Ю.С.</b> Исследование моделей и алгоритмов биометрической аутентификации пользователей информационных систем по инфракрасному изображению сосудистого русла.....	233
<b>Карпуков Л.М., Щекотихин О.В., Савченко Д.К.</b> Защита ВОЛС на рубеже прокладки ВОК .....	234
<b>Карпуков Л.М., Щекотихин О.В., Савченко Д.К.</b> Защита информации в ВОСПИ.....	236
<b>Козіна Г.Л., Гальченко А.В.</b> Дослідження властивостей алгоритмів заперечуваного шифрування.....	238
<b>Неласа Г.В., Верещак М.І.</b> Розпаралелювання та порівняльний аналіз методів дискретного логарифмування на GPGPU.....	240
<b>Неласа Г.В., Сидоренко Т.С.</b> Розробка паралельних моделей протоколів квантової криптографії під технологію GPGPU.....	242
<b>6 СЕКЦІЯ «ФІЗИКА І ТЕХНОЛОГІЯ МІКРО- ТА НАНОЕЛЕКТРОНІКИ».....</b>	<b>244</b>
<b>Вакула П.В., Бабич А.В., Коротун А.В., Рева В.И., Погосов В.В.</b> Спектральные и аннигиляционные характеристики позитронов в металл-диэлектрических наносандвичах .....	244
<b>Вакула П.В., Бабич А.В., Коротун А.В., Рева В.И., Погосов В.В.</b> Электронные спектральные характеристики металл-диэлектрических наносандвичей.....	246
<b>Василенко О.В.</b> Моделювання МЕМ-елементів в Esad.....	247
<b>Дуда Е.В., Корнич Г.В.</b> Построение измененного потенциала при моделировании атомных систем методом температурно-ускоренной молекулярной динамики.....	249

<b>Жавжаров Є.Л.</b> Формування наноплівки Ag та Cu під дією атомарного водню .....	251
<b>Коротун А.В., Погосов В.В., Рева В.І.</b> Вплив параметрів моделі друде на інфрачервоне поглинання композитів із золотими наночастинками.....	253
<b>Коротун А.В., Курбацкий В.П., Погосов В.В.</b> Расчет диагональных компонентов диэлектрического тензора металлической нанопроволочки .....	255
<b>Погосов В.В., Бабич А.В., Рева В.И.</b> Вакансионный вклад в работу выхода электронов и позитронов из металла.....	257
<b>Погосов В.В., Бабич А.В., Рева В.И.</b> Расчет вероятности захвата и скорости аннигиляции позитрона в вакансии металла.....	259
<b>Погосов В.В., Рева В.И.</b> Энергетика металлического кластера, содержащего вакансии .....	261
<b>Проскурін М. П., Щекотихін О.В.</b> Оптические некондуктивные связи на мало-/микромощных оптронах и их компонентов для интерфейсов цифровых схем.....	263
<b>Сніжної Г.В., Сніжної В.Л.</b> Інформаційна система визначення низького вмісту ферромагнітної альфа-фази в аустенітних сталях .....	266
<b>Широкоград Д.В., Корнич Г.В.</b> Моделирование взаимодействия свободных кластеров CuVі и CuAu с низкоэнергетическими единичными атомами и кластерами аргона.....	268
<b>7 СПЕЦІАЛЬНА СЕКЦІЯ ВБУДОВАНИХ СИСТЕМ ТА ІОТ (DESIRE).....</b>	<b>271</b>
<b>Arras P., Kozik T.</b> Teaching approaches for engineering studies using remote controlled experiments.....	271
<b>Henke K., Tabunshchuk G., Kalinina M.</b> GOLDI usage for teaching the embedded systems courses .....	273
<b>Merode D. Van, Tabunshchuk G., Goncharov Y., Patrakhalko K., Staroverov V.</b> Interactive university platform.....	275
<b>Petrova O., Tabunshchuk G.</b> Investigation of real-time systems reliability characteristics .....	277
<b>Алтухов А.В., Павенко Д.Е.</b> Методические основы разработки программного комплекса для взаимодействия устройства на базе ОС Android с Arduino посредством протокола Bluetooth .....	279
<b>Баркалов А.А., Зеленева И.Я., Грушко С.С., Михайлютенко Д.А.</b> Способы оптимизации схем совмещенных микропрограммных автоматов в базисе FPGA.....	281
<b>Ивченков Н.В., Филатов С.Ю., Тимошенко Б.О.</b> Использование встраиваемых систем с применением беспроводных технологий при создании оборудования для удаленных лабораторных работ .....	283

<b>Коваль К.О., Шевчук О.В., Майстер О.В.</b> Практична реалізація світлодіодного годинник на мікроконтролері PIC .....	285
<b>Квашин В.В., Бабаш А.В., Клименко Г.П.</b> Программирование микроконтроллеров STM32f4discovery в Matlab Simulink .....	287
<b>Наливайко А.М., Нестеренко Н.С.</b> Применение одноплатного компьютера Raspberri Pi для управления электроприводами .....	289
<b>Пархоменко А.В., Гладкова О.М.</b> Соколянський О.В. Підсистема діагностики відмов віддаленої лабораторії RELDES .....	291
<b>Пархоменко А.В., Кравченко О.П.</b> Модернізація центрального пульта управління системи FPV AUTO.....	293
<b>Пархоменко А.В., Кравченко Д.П., Слизинов Д. А.</b> Автоматизированная система управления оборудованием в офисе.....	295
<b>Пархоменко А.В., Туленков А.В., Поздняков О.А., Залюбовский Я.И.</b> Разработка программно-аппаратной платформы для обучения технологиям интернета вещей и устройств .....	297
<b>Пархоменко А.В., Шепеленко В.Р., Соколянський А.В.</b> Оценка качества сайта удаленной лаборатории RELDES.....	299
<b>Поляков М.А.</b> Кибер-физические системы объектов изучения для удаленных лабораторий.....	301
<b>Сітак І.В., Власенко К.В.</b> Дидактичне призначення комп'ютерно-орієнтованих технологій навчання бакалаврів з інформаційних технологій.....	303
<b>Тарасов А.Ф., Беш А.Н.</b> Встроенная система автоматизированного управления аппаратом размораживания плазмы.....	305
<b>Тарасов А.Ф., Сагайда П.И.</b> Перспективы разработки элементов IoT в машиностроительной академии.....	307
<b>Тарасов А.Ф., Сагайда П.И., Васильева Л.В.</b> Применение технологий Virtual LAB в машиностроительной академии.....	309
<b>Шитикова Е.В., Табунщик Г.В.</b> Метод формирования множества контролируемых параметров для программ испытаний сложных технических систем.....	311
<b>Шеремет А.И.</b> Система диагностирования технических объектов на базе Raspberri Pi 2 с применением алгоритма SVM .....	313
<b>8 МІЖНАРОДНА ЛІТНЯ ШКОЛА СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ В ОСВІТІ МОЛОДІ .....</b>	<b>316</b>
<b>Благодарев А.Ю., Субботин С.А.</b> Анализ архитектур и методов «глубокого обучения» нейронных сетей.....	316
<b>Колпакова Т.О., Олійник А.О.</b> Підтримка процесу вибору конкуруючих агентів за допомогою веб-орієнтованої інформаційної системи .....	318

<b>Льовкін В.М.</b> Застосування методології управління ризиками в процесі розроблення програмного забезпечення.....	320
<b>Миронова Н.О., Юр Т.В.</b> Метод ідентифікації параметрів моделі колективного експертного оцінювання .....	322
<b>Олейник А.А.</b> Извлечение продукционных правил на основе гибридных методов вычислительного интеллекта.....	324
<b>Пархименко В.А., Татур М.М., Живицкая Е.Н.</b> Технологии Data Mining & Knowledge Discovery в принятии решений в области маркетинга, менеджмента и логистики.....	326
<b>Пришляк М.Ю., Олейник А.А., Субботин С.А.</b> Сравнительный анализ программных библиотек для построения нейронных сетей глубокого обучения .....	329
<b>Скрупский С.Ю.</b> Модель прогнозирования времени выполнения метода синтеза нейро-нечетких сетей в параллельной компьютерной системе..	331
<b>Субботін С.О.</b> Інформаційна технологія оцінювання якості наукових публікацій.....	333
<b>Субботін С.О.</b> Побудова діагностичних моделей на основі повністю визначених нейро-нечітких мереж.....	335
<b>Татур М.М., Пархименко В.А.</b> Ранжирование как задача Data Mining & Knowledge Discovery .....	337
<b>Юр Т.В.</b> Аналіз технологій Data Mining із застосуванням вейвлет-перетворення.....	339
<b>Юхо С.А.</b> Классификация и кластеризация – основные задачи в Data Mining .....	341

## ПЛЕНАРНІ ДОПОВІДІ

УДК 621.396

Почерняев В.Н.<sup>1</sup>, Повхлеб В.С.<sup>2</sup>

### **ОЦЕНКА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ РАДИОИЗЛУЧАЮЩИХ СРЕДСТВ МОБИЛЬНОЙ ЦИФРОВОЙ ТРОПОСФЕРНО-РАДИОРЕЛЕЙНОЙ СТАНЦИИ**

Мобильна цифровая тропосферно-радиорелейная станция (МЦТрРРС) разработана для одновременного использования двух типов связи: загоризонтной и прямой видимости [1]. Каждый из типов связи соответствует функционированию цифровой тропосферной станции и цифровой радиорелейной станции. Для данной МЦТрРРС будем пользоваться терминологией тропосферной и радиорелейной компонент.

Каждая компонента МЦТрРРС способна работать в трех режимах: оконечном, ретрансляции и ретрансляции с выделением каналов в пункте ретрансляции. Такая станция создана для применения в чрезвычайных ситуациях, как например при техногенных катастрофах и стихийных бедствиях, в пересеченной и горной местностях, а также в условиях вооруженных конфликтов.

Платформа МЦТрРРС является сложным радиоэлектронным объектом, на котором оценку ЭМС следует проводить комплексным подходом. Во-первых, расстояние между антеннами тропосферной и радиорелейной компонент лежит в пределах 100. Во-вторых, тропосферная компонента способна (в зависимости от требований к передатчику) излучать один кВт мощности и больше. В-третьих, радиорелейная компонента состоит из двух полуккомплектов, каждый из которых может работать в своем направлении на корреспондента, а значит, на платформе в этом случае будет находиться более двух радиоизлучающих средств.

Будем придерживаться следующей методики оценки электромагнитной совместимости (ЭМС), предусматривающей анализ следующих видов помех:

– помехи по основному каналу приема, создаваемые основным, внеполосными и побочными излучениями передатчиков;

---

<sup>1</sup> д.т.н, профессор кафедры «Телекоммуникации», ОНАС им. А.С. Попова

<sup>2</sup> преподаватель государственного учреждения «Киевский колледж связи»



- помехи основного излучения мешающих передатчиков по побочным каналам приема;
- блокирование приемника;
- интермодуляционные помехи 3-го и 5-го порядков в приемнике.

Как известно, остро проблема взаимных помех проявляется там, где комплекс радиоизлучающих средств (РИС) размещается на ограниченной территории (летательные аппараты, корабли, башни, мачты). Плотное размещение антенн приводит к тому, что электромагнитное поле передающих антенн может создавать в приемных антеннах ЭДС, вызывать перегрузку входных каскадов и нарушать нормальное функционирование приемников. Возможно одновременное воздействие нескольких сигналов, порождающих во входных каскадах приемников и выходных каскадов передатчиков интермодуляционные помехи, которые могут попадать в рабочую полосу частот приемников.

Ограничимся условием, что выходная мощность тропосферной компоненты будет составлять 100...1000 Вт, а выходная мощность радиорелейной компоненты – 1...10 Вт. Запас СВЧ уровня у радиорелейной компоненты должен составлять не менее 30 дБ.

Основными техническими параметрами, определяющими ЭМС РИС являются [2]:

- выходная мощность передатчика;
- рабочая полоса частот передатчика;
- уровень внеполосных излучений передатчика;
- уровень побочных излучений передатчика;
- чувствительность приемника;
- избирательность приемника по соседнему, побочным и внеполосным каналам приема;
- уровень излучения гетеродинов в тракте приема;
- диаграммы направленности антенн;
- коэффициент усиления антенн в области главного и боковых лепестков;
- ширина диаграммы направленности в горизонтальной и вертикальной плоскостях по уровню –3дБ;
- потери в фидере.

При анализе обеспечения ЭМС РИС, расположенных на одном объекте, произведем следующие оценочные расчеты:

- частотный анализ;
- расчет допустимой мощности непреднамеренной помехи на входе приемника;

- расчет частот и уровней интермодуляционных излучений передатчика;
- расчет частот и уровней побочных и комбинационных каналов приема;
- расчет развязок между близкорасположенными антеннами.

Частотный анализ осуществляется для каждого конкретного расчета уровней излучений.

Непреднамеренная помеха проникает на вход приемника при выполнении неравенства [2]:

$$\left| p f_j - \left( \frac{n}{m} \right) f_i - \eta f_{г\Gamma}^{(1)} (n + \eta) / m \right| \leq [\Delta f_{jX}(p, m) + \Delta f_{iX}] / 2, \quad (1)$$

где  $p = 1, 2, 3, 4, 5$  – номер гармоники несущей частоты передатчика;  $f_j$  – несущая частота передатчика  $j$ -го РИС;  $n = 1, 2, 3, 4, 5$  – номер гармоники частоты гетеродина приемника;  $m = 1, 2, 3, 4, 5$  – номер побочного канала приема;  $f_i$  – частота настройки приемника  $i$ -го РИС;  $\eta = +1$  для верхней настройки гетеродина приемника и  $\eta = -1$  для нижней настройки гетеродина приемника;  $f_{г\Gamma}^{(1)}$  – первая ПЧ приемника  $i$ -го РИС;  $\Delta f_{jX}(p, m)$  – полоса частот радиоизлучения  $j$ -го РИС на  $p$ -й гармонике на уровне  $X$  дБ в  $m$ -ом побочном канале приема;  $\Delta f_{iX}$  – полоса пропускания усилителя ПЧ приемника  $i$ -го РИС на уровне  $X$  дБ.

Решение неравенства (1) позволяет определить такие сочетания номеров гармоник передатчика  $p = p'$  и гетеродина  $n = n'$  и номера побочного канала приема  $m = m'$ , при которых возможно возникновение и проникновение помех в основной и побочной каналы приема.

Допустимая мощность помехи на входе приемника: тропосферной компоненты – –140 дБВт; радиорелейной компоненты – –130 дБВт.

Ослабление воздействия помехи за счет проникновения по побочным каналам приема на вход приемника должно составлять –50...–70 дБ.

Интермодуляция в приемнике возникает в случае выполнения неравенства [2]:

$$\left| \pm p_1 f_1 \pm p_2 f_2 \pm \dots \pm n f_{г\Gamma} \right| \leq f_{г\Gamma} + \Delta f_{г\Gamma} / 2. \quad (2)$$

где  $f_1, \dots, f_n$  – частоты мешающих сигналов;  $p_1, \dots, p_n$  – номера гармоник мешающих сигналов;  $f_{г\Gamma}$  – частота гетеродина  $i$ -го приемника.

Расчет частот и уровней интермодуляционных излучений передатчика осуществляется следующим образом. Частоты интермодуляционных излучений передатчика можно определить по формуле [2]:

$$f_{инт\ p} = \pm m f_1 \pm n f_2 \pm \dots \pm p f_k.$$

где  $f_1, f_2, \dots, f_k$  – частоты передатчика;  $m, n, p$  – целые числа.

Отметим, что неправильный выбор шага сетки частот возбуждителя-гетеродина может привести к тому, что на отдельных частотах может образовываться до 30 интермодуляционных помех 3-го порядка и до 240 интермодуляционных помех 5-го порядка. Из неравенства (2) следует, что интермодуляционные излучения должны быть подавлены на 50...70 дБ.

Известно, что помехи в приемнике могут поступать не только через основной канал приема, но и через неосновные каналы приема: побочный канал приема ПЧ, побочный канал приема на зеркальной частоте, побочные каналы приема на комбинационных частотах  $(f \pm f_{гет})/2$  и  $2f \pm f_{гет}$ , побочные каналы приема на субгармониках частоты настройки приемника  $(f - f_{гет})/2$  и зеркальной частоты  $f + f_{гет}$ . Избирательность приемника тропосферной компоненты по соседнему каналу должна составлять не менее 75 дБ, а радиорелейной компоненты – не менее 85 дБ.

Средние (центральные) частоты побочных каналов приема определяются следующим образом:

$$f_{пк} = |(n \cdot f \pm f_{гет})/p|.$$

Побочный канал на ПЧ для тропосферной компоненты должен быть ослаблен на 80 дБ, а для радиорелейной компоненты – на 100 дБ.

Побочный канал приема по зеркальной частоте для тропосферной компоненты должен быть ослаблен на 70 дБ, а для радиорелейной компоненты на 90 дБ.

Комбинационные каналы приема на гармониках гетеродина с частотами  $2f \pm f_{гет}$ ,  $3f \pm f_{гет}$  должны быть ослаблены на 70 дБ и на 85 дБ соответственно.

Нелинейные побочные каналы приема появляются на частотах  $f_{пк} = |(n \cdot f \pm f_{гет})/p|$  при  $p = 2, 3, \dots$  в случае, если уровень входного сигнала достаточно велик и подвергается нелинейным преобразованиям в смесителе приемника, в результате чего в смесителе образуются его гармоники ( $p > 1$ ). Например, взаимодействие вторых гармоник мешающего сигнала и гетеродина ( $p \cdot n = 2$ ) приводит к появлению полужеркального канала на частоте:

$$f_{пк} = f + f_{гет}/2.$$

Полученные значения свидетельствуют о том, что избирательность преселектора приемника тропосферной компоненты, и особенно преселектора радиорелейной компоненты, должна быть очень высокой.

Очень жесткие требования предъявляются к диаграммам направленности антенн МЦТрРРС. Антенны тропосферной и радиорелейной компонент МЦТрРРС можно считать разнесенными на малые расстояния, так как еще не сформированы их диаграммы направленности. Поэтому

надо знать развязку между антеннами. Наихудший случай, когда первый боковой лепесток диаграммы направленности антенны тропосферной компоненты будет направлен на основной лепесток диаграммы направленности антенны радиорелейной компоненты. Подбор указанных выше антенн для тропосферной компоненты и для радиорелейной компоненты МЦТрРРС обеспечивает требуемую развязку.

Мощность излучения РИС рассчитывается следующим образом [2]:

$$P_k = [R_0^2 |E_k|^2 / 240\pi |F_k(\theta_0, \varphi_0)|^2] \int_0^{2\pi} \int_0^\pi |F_k(\theta, \varphi)|^2 \sin\theta d\theta d\varphi, \quad (3)$$

где  $E_k$  – напряженность электрического поля в некоторой точке в направлении  $(\theta_0, \varphi_0)$  в дальней зоне на расстоянии  $R_0$ .

Выражение для  $F_k$  по формуле (3) можно вычислить, представив функцию двух переменных  $F_k(\theta, \varphi)$  в виде произведения функций одной переменной:

$$F_k(\theta, \varphi) \approx F_k(\theta) F_k(\varphi). \quad (4)$$

Выражение (4) можно интерпретировать как представление диаграммы направленности антенны в виде произведения диаграмм направленностей в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Тогда, выражение (3) с учетом приближенного равенства (4) можно привести к виду:

$$P_k = \left[ \frac{\pi R_0^2 |E_k|^2}{120 |F_k(\theta_0, \varphi_0)|^2 [N_1 N_2]} \right] \left[ \sum_{n=1}^{N_1} |F_k(\theta_n)|^2 \sin\theta \right] \left[ \sum_{n=1}^{N_2} |F_k(\varphi_n)|^2 \right], \quad (5)$$

где  $N_1$  – число разбиений промежутка  $[0, \pi]$  при интегрировании по  $\theta$ ,  $N_2$  – число разбиений промежутка  $[0, 2\pi]$  при интегрировании по  $\varphi$ ,  $\theta_n = (n - \frac{1}{2})\pi/N_1$  – n-е значение угла  $\theta$ ,  $\varphi_n = (n - \frac{1}{2})\pi/N_2$  – n-е значение угла  $\varphi$ .

Суммирование в (5) осуществлялось с шагом в один градус, то есть  $N_1 = 180^\circ$ ,  $N_2 = 360^\circ$ .

Расчет величины  $E_k$  осуществлялся на основе методики [3].

Варьируя значениями  $F_k$  и  $E_k$ , определялись значения диаграмм направленностей  $F_k(\theta)$  и  $F_k(\varphi)$ , а значит и диаграммы направленности  $F_k(\theta, \varphi)$ . Это позволяет найти реактивные составляющие импедансов эквивалентной схемы антенны и нормированный эквивалентный импеданс  $Z_{ЭКВ}$ , а затем и развязку [3]:

$$L_p = -20 \lg |Z_{ЭКВ}|$$

Вычисленные значения развязки составляет  $\sim 26,5$  дБ

Обеспечить такую величину  $L_p$  можно применяя комбинацию различных способов повышения развязки между антеннами тропосферной и радиорелейной компонент, расположенных на одном объекте.

На МЦТрРРС приняты следующие меры по увеличению развязки между антеннами:

- определено взаимное расположение антенн, что отражено в Инструкции по эксплуатации станции;
- применено поляризационное разнесение;
- учтены направленные свойства антенн и влияние конструктивных элементов антенных систем, включая опорно-поворотное устройство тропосферной компоненты и телескопическую мачту радиорелейной компоненты.

Приведем характеристики неосесимметричной однозеркальной антенны тропосферной компоненты МЦТрРРС:

- коэффициент усиления антенны – 39 дБ ;
- уровень первых боковых лепестков не более –15 дБ;
- уровень дальнего бокового излучения не более
  - в секторе  $\pm 10^\circ \dots \pm 30^\circ$  –30...–35 дБ;
  - в секторе  $\pm 30^\circ \dots \pm 90^\circ$  –35...–40 дБ;
- уровень заднего излучения не более
  - в секторе от  $\pm 90^\circ$  до  $\pm 180^\circ$  –45 дБ.

Опорно-поворотное устройство обеспечивает:

- по азимуту  $\pm 15^\circ$ ;
- по углу места  $\pm 5^\circ$ .

В качестве антенны радиорелейной компоненты МЦТрРРС применяется осесимметричная однозеркальная антенна (коэффициент усиления и другие характеристики определяются из выбранного диапазона частот). Диапазон работы радиорелейной компоненты МЦТрРРС определяется Заказчиком, исходя из «Национальной таблицы распределения полос радиочастот Украины» [4] и «Плана использования радиочастотного ресурса Украины» [5]:

- 1,7...2,1 ГГц (Рекомендация МСЭ F.382);
- 5,85...6,425 ГГц (Рекомендация МСЭ F.383);
- 6,425...7,11 ГГц (Рекомендация МСЭ F.384);
- 7,25...7,75 ГГц (Рекомендация МСЭ F.385);
- 7,9...8,4 ГГц (Рекомендация МСЭ F.386).

Таким образом, жесткие требования по ЭМС РИС, находящихся в составе МЦТрРРС свидетельствуют о том, что разработка системы управления станцией требует нестандартного подхода. Авторами предложено

применить в качестве управляющих сигналов ортогональные кусочно-непрерывные функции системы Уолша-Пэли.

### Список литературы

1. Патент Украины №112217 «Мобільна цифрова тропосферно-радіорелейна станція», опубликованный 10.08.2016 в Бюллетне № 15.
2. Феоктистов Ю.А., Матасов В.В, Башурин Л.И. Теория и методы электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств. Под ред. Феоктистова Ю.А. – М.: Радио и связь, 1988. – 216 с.
3. Кочержевский Г.Н., Ерохин Г.А., Козырев Н.Д. Антенно-фидерные устройства. – М.: Радио и связь, 1989. – 352с.
4. Постанова Кабінету Міністрів України від 15 грудня 2005р. № 1208 «Про затвердження Національної таблиці розподілу смуг радіочастот України».
5. Постанова Кабінету Міністрів України від 9 червня 2006р. №815 «Про затвердження Плану використання радіочастотного ресурсу України».

УДК 004.9:519.2

Кириченко Л.О.<sup>1</sup>

## ОБОБЩЕННЫЙ ПОДХОД К ФРАКТАЛЬНОМУ АНАЛИЗУ САМОПОДОБНЫХ И МУЛЬТИФРАКТАЛЬНЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

Задачи современной нелинейной физики, радиоэлектроники, теории управления и других областей науки и техники требуют разработки и применения новых математических методов и алгоритмического обеспечения анализа данных. Одним из современных инструментов исследования динамики и структуры временных рядов (ВР) является фрактальный анализ.

Экспериментальные и численные исследования, проведенные в последние десятилетия, убедительно свидетельствуют, что многие информационные, биологические, физические, технологические процессы обладают сложной фрактальной структурой. Самоподобие случайных процессов заключается в сохранении статистических характеристик при изменении масштаба времени. Монофрактальные процессы являются однородными в том смысле, что обладают одним параметром скейлинга – показателем Херста, который остается неизменным на любом диапазоне мас-

---

<sup>1</sup> д.т.н., профессор кафедры прикладной математики Харьковского национального университета радиоэлектроники

штабов. Мультифрактальные процессы допускают разложение на участки с различными локальными масштабными свойствами и характеризуются спектром скейлинговых показателей – обобщенным показателем Херста, который является нелинейной функцией.

В работе предложен обобщенный комплексный подход к анализу самоподобных и мультифрактальных свойств ВР. Приведена последовательность этапов проведения фрактального анализа. Этими этапами являются: предварительный анализ, включающий удаление краткосрочной зависимости и выявление истинной долгосрочной зависимости; проверка гипотезы о наличии свойства самоподобия; несмещенное интервальное оценивание показателя Херста в случаях стационарных и нестационарных ВР несколькими методами; уточнение полученной оценки показателя Херста [1].

Важным этапом исследования является определение, имеет ли ВР моно- или мультифрактальные свойства. В работе [2] предложен метод, позволяющий принимать или отвергать гипотезу о наличии монофрактальных свойств для ВР. В основе метода лежат исследования статистических характеристик выборочных значений обобщенного показателя Херста, которые можно использовать в качестве критерия для принятия гипотезы о монофрактальности.

При проведении мультифрактального анализа рассматриваются такие характеристики как обобщенный показатель Херста, скейлинговая экспонента, функция мультифрактального спектра. В работе [3] показано, что в качестве количественной меры мультифрактальности ВР целесообразно использовать обобщенный показатель Херста.

В работе на многочисленных примерах представлены этапы проведения фрактального анализа и практическое использование полученных результатов в различных областях: в телекоммуникационных и информационных системах для предотвращения перегрузки сети при передаче самоподобных трафиков данных; прогнозирование критических ситуаций на финансовых рынках по изменению фрактальной структуры валютных пар, цен акций и экономических индексов; уточнение диагноза и раннее выявление заболеваний по данным биомедицинских сигналов, таких как кардиограммы и энцефалограммы; детектирование сейсмических явлений в зашумленных сейсмосигналах и т.д.

Результаты исследования свидетельствуют, что изменения состояния процесса, сопровождающиеся изменением его корреляционной и спектральной структуры, зачастую на незначительном уровне, влекут за собой существенные изменения количественных и качественных фрактальных характеристик. Таким образом, предложенные в работе методы

анализа фрактальной структуры временных рядов могут быть применены для мониторинга, диагностики и прогнозирования ВР различной природы, обладающих свойствами самоподобия.

### **Список литературы**

1. Кириченко Л. Комплексный подход к исследованию фрактальных временных рядов / Л. Кириченко, Л. Чалая // *Information Technologies & Knowledge, International Journal*. – 2014. – Vol. 8. – № 1. – P. 22–28.
2. Кириченко Л. О. Сравнительный мультифрактальный анализ временных рядов методами детрендрованного флуктуационного анализа и максимумов модулей вейвлет-преобразования / Л. О. Кириченко // *Автоматизированные системы управления и приборы автоматики*. – 2011. – Вып. 157. – С.66–77.
3. Alghawli A. Multifractal Properties of Bioelectric Signals under Various Physiological States / A. Alghawli, L. Kirichenko // *Information Content & Processing, International Journal*. – 2015. – Vol. 2. – № 2. – P. 138–163.



# 1 СЕКЦІЯ «РАДІОТЕХНІЧНІ, РАДІОЛОКАЦІЙНІ І НАВІГАЦІЙНІ СИСТЕМИ»

UDC 681.5.015

Firsov S.N.<sup>1</sup> Pishchukhina O.A.<sup>2</sup>

## INFORMATION TECHNOLOGY FOR ASSESSMENT OF COMPUTER-INTEGRATED SYSTEMS RESILIENCE

Property of the system's functional resilience is the ability to maintain the performance of its basic functions over given time, within the limits established by applicable regulatory requirement in terms of either countering or impact of the flow of failures, malfunctions and faults [1,2]. The presented definition reflects the close relationship of the concept of «functional sustainability» with such concepts as «reliability», «survivability» and «fault tolerance». However, the fundamental difference between them is that the methods for ensuring functional sustainability should be focused not on reducing number of emergency situations (as traditional methods of increasing reliability, survivability and fault tolerance of technical systems), but on ensuring fulfillment of the required functions when abnormal situations have been occurred. Therefore, ensuring the functional sustainability of systems goes beyond the traditional and classical control theory, as it implies the presence of incomplete aprioristic information about the technical state of the system and conditions of its operation. This puts forward operative formation of movement parameters management corresponding to the system's technical condition and the optimal use of all available resources [3].

Formation of the set of functional sustainability indexes of CITS is an important and crucial stage in the creation of theoretical foundations of this property introduction. This process is associated with the necessity to meet a number of contradictory requirements for such indexes. Resolution of these contradictions is possible by application of reasonable compromise, as well as by using of system of partial indexes (for which the area of application is limited) while solving a number of the specific tasks. That is why the formation of

---

<sup>1</sup> Dr. Sc., Head of the Department of Electrical Engineering and Mechatronics, National Aerospace University

<sup>2</sup> Ph.D., Associate Professor, Department of Informatics, Kharkiv National University of Radio

functional sustainability indexes of CITS is cutting-edge problem requiring relevant analysis, consideration and practical implementation.

In this thesis emerged failures are considered as the probable events, and probabilistic indexes dominate for reliability characteristics. However, due to the fact that a failure is characterized by uncertainty associated with the time, fault's location, its class and type in the framework of the functionally sustainable management concept, the probability theory does not provide an appropriate mechanism to determine the level of functional sustainability. Therefore, there is a necessity to introduce other indexes, which take into account the above specifics, as well as characterizing the quality of the functionally sustainable management.

Offered quantitative indexes of systems resilience can be defined as the ratio between the complex parameters of quality of the computer-integrated system with the functional sustainability, and the system, which does not possess any properties of functional sustainability. Integrated quality indexes reflect the degree of influence to abnormal situations on the basic characteristics of the computer-integrated technological system. For assessment of complex indexes of system the most essential indexes has been used: capacity, sustainability, accuracy, controllability.

The results of conducted research contain the integrated assessment, i.e. formed complex indexes of functional sustainability of CITS to assess the level of system's functional sustainability. The method of assessment of the introduced complex quality index allowing to determine the functional sustainability level of CITS has been offered. Criteria allowing quantitative evaluation of the functional sustainability level have been formed as for promising, as for classical CITS. After series of experiments in simulation mode it has been proved, that the use of the proposed methodology for the functional sustainability allows: to improve the complex quality index of system by 2.4 times compared with the same system without the property of functional sustainability; to increase the integral value of functional sustainability by 2.8 times compared with the system, in which traditional methods for ensuring operability are used. Besides, conducted practical experiments and evaluation of functional sustainability prove, that the application of the methodology to ensure the functional sustainability of CITS increases the operability level for both its typical elements and the whole system.

## References

1. Firsov, S. Fail-active pneumatic servo driver of unmanned aircraft [Text] / S. Firsov, O. Pischukhina // Proceedings East-West Fuzzi Colloquium 2006 13th Zittau Fuzzy colloquim. – IP: PAM, 2006. – P. 362 – 369.

2. Firsov, S.N. Formation of Fault-Tolerant Flywheel Engine Units in Satellite Stabilization and Attitude Control Systems [Text] / S.N. Firsov // Journal of Computer and Systems Sciences International. – 2014. – Vol. 53, №4. – P. 601 – 609.

3. Firsov, S.N. Fault tolerance of spacecraft orientation and stabilization system [Text] / S.N. Firsov, O.V. Reznikova // Радіоелектроніка, інформатика, управління. – 2013. – №2 (29). – С. 103–111.

UDK 623.4.023.4.028

Korolev V.M.<sup>1</sup>, Luchuk E.V.<sup>2</sup>, Klimovitsch O.K.<sup>3</sup>, Zajjets<sup>4</sup> J.G.

## NAVIGATION SYSTEMS IN THE MILITARY PROBLEMS

Kriege und Mililerskonflikte der allerletzten Zeit bescheinigen, daß erfolgreich zu handeln an beliebigem Kriegssschauplatz ohne das Bestimmung des Aufenthaltsort und der Navigation unmöglich ist es. Analyse der welten Richtungen der Eentwicklung der Navigations Süstems in Armeen der führenden Weltgegenden angibt, daß auf heutigen Tag Problem des Aufsteigens der Qualität der Navigations Versorgung in Kriegswesen immer mehr aktualitet wird.

Vollkommen scheinbar, daß ab Genauigkeit, Fälle und Ununterbrochenheit der Navigations Information, die in Gebäude des Amtes Truppen zirkuliert, in respektierlichem Grad abhängt hohe Effektivität des Amtes der Abteilungen und die Anwendung der Bewaffnung und militarische Technik zu der Zeit kämpferische Aktionen.

In modernen bewaffneten Konflikten und friedensstiftende Operationen, die Abteilungen der Heers Truppen entscheiden Kampfaufgaben mit breiter Anwendung des Manövers, das Einheitsgewicht der Märsche erhöht. Die Bewegung der Truppen verrichtet man, geöhnlich, im Nachtzeit oder in Bedingungen des beschränkten Anscheins, meistens an unbekannter Gegend. Als Ermittlung, erhöhen sich Anforderung hinsichtlich Verlasses des Amtes der Abteilungen mit dem Ziel sie rechtzeitig und

---

<sup>1</sup> d.t.w., prof., Nationaler Akaaemi des Heer des Namens des Hetmans Pjotr Sagaydachnogo, L'viv

<sup>2</sup> k.t.w., Nationaler Akaaemi des Heer des Namens des Hetmans Pjotr Sagaydachnogo, L'viv

<sup>3</sup> k.t.w., Nationaler Akaaemi des Heer des Namens des Hetmans Pjotr Sagaydachnogo, L'viv

<sup>4</sup> Nationaler Akaaemi des Heer des Namens des Hetmans Pjotr Sagaydachnogo, L'viv

exakter Ausgang in Ohrtziele. Hierfür Kommandeure müssen beherrschen kontinuierliche und exakter Information über die Koordinaten ihrer Gewalten und Gewalten des Feinds in beliebigen Moment Zeit mit Detaillierung zu einzeln angeordneter kämpferischer Maschine (Soldat).

Ja, die Navigation der erdbeweglichen Objekte anhand der an Maschinen angesetzten Navigations Apparatur erlaubt Kommandeuren und Stäbe:

- in beliebigen Moment Zeit des Aufenthaltsort in Kampfformationen als an Marsch als auch zu der Zeit kämpferische Aktionen zu kennen;
- Kolonnen in Bedingungen des beschränkten Anscheins zu führen, an Gegend, die respektierliche Änderungen in Ergebnis der kämpferischen Aktionen ausprobierte, oder an Gegend, wo Orientierungspunkte man fehlt ;
- aufgegebene Fahrtrichtung bei Bewältigung der wässrigen Hindernisse an Schwimmen und unter Gewässer zu ausdauern;
- exakter vorschiebt der Abteilung, abgesonderte Maschine, in bestimmten Bezirk zu organisieren, auf festgesetzter Grenze (Manöver Bewegung);
- Feuer der etlichen Maschinen für eins oder Gruppe der Ziele zu organisieren;
- verwirklichen Kontrolle hinter all Deportationen an Kampfplatz, bis abgesonderten Armeeingehörige einbegriffen.

All dieser berechtigt zu aufzählen Navigations Versorgung eins aus Bestimmungsfaktoren in Organisation des Gebäudes des Amtes der Truppen und Erfolg der kämpferischen Aktionen.

Die weltweiten Tendenz ist der Aufwärtsentwicklung der Navigations Gebäude spukt Durchführung des Bruchteils der kämpferischen Maschinen der Kriegertruppen, als exakter und kontinuierlicher hinter Ausgabe der Navigations Information Apparatur, bis 100% Niveau, ausrüsten. Mehr als dies, aussichtsreiche Pläne auf Abschnitt bis 2020 p. und weiter es ist vorausgesagt, daß jeder abgesonderter Armeeingehörige an Kampfplatz muß haben Navigationsmittel und Eingang zu erdinformationen Angaben.

Standhält spukt die Tendenz hinsichtlich Beiordnung der etlichen Navigations Gebäude in Umrahmungen vereinigten Gebäude, in partieller Apparatur der Benutzer des radionavigationer und autonomer Begleitersgebäudes .

Schöpfung und Durchforschung der Effektivität der Gebäude der Navigations Süstems und Verarbeitung der erdinformationen Information bei Streitkräften der Ukraine es kommt, beachtenswerte Richtung der wissenschaftlichen Abhandlungen in Interessen der Schöpfung der automati-

сиerten Gebäude des Amtes Truppen an Anfangsgründe der erdinformatio-  
nen Technologien zu aufzählen.

УДК 621.793.74

Белоконская Ю.В.<sup>1</sup>, Фирсов С.Н.<sup>2</sup>, Постников В.Н.<sup>3</sup>

## СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПЛАЗМОЙ

Понятие плазмы как неопределенной, неустойчивой, неравновесной среды объясняется ее физическим состоянием, близким к состоянию хаоса. Природа заряженных частиц, которые циркулируют от катода к аноду, имеет нелинейный характер. К тому же, плазма не имеет определенной структуры, которую можно было бы представить с помощью известных нам типовых звеньев системы.

Плазмообразующая среда данной системы управления представлена аргоном. Камера наполняется газом через подсистему подачи, основным элементом которой является натекагель. Данный объект представляет собой напускной вакуумный клапан, предназначенный для напуска малых потоков газа и их регулировки.

Очень большую роль в поддержании нормальной работы генератора плазмы играет не только статика подачи аргона в камеру, но и температура газа. В то время, как сам натекагель отвечает за постоянное значение давления внутри камеры (плотность плазмы), за изменение температуры и поддержание ее на одном уровне несет ответственность подсистема охлаждения.

Объектом управления является вакуумная камера. Обратная связь обеспечивается наличием блока балластных сопротивлений, величина которых управляется с помощью датчиков тока. Внешним по отношению к ОУ является привод. Он служит для закрепления и вращения деталей (в данной установке их четыре) в камере. Запись всех входных и выходных сигналов системы идет через контроллер K202.

Описывать плазму в качестве типового звена системы управления достаточно сложно, поскольку она не имеет геометрических параметров и, в данном случае, определенных, закономерных законов поведений.

---

<sup>1</sup> магистр систем аэронавигационного обслуживания, инженер 1-й категории; Кафедра «Электротехники и мехатроники», НАУ им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»

<sup>2</sup> д.т.н., профессор, заведующий кафедрой № 305; Кафедра «Электротехники и мехатроники», НАУ им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»

<sup>3</sup> доцент кафедры № 305 Кафедра «Электротехники и мехатроники», НАУ им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»

В связи с этим предлагается описать источники плазмы, а именно катод и анод. Представим их в виде переменных нелинейных резисторов. Функционально это можно изобразить следующим образом (рис. 1).

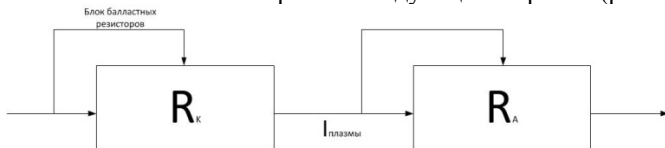


Рис. 1. Функциональная связь катода и анода

Вольт-амперная характеристика нелинейного резистора задана выражением (1):

$$i = I_0 \left( \frac{u}{U_0} \right)^\alpha \quad (1)$$

где  $i$  и  $u$  – мгновенные значения тока и напряжения,  $U_0$  – пороговое значение напряжения,  $I_0$  – величина тока устройства при значении напряжения равном пороговому,  $\alpha$  – показатель степени, определяющий нелинейность вольт-амперной характеристики резистора (обычно лежит в пределах от 0 до 50).

Схема блока нелинейного резистора показана на рис. 2.

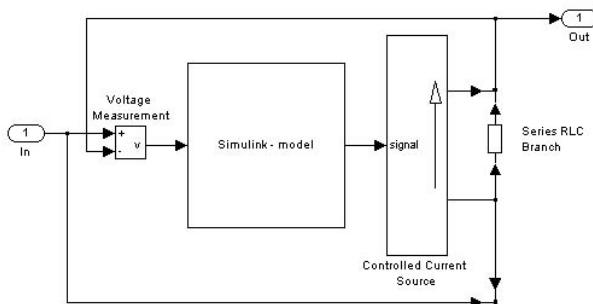


Рис. 2. Общая схема блока нелинейного резистора

### Список литературы

1. Тропина А. А., доцент, к.ф.-м.н., ХНАДУ  
Исследование процессов теплопереноса в низкотемпературной плазме
2. <http://matlab.exponenta.ru/simpower/book1/4.php> Принцип создания электротехнических блоков пользователя

## ЧАСТОТНЫЕ СВОЙСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКИ МАЛЫХ АНТЕНН НА ОСНОВЕ ФРАКТАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТАМАТЕРИАЛОВ

Цель работы – найти решение задачи улучшения частотных свойств и качества связи вдали от источников сигнала и ее восстановления в зонах неполного покрытия без существенного увеличения массы и габаритов антенной системы.

Решение указанной задачи возможно различными путями. Один из них – использование электрически малых антенн с использованием в конструкции фрактальных структур и метаматериалов. Исследовалась антенна  $1/4$ ,  $1/8$  и  $1/16$  длины волны для частоты  $f=900$  МГц, в виде модифицированной салфетки Серпинского на подложке из метаматериалов. Структура смоделирована в среде HFSS. Макет изготовлен и исследован экспериментально. Фронтальная и тыльная стороны антенны показаны на рис. 1.

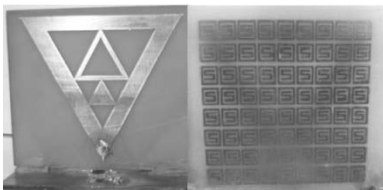
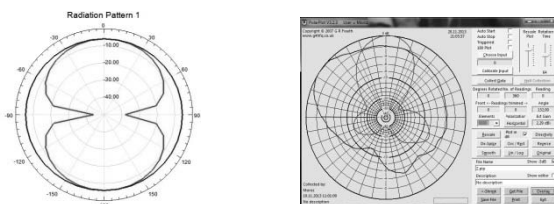


Рис. 1. Геометрия модифицированной салфетки Серпинского



а)

б)

а) расчетная ДН на частоте 0.9 ГГц;

б) экспериментальная ДН на частоте 2.4 ГГц

Рис. 2. Расчетная и экспериментальная ДН салфетки

<sup>1</sup> к.т.н., доцент кафедры радіотехніки та телекомунікацій, ЗНТУ, м. Запоріжжя

ДН фрактальных антенн (рис. 2) на всех интересующих нас частотах обладают достаточной изотропностью в широком секторе пространственных углов и стабильностью формы в большом частотном диапазоне (от 0,9 ГГц до 5 ГГц). Наблюдается практическая частотная независимость не только формы ДН, ширины луча ДН в диапазоне 0,9...2,4 ГГц. Это – следствие так называемого скейлингового эффекта, наблюдаемого у фрактальных антенн.

Степень согласования характеризует зависимость коэффициента отражения  $S_{11}$  штыревой антенны с метаструктурой в виде ENG и DNG-сред от частоты в диапазоне от 0.1 ГГц до 4 ГГц (рис.3).

Экспериментально и теоретически установлено, что разработанная антенна позволяет:

- уменьшить излучаемую мощность, так как за счет применения метаматериала электрически малая антенна работает как большая;
- улучшить качество приема сигнала. Это позволяет пользоваться не только коммуникативными, но и другими сервисами передачи данных: доступ к сети интернет, GPS;
- учитывая скейлинговые свойства фракталов, все это возможно сделать помощью одной антенны.

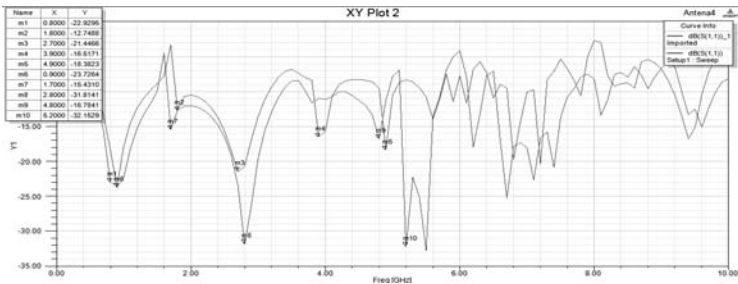


Рис. 3. Частотные характеристики антенны с DNG и ENG- метаматериалами

Преимущества предлагаемой антенны заключаются в том, что она позволяет уменьшить излучаемую мощность передатчика, поскольку за счет применения метаматериала электрически малая антенна имеет свойства электрически большой. При этом улучшается качество приема сигнала и, тем самым, ускоряется доступ абонента к интернет-сети и услугам GPS за счет увеличения скорости передачи данных, причем, все это осуществляется с помощью одной антенны.



## **СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИГНАЛОВ МЕТОДОМ ROOT-MIN-NORM С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПСЕВДОШУМОВОГО РАЗМНОЖЕНИЯ ВЫБОРКИ**

Методы спектрального анализа (СА) сигналов и полей находят широкое применение при решении задач радиомониторинга, радиосвязи, радиолокации и т.д. Вместе с тем в условиях малой выборки или низкого отношения сигнал-шум (ОСШ) характеристики методов СА (например, среднеквадратическая ошибка (СКО) оценивания частот гармонических компонент сигнала) ухудшаются.

Повышения эффективности СА в указанных условиях можно за счет использования подходов, позволяющих формировать ансамбль «псевдовыборок». К числу таких подходов относится технология формирования суррогатных данных, процедура подмешивания псевдослучайного шума к исходным данным [1–3]. Однако применение технологии суррогатных данных характеризуется наличием суррогатной помехи (методической ошибки), которая приводит к постоянству СКО оценивания частот гармонических компонент сигнала при высоких ОСШ. Влияние суррогатной помехи на точность СА современными (например, основанным на спектральном разложении корреляционной матрицы (КМ) наблюдений (разложении по собственным значениям (СЗ) и векторам)), и классическими методами при высоких ОСШ можно ослабить с помощью адаптации процедур технологии суррогатных данных к ОСШ [1, 3]. Также проводится адаптация процедуры подмешивания псевдослучайного шума.

Повышение эффективности подхода из [1] может быть достигнуто использованием улучшенной оценки дисперсии шума наблюдения. В работе [3] для повышения эффективности СА сигналов при неизвестном ОСШ (неизвестной мощности сигнала и дисперсии шума) методом был предложен адаптивный вариант технологии суррогатных данных (адаптивная к ОСШ процедура рандомизации фаз отсчетов преобразования Фурье наблюдения). Для определения дисперсии шума наблюдения использована аппроксимация профиля упорядоченных шумовых СЗ затухающей экспоненциальной функцией и прогноз СЗ шума на сигнальное подпространство.

---

<sup>1</sup>Д.т.н., начальник кафедры, Харьковский национальный университет Воздушных Сил

Вместе с тем представляет интерес применить и другие подходы по оценке ОСШ (оценке дисперсии шума наблюдения). В работе для повышения эффективности СА методом Root-Min-Norm используется оценка дисперсии шума наблюдения, основанная на результатах общего статистического анализа, известного и как теория случайных матриц [4, 5].

Проверка эффективности предложенного подхода осуществлялась методом имитационного моделирования. Точность оценивания частот гармонических компонент сигнала предложенным подходом в области пороговых ОСШ сравнима с точностью подхода из [3] и выше точности, получаемой при использовании исходного метода Root-Min-Norm.

Ускорение реализации предлагаемого подхода на этапе поиска собственных векторов и собственных значений КМ наблюдений возможно за счет использования графических процессорных элементов.

К направлениям дальнейших исследований следует отнести обобщение предложенного подхода на случай использования процедур технологии суррогатных данных, его обобщение на случай обработки сигналов в антенных решетках, обработки изображений. Кроме того, представляет интерес совместное использование подхода с методами понижения шума в наблюдении, которые используют спектральное разложение КМ наблюдений [3–5]– методом SSA, методами, основанными на анализе главных компонент (нелокального усреднения и локальной обработки данных).

### Список литературы

1. Vasylyshyn V. Removing the outliers in root-MUSIC via pseudo-noise resampling and conventional beamformer /V. Vasylyshyn //Signal processing. – 2013. – Vol. 93. – P. 3423–3429.
2. Костенко П.Ю. Повышение эффективности спектрального анализа сигналов методом Root-MUSIC с использованием суррогатных данных/ П.Ю. Костенко, В.И. Василишин // Радиоэлектроника. – 2014. – Том 57, №1. – С.31–39.– (Изв. Вузов).
3. Василишин В. И. Адаптивный вариант технологии суррогатных данных для повышения эффективности спектрального анализа сигналов собственноструктурными методами / В. И. Василишин // Изв. вузов. Радиоэлектроника. – 2015. – Т. 58, №3. – С. 26 – 39.
4. Василишин В.И. Предварительная обработка сигналов с использованием метода SSA в задачах спектрального анализа/ В.И. Василишин // Прикладная радиоэлектроника: науч.-техн. журнал. – 2014. –Том 13. № 1. – С. 43–50.
5. Василишин В.И. Эффективность спектрального анализа собственноструктурными методами при предварительной обработке сигналов модифицированным методом SSA / В.И. Василишин //Системи обробки інформації. – 2016. – Випуск 8(145). – С. 21–24.

## РАДІОХВИЛІ ЯК ПОТІК ЧАСТИНОК, ЩО ПЕРЕБУВАЮТЬ У КОЛИВАЛЬНОМУ СТАНІ

В науковій і в навчальній літературі радіохвилі розглядаються як явище хвильове [1]. Однак радіохвилі – це лише частина із загального діапазону електромагнітних хвиль (ЕМХ) і добре відомо, що інша частина діапазону – світло, рентгенівське і гаммавипромінювання – мають двоїсту природу – це і хвилі і частинки водночас. Тому виникає **проблема трактування радіохвиль також з точки зору їх двоїстості – як хвильового процесу, так і корпускулярного**. Погляд на явище з іншої точки зору може відкрити інші можливості його бачення.

З теорії Максвелла випливає існування електромагнітних хвиль як взаємно обумовлених коливань електричного і магнітного полів:

$$E_y = E_{0y} \cos(\omega t - kx + \psi_1); \quad H_z = H_{0z} \cos(\omega t - kx + \psi_2).$$

Електричне і магнітне поля мають енергію. Але так як  $\vec{E}$  і  $\vec{H}$  в процесі коливань змінюються, то змінюється й енергія електромагнітної хвилі. Постає питання: у що перетворюється енергія електромагнітної хвилі, коли вона змінюється? Щоб відповісти на це питання, потрібно детальніше з'ясувати, що ж таке електромагнітна хвиля і як вона поширюється в просторі? Незаперечно встановлено, що світло – це хвилі і частинки водночас. Однак цей дуалізм становить проблему, оскільки неможливо уявити, як можна бути хвилею і частинкою водночас. Безумовно, все це стосується також радіохвиль.

Проблеми двоїстості розглянута в роботі [2], де показується, що світло як електромагнітна хвиля є певною формою руху матерії, коли один вид матерії (речовина) перетворюється в інший вид матерії (поле). Приклади переходу матерії з одного виду в інший добре відомі. Таке відбувається при поділі ядра урану під час вибуху ядерної бомби, коли частина маси ядра (речовина) переходить в енергію гаммавипромінювання (поле). Цей процес відбувається у відповідності зі співвідношенням  $W = c^2 m$ , яке встановлює зв'язок між масою і енергією. Відомий також

<sup>1</sup> кандидат технічних наук, доцент. Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації

<sup>2</sup> доктор пед.наук (фізика), професор. Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації

<sup>3</sup> канд. фіз.-мат. наук., викладач кафедри нанофізики конденсованих систем. Київський національний університет імені Тараса Шевченка

зворотній перехід – з поля в речовину, коли при зустрічі двох  $\gamma$ -квантів (поле) утворюються електрон і позитрон. Тому цілком логічно допустити, що в електромагнітній хвилі, включаючи світло і радіохвилі, реалізується безперервний періодичний процес переходу енергії в масу в і маси в енергію:  $\Delta W \rightarrow \Delta m \rightarrow \Delta W \rightarrow \Delta m \rightarrow \dots$ . Враховуючи двоїстість природи, світло слід розглядати не просто як потік частинок, а як потік особливих частинок, кожна з яких перебуває у коливному стані [2]. Такий потік вже являє собою хвилю, бо відбувається поширення коливань у просторі.

Можна провести аналогію між потоком частинок світла і зграєю пташок у польоті, де кожна пташка махає крилами (коливний процес) і переміщується в просторі. Можна виділити пташок, які махають крилами в однаковій фазі – разом піднімають і разом опускають. Такі пташки в просторі утворюють хвильову поверхню з певною фазою, інші пташки утворюють хвильову поверхню з іншою фазою. Наочною моделлю хвиль із частинок може бути також марш солдатів, де кожен солдат (частинка) періодично рухає ногами і таке переміщення коливань у просторі можна розглядати як хвильовий процес.

Як би то було незвично, електромагнітну хвилю радіодіапазону також можна трактувати як потік частинок, що коливаються з відповідною частотою. За аналогією до світла, частинки якого називаються фотонами, частинки хвиль радіодіапазону умовно можемо назвати «R-фотонами». Потрапляючи на провідник (антену), «R-фотони» своїм електричним полем впливають на електрони і викликають відповідну електрорушійну силу. А далі всі процеси підсилення електромагнітних коливань розглядаються звичаєм шляхом.

Таким чином, розглядаючи електромагнітні хвилі як потік частинок, що перебувають в коливальному стані типу  $\Delta W \rightarrow \Delta m \rightarrow \Delta W \rightarrow \Delta m \rightarrow \dots$ , приходимо до розуміння, що існує зовсім інша природа хвиль, ніж це уявлялося традиційно як коливання певного середовища. Насправді йдеться про те, що існує дві принципово відмінні природи хвиль – як **коливання середовища** і як **потік частинок, яким властивий внутрішній коливальний процес**.

### Список літератури

1. Савельев И. В. Курс общей физики, т. 2 / Савельев И. В. – Москва: Наука, 1978, § 104.
2. Сусь Б.А. Незвичне бачення традиційних проблемних питань фізики. Науково-методичне видання / Сусь Б.А., Сусь Б.Б. – К.: ВЦ «Промсвіта», 2010. – 132 с.

## ЗАСТОСУВАННЯ ВІДКРИТИХ ХВИЛЕВІДНИХ РЕЗОНАТОРІВ З ЧАСТКОВИМ ДІЕЛЕКТРИЧНИМ ЗАПОВНЕННЯМ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ

Для вимірювання параметрів газоподібного середовища часто застосовують відкриті хвильовідні резонатори (ВХР) закритичного типу, стінки яких не заважають проходженню речовини по трубопроводу. Для таких резонаторів характерні висока добротність, розріджений спектр, простота розміщення досліджуваної речовини в резонаторі. Перспективними є ВХР, чутливі елементи яких виконані на основі металодіелектричних структур. В даній роботі розглянуті можливості застосування ВХР закритичного типу з діелектричною вставкою змінного перерізу [1] для вимірювання температури газоподібного середовища, в тому числі в потоці.

Резонатор являє собою відрізок закритичного циліндричного хвильоводу, в якому розміщена вісесиметрична діелектрична вставка, виготовлена у вигляді трубки, внутрішній діаметр якої зменшується за лінійним законом від країв до центру (рис. 1,а). Резонансні коливання у даній структурі з'являються завдяки відбиття електромагнітних хвиль від критичних перерізів в областях звузження діелектричної вставки.

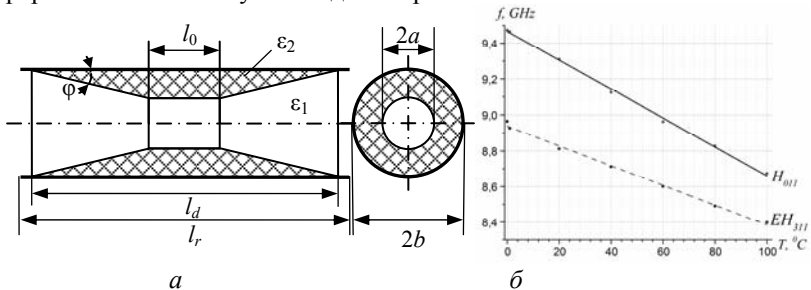


Рис. 1. Відкритий хвильовідний резонатор (а);

залежність резонансних частот ВХР від температури (б)

Принцип роботи датчика температури на базі металодіелектричного ВХР полягає в наступному. При зміні температури середовища, що заповнює резонатор, змінюється температура діелектричного елемента, що обумовлює зміну геометричних розмірів і, отже, зміну резонансної

<sup>1</sup> д.ф.-м.н., проф., зав. каф. ПКР, ДНУ ім. Олесь Гончара

<sup>2</sup> к.ф.-м.н., доц. каф. ПКР, ДНУ ім. Олесь Гончара

<sup>3</sup> студент, ДНУ ім. Олесь Гончара

частоти резонатора. Для дослідження впливу температури на параметри ВХР було проведено чисельне моделювання за допомогою методу кінцевих елементів (МКЕ). Вважалось, що діелектричний елемент резонатора виготовлений з однорідного матеріалу, і при зміні температури його геометричні розміри змінюються рівномірно в усіх напрямках.

Для забезпечення високої чутливості датчика діелектрик повинен характеризуватися малими втратами, великим температурним коефіцієнтом лінійного розширення (ТКЛР) та стабільними значеннями проникності і тангенсу кута діелектричних втрат у діапазоні вимірюваних температур. Цим умовам задовольняють такі розповсюджені діелектрики як фторопласт і поліетилен. Так в діапазоні температур від  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $90^{\circ}\text{C}$  діелектрична проникність поліетилену змінюється від 2,26 до 2,14,  $\text{tg}\delta$  залежить від температури незначно і знаходиться у межах  $2 \cdot 10^{-4} - 5 \cdot 10^{-4}$ , ТКЛР дорівнює  $2,1 \cdot 10^{-4} - 5,5 \cdot 10^{-4} \text{C}^{-1}$  [2]. Вплив температури на геометричні розміри і провідність стінок хвилеводу вважалися незначними, як у наслідок більш ніж на порядок меншого порівняно з діелектриком ТКЛР (для міді  $16,6 \cdot 10^{-6} \text{C}^{-1}$ ), так і в силу того, що діелектрична вставка ізолює поверхню стінки ВХР від досліджуваної речовини.

На рис. 1,б показані залежності резонансних частот коливань типів  $H_{011}$  та  $EH_{311}$  від температури ( $^{\circ}\text{C}$ ) для ВХР з діелектричною вставкою з поліетилену ( $\epsilon_2 = 2,25$ ,  $\text{tg}\delta = 5 \cdot 10^{-4}$ ) довжиною  $l_r = 150$  мм, діаметром  $2b = 35$  мм, діаметр отворів зв'язку  $d = 7$  мм, кут скосу  $\varphi = 7^{\circ}$ . Залежності в діапазоні температур від 0 до  $100^{\circ}\text{C}$  мають практично лінійний характер. При зростанні температури збільшується частотний інтервал між резонансами, який можна застосовувати як додатковий інформативний параметр. Вимірювання різниці частот може бути здійснено з більшою точністю ніж вимірювання абсолютного значення частоти, при цьому в значній мірі мінімізується вплив різноманітних зовнішніх факторів.

### Список літератури

1. Drobakhin O. O., Privalov Ye. N., Saltykov D. Yu. Open-ended Waveguide Cutoff Resonators for Monitoring Dielectrics Parameters of Gases // Telecommunications and Radio Engineering. – 2013. – Vol. 72, No 7. – P. 627–640.
2. Полиэтилен высокого давления. Научно-технические основы промышленного синтеза / А. В. Поляков, Ф. И. Дунтов, А. Э. Софиев и др. – Л.: Химия, 1988. – 200 с.

## ПЕРЕСТРОЮВАННЯ ЧАСТОТИ БІКОНІЧНОГО РЕЗОНАТОРА ЗА ДОПОМОГОЮ АКСІАЛЬНИХ МЕТАЛЕВИХ СТЕРЖНІВ

Хвилевідні резонатори критичного типу, зокрема біконічні резонатори (БКР), широко застосовуються у вимірювальній техніці мікрохвильового діапазону [1]. Одним з найбільш розповсюджених способів механічного перестроювання резонансних частот вісесиметричних резонаторів є введення аксіальних металевих стержнів в об'єм резонатора [2]. В даній роботі були досліджені можливості механічного перестроювання частоти коливання типу  $H_{011}$  біконічного резонатора за допомогою аксіальних металевих стержнів з різним профілем торцевої поверхні, які вводять через отвори в закритичних областях резонатора (рис. 1,а). Дослідження проводились шляхом чисельного моделювання із застосуванням методу кінцевих елементів (МКЕ).

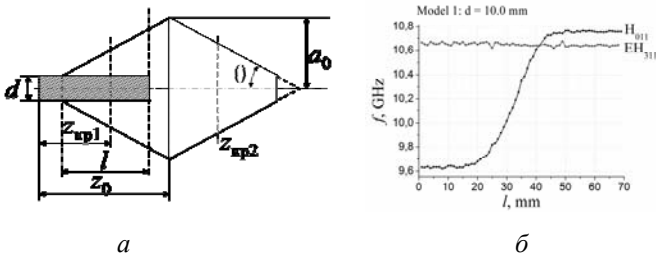


Рис. 1. БКР з перестроюванням частоти аксіальним стержнем (а) і залежність резонансних частот БКР від глибини занурення стержня (б).

Застосування аксіальних металевих стержнів дозволяє здійснити повільне перестроювання резонансної частоти БКР. Максимальний діапазон перестроювання резонатора при збереженні одномодового режиму складає  $\sim 10\%$ , що обумовлено наявністю найближчого вищого типу коливань  $EH_{311}$ , резонансна частота якого практично не залежить від переміщення аксіального металевого стержня. На рис. 1,б показані залежності резонансних частот коливань типів  $H_{011}$  і  $EH_{311}$  від глибини занурення стержня діаметром  $d = 5$  мм.

<sup>1</sup> д.ф.-м.н., проф., зав. каф. ПКР, ДНУ ім. Олесь Гончара

<sup>2</sup> к.ф.-м.н., доц. каф. ПКР, ДНУ ім. Олесь Гончара

<sup>3</sup> студент, ДНУ ім. Олесь Гончара

Було виявлено, що при застосуванні стержнів з плоскими торцевими поверхнями можлива ситуація різкого падіння добротності БКР, яке пов'язано з виникненням небажаних резонансів при переміщенні стержня поблизу центрального перерізу резонатора. Наприклад, на рис. 2,а показаний графік залежності навантаженої добротності БКР з максимальним радіусом  $a_0 = 25$  мм і кутом  $\theta = 30^\circ$ , ввімкненого за схемою «на прохід» від глибини занурення  $l$  стержня діаметром  $d = 5$  мм з плоскою торцевою поверхнею. З графіку видно, що при  $l = 37$  мм спостерігається стрибкоподібне падіння добротності. На рис. 2,б показана частотна характеристика БКР для даного випадку.

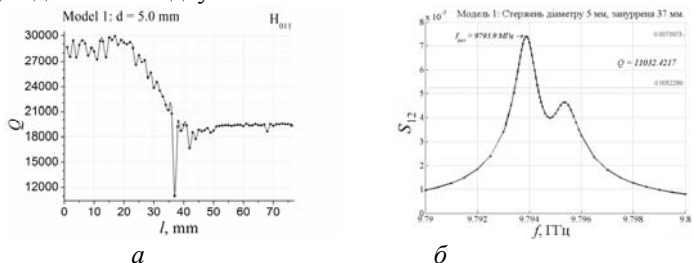


Рис. 2. Залежність добротності БКР від глибини занурення стержня діаметром 5 мм (а) і частотна характеристика БКР при  $l = 37$  мм (б)

Усунення даної проблеми можна досягти застосовуючи для перестроювання частоти БКР стержнів з торцевими поверхнями неплюскового профіля (конічного або сферичного). Було виявлено, що застосування конусоподібних торцевих поверхонь зменшує відхилення від лінійної залежності на інтервалі між критичними перерізами на 30–47% та зменшує осциляції характеристики перестроювання розглянутого БКР на 40–60% в залежності від діаметру стержня, а сферичної – на 55–56% і на 65–75%, відповідно.

### Список літератури

1. Горев Н. Б., Дробахин О. О., Заболотный П. И., Коджеспирова И. Ф., Привалов Е. Н. Датчики на основе СВЧ-резонаторов для систем контроля параметров органических жидкостей // Техн. механика. – 2009. – №3. – С. 122–131.
2. Салтыков Д.Ю. Перестройка частоты микроволновых биконических резонаторов с помощью металлических и диэлектрических стержней // Прикладная радиоэлектроника, 2013. – Т. 13., № 2. – С. 144–149.



## ИНВЕРСНЫЙ СИНТЕЗ АПЕРТУРЫ В ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ЗОНЕ ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ РАДИОИЗОБРАЖЕНИЙ ПУТЕМ ОПТИМАЛЬНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ С ЭВОЛЮЦИОННЫМ КОНТРОЛЕМ

Для получения радиоизображений в промежуточной зоне излучения с экспериментальной точки зрения целесообразно использовать метод инверсного синтеза апертуры, когда рефлектометр находится в неподвижном состоянии, а объект перемещается вдоль координаты  $x$  в плоскости, поперечной к оси излучения  $y$ . Основная идея [1] заключается в применении обобщенной инверсной фильтрации для реализации синтеза апертуры. При этом в качестве эталона использованы объекты в виде полоски из меди. Целью данной работы является исследование получения оптимальных значений параметров регуляризации оптимальной фильтрации с эволюционным контролем с помощью численного моделирования.

Передаточная функция фильтра от пространственной частоты, реализующего получение измеренного сигнала:

$$H(y, f_x) = \frac{S_E(y, f_x)}{E(y, f_x)}, \quad (1)$$

где  $E(y, f_x)$  – Фурье-образ эталонной пластинки,  $S_E(y, f_x)$  – Фурье-образ входного пространственного сигнала.

Для процедуры синтеза апертуры спектр пространственного сигнала в каждой точке координат определяется в соответствии с методом оптимальной фильтрации с эволюционным контролем [2], который представляет собой обобщение инверсной фильтрации. С учетом выражения (1) окончательная формула может быть представлена в виде

$$S_A(y, f_x) = \left[ \frac{E(y, f_x)}{S_E(y, f_x) + \alpha_1} \right]^Z \times \left[ \frac{|H(y, f_x)|^2}{|H(y, f_x)|^2 + \alpha_2} \right]^V S(y, f_x), \quad (2)$$

где  $S_A(y, f_x)$  – результат инверсной фильтрации,  $S(y, f_x)$  – Фурье-образ входного сигнала,  $Z$  и  $V$  параметры эволюционного контроля которые варьировались в диапазоне от 0 до 1.

<sup>1</sup> д.ф.-м.н., проф., зав. каф. ПКР, ДНУ им. Олеся Гончара

<sup>2</sup> студент, ДНУ им. Олеся Гончара

<sup>3</sup> аспирант, ДНУ им. Олеся Гончара

Методом исследования являлось численное моделирование с использованием схематичной математической модели, когда идеальным изображением пластинки является прямоугольная функция, а полученным изображением – трапеция. Основная задача состояла в определении параметров регуляризации при минимизации величины переднего фронта и заднего среза выходного сигнала, и достижения минимальной величины усиления шумов. Также было проведено численное моделирование и оценка повышения разрешающей способности инверсного синтеза апертуры путем оптимальной фильтрации с эволюционным контролем с помощью стандартных пакетов электродинамического моделирования. В моделировании использовался пирамидальный рупор с апертурой 23х23 мм и длиной 60 мм. Объект находился в промежуточной зоне излучения. В качестве объектов исследования были использованы идеально проводящие полоски с шириной 5 и 20 мм соответственно. Моделирование осуществлялось на фоне белого гауссовского шума.

Практическое применение оптимальной фильтрации с эволюционным контролем в численном моделировании и в ряде реальных экспериментов для цилиндра подтвердило возможность реализации метода инверсного синтеза апертуры в соответствии с описанным способом. Такой подход позволил избежать необходимости наличия корректных математических моделей для описания процесса распространения в ближней и промежуточной зоне излучения для оценки сложных характеристик зависимостей от пространственных координат.

Рассмотренный алгоритм обработки экспериментальных данных для радиоизображения цилиндра обеспечил повышение разрешающей способности в поперечном направлении более чем в 2 раза по сравнению с необработанными экспериментальными данными. Также была достигнута хорошая точность в совпадении оценок размеров объекта и их истинных значений.

### **Список литературы**

1. Drobakhin O. O. Multifrequency microwave measurements in the intermediate zone of radiation with inverse aperture synthesis for radio image forming [Text] / O. O. Drobakhin, G. G. Sherstyuk // 12th International Conference on Actual Problems of Electronics Instrument Engineering (APEIE) – Novosibirsk, Russia, October 2–4, 2014 – pp. 170–174.

2. Василенко Г. И. Восстановление изображений [Текст] / И. Г. Василенко, А. М. Тараторин – М. : Радио и связь, 1986 – 304 с.

## АДАПТИВНИЙ МОНІТОРИНГ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЗАСОБІВ АЕРОНАВІГАЦІЇ

Характерною рисою адаптивних систем експлуатації (СЕ) є наявність можливості одержання додаткових відомостей про умови функціонування системи за поточною інформацією з її використанням у процесі керування. За допомогою адаптивної СЕ можна досягнути наступні переваги: мати високу гнучкість, що дозволяє швидко змінювати свої параметри; мати високу мобільність у прийнятті управлінських та корегувальних рішень; враховувати вимоги до рівня кваліфікації персоналу; враховувати ризики, пов'язані з можливими налаштуваннями; брати до уваги фактори, пов'язані з характеристиками зовнішнього середовища тощо. Під час проектування систем адаптивної експлуатації засобів аеронавігації (ЗАН) доцільно вирішити задачі з оптимізації окремих складових СЕ: контролю технічного стану (ТС) ЗАН; регулювання визначальних параметрів ЗАН шляхом реалізації керуючих впливів (КВ); попереджувальної заміни блоків, вузлів, елементів у ЗАН.

Моніторинг ТС розглядається як процес отримання і обробки інформації, що встановлює відповідність стану ЗАН встановленим вимогам та забезпечує прийняття рішень. У результаті моніторингу ТС виявляються такі елементи ЗНС, стан яких може привести до відмови засобу в цілому. Здійснюється регулювання, налаштування або заміна таких елементів, таким чином вдається своєчасно запобігти відмовам. Регулювання полягає у реалізації КВ на визначальні параметри (ВП) ЗАН на підставі отриманої у результаті реалізації моніторингу інформації про їх ТС. Керуючі впливи доцільно здійснювати у разі досягнення ВП меж запобіжних допусків. Метою реалізації КВ є зведення значень регульованих ВП до номінальних значень [1].

Технічний стан багатьох сучасних ЗАН визначається трьох альтернативно: роботоздатність (РС); погіршення стану (ПС); нероботоздатність (НРС). Якщо ВП ЗАН вийшов за межі експлуатаційних допусків, тоді за результатами моніторингу ТС ЗАН формується рішення «погіршення» та реалізуються певні КВ з метою своєчасного запобігання відмовам. Якщо за результатами моніторингу ВП ЗНС відсутній або вийшов за межі встановлених експлуатаційних допусків, тоді приймається рішення «нероботоздат-

---

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доцент кафедри авіаційних радіоелектронних комплексів Національного авіаційного університету

ність» (відмова) ЗАН за ВП та здійснюється заміна структурного елементу ЗАН, який відмовив. Модель прийняття рішень та реалізації керуючих впливів в процесі моніторингу ЗАН пропонується представити у вигляді імовірнісного графу [1]. Можливі ситуації, які можуть виникати у процесі прийняття рішень та реалізації КВ детально розглянуто у [2]. Ефективність експлуатації ЗАН із застосуванням адаптивного моніторингу ТС може бути кількісно визначена за допомогою кількісного критерію [2].

$$Q = \frac{1}{1 - P_{зпв} + P_{внв}},$$

де  $P_{зпв}$  – імовірність запобігання відмовам у разі прийняття рішень про ТС ЗАН та реалізації КВ;  $P_{внв}$  – імовірність внесення відмов.

Імовірності  $P_{зпв}$ ,  $P_{внв}$  можна визначити, застосовуючи методи теорії імовірностей та математичної статистики, попередньо встановивши: визначальні параметри ЗАН; математичні сподівання ВП; похибки контролю ВП; результати контролю ВП; середньоквадратичні відхилення ВП; встановлені експлуатаційні допуски на ВП; запобіжні допуски на ВП. Отримані результати аналізу адаптивного моніторингу ТС та реалізації КВ в процесі експлуатації ЗАН, дозволяють вирішити такі задачі:

– якщо відомі характеристики ЗАН та засобів контролю її ВП то отримані математичні вирази можуть бути використані для визначення ймовірностей прийняття вірних та помилкових рішень про ТС, відповідних імовірностей прийняття рішень та ефективності процесів експлуатації з врахуванням реалізації КВ;

– якщо відомі характеристики ЗАН, то задаючи вимоги до якості процесів моніторингу та реалізації КВ, можливо обґрунтовано визначити точність засобів контролю та межі запобіжних допусків, застосування яких дозволяє найбільш ефективно здійснити обслуговування певного типу ЗАН.

### Список літератури

1. Соломенцев О.В., Зуєв О.В., Красноружев Г.І., Хмелько Ю.М. Основи теорії надійності, експлуатації та ремонту радіоелектронних засобів: Конспект лекцій. – К.: КК НАУ, 2008. – 116 с.

2. Зуєв О.В. Ситуативний аналіз прийняття рішень та реалізації керуючих впливів в процесах технічного обслуговування радіотехнічних систем / Вісник державного університету інформаційно-комунікаційних технологій. – 2009. – Том 7, №2. – С. 183–187.

## КОНТУРНЫЙ АНАЛИЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ В МУЛЬТИМЕДИЙНОМ СТРЕЛКОВОМ ТРЕНАЖЕРЕ

Задача выделения контуров многоградационного изображения на статистически сложном многоградационном фоне эквивалентна задаче обнаружения двумерного сигнала на фоне шумов и других сигналов, играющих роль помех.

Рассмотрим один из имеющихся подходов к выделению контуров изображений в реальной системе, базирующийся на гипотезе экспоненциальнокосинусной АКФ фоновых шумов и слабой информативности низкочастотной части спектра изображения.

Флуктуации амплитуд и фаз сигналов на входе датчиков изображений приводят, в конечном счете, к флуктуациям интенсивностей сигналов, формирующих в памяти цифровое изображение  $\omega(m_1, m_2)$ . В результате получающиеся силуэтные изображения становятся многосвязными из-за образующихся полостей и разрывов, при этом значительно искажается линия края (контура) (рис.1).

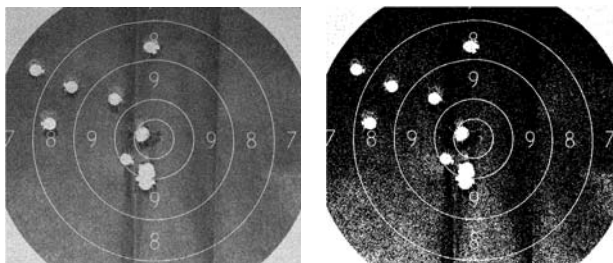


Рис. 1. Образование многосвязного бинарного цифрового изображения:  
а – многоградационное изображение мишени, б – сформированное бинарное изображение

Разрушение односвязной структуры цифрового изображения  $\omega(m_1, m_2)$  из-за указанных факторов, а также воздействие шумов и помех в области изображения приводят к тому, что вместо одного контура, описывающего форму исходного изображения  $s(x, y)$ , мы получаем набор контуров пятен различной формы в пределах контура исходного изобра-

<sup>1</sup> д-р техн. наук, проф., зав. каф. РЭС, ХНУРЭ

<sup>2</sup> аспирант каф. РЭС, ХНУРЭ

жения. В данном случае целесообразно переходить к пространственным методам обработки, например, к бинарной пространственной согласованной фильтрации, или к выделению областей сцены по признаку наличия сгущений и к другим методам, рассмотренным в [1].

В [2] было принято, что для решения задач обнаружения изображений функция яркости  $f(x, y)$  имеет более сложный вид, чем его задает аддитивная модель сигнала и шума, что была принята ранее в [1],

$$f(x, y) = s(x, y) + n(x, y), \quad (1)$$

используемая при обнаружении сигналов на фоне белого шума. В качестве такой, более адекватной модели в работе [3] используется аддитивно-мультипликативная модель, имеющая с точностью до параметров смещения изображения  $s(x, y)$  вид

$$f(x, y) = g_0 + s(x, y) + g(x, y) \cdot n(x, y), \quad (2)$$

где  $g_0$  – постоянная составляющая яркости, обеспечивающая неотрицательность функции  $f(x, y)$ .

В соответствии с принятыми дополнениями была получена следующая структура обнаружителя контура, представленная на рисунке 2.

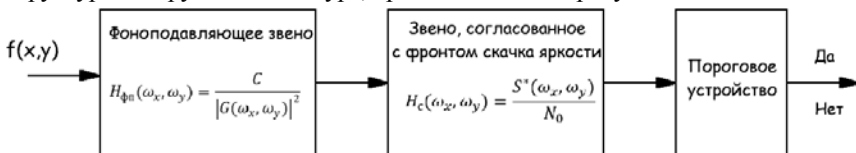


Рис. 2. Структура обнаружителя начальной точки контура изображения

В соответствии со структурой процесса сегментации границы изображения, представленной на рис. 4, после обнаружения начальной точки контура следует операция прослеживания контура. Над сформированным контурным сигналом проводится ряд предварительных операций, связанных с уменьшением контурных шумов, например, с помощью ФСС, морфологических операций, выделением главного контурного примитива и др.

### Список литературы

1. Беляев А.В., Карташов В.М. Обнаружение объектов заданной формы и определение их координат на изображении в мультимедийном стрелковом тренажере // Радиотехника. Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. – Харьков. – 2015. – № 182.
2. Trabco E.A., Roctleng P.G. Shape detection using incoherent illumination // J. Opt. Soc. Am. – 1967. – V. 57, № 1.
3. Василенко Г.И. Голографическое опознавание образов. – М: Сов. радио, 1977.

## КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ СИСТЕМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ

В последнее время значительное внимание уделяется развитию и совершенствованию теории и техники дистанционного зондирования атмосферы с использованием акустических и электромагнитных волн – системам акустического (сонары), радиоакустического (расдары), радиолокационного и лазерного зондирования [1].

Поскольку области возможностей различных методов не совпадают, то появляется предпосылка совместного, комплексного использования систем различного вида для расширения набора измеряемых метеорологических величин, расширения диапазона исследуемых высот и повышения информативности получаемых данных зондирования путем совместной (комплексной) их обработки и интерпретации.

Основной подход к комплексированию акустических и радиоакустических систем зондирования атмосферы направлен на повышение точности оценивания температуры путем совместной обработки получаемых с их помощью данных, которые определяют функционально связанные между собой скорость ветра и скорость звука.

В докладе показано, что операционное выражение для вычисления радиальной скорости ветра  $V$  в содарах следует записывать в следующем виде

$$V = \frac{a_K \sqrt{T} f_d}{2f_s - f_d}. \quad (1)$$

где  $f_d$  – доплеровский сдвиг частоты;  $f_s$  – частота зондирующего акустического сигнала;  $a_K$  – коэффициент, слабо зависящий от состава воздуха и его влажности.

Анализ показал, что первое выражение в (2) для обработки результатов измерений содара и второе выражение для обработки результатов измерений расдара представляют собой систему двух уравнений относительно неизвестных  $V$  и  $T$  с параметром  $a_K$

---

<sup>1</sup> д-р техн. наук, проф., зав. каф. РЭС, ХНУРЭ

<sup>2</sup> д-р физ.-мат. наук, проф. каф. РЭС, ХНУРЭ

<sup>3</sup> аспирант каф. РЭС, ХНУРЭ

<sup>4</sup> аспирантка каф. РЭС, ХНУРЭ

$$\left\{ \begin{aligned} f_d &= \frac{2Vf_s}{a_K \sqrt{T_0} + V}, & f_{de} &= \frac{2(a_K \sqrt{T_0} + V)f_e}{c}, \end{aligned} \right. \quad (2)$$

где  $f_{de}$  – доплеровское смещение частоты радиосигнала,  $f_e$  – частота зондирующего радиосигнала,  $c$  – скорость распространения радиоволн;  $T_0$  – температуры среды.

Тогда полученное из (2) операционное выражение для нахождения радиальной скорости ветра в комплексной системе записывается в виде

$$V = \frac{f_d f_{de} c}{4 f_s f_e}. \quad (3)$$

Соотношение для вычисления температуры  $T_0$  среды, полученное из второго уравнения (2), имеет вид

$$T_0 = \left( \frac{f_{de} c}{2 f_e} - V \right)^2 \frac{1}{a_K^2}. \quad (4)$$

В выражении (4) единственным источником методической погрешности остается неопределенность параметра  $a_K$  вдоль трассы зондирования, который незначительно зависит от влажности среды.

Таким образом, при акустическом зондировании атмосферы с целью уменьшения погрешности определения радиальной скорости ветра следует использовать соотношение (1). В комбинированной системе расдар-сонар для вычисления скорости ветра и температуры следует использовать соответственно формулы (3) и (4). Применение полученных операционных выражений особенно эффективно при определении наклонных профилей температуры комбинированной системой расдар-сонар.

### Список литературы

1. Карташов В.М., Тихонов В.А. и др. Обработка сигналов в радиоэлектронных системах дистанционного мониторинга атмосферы. – Харьков: ХНУРЭ, 2014. – 312 с.



## **СИСТЕМА ЦІЛЕРОЗПОДІЛУ НА БАЗІ НАВІГАЦІЙНОЇ ІНФОРМАЦІЇ В ПІДРОЗДІЛАХ СУХОПУТНИХ ВІЙСЬК**

Одним із перспективних напрямків вдосконалення системи управління вогнем під час бойового застосування підрозділів Сухопутних військ на сучасному етапі, військове керівництво провідних країн світу розглядає модернізацію системи цілерозподілу, який дозволить збільшити її можливості та підвищити оперативність виконання вогневих завдань.

Зокрема, оснащення системи управління вогнем автоматизованою системою цілерозподілу на базі навігаційної інформації дозволить зменшити витрати часу та оптимізувати прийняття рішення командиром на розподіл об'єктів ураження між вогневими засобами, що дасть змогу підвищити бойові можливості підрозділів.

Але, поряд з високими вимогами до ведення сучасного вогневого бою та збільшенням технічних можливостей сучасної зброї, вітчизняні способи управління вогнем, зокрема система цілерозподілу залишилась без змін (голосом, за допомогою ручних розрахунків, по карті, на основі бойового досвіду та інше), та є такою що не відповідає вимогам сьогодення.

Основними недоліками системи управління вогнем загальновійськових підрозділів є недостатнє оснащення сучасними автоматизованими системами обробки інформації, низькі можливості з управління маневром вогнем та рухом, недостатнє оснащення сучасними навігаційними засобами та засобами розвідки цілей.

З метою забезпечення успішного виконання бойових завдань в складних умовах ведення сучасного швидкоплинного бою необхідно підвищити можливості систем управління вогнем підрозділів. Загальновійськовий командир тактичної ланки повинен в реальному масштабі часу отримувати від різних джерел, які ведуть безперервний моніторинг бойової обстановки на землі і в повітрі, оброблену сучасними електронно-обчислювальними системами інформацію, що дозволить командирю з високою мірою достовірності оцінити обстано-

---

<sup>1</sup> д.т.н., проф., п.н.с. НДВ (СУВ) НЦ СВ, Національна Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

<sup>2</sup> к.т.н., с.н.с., начальник НДВ (СУВ) НЦ СВ, Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

<sup>3</sup> н.с. НДВ (СУВ) НЦ СВ, Національна Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

вку на полі бою та прийняти рішення щодо оптимального цілерозподілу при здійсненні вогневого ураження.

Вдосконалення системи управління вогнем за рахунок системи цілерозподілу на базі навігаційної інформації, дає також змогу досягти високої координації дій між бойовими підрозділами та вогневими засобами, що дозволяє підвищити ефективність використання вогневих засобів при нанесенні вогневого ураження противнику.

Необхідність дооснащення системи управління вогнем підрозділів Сухопутних військ Збройних сил України системою цілерозподілу на базі навігаційної інформації обумовлена великою кількістю інформації, яка поступає та обробляється обчислювальною технікою в загальновійськовому бою, та вимогами діяти в реальному масштабі часу. Це, в свою чергу, вимагає підвищення оперативності обробки інформаційних потоків та скорочення часу на ураження цілей за рахунок автоматизації процесу прийняття рішення для здійснення оптимального цілерозподілу.

Створення системи цілерозподілу на базі навігаційної інформації дозволить не тільки скоротити строки виконання але і розширити перелік вогневих завдань, які вирішуються, з залученням мінімально необхідної кількості сил і засобів, а також звести до мінімуму матеріальні витрати на проведення вогневого ураження в бою, що в цілому дасть змогу покращити бойові можливості загальновійськових підрозділів.

### Список літератури

1. Корольов В.М., Лучук Е.В., Заєць Я.Г., Корольова О.В., Мірошніченко Ю.В. Аналіз світових тенденцій розвитку систем навігації для сухопутних військ. // Військово-технічний збірник Академії сухопутних військ. – Л.: АСВ, 2011. – Вип. 1(4). – С. 19–29.
2. Корольов В.М., Заєць Я.Г., Беляков В.Ф., Вознюк В.В.. Аналітичний огляд стану та перспектив розвитку систем цілерозподілу в арміях провідних країн світу. // Збірник наукових праць Академії військово-морських сил ім. П.С. Нахімова, 2012. – №1. – С. 39–48.
3. Корольов В.М., Заєць Я.Г. Розвиток систем цілерозподілу як напрямок вдосконалення систем управління вогнем підрозділів сухопутних військ армій провідних країн світу. // Збірник наукових доповідей IX-ої Міжнародної конференції «Гіротехнології, навігація, управління рухом та конструювання космічної техніки». Т1 – Київ: НТУУ «Київський політехнічний інститут» – 2013. – С. 182–194.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОГЛОЩАЮЩИХ ФИЛЬТРОВ ГАРМОНИК

Для большинства радиосистем источниками внеполосных излучений являются гармоники основной частоты и другие побочные колебания, возникающие в выходных устройствах, содержащих усилительные и генераторные электровакуумные приборы СВЧ. Современные методы генерации и модуляции не позволяют полностью избавиться от внеполосного излучения. Дальнейшее ослабление этого излучения может быть достигнуто применением соответствующей системы фильтров гармоник.

В данной работе рассматриваются фильтры гармоник, которые представляют собой Т-соединения со щелевой связью между основным и боковыми волноводами. Подавление гармоник в волноводе осуществляется путем вывода их во вспомогательные волноводы уменьшенного сечения через большое количество щелей связи. В этих вспомогательных волноводах находятся поглотители, в которых рассеиваются гармонические составляющие.

В литературе представлены различные конструкции поглощающих фильтров с утечкой волны. Для выбора оптимальной системы фильтров гармоник, был проведен сравнительный анализ энергетических характеристик фильтров различной конфигурации (рис.1).

Расчет энергетических характеристик фильтров (коэффициентов прохождения и отражения, затухания и коэффициента стоячей волны) требует решения дифракционной задачи и определения амплитуд поля падающей и прошедших волн.

Составление математической модели прямоугольного волновода с вторичными боковыми волноводами по узким стенкам представляет весьма трудную задачу. Главная причина заключается в ее конфигурационной сложности, в виду чего граничные условия для электромагнитного поля должны выполняться на поверхностях достаточно сложной формы.

Одним из эффективных методов упрощения краевой задачи является использование приближенных методов электродинамики, позволяющие получить сравнительно простые выражения, отражающие основные характеристики рассматриваемых структур. В качестве метода решения

---

<sup>1</sup> ст. преподаватель кафедры «Защита информации», ЗНТУ

<sup>2</sup> ст. преподаватель кафедры «Радиотехника и телекоммуникации», ЗНТУ

поставленной задачи используется импедансный метод, успешно применяемый для решения широкого класса задач дифракции и распространения радиоволн.

Электродинамической моделью рассматриваемых структур является прямоугольный волновод (частично заполненный диэлектриком, рис. 1, в, г) с импедансными узкими стенками. Для упрощения поставленной задачи вводятся некоторые приближения: 1) периодическая последовательность вторичных волноводов заменяется гладкой поверхностью с импедансом  $Z_s$ ; 2) поверхностный импеданс  $Z_s$  представляет собой интегральную характеристику, зависящую от частоты и апертуры боковых волноводов (не зависит от координат); 3) вторичные волноводы нагружены на согласованную нагрузку (отраженные волны со стороны боковых волноводов отсутствуют).

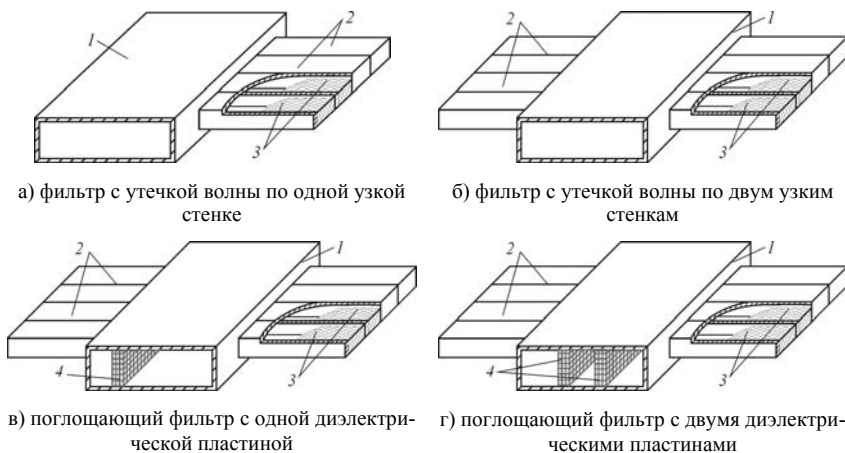


Рис. 1. Разновидности конструкций поглощающего фильтра гармоник: 1 – основной волновод; 2 – боковые волноводы; 3 – поглощающая нагрузка; 4 – диэлектрическая пластина

### Список литературы

1. Куцак С.В. Моделирование импедансными поверхностями периодических неоднородностей в прямоугольных волноводах [Текст] / С.В. Куцак // Радиотехника: Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. 2013. Вып. 175. С. 102 – 108.

2. Куцак С.В. Оценка параметров Н-плоскостного поглощающего фильтра гармоник [Текст] / С.В. Куцак, Л.М. Логачева // Радиотехника: Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. 2014. Вып. 179. С. 69 – 75.

## РЕКУРРЕНТНЫЙ АЛГОРИТМ $K = 4$ – РАНГОВОГО ОБНОВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ АДАПТИВНЫХ РЕШЕТЧАТЫХ ФИЛЬТРОВ И ЕГО ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВОГО СИГНАЛЬНОГО ПРОЦЕССОРА

Современные высокоэффективные адаптивные системы пространственно-временной обработки сигналов на фоне помех в реальных условиях параметрической априорной неопределенности целесообразно строить на базе адаптивных решетчатых фильтров (АРФ).

Важнейший составной этап адаптивной обработки на основе АРФ – его настройка, в процессе которой должны устанавливаться такие параметры сомножителей (ступеней АРФ), при которых их (не формируемое явно) произведение пропорционально матрице, обратной используемой оценке корреляционной матрице (КМ) или той или иной ее аппроксимации. В свою очередь АРФ часто настраивается по обучающей выборке, элементы которой берутся из временного «окна» конечной протяженности. В типичных для практики условиях входных воздействий, стационарных только на ограниченном временном интервале, это окно «скользит» по времени (в радиолокационных приложениях – по дальности). При этом используемая оценка КМ для  $(n+1)$ -го элемента дальности часто представляет собой сумму  $\hat{\Phi}(n+1) = \hat{\Phi}(n) + \Phi_K$  оценки  $\hat{\Phi}(n)$  КМ  $n$ -го элемента и модифицирующей матрицы  $\Phi_K = \sum_{i=1}^K \Phi_i$  ранга  $r = K \geq 1$ , образованной суммой  $K$  матриц  $\Phi_i$  ( $i \in 1, K$ ) единичного ранга. В этих случаях сомножители обратной матрицы для «перенастройки» АРФ в принципе можно получить путем  $K$ -кратной модификации матриц  $\Phi_{mod}(i) = \Phi_{mod}(i-1) + \Phi_i$ ,  $i \in 1, K$ ,  $\Phi_{mod}(0) = \hat{\Phi}(n)$  матрицами  $\Phi_i$  ранга  $r = 1$ .

Возможен, однако, принципиально другой путь, предполагающий не  $K$ -кратную коррекцию параметров АРФ по алгоритмам одноранговой модификации ОФЛ, а их однократный пересчет, но по алгоритмам

<sup>1</sup>Доктор технических наук профессор, главный научный сотрудник Харьковского национального университета радиоэлектроники (ХНУРЭ)

<sup>2</sup>Кандидат технических наук доцент, ведущий научный сотрудник ХНУРЭ

<sup>3</sup>Научный сотрудник ХНУРЭ

<sup>4</sup>Научный сотрудник ХНУРЭ

$K$  – ранговой модификации. Такой путь должен уменьшать вычислительную сложность процедуры настройки и повышать ее численную устойчивость, поскольку в этом случае не должны накапливаться ошибки, возникающие в каждом из  $K$  циклов одноранговой модификации.

Доклад посвящен синтезу соответствующих алгоритмов, описанию созданного опытного образца аппаратного-программного блока адаптивной временной обработки сигналов (АПБ АВО) на фоне пассивных помех на основе АРФ и проведенных его предварительных испытаний.

Эти алгоритмы синтезируются для случая, когда оценочная КМ  $(n+1)$ -го шага

$$\tilde{\Phi} = (\tilde{\varphi}_{ij})_{i,j=1}^M = \Phi + F \cdot \Lambda \cdot F^+, \quad F = (f_i)_{i=1}^K, \quad \Lambda = \text{diag}((-1)^i)_{i=1}^K = \Lambda^{-1}$$

отличается от КМ  $\Phi$   $n$ -го шага матрицей  $F \cdot \Lambda \cdot F^+$  произвольного ранга  $K \geq 1$ , равного числу столбцов  $f_i$  матрицы  $F$ . В широком классе практически важных ситуаций значение  $K \geq 4$ .

Показывается, что, по аналогии с одноранговой,  $K$  – ранговую коррекцию также можно реализовать на основе априорных или апостериорных ошибок предсказания, однако соответствующие алгоритмы  $K$  – ранговой коррекции оказываются неоправданно сложными – объем вычислений увеличивается не в  $K$ , а в  $K^2$  раз по сравнению с их одноранговыми аналогами. В связи с этим разработан комбинированный алгоритм  $K \geq 1$  – ранговой коррекции. В нем используются ошибки предсказания обоих видов, за счет чего объем вычислений параметров АРФ оказывается примерно в  $K$  раз меньше, чем при  $K$  – кратном использовании алгоритмов одноранговой коррекции.



Рис. 1. Опытный образец

Разработанный рекуррентный алгоритм  $K = 4$  ранговой коррекции параметров АРФ реализован в опытном образце АПБ АВО (рис. 1) на основе отладочной платы MDSEVM6678L фирмы Texas Instruments с высокоскоростной микросхемой восьмиядерного сигнального процессора DSP TMS320C6678. Проведенные испытания опытного образца показали высокую эффективность

АРФ при обработке сигналов на фоне маскирующих пассивных помех.

## ПОГРЕШНОСТИ ОБОБЩАЮЩЕЙ ЭМПИРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЕСТЕСТВЕННЫХ РАДИОШУМОВ

Для разработки помехоустойчивых и надежных радиосистем связи, пеленгации и навигации в диапазоне частот 13,5 кГц–10 МГц необходимо знать в точке приема статистические и мощностные свойства мешающих радиополей, которые по своей природе являются естественными атмосферными радиопомехами.

В работах [1–3] проводились исследования по поиску наиболее простой из известных математических моделей описания радиопомех, в результате чего обобщающая эмпирическая модель (ОЭМ) (1) является оптимальной по числу параметров и удобству ее использования в прикладных и теоретических аспектах.

$$P(E) = \begin{cases} \left[ 1 + \left( \frac{E_0}{E_{50q1}} \right)^{q_1} \right]^{-1}, & 0 \leq E_0 \leq E'_0; \\ \left[ 1 + \left( \frac{E_0}{E_{50q2}} \right)^{q_2} \right]^{-1}, & E'_0 \leq E_0 \leq \infty, \end{cases} \quad (1)$$

где  $E_0 = \sqrt{\frac{1-P}{P}} \cdot E'_0 \cdot 10^{b/q}$ ,  $b = \lg(P/(1-P))$ ,  $q = \text{tg}\beta = \Delta \lg P / \Delta \lg E$ .

Для практической проверки модели мы измеряли функцию распределения в полосе пропускания 100 Гц летом в городе Липецк. В таком случае параметры ОЭМ были следующие:  $q_1=1.76$ ;  $q_2=3.51$ ;  $E_0=56.2$ ;  $b=-2$ .

Значения функции распределения, рассчитанные по (1), представлены на рис. 1а, которые сравнивались со значениями, взятыми из отчета Международного консультативного комитета по радиосвязи № 322 [4] для Центрально-Черноземного района, летнего сезона и времени суток от 16<sup>00</sup> до 20<sup>00</sup> в полосе пропускания 100 Гц.

Анализируя кривые функции распределения амплитуд и погрешности ОЭМ распределения радишума (рис.1), можно сделать вывод о возможности использования ОЭМ в очень низкочастотном диапазоне (3 кГц–10МГц).

<sup>1</sup> д. ф.-м. н., профессор, кафедры физики и биомедицинской техники, ЛГТУ

<sup>2</sup> к.т.н., ассистент кафедры физики и биомедицинской техники, ЛГТУ

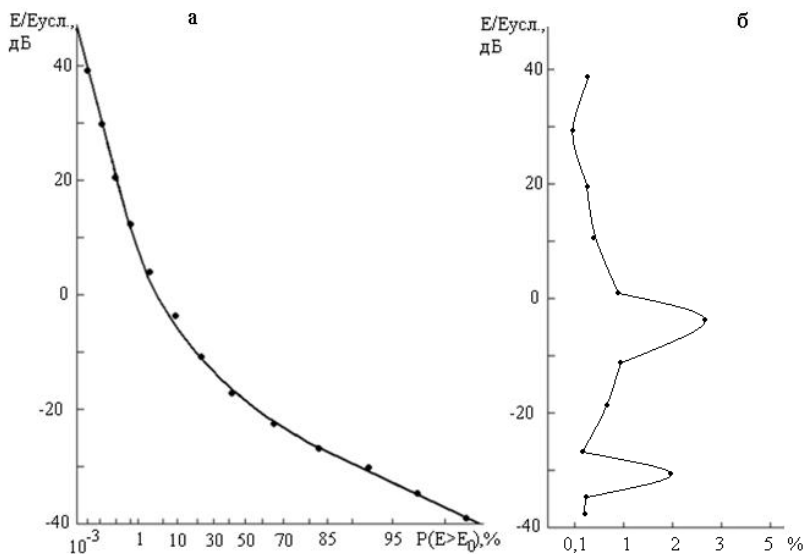


Рис. 1. Сравнение экспериментальных (точки) и теоретических (сплошная линия) из отчета МККР № 322 значений функции распределения амплитуд (а) и их погрешности (б)

### Список литературы

1. Осинин, И.В. Информационно-измерительная система контроля качества функционирования радиоустройств при атмосферных помехах: дис. на соискание степени кандидата технических наук (05.11.16) / Осинин Игорь Владимирович; Лип. гос. тех. ун-т.– Липецк, 2007. – 120 с.
2. Подлесных, Д.А. Информационно-измерительная система контроля интенсивности потока импульсов атмосферных радиопомех: дис. на соискание степени кандидата технических наук (05.11.16) / Подлесных Дмитрий Алексеевич; Лип. гос. тех. ун-т.– Липецк, 2008. –135 с.
3. Осинин, В.Ф. Радишумы естественных источников на востоке СССР / В.Ф. Осинин – М.: Наука, 1982. – 162 с.
4. World distribution and characteristics of atmospheric radio noise [Text]: 10th Plenary Assembly, Int. Telecommun. Union. Int. Rad. Consult. Comm. Geneva. – 1964. Report 322. – 62 p.



## СЕТОЧНЫЕ 3D ИЗОБРАЖЕНИЯ И ИХ СПЕКТРЫ

Целью сжатия изображений является устранение физиологической и статистической избыточности за счет эффективного использования каналов связи для передачи телевизионных 3D-изображений.

Отображение информации в многомерном пространстве отвечает идее обработки изображений. В многомерном пространстве сохраняется топологическая близость: Таким образом, пространство сгруппировано в кластерах, аналогичных в некоторых отношениях.

Многомерный сигнал – это сигнал, где каждой выборке соответствует точка в  $d$ -мерном пространстве:  $d_x \in P^d$ , где  $x$  – выборка сигнала,  $P^d$  –  $d$ -мерное пространство.

Под уменьшением пространства сигнала мы понимаем линейное отображение исходного  $d$ -мерного пространства сигналов размерности  $k$ , где  $k < d$ . Оператор, осуществляющий этот переход должен определяться с учетом возможности обратного перехода в пространство  $P^d$ . Примером такого линейного оператора может служить ортонормальная матрица  $S$  размером  $K \times D$ . Для такой матрицы верно, что  $S^T \cdot S = E^k$ , в то время как  $S \cdot S^T \neq E^k$ , где  $S^T$  – транспонированная матрица  $S$  с размером  $D \times K$ ,  $E$  – единичная матрица размера  $K \times K$ . Размерность вектора может быть уменьшена помощью  $S$  матрицы [1].

Если использовать лемму Джонсон-Линденштрасса то можно утверждать, что при уменьшении размерности пространства сигнала существует такое отображение  $P^d \rightarrow P^k$ , при котором изображение в новом пространстве будет отличаться от оригинала не более чем на  $\varepsilon$  [2].

Динамические 3-D сетки представляют собой последовательности статических сеток с неизменной топологией, имеющие корреляционные связи как в пространстве, так и во времени. Методы сжатия таких сеток можно разделить на два класса: спектральные преобразования и предсказания в пространстве.

Вейвлет-преобразование и анализ главных компонент (РСА) в настоящее время конкурируют друг с другом среди спектральных методов [3]. Метод анализа главных компонент сводится к вычислению собственных векторов и собственных значений ковариационной матрицы исход-

---

<sup>1</sup> К.т.н., доцент каф. ТВ и РВ ОНАС им. А.С. Попова

ных данных. Иногда метод главных компонент называют преобразованием Карунена-Лозва или преобразованием Хотеллинга.

В преобразовании PCA доминируют подход сжатия динамических 3-D сеток за счет лучшего глобального приближения траектории вершин. Динамическая сетка представлена в виде матрицы большой размерности  $3VF$ , где  $V$  и  $F$  число вершин и кадров, соответственно. Сжатие достигается путем разложения этой матрицы методом PCA и опуская большинство основных векторов, которые затем могут быть восстановлены с помощью интерполяции. Этот метод эффективно работает на сетках, где число вершин существенно больше, чем количество кадров.

В последние годы для решения масштабных задач аппроксимации в пространстве предлагается использовать тензорное разложение. Идея метода состоит в замене тензора большого ранга на цепочку тензоров малой размерности [4].

Представление телевизионных изображений с помощью 3D-сеток является наиболее приемлемым результатом. Тем не менее, для передачи координат вершин требуется слишком широкополосные каналы. Анализ геометрического преобразования данных 3D-сетки в спектральном пространстве показал преимущества использования разложения тензоров. Мы можем говорить о вложенных спектральных пространствах с меньшей размерностью. С точки зрения телевизионных изображений такие иерархические пространства позволяет осуществлять различные разрешающие способности в зависимости от пропускной способности и производительности вычислительных устройств.

### Список литературы

1. S. Gumbold, W. Strasser, «Real Time Compression of Triangle Mesh Connectivity», Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series, (Proc. of ACM SIGGRAPH 98), pp. 133–140, 1998.
2. K. Müller, A. Smolic, M. Kautzner, P. Eisert, and T. Wiegand Predictive Compression of Dynamic 3D Meshes Image Processing, 2005. ICIP 2005. IEEE International Conference, 1–621–4
3. Ming Zhong, Hong Qin «Sparse approximation of 3D shapes via spectral graph wavelets» The Visual Computer June 2014, Volume 30, Issue 6–8, pp 751–761 2014
- I.V. Oseledets and E. E. Tyrtshnikov, «TT-cross approximation for multidimensional arrays», Linear Algebra Appl. 432(1), 70–88 (2010).

**КОРИСНЕ НАВАНТАЖЕННЯ ТАКТИЧНИХ БПЛА СУХОПУТНИХ ВІЙСЬК – СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ**

Тактичні БпЛА (ТБпЛА) сухопутних військ розглядаються як універсальний засіб, що знаходиться у безпосередньому розпорядженні командирів тактичної ланки (рівень бригада – батальйон) і здатний забезпечити збір необхідних розвідувальних даних у широкому спектрі протягом тривалого часу (до 3–5 годин) на значній відстані від лінії зіткнення сторін (від 15–20 км до 50–70 км), тобто здійснюючи «загоризонтну» розвідку.

З основних складових ТБпЛА слід виокремити корисне навантаження (у США корисне навантаження не входить до складу БпЛА, а є окремим самостійним компонентом БпАК), яке включає спеціалізоване обладнання (або вантаж чи озброєння), що встановлюється на внутрішній та/або на зовнішній підвісках ТБпЛА для виконання визначених цільових функцій (розвідка, цілевказування, ретрансляція та інші). До складу корисного навантаження ТБпЛА можуть входити:

1) сенсори (датчики) збору розвідувальної інформації (СЗРІ), а саме: телевізійні, інфрачервоні та фото-камери; тепловізори; лазерні цілевказівники та далекоміри; РЛС із синтезованою апертурою; системи визначення (індикації) наземних рухомих цілей; засоби радіо-, радіотехнічної та радіолокаційної розвідки; датчики радіоактивної, хімічної і бактеріологічної розвідки; сенсори виявлення вибухових пристроїв тощо;

2) обладнання для ретрансляції радіозв'язку;

3) системи та засоби ураження (подавлення, придушення) смертельної або несмертельної дії;

4) різноманітні прилади та вантажі.

Слід виділити такі основні тенденції розвитку корисного навантаження ТБпЛА:

---

<sup>1</sup> науковий співробітник НДВ (ЗСВуМОССД), НЦ СВ, Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

<sup>2</sup> к.т.н., с.н.с., начальник НДВ (ЗСВуМОССД), НЦ СВ, Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

<sup>3</sup> к.т.н., с.н.с., начальник НДЛ (АтаУД) НДВ (ЗСВуМОССД), НЦ СВ, Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

- використання змінного корисного навантаження модульного типу;
- інтеграція (комплексування) сенсорів (систем) збору розвідувальної інформації;
- застосування нових «нетрадиційних» СЗРІ (систем виявлення цілей) за різними фізичними ознаками об'єктів, наприклад, використання магнітометричних, акустичних та інших систем;
- зниження вартості розробки, виготовлення та експлуатації;
- збільшення співвідношення ваги корисного навантаження до злітної ваги ТБПЛА;
- зменшення енергоспоживання апаратури корисного навантаження;
- підвищення здатності до виконання цільових функцій в умовах завад, протидії противника, складної місцевості і т. ін.

Одним із головних напрямів створення сучасних тактичних БпАК є застосування змінного корисного навантаження модульного типу, різних варіантів СЗРІ на БпЛА з використанням уніфікованих інтерфейсів та інтеграцією (комплексуванням) систем збору інформації. Наприклад, одночасне встановлення на ТБПЛА теле- та інфрачервоної (тепловізійної) камер дозволяє здійснювати багатоспектральну видову розвідку, істотно підвищувати інформативність отримуваних зображень. Установлення лазерного далекоміра (цілевказівника) дає можливість оперативно та точно визначати координати цілі («підсвічувати» ціль).

Для ефективного застосування тактичних БпЛА залежно від завдань та умов їх виконання командири (оператори) підрозділів БпАК вирішують задачу вибору оптимального варіанту компоновки модулів корисного навантаження ТБПЛА. Тому існує нагальна проблема удосконалення існуючих методик та розробка нових методів оцінки ефективності застосування корисного навантаження модульного типу тактичного БпЛА.

## **МЕТОДОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ОСНОВЕ ЕДИНОГО РАДИОЛОКАЦИОННОГО ПОЛЯ НАД ТЕРРИТОРИЕЙ УКРАИНЫ**

Состояние атмосферы существенно влияет на работу многих хозяйственных отраслей. Особые угрозы в виде человеческих жертв и крупного материального ущерба представляют опасные явления погоды. Процессы эти быстротечны. Информация об их протекании необходима в реальном масштабе времени. Это требование можно выполнить на основе использования технологии радиолокационного мониторинга.

Во многих странах (западная и восточная Европа, Япония, США, Россия) существуют метеорологические радиолокационные сети [1–3]. Их создание было основано на процессном подходе. Т.е. в основу их функционирования положены различные приоритеты, позволяющие соответствующим службам получать необходимую информацию для прогнозирования. В одних странах сделан упор на решение задач штормового оповещения, в других – на метеорологическое обеспечение авиации, флота или автомобильного транспорта, в третьих – на решение задачи измерения количества осадков, в четвертых – на активные воздействия на атмосферные процессы и т.п.

Анализ пространственно-временных характеристик и параметров метеорологических объектов, явлений и процессов над территорией Украины приводит к выводу о том, что от процессного подхода к созданию сети нужно переходить к системному подходу по созданию системы всеобъемлющего радиолокационного мониторинга окружающей среды. Системный подход удовлетворит все потребности в информации о состоянии атмосферы любых заказчиков, в том числе и с учетом перспективы. Такое свойство системного подхода связано с тем, что при взаимодействии всех РЛС возникают эффекты, позволяющие недорогими методами удовлетворить пространственные, энергетические и временные требования к системе и оптимизировать ее построение. Отмеченный выше анализ позволил также провести климатологическое районирование территории страны для целей радиолокационного мониторинга и

---

<sup>1</sup> Кандидат технических наук, заведующий кафедрой автоматизированных систем мониторинга окружающей среды Одесского государственного экологического университета

предъявить требования к тактико-техническим характеристикам метеорологических радиолокационных станций, составляющих систему мониторинга. При таком подходе становится очевидной необходимость отказа от увеличения излучаемой мощности метеорологических радиолокационных станций (такой, как DWSR-10001C ЕЕС с мощностью излучения 1 МВт), что явно улучшит экологичность системы. Более того, для подобных РЛС отведение позиции сильно осложнено из-за большой санитарной зоны и дороговизны земли в районах с высокой плотностью населения. Разработанная методология построения радиолокационной системы мониторинга облегчает разрешение подобных коллизий. Она заключается в том, чтобы выбранную и заранее согласованную с заказчиками системы определенную толщину атмосферы, существенную для формирования объектов, явлений и процессов, подлежащих мониторингу, покрыть радиолокационным полем с характеристиками, позволяющими получить информацию об объектах, явлениях и процессах с заданными показателями качества, при этом обеспечив безопасность радиолокационной системы для людей.

В рамках фундаментальной научно-исследовательской работы с государственным финансированием (рег. № 0113U000164) в 2013–2015 годах апробирована предложенная методология и отработана методика построения радиолокационной системы мониторинга окружающей среды на основе единого радиолокационного поля над территорией Украины, разработано для этих целей программное обеспечение. Проведена оптимизация системы по 9 критериям: по пространственной привязке позиций метеорологических РЛС к существующей сети метеорологических станций; по минимуму перекрытия зон наблюдения; по устойчивости радиолокационного поля системы мониторинга окружающей среды; по уровню излучения, безопасного для людей и другим. В настоящее время работа продолжается в рамках прикладной научно-исследовательской работы с государственным финансированием (рег. № 0116U002509).

### **Список литературы**

1. Кольер К.Г. Создание сети метеорологических радиолокаторов в Европе – проект COST-73 Комиссии европейского сообщества. – Бюллетень ВМО, 1991. – т. 40. – № 4. – с. 445–451.
2. Golden J.H. The prospects and promise of NEXRAD: 1990's and beyond. – COST 73, 1989, p. 17–36.
3. Базлова Т.А., Бочарников Н.В., Брылев Г.Б. [и др.] Метеорологические автоматизированные радиолокационные сети / Под ред. Г.Б. Брылева. – С.-П.-б.: Гидрометиздат, 2002. – 332 с.

**ШЛЕЙФНЫЕ ОТВЕТВИТЕЛИ НА КОМБИНАЦИЯХ МПЛ И ЩЛ****Введение**

В современных системах мобильной связи, где миниатюризация имеет решающее значение, широко используются интегральные схемы СВЧ, в которых шлейфные направленные ответвители (НО) находят применение не только в качестве развязывающих устройств со свойствами мостов, но и как элементы для направленного отбора определенной части мощности из основной линии.

Для получения расчетных соотношений при анализе шлейфных НО удобно применять метод синфазного и противофазного возбуждения с учетом свойства симметрии рассматриваемой схемы [1].

При условии равного деления мощности для выполнения условий согласования и развязки необходимо увеличивать волновое сопротивление крайних шлейфов НО, что накладывает технологические ограничения при реализации структур НО на подложках с  $\epsilon_r \approx 10$ . Однако при неравном делении мощности, как показано в работе [2], можно избежать большей части отмеченных технологических ограничений.

При увеличении количества шлейфов рабочая полоса частот НО расширяется, однако при этом значительно увеличиваются продольные габариты устройства. В связи с этим актуальной является разработка широкополосных НО с меньшими технологическими ограничениями.

**НО на комбинациях МПЛ и ЩЛ**

Примерный вид топологии НО на комбинации МПЛ и ЩЛ представлен на рис. 1, где в верхней плоскости показана геометрия полосковой структуры, а в нижней плоскости – геометрия щелевой структуры. Цифры 1, 2, 3, 4 соответствуют номерам плеч устройства, а  $Z_1$ ,  $Z_2$ ,  $Z_3$  – волновые сопротивления соответствующих линий.

---

<sup>1</sup> к.ф.-м.н., доцент кафедры защиты информации Запорожского национального технического университета, г. Запорожье, Украина.

<sup>2</sup> к.т.н., доцент кафедры радиотехники Запорожского национального технического университета, г. Запорожье, Украина.

<sup>3</sup> аспирант кафедры защиты информации Запорожского национального технического университета, г. Запорожье, Украина.

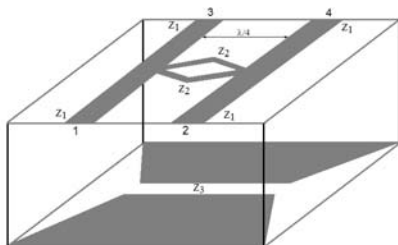


Рис. 1. Топология НО на комбинации МПЛ и ЩЛ

Следует отметить, что схема на рис. 1 является противонаправленной; рабочими плечами здесь являются плечи 2 и 3, а плечо 4 – развязано. В соответствии с этим коэффициент деления мощности будет определяться выражением

$$k = \frac{|S_{21}|^2}{|S_{31}|^2}.$$

Тогда из матрицы рассеяния такого НО несложно получить однозначные соотношения для расчета волновых сопротивлений  $Z_2$  и  $Z_3$  через  $Z_1$  и  $k$

$$Z_2 = Z_1 \cdot \frac{1 + \sqrt{1+k}}{\sqrt{k}}, \quad Z_3 = Z_1 \cdot \sqrt{k}$$

Другая структура компактного ответвителя на комбинации МПЛ и ЩЛ представлена на рис. 2. Обозначения здесь соответствуют рис. 1.

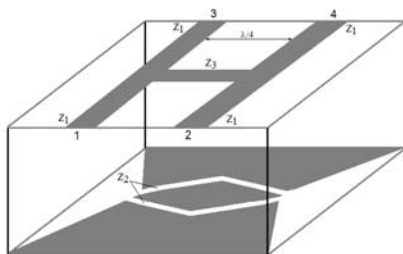


Рис. 2. Другой вариант топологии НО на комбинации МПЛ и ЩЛ

По аналогии со структурой на рис. 1, из матрицы рассеяния такого ответвителя в случае согласования и развязки получаются простые формулы для расчета волновых сопротивлений  $Z_2$  и  $Z_3$



$$Z_2 = Z_1 \cdot \frac{\sqrt{1+k} - 1}{\sqrt{k}}, \quad Z_3 = \frac{Z_1}{\sqrt{k}}.$$

Электродинамическое моделирование в системе MWO с учетом дисперсии и потерь в линиях подтверждает характеристики предлагаемых НО на комбинациях полосковых и щелевых линий передачи. На рис. 4 показана топология НО, соответствующая рис. 1.

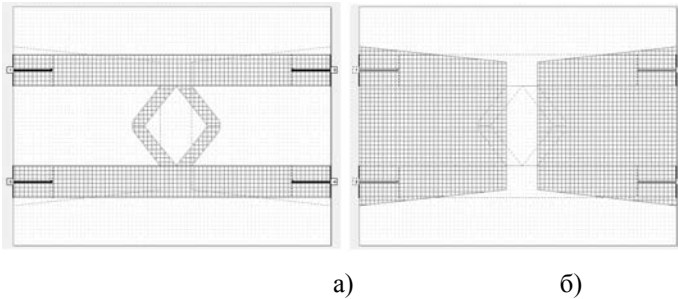


Рис. 4. Топология НО в системе MWO:  
а) МПЛ структура, б) ЦЛ структура

Моделирование проводилось в диапазоне частот 12 – 16 ГГц с использованием GaAs диэлектрической подложки толщиной  $h=1$  мм с параметрами  $\epsilon_r = 9.8$  и  $tg\delta = 0.0005$ . Результаты моделирования НО с равным делением мощности в рабочих плечах представлены на рис. 5.

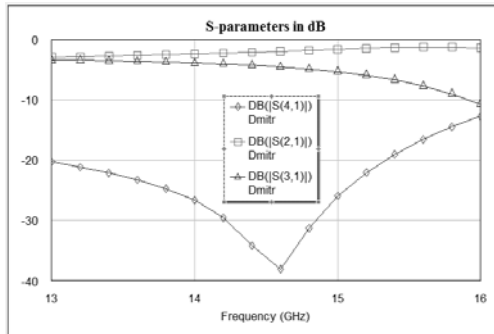


Рис. 5. Частотные характеристики НО в системе MWO

При этом наблюдается прекрасное согласование схем с основным трактом, имеющим волновое сопротивление 50 Ом – во всем частотном диа-

пазоне  $K_{CB} < 2$ , а минимальное значение на рабочей частоте  $K_{CB} = 1.04$ , что видно на рис. 6.

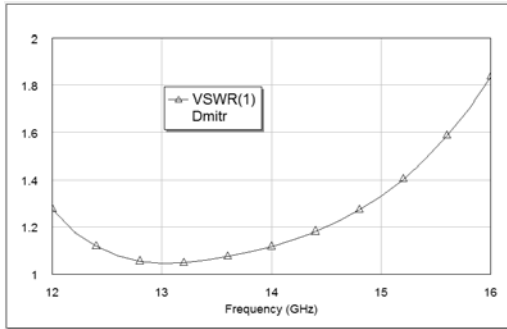


Рис. 6. КСВ ответвителя в диапазоне частот

Следует отметить, что предлагаемая методика проектирования НО на комбинациях линий передачи обладает чрезвычайно большими потенциальными возможностями при подборе требуемых электрических характеристик устройств.

### Заключение

Представлены два варианта компактных НО на комбинации МПЛ и ЦЛ. С использованием свойства симметрии схем получены матрицы рассеяния предлагаемых ответвителей. Из условия полного согласования и развязки выведены формулы для расчета волновых сопротивлений  $\lambda/4$  отрезков линий передачи, определяющих топологию ответвителей. Предложенные схемы имеют малые размеры, однако обладают лучшими параметрами, чем классический трехшлейфный ответвитель на МПЛ. Рассмотренные конструкции малогабаритных НО могут найти применение, например, в современных системах мобильной связи для развязки каналов, распределения мощности, преобразования частоты, если при их конструировании не требуется смежное расположение выходных плеч.

### Список литературы

1. D.M. Pozar, Microwave engineering, 4th edition. (John Wiley&Sons, Inc., 2012) p. 756.
2. Романенко С.Н., Дмитренко В.П., Воскобойник В.А. Расчет шлейфных направленных ответвителей на МПЛ с учетом дисперсии и потерь в линиях. РИУ, 2013, №2, с.

## ІНТЕГРАЛЬНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ВІДХИЛЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЄМНОСТІ ВІД НОМІНАЛЬНОГО ЗНАЧЕННЯ

В більшості задач контролю та управління різними об'єктами з використанням ємнісних давачів різного призначення, зокрема в безплатформних інерціальних навігаційних системах, де використовуються ємнісні мікромеханічні акселерометри та гіроскопи, інформація закладена не в абсолютне значення електричної ємності, а у її відхилення від деякого номінального значення. Однак принцип роботи більшості використовуваних вимірювальних перетворювачів оснований на вимірюванні повного значення ємності давача, що не дозволяє ефективно використовувати діапазон перетворення вимірювальних пристроїв. Тому останнім часом ряд фірм та окремі розробники пропонують оригінальні варіанти схемної побудови вимірювачів відхилення електричної ємності давача відносно деякого еталонного значення. Тут перш за все варто виділити АЦП приросту ємності з використанням сигма-дельта модуляції, реалізовані як завершені інтегральні мікросхеми, наприклад, AD7745/AD7746 та AD7747.

Більш широкий діапазон перетворення відносної зміни ємності забезпечують перетворювачі приросту ємності в напругу на базі двох інтеграторів. На рис. 1 наведена реалізація такої схеми на сучасній елементній базі при використанні прецизійного аналогового мікроконтролера, наприклад, ADuCM360/ADuCM361 [1] з вбудованим диференціальним підсилювачем з програмованим коефіцієнтом підсилення (PGA), двома 24-розрядними АЦП, двома вбудованими програмованими джерелами струму та 32-розрядними таймерами, а також додаткових зовнішніх ключів та ФНЧ. Тактовий генератор реалізується на базі вбудованого таймера.

Теоретично дана схема може забезпечити мінімальне номінальне значення  $C_{0,min} = 32 \text{ нФ}$  з дискретністю 1 фФ (при ефективній розділовій здатності АЦП 15 розрядів та частоті опитування 8 кГц). Однак досягнення таких параметрів обмежується впливом паразитних параметрів (кінцевий вхідний опір PGA, опори витоку ключів та ін.). При використанні швидкодіяного АЦП функцію ФНЧ реалізують програмними засобами.

Аналогічний перетворювач можна реалізувати на серійних мікросхемах CAV424 Analog Microelectronics [2] (рис. 2), де струми інтеграторів задаються зовнішніми резисторами  $R_2$  та  $R_3$  і опорною напругою  $U_{оп}$ . Частота тактового генератора задається зовнішніми елементами  $R_6$  і  $C_{оск}$ .

---

<sup>1</sup> к.т.н., докторант кафедри комп'ютеризованих електротехнічних систем і технологій Національного авіаційного університету, м. Київ

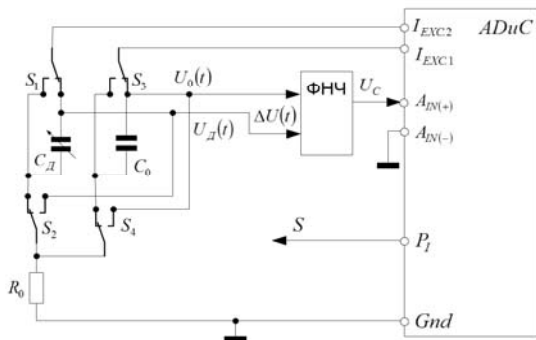


Рис. 1. Структурна схема перетворювача відносного відхилення значення ємності від номіналу на базі аналогового мікроконтролера

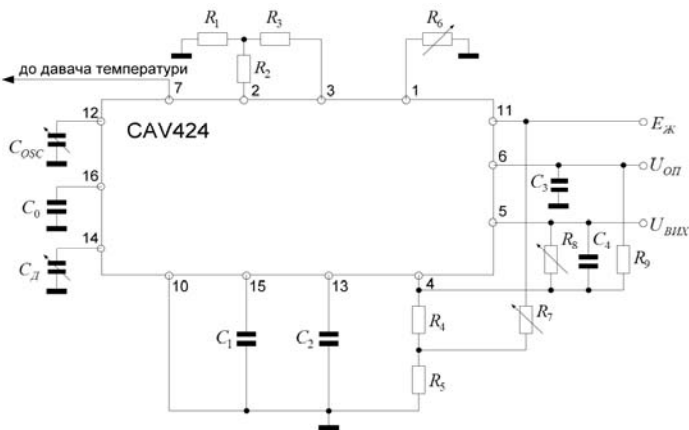


Рис. 2. Схема перетворювача ємність – напруга на ІМС CAV424

Використання даних ІМС розв’язує більшість технічних задач контролю приростів електричної ємності датчиків. Однак наявність зовнішніх навісних елементів ускладнює забезпечення високої точності вимірювань.

### Список літератури

1. Using the ADuCM360 Low Power, Precision Analog Microcontroller with Dual Sigma-Delta ADCs, ARM Cortex-M3. <http://www.analog.com>.
2. CAV424 – C/U transducer IC with adjustable output voltage. <http://www.analogmicro.de>

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ АДАПТИВНОЙ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ НА ФОНЕ ГАУССОВЫХ ШУМОВЫХ ПОМЕХ

Высокое быстродействие адаптивной пространственной обработки сигналов на фоне шумовых помех (**ШП**) – необходимое условие ее эффективной работы в типичных условиях малых интервалов стационарности входных воздействий. Под мерой быстродействия понимается объем обучающей выборки, при котором потери эффективности (например, отношения сигнал/(помеха + шум) (**ОСПШ**)) исследуемого алгоритма адаптации по выбранному критерию по сравнению с гипотетической ситуацией отсутствия априорной неопределенности не превосходят допустимой величины (здесь 3 дБ).

В докладе анализируются 4 разновидности адаптивных алгоритмов и устройств. В качестве основного критерия сравнения алгоритмов и устройств используется зависимость от объема  $K$  обучающей выборки потерь в **ОСПШ**

$$\hat{\chi}(K) = \hat{\mu}(K)/\mu \leq 1 \quad (1)$$

анализируемого адаптивного алгоритма или устройства ( $\hat{\mu}(K)$ ) по сравнению с его максимальным значением  $\mu$  в гипотетической ситуации отсутствия априорной неопределенности.

1. Быстродействие корреляционных автокомпенсаторов (**АК**), адаптирующихся по градиентному алгоритму, зависит от степени сложности помеховой обстановки: числа и расположения источников помех, их интенсивности (разброса собственных чисел пространственной корреляционной матрицы (**КМ**) **ШП**) и может быть недопустимо большим. Еще один недостаток такого **АК** – возможная неустойчивость его работы при увеличении коэффициента усиления цепей корреляционных обратных связей или при росте интенсивности внешних воздействий. В докладе

---

<sup>1</sup>Кандидат технических наук доцент, ведущий научный сотрудник Харьковского национального университета радиоэлектроники (ХНУРЭ)

<sup>2</sup>Доктор технических наук профессор, главный научный сотрудник ХНУРЭ

<sup>3</sup>Научный сотрудник ХНУРЭ

<sup>4</sup>Научный сотрудник ХНУРЭ

<sup>5</sup>Главный научный сотрудник ХНУРЕ

приводится разработанный модифицированный алгоритм адаптивной настройки, обеспечивающий устойчивую работу цифрового **АК**.

2. Быстродействие квазиньютоновских алгоритмы адаптации на основе оценок максимального правдоподобия (**МП оценок**) пространственных **КМ** гауссовых шумовых помех общего вида не зависит от степени сложности помеховой обстановки. При этом необходимое количество обучающих выборок **ШП**  $K$  для входа в зону «3 дБ потерь» в **ОСПШ** определяется удвоенным количеством управляемых приемных каналов  $K \approx 2 \cdot M$ .

Основной недостаток таких алгоритмов оценивания **КМ** заключается в невозможности адаптироваться на их основе до набора обучающих выборок объема, равному количеству управляемых приемных каналов приема. Поэтому эффективная адаптация на основе этих оценок возможна только в относительно малоканальных системах обработки, при малом числе источников **ШП**.

3. При диагональной регуляризации **МП оценок КМ** адаптация начинается уже с первой обучающей выборки, а быстродействие существенно повышается. Так, вход в зону «3 дБ потерь» обеспечивается при выборке объема  $K = 2 \cdot n$ , вдвое большего числа  $n$  внешних источников **ШП**, что в реальных условиях  $n \ll M$  существенно меньше, чем при адаптации на основе нерегуляризованных **МП оценок КМ**.

4. В адаптивных решетчатых фильтрах (**АРФ**) вместо явно сформированных оценочных **КМ** и матриц, обратных им, используются их так называемые мультипликативные (факторизованные) представления – в виде произведения слабозаполненных матриц различной структуры, что порождает многоступенчатую структуру этих фильтров. Они строятся из набора элементарных решетчатых фильтров – двухвходовых весовых сумматоров с перекрестными связями.

При высокой разрядности вычислений, в частности, при практически неограниченной (двойной) разрядной сетке в пакете прикладных программ «Matlab» **АРФ** полностью эквивалентны квазиньютоновским **АК** с параметрами на основе **МП оценки КМ** общего вида или ее диагонально регуляризованной разновидности.

Однако при реально конечной разрядности предпочтительным оказывается **АРФ**. Так, по сравнению с квазиньютоновским **АК** при вычислениях с ограниченной (одинарной) разрядной сеткой в пакете программ «Matlab» выигрыш **АРФ** в **ОСПШ** составил 13 дБ и более.

## НАВІГАЦІЙНА ІНФОРМАЦІЯ В СИСТЕМІ РОЗВІДКИ СУХОПУТНИХ ВІЙСЬК

Аналіз досвіду ведення бойових дій в останніх збройних конфліктах, миротворчих операціях виявив недостатнє оснащення Сухопутних військ засобами розвідки, сучасними автоматизованими системами обробки інформації тощо. Задача системи розвідки – швидко та точно вказати вогневим засобам або підрозділам місцезнаходження цілі, напрям на ціль, відстань до цілі для її ураження. Однак, без удосконалення елементів системи розвідки, ефективно вирішувати ті задачі неможливо.

Специфіка сучасного бою (зменшення розмірів угруповань противника та різка зміна їх дислокації) потребують застосування «точечного ураження» для вогневого впливу на противника, який знаходиться в тактичній полосі оборони. Для цього є необхідним визначення об'єктів противника в районах, що є за межами досяжності існуючих оптичних засобів спостереження розвідувальних машин. Таким чином, висока ефективність ведення бою значною мірою залежить від точності визначення параметрів цілі.

Військові фахівці у світі розглядають навігаційне забезпечення як один з найважливіших видів бойового забезпечення, а навігаційну апаратуру – як одну з головних складових системи управління військами. Повнота, безперервність та точність навігаційної інформації, яка циркулює в цій системі, значною мірою впливає на високу ефективність управління підрозділами та застосування озброєння і військової техніки під час бойових дій. Виходячи з того що вимоги військових споживачів щодо класу точності, безперервності та обсягу навігаційної інформації різні, перед розробниками та промисловістю виникає питання, якого типу навігаційні системи і з якою точністю визначення даних слід виготовляти [1].

З метою досягнення інформаційної переваги, провідні країни світу впроваджують високотехнологічні інтегровані системи збору, обробки, розповсюдження, моделювання, візуалізації інформації та підтримки при-

---

<sup>1</sup> к.т.н., с.н.с., начальник НДВ (ЗСВуМОССД), НЦ СВ, Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

<sup>2</sup> д.т.н., проф., п.н.с. НДВ (СУВ) НЦ СВ, Національна Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

<sup>3</sup> к.т.н., н.с. НДВ (ЗСВуМОССД) НЦ СВ, Національна Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

йняття рішень, які функціонують практично у режимі реального часу, а також застосовують відповідні організаційні процедури та протоколи інформаційно-управлінської діяльності. Так, наприклад, паралельно з проведенням реформи «сухопутні війська майбутнього» артилерія Німеччини замінює частину своїх засобів розвідки новими системами, які відповідають сучасним технічним вимогам. За допомогою точної навігаційної установки і лазерного вимірювача відстаней стало можливим визначення координат цілі на великій відстані [2].

Проведені дослідження показали, що одним з перспективних напрямків модернізації системи розвідки у підрозділах Сухопутних військ є використання даних, визначених із застосуванням літального апарату (наприклад, літаючої платформи).

Показано, що похибки визначення координат розвідувальної машини домінуючим чином впливають на похибку визначення параметрів цілі. Запропонований алгоритм визначення параметрів цілі при використанні параметрів, які визначено із застосуванням літаючої платформи, та представлені залежності для оцінювання похибки визначення цих параметрів дозволяють висувати вимоги до точності вимірювального обладнання з заданою точністю [3].

Таким чином, актуальним є дооснащення системи розвідки боковим спостережним пунктом повітряного базування, що працює на базі навігаційної інформації. Це дозволить дозволить у режимі часу наближеному до реального, покращити точності характеристики та дасть змогу загалом покращити бойові властивості.

### Список літератури

1. Корольов В.М., Лучук Е.В., Заєць Я.Г., Корольова О.В., Мірошніченко Ю.В. Аналіз світових тенденцій розвитку систем навігації для сухопутних військ / Військово-технічний збірник / Академія сухопутних військ. – № 1(4). – Львів: АСВ, 2011. – С. 19–29.
2. Роланд Галл. Разведывательные возможности артиллерии сухопутных войск будущего (Roland Gall. Aufklärungsfähigkeiten der Artillerie im Heer der Zukunft Soldat und Technik). – 2012 – November. – S. 13–18.
3. Корольова О.В. Обґрунтування вимог до структури системи зовнішнього цілевказання для артилерійських підрозділів при використанні літаючої платформи / Корольова О.В. // Науково-технічний збірник ЦНДІ ОВТ. – 1(52) – Київ: ЦНДІ ОВТ, 2014. С. 48–58.



**РАЗВИТИЕ МЕТОДА ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ  
МАКРОСКОПИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ ДЛЯ  
НАХОЖДЕНИЯ СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ ПРЯМОУГОЛЬНОГО  
РЕЗОНАТОРА С МНОГОСЛОЙНОЙ ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ  
ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ НЕОДНОРОДНОСТЬЮ**

Развитие техники СВЧ связано с совершенствованием параметров и конструкций полупроводниковых устройств. Полупроводниковые устройства успешно применяются в диапазоне от метровых до субмиллиметровых волн. Их достоинством являются: высокое быстродействие, малые габариты и масса, незначительные мощности управления. Для управления используется свойство полупроводниковых структур менять свои параметры при действии внешнего напряжения или тока. В нижней части сантиметрового и миллиметрового диапазона используются распределенные полупроводниковые структуры, размеры которых сравнимы с длиной волны и занимают всю высоту волновода или резонатора.

Расчет параметров таких устройств представляют собой очень интересные и сложные задачи. В настоящее время расчет их, как правило, проводится методами теории цепей, представляя полупроводниковый элемент в виде различных соединений элементов с сосредоточенными параметрами без учета геометрии полупроводника.

В представленном докладе расчет параметров прямоугольного резонатора с двухслойным полупроводниковым элементом решается методом интегральных уравнений макроскопической электродинамики [1]. Этот метод позволяет учитывать как параметры полупроводникового элемента, так и его геометрическую форму и слоистую структуру (рис. 1).

Используя метод интегральных уравнений, вычислены комплексные частоты низшего типа колебаний резонатора с двухслойной цилиндрической вставкой, представляющей модель полупроводникового диода [2].

---

<sup>1</sup> ст. преподаватель каф. Радиотехники и телекоммуникаций Запорожского национального технического университета

<sup>2</sup> д-р техн. наук, профессор, директор Института информатики и радиоэлектроники Запорожского национального технического университета

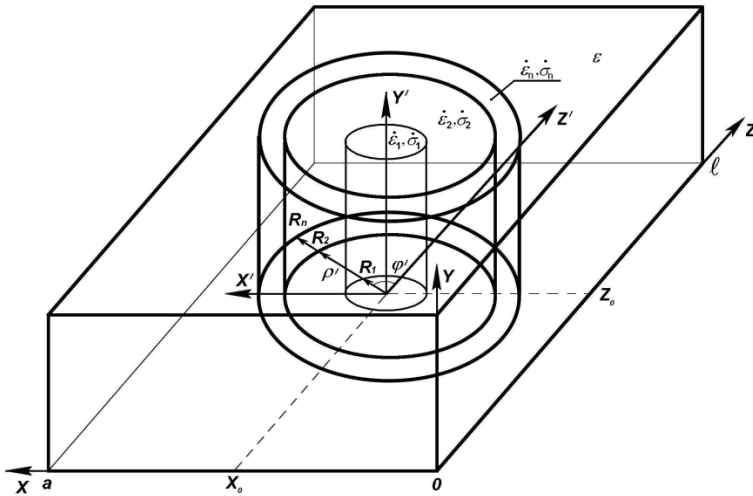


Рис. 1. Резонатор с двухслойным заполнением

Показано, как влияют параметры вещества из которого изготовлены вставки на комплексную частоту резонаторной структуры и установлена линейная зависимость как действительной, так и мнимой частей комплексной частоты от проводимости p-n перехода полупроводника.

Метод позволяет оптимизировать параметры резонатора при решении конкретных практических вопросов в зависимости от геометрии и параметров полупроводниковых и диэлектрических структур.

### Список литературы

1. Хижняк Н.А. Интегральные уравнения макроскопической электродинамики. К. :Наумова думка, 1986. 279 с.
2. Bondaryev V. P., Samoylyk S.S. Proper frequencies of a rectangular resonator with multilayer semiconductor cylinder heterogeneity : Proceedings of the Sixth Kharkov International Symposium [«Physics and Engineering of Millimeter and Submillimeter Waves – MSMW'2007»], (Ukraine, Kharkov, June 25 – 30, 2007) / Scientific Council of the National Academy of Sciences of Ukraine on Radio-Physics and Microwave electronics. Kharkov: Kharkov State University, 2007. Vol. 1. P. 366–368.

## **ПРОСТОЙ ГЕНЕРАТОР ХАОСА НА ОСНОВЕ БИПОЛЯРНОЙ ТРАНЗИСТОРНОЙ СТРУКТУРЫ С ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ**

Генераторы хаоса широко используются в радиотехнике и телекоммуникациях. Теория генераторов хаоса детально разработана [1–2]. Существуют много схемотехнических и конструкторских решений генераторов хаоса. По виду использованных активных элементов генераторы хаоса можно разделить на две группы: 1) на основе дискретных элементов; 2) на основе интегральных микросхем. Особенность радиотехники и телекоммуникаций заключается в том, что передача информации осуществляется на высоких частотах. Поэтому актуальным научным направлением является разработка и исследование высокочастотных генераторов хаоса на дискретных активных элементах. Наибольшего распространения получили транзисторные генераторы хаоса на основе схемы Колпитца. Генераторы хаоса по схеме Колпитца работают в широком диапазоне частот от сотен килогерц до 10 ГГц и выше. Основными преимуществами таких генераторов хаоса есть: 1) простота схемы и надежность работы; 2) работа в широком диапазоне радиотехнических частот.

Однако транзисторные генераторы хаоса по схеме Колпитца имеют такие основные недостатки: 1) сложность управления параметрами хаотических колебаний; 2) влияние паразитных емкостей коллекторного и эмиттерного переходов биполярного транзистора на динамику хаотических колебаний в УВЧ и СВЧ диапазонах.

Актуальной научно-технической задачей есть создание теории и разработка генераторов детерминированного хаоса с электрическим управлением динамикой колебаний.

Простой способ получения генератора хаотических колебаний заключается в добавлении к синусоидальному генератору электрической цепи из последовательно соединенных диода, резистора и катушки индуктивности [1, 2]. В работе рассмотрена возможность получения хаотического режима в генераторе на основе биполярной транзисторной структуры с отрицательным сопротивлением, схема которого на рис. 1.

---

<sup>1</sup> К.т.н., докторант ВНТУ

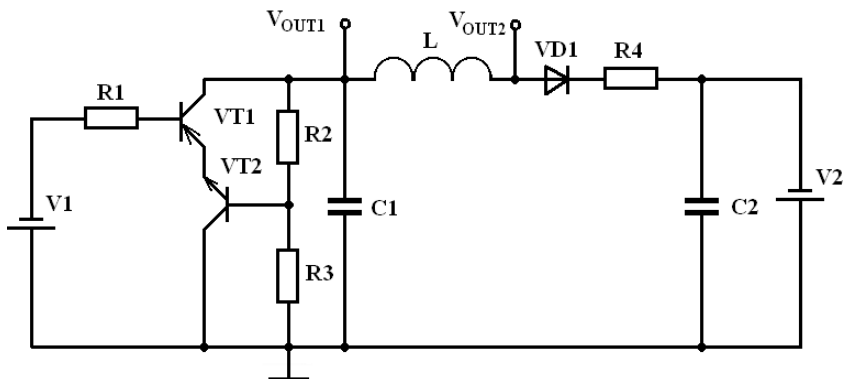


Рис. 1. Электрическая схема простого генератора хаоса

Активный элемент генератора на биполярных транзисторах VT1–VT2 имеет семейство  $\lambda$ -подобных вольтамперных характеристик. Путем выбора напряжений питания V1 и V2 рабочая точка устанавливается на падающем участке ВАХ. В таком случае комплексное сопротивление активного элемента генератора на электродах коллектор VT1 – коллектор VT2 для переменного тока имеет отрицательные активную и реактивную составляющие. Параллельно активному элементу генератора подключен конденсатор C1 величиной 3.3 нФ. Таким образом, уменьшено влияние зависимости от амплитуды величины емкостной составляющей реактивного сопротивления транзисторной структуры VT1–VT2. Конденсатор C2 используется для шунтирования источника питания V2 от переменного тока. Колебательный контур генератора состоит из катушки индуктивности L и емкостного элемента в виде реактивной составляющей сопротивления транзисторной структуры VT1–VT2 с параллельно подключенным конденсатором C1. Наличие диода VD1 последовательного с резистором R4 в индуктивной ветки колебательного контура приводит к возникновению хаотических колебаний в генераторе.

### Список литературы

1. Cherif Aissi. Introducing chaotic circuits in an undergraduate electronic course // Proceedings of the 2002 ASEE Gulf-Southwest Annual Conference, The University of Louisiana at Lafayette, March 20–22, 2002, pp. 1–8.
2. Cherif Aissi, Demetrios Kazakos. A Review of Chaotic circuits, Simulation and Implementation // Proceedings of the 10th WSEAS International Conference on Circuits, Vouliagmeni, Athens, Greece, July 10–12, 2006, pp. 125–131.

## **АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ ПОГІРШЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВІАЦІЙНИХ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ ЗАСОБІВ**

Авіаційні радіоелектронні засоби (АРЕЗ) в цивільній авіації використовуються для радіотехнічного забезпечення польотів у частині зв'язку, навігації та спостереження, а також для догляду пасажирів та багажу в підрозділах Служби авіаційної безпеки. Процеси використання за призначенням АРЕЗ, технічного обслуговування та ремонту, моніторингу та контролю визначальних параметрів, здійснення корегувальних та запобіжних дій виконуються у відповідних системах експлуатації (СЕ) [1].

Відомо, що технічний стан АРЕЗ в процесі експлуатації може змінюватися внаслідок пошкоджень та відмов, обумовленими деградаційними процесами, нестабільністю електроживлення, іншими внутрішніми та зовнішніми чинниками. Погіршення технічного стану призводить до збільшення експлуатаційних витрат, що негативно впливає на рівень ефективності використання АРЕЗ за призначенням. Своєчасне виявлення погіршення технічного стану є актуальною науково-технічною задачею.

Існує багато моделей погіршення технічного стану, проте всі вони пов'язані зі збільшенням значення інтенсивності відмов АРЕЗ. Аналіз показує, що найбільш уживаними моделями погіршення технічного стану АРЕЗ є стрибкоподібна, лінійна та квадратична [2; 3].

Задачі аналізу процесу погіршення технічного стану АРЕЗ умовно можуть бути розподілені на дві групи: виявлення та оцінювання параметрів. Обидві групи задач можуть бути вирішені шляхом використання класичних (з фіксованим обсягом вибірки) та послідовних (з наперед невідомим обсягом вибірки) процедур статичної обробки даних.

У цій роботі розглянемо процедури оцінювання параметрів для трьох моделей погіршення технічного стану АРЕЗ з використанням методу максимальної правдоподібності на основі класичного методу.

Тренд зміни інтенсивності відмов, що може бути використаний для опису найуживаніших моделей, описується відповідно до співвідношення:

---

<sup>1</sup> д-р техн. наук, професор кафедри авіаційних радіоелектронних комплексів Національного авіаційного університету

<sup>2</sup> канд. техн. наук, доцент кафедри авіаційних радіоелектронних комплексів Національного авіаційного університету

$$\lambda(t) = \begin{cases} \lambda, & \text{якщо } t \leq k, \\ \lambda + (i+1)at^i, & \text{якщо } t > k. \end{cases}$$

де  $\lambda$  – значення інтенсивності відмов до початку погіршення технічного стану АРЕЗ ( $\lambda > 0$ );  $a$  – параметр погіршення технічного стану АРЕЗ ( $a > 0$ );  $i$  – параметр, що характеризує модель погіршення технічного стану ( $i=0$  для стрибкоподібної,  $i=1$  для лінійної,  $i=2$  для квадратичної моделей);  $k$  – момент початку погіршення технічного стану (кількість зафіксованих відмов до початку погіршення технічного стану).

У випадку використання експоненціальної моделі тривалостей напруження між відмовами  $t_j$  (для загальної кількості зафіксованих відмов  $n$  на інтервалі спостереження) та вважаючи невідомим лише один параметр погіршення технічного стану  $a$ , може бути отримана така оцінка цього параметру:

$$a = \frac{n \sum_{j=1}^k t_j - k \sum_{j=1}^n t_j}{\sum_{j=1}^k t_j \sum_{j=k+1}^n t_j^{i+1}}.$$

Результати статистичного моделювання підтвердили правильність отриманого співвідношення для оцінки параметра  $a$ .

Розглянута процедура оцінювання може бути використана під час проектування та модернізації СЕ. Наявність такої процедури буде сприяти прийняттю своєчасних та вірних рішень у процесі управління експлуатацією АРЕЗ.

### Список літератури

1. Solomentsev O.V., Melkumyan V.H., Zaliskyi M.Yu., Asanov M.M. «UAV operation system designing.» IEEE 3rd International Conference on Actual Problems of Unmanned Air Vehicles Developments. Proceedings. October 13–15, 2015 (Kyiv, Ukraine), PP. 95 – 98.
2. Solomentsev O., Zaliskyi M., Nemyrovets Yu., Asanov M. «Signal processing in case of radio equipment technical state deterioration.» Signal Processing Symposium 2015. Proceedings. June 10–12, 2015 (Debe, Poland), PP. 1 – 5.
3. Zaliskyi M. Yu. «Reliability parameters estimation in case of aviation radio electronic devices technical state deterioration». Electronics and Control Systems. Kyiv, NAU, 2015, № 3 (45), PP. 18 – 22.

## **ЗМЕНШЕННЯ ВПЛИВУ УМОВ СКЛАДНОЇ ФОНОВО-ЦІЛЬОВОЇ ОБСТАНОВКИ НА ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМ РОЗВІДКИ ПОЛЯ БОЮ НА ОСНОВІ РОЗВИТКУ МЕТОДІВ КОМПЛЕКСУВАННЯ РІЗНОСПЕКТРАЛЬНИХ ЗОБРАЖЕНЬ**

Принципово нова форма ведення бойових дій із застосуванням технологій «гібридної війни» на сході України включає весь комплекс заходів, щодо приховування дій противника на полі бою. Аналіз тактики дій незаконних збройних формувань проти підрозділів Збройних Сил України, що задіяні у антитерористичній операції (АТО), показав, що основна частина бойових зіткнень та обстрілів позицій сил АТО відбувається тоді, коли ефективність засобів розвідки поля бою є обмеженою через застосування противником засобів маскувannya, введення в оману, а також дію природних факторів, пов'язаних з погодними умовами, часом доби та ін. Заходи щодо маскувannya дій противника, зменшення помітності техніки та особового складу, а також використання природних факторів зменшення помітності обумовлює виникнення складної для засобів розвідки фоново-цільової обстановки, наслідком якої є зменшення контрастності зображень поля бою, а також втрата частини інформації.

Зменшення впливу умов складної фоново-цільової обстановки на функціонування систем розвідки поля бою потребує розв'язання протиріччя між необхідністю отримання якісної достовірної інформації та недостатніми можливостями існуючих засобів розвідки поля бою в умовах складної фоново-цільової обстановки. Для отримання розвідувальної інформації в умовах будь-якої фоново-цільової обстановки пропонується застосовувати датчики різної фізичної природи (ДРФП), а також здійснювати комплексування зображень від них.

Окрім впливу противника на якість отриманої інформації про поле бою, ефективність функціонування систем розвідки з ДРФП може значно знижуватися за умови впливу метеорологічних факторів, турбулентності атмосфери, високої вологості повітря, при наближенні теплового контрасту об'єкта розвідки до нуля, в моменти інверсії [1]. При цьому найбільш повно інформація про поле бою може бути представлена шляхом поєд-

---

<sup>1</sup> Таршин В.А. – к.т.н., доцент, докторант науково-організаційного відділу Харківського національного університету Повітряних Сил.

<sup>2</sup> Танцюра О.Б. – ад'юнкт науково-організаційного відділу Харківського національного Повітряних Сил.

нання інформативних ознак зображень, отриманих від ДРФП, що обумовлює необхідність розвитку відповідних методів комплексування різноспектральних зображень.

За результатами досліджень, проведених авторами, обґрунтовані основні показники якості комплексованих зображень отриманих в умовах складної фоново-цільової обстановки. До таких показників відносяться математичне очікування, дисперсія та кореляція в околиці точки зображення. Відповідно до цього, для рішення задачі зменшення впливу умов складної фоно – цільової обстановки на функціонування систем розвідки поля бою відомі методи комплексування різноспектральних зображень [2–3] не можуть бути застосовані напряду.

Пропонується надати подальший розвиток методам комплексування різноспектральних зображень шляхом усунення неоднозначностей, які виникають при застосуванні існуючих методів.

Застосування удосконалених методів дозволяє підвищити основні показники якості комплексованих зображень та знизити вплив умов складної фоно – цільової обстановки на функціонування систем розвідки.

### Список літератури

1. Балоев В.А. Анализ путей повышения эффективности наземных оптико-электронных комплексов наблюдения / В.А. Белоев, С.С. Мишанин, В.А. Овсянников, В.Л. Филинов, С.Е. Якубсон, В.С. Яцык // Оптический журнал 2012 73(3) С. 22–32;
2. Инсаров В.В. Задачи принятия решений при слиянии изображений различных спектральных диапазонов [Электронный ресурс]: Электронный научно-технический журнал «Техническое зрение» / В.В. Инсаров, Михайлов И.И., Тохно С.В.// Техническое зрение. – Вып. 3(3) С. 29–36;
3. Никитин О.Р. Морфологическое комплексирование многоспектральных изображений земной поверхности/ О.Р. Никитин, А.Н.Кисляков/ Радиотехнические и телекоммуникационные системы 2012 №2 С. 36–39.



## ВАГОВИЙ КРИТЕРІЙ СУМІСНОГО ПОШУКУ І ВИЯВЛЕННЯ ОБ'ЄКТІВ В ПОТОЧНІЙ ЗОНІ ОГЛЯДУ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

При вирішенні проблеми сумісної оптимізації пошуку і виявлення об'єктів в радіолокаційних системах однією з задач є задача синтезу вирішальних правил сумісної оптимізації пошуку і виявлення об'єктів [1]. В якості критерію оптимізації, як правило, обирається байєсівський критерій мінімуму середнього ризику. Для оптимізації вирішального правила в системах виявлення наряду з байєсівським критерієм мінімуму середнього ризику широко використовується критерій максимальної правдоподібності. В роботі розглянуто особливості використання критерію максимальної правдоподібності при сумісній оптимізації пошуку і виявлення об'єктів в радіолокаційній системі. Алгоритм сумісної оптимізації пошуку та виявлення будемо шукати в класі оптимальних байєсівських алгоритмів прийняття рішень, при використанні якого досягається мінімальне значення (нижня межа) середнього ризику.

У відомих роботах [2] розглянуто випадок прийняття простої гіпотези проти простої альтернативи та отримано вираз для значення середнього ризику. При цьому встановлено, що основними характеристиками середнього ризику і його складових елементів є такі характеристики, як апіорні ймовірності гіпотез про відсутність об'єкта та про його наявність; функція правдоподібності вибірки при умові, що вірна одна з гіпотез; умовна ймовірність прийняття рішення в зоні огляду при умові, що вірна одна з гіпотез.

Вказані характеристики відносяться або до зони пошуку в цілому, або до її окремих складових частин і є їх інтегральними характеристиками. Очевидно, що одним і тим же інтегральним показником якості буде задовольняти нескінчена множина стратегій пошуку, що ускладнює знаходження оптимальних вирішальних правил як для випадку оптимізації тільки пошуку, так і для випадку сумісної оптимізації пошуку та виявлення. Інтегральні характеристики виявлення об'єктів не тільки не врахову-

---

<sup>1</sup> Доктор технічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України, начальник кафедри тактики радіотехнічних військ Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба (ХНУПС)

<sup>2</sup> Викладач кафедри тактики радіотехнічних військ ХНУПС

<sup>3</sup> Офіцер відділення Центру імітаційного моделювання ХНУПС

ють особливості пошуку об'єктів, але і слабо узгоджуються з умовами пошуку та виявлення об'єктів. До основних умов виявлення у радіолокаційних системах відносяться: великий просторовий розмах зон огляду, нерівномірність апріорного розподілу об'єктів в зоні огляду та інші.

З урахуванням вказаних умов пошуку та виявлення в роботі зроблено висновок про те, що значення середнього ризику в межах зони огляду не може бути прийнятним рівномірним. В зв'язку з цим доцільним є перехід від інтегральних характеристик середнього ризику до диференціальних характеристик середнього ризику.

В роботі введено в розгляд поточну зону огляду та проведено уточнення відомого вагового критерію при сумісному пошуку та виявленні об'єктів в поточній зоні огляду радіолокаційної системи. Встановлено, що, на відміну від відомих, в уточненому критерію з'явився додатковий множник – вага апріорних даних.

У подальших дослідженнях необхідно провести синтез оптимального вирішального правила прийняття рішення про виявлення об'єкта за критерієм максимальної правдоподібності в інтересах сумісної оптимізації пошуку та виявлення об'єктів в радіолокаційних системах.

### Список літератури

1. Голкин Д.В. Совместная байесовская оптимизация поиска и обнаружения объектов в радиолокационных системах / Д.В.Голкин, Г.В.Худов // Успехи современной радиоэлектроники. – М., 2003, № 11. – С. 23–32.
2. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. – М.: Радио и связь, 1989. – 654 с.

УДК 621.396

Худов Г.В.<sup>1</sup>, Ковалевський С.М.<sup>2</sup>, Ліщенко В.М.<sup>3</sup>

## СТВОРЕННЯ СКРИТОГО МАЛОВИСОТНОГО РАДІОЛОКАЦІЙНОГО ПОЛЯ В УМОВАХ ВЕДЕННЯ СУЧАСНИХ МЕРЕЖЕЦЕНТРИЧНИХ ТА ГІБРИДНИХ ВІЙН

Відомо, що в сучасних мережецентричних та гібридних війнах основною проблемою в організації вискоефективної системи контролю повітряного простору є створення та підтримка суцільного автоматизова-

---

<sup>1</sup> Доктор технічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України, начальник кафедри тактики радіотехнічних військ Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба (ХНУПС)

<sup>2</sup> Начальник факультету радіотехнічних військ ХНУПС

<sup>3</sup> Ад'юнкт ХНУПС

ного радіолокаційного поля над територією держави та прилеглими територіями на малих та гранично малих висотах [1, 2]. У зв'язку з удосконаленням та розширенням номенклатури ЗПН, що діють на малих та гранично малих висотах, з однієї сторони, та розвитком радіолокаційної техніки та елементної бази, з другої, у подальшому при удосконаленні маловисотних РЛС знаходять широке використання нові інформаційні технології. В роботі основна увагу приділяється використанню нетрадиційних методів радіолокації [3].

З метою нарощення можливостей існуючого радіолокаційного угруповання для забезпечення безперервного радіолокаційного контролю польотів повітряних об'єктів на малих висотах запропоновано використання рознесених радіолокаційних систем, які використовують випромінювання зовнішніх передатчиків. Проведені розрахунки показують, що скритність системи напівактивної локації по коефіцієнту маскування як мінімум в 1,5–2 рази вище, ніж у РЛС з традиційним суміщенням принципам. Встановлено основні ознаки локації «на просвіт»:

- незалежність ефективної площини розсіювання (ЕПР) при розсіюванні вперед від наявності радіопоглинаючого покриття та форми повітряного об'єкту;

- значне збільшення (на декілька порядків) ЕПР повітряного об'єкту, які знаходяться в області прямої видимості між передавачем та приймачем.

Встановлено, що використання нетрадиційних методів радіолокації дозволяє наростити можливості радіолокаційного угруповання по створенню скритого маловисотного радіолокаційного поля (РЛП), що дозволяє:

- мати на території країни систему маловисотного РЛП, що співпадає з полем покриття, що формується зонами підсвіту телевізійних, радіопередавальних центрів, системи осередкового зв'язку;

- характеристики по точності радіолокаційної інформації дозволяють виявити малорозмірну ціль, що рухається зі швидкістю 15–20 км/год, з розрізненням 150–200 м на дальності прямої видимості та видавати цілевказівки для включення у бойову роботу засобів ураження ближньої дії (переносні зенітно-ракетні комплекси або зенітна малокаліберна артилерія);

- знизити енергетичні витрати на випромінювання сигналу. Витрати на електроенергію обмежуються лише потужністю апаратури в режимі прийому;

- вирішити екологічну проблему (відсутність надвисокочастотного випромінювання), відсутність непередбачуваного впливу на радіоелектронні засоби місцевої інфраструктури;

– спостерігати повітряну ціль з флангу, при цьому ЕПР у декілька разів перевищує ЕПР у передній напівсфері;

– спостерігати повітряні цілі по сигналах бортових джерел випромінювання з використанням методів пасивної локації.

У подальших дослідженнях необхідно провести розрахунок енергетичних характеристик радіолокаційної системи скритого маловисотного РЛП, а також вирішити питання оптимізації геометричної побудови системи.

### Список літератури

1. Савин Л.В. Сетецентрическая и сетевая война. Введение в концепцию / Л.В.Савин. – М.: Евразийское движение, 2011. – 130 с.

2. Довідник учасника АТО: озброєння і військова техніка Збройних Сил Російської Федерації / [А.М.Алімпієв, Г.В.Певцов, Д.А.Гриб та ін.]; за заг. ред. А.М.Алімпієва. – Х.: Оригінал, 2015. – 732 с.

3. Кондратенко А.П. Роль и место нетрадиционной радиолокации в системе контроля воздушного пространства / А.П.Кондратенко // Збірник наукових праць: Х.: ХУПС, 2002. – Вип. 1 (39). – С. 87–90.

УДК 004.942

Худов Г.В.<sup>1</sup>, Лісогорський Б.А.<sup>2</sup>, Сердюк О.В.<sup>3</sup>

## **ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ КОЧІВНИХ МІНОМЕТІВ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНИХ БАГАТОБАЗОВИХ КОМПЛЕКСІВ**

Досвід участі Збройних Сил (ЗС) України в антитерористичній операції (АТО) свідчить про використання противником тактики кочівних мінометів, вогневі позиції яких обладнуються поруч з житловими будинками. Розвідка вогневих позицій кочівних мінометів може здійснюватися декількома способами: повітряна та космічна розвідка, звукова розвідка, наземна радіолокаційна розвідка, оптична розвідка, фізична розвідка (засилання розвідників або використання агентури).

---

<sup>1</sup> Доктор технічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України, начальник кафедри тактики радіотехнічних військ Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба (ХНУПС)

<sup>2</sup> Начальник курсу факультету радіотехнічних військ ХНУПС

<sup>3</sup> Начальник навчального командного пункту кафедри тактики радіотехнічних військ ХНУПС

В сучасному бою у якості засобів дальнього виявлення вогневих позицій є радіолокаційні станції (РЛС) контрбатареїної боротьби (КББ), які є на озброєнні підрозділів артилерійської розвідки ракетних військ і артилерії Сухопутних військ Збройних Сил (ЗС) України (наприклад, АРК-1М) та дозволяють своєчасно визначати координати позиції ворожої артилерії і оперативно наносити удари у відповідь. З січня 2015 року в зоні ведення АТО на сході України було введено в експлуатацію РЛС КББ АН/ТРQ-48А, які надали ЗС України Сполучені штати Америки (США).

РЛС КББ здійснюють визначення координат вогневих засобів, що стріляють, місць попадання боеприпасів та коректування вогню артилерії. Принцип роботи РЛС КББ базується на виявленні мін та снарядів засобів ураження на ранній стадії польоту та проведенні декількох вимірів поточного положення боеприпасу з метою розрахунку його траєкторії. На основі пролонгації та екстраполяції вимірів визначаються місцеположення вогневих засобів і місця можливого попадання боеприпасів [1].

Для виявлення вогневих позицій промінь РЛС сканує простір над лінією горизонту, створюючи бар'єр виявлення. При отриманні відбитого сигналу РЛС супроводжує ціль на протязі часу, що необхідний для уточнення траєкторії польоту снаряду чи міни і обчислення методом екстраполяції координат вогневої позиції та місця падіння боеприпасу. При цьому автоматично визначаються калібр боеприпасу та тип засобу, що стріляє, оцінюються розміри вогневої позиції батареї та здійснюється класифікації вогневих засобів по ступеню їх загрози.

Сучасні РЛС КББ працюють в діапазоні 2–4, 4–8 та 9–12 ГГц, що дозволяє виявляти вогневі позиції мінометів на дальності до 30 км, артилерії – до 50 км, а пускових установок реактивних систем залпового вогню (РСЗВ) – до 80 км. Але сучасні РЛС КББ не спроможні визначити координати міномету з необхідною точністю, що обумовлено [2]:

- особливостями визначення координат орієнтирів (необхідність використання навігаційних систем із усередненням за тривалий період часу);

- використанням супутникової навігаційної апаратури з підвищеною точністю для забезпечення навігаційної прив'язки позиції РЛС КББ та її орієнтирів;

- необхідністю перевірки орієнтування та горизонтування РЛС КББ.

В роботі запропоновано при веденні радіолокаційної розвідки використання нової різновидності різницево-далекомірною методу визначення координат позиції кочівного міномету. При цьому враховано факт руху міни у просторі та принцип формування штучної апертури крупно

габаритної антени. За рахунок використання однобазового різницево-далекомірного комплексу зі змінною базою у просторі з часом формується штучний багатобазовий комплекс. Кількість штучних баз може сягати десятків або сотень, в залежності від часу польоту міни. Конфігурація комплексу буде залежати від конкретних умов обстановки.

### Список літератури

1. Худов Г.В. Радіолокаційні засоби розвідки позицій кочівних мінометів / Г.В.Худов, Б.А.Лісогорський, В.Я.Борульник // Системи озброєння і військова техніка. – Х.: ХУПС, 2014. – № 3 (39). – С. 68–72.
2. Крупніков А. Станції радіолокації контрбатареїної боротьби основних зарубіжних країн / А. Крупніков // Зарубіжний військовий огляд, 2010. – № 12. – С. 32–41.

УДК 681.5.015:629.7.05

Фирсов С.Н.<sup>1</sup>, Будиба Уиссам<sup>2</sup>

## **ФУНКЦИОНАЛЬНО УСТОЙЧИВОЕ УПРАВЛЕНИЕ УГЛОВЫМ ДВИЖЕНИЕМ МАЛОГАБАРИТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА**

Разработка и использование малогабаритных беспилотных летательных аппаратов (МЛА) в гражданской и военной авиации с целью уменьшения затрат на реализацию полетных миссий и повышения их эффективности, представляет собой одно из перспективных научно-технических направлений, реализуемых и финансируемых в рамках международных исследовательских программ (Clean Sky, HORIZON 202, RISE и др.).

В настоящее время проектирование и серийный выпуск МЛА, является приоритетной задачей развития беспилотной авиации во многих зарубежных странах. Наибольших успехов в этой области достигли США, Израиль, Франция, Германия и Канада. Созданием своих комплексов МЛА активно занимаются Швеция, Япония, КНР, Индия, Иран, Украина и другие государства. Анализ существующих комплексов МЛА позволяет кристаллизовать тенденцию, направленную на уменьшение массогабаритных характеристик, интеллектуализацию бортового оборудования и

---

<sup>1</sup> д-р техн. наук, доц., зав. кафедры электротехники Национального аэрокосмического университета им. Н. Е. Жуковского «ХАИ» Харьков, Украина e-mail: sn.firsof@gmail.com

<sup>2</sup> аспирант кафедры электротехники Национального аэрокосмического университета им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина

совершенствование известных аэродинамических компоновок носителя с целью обеспечения свойствами функциональной устойчивости. Функциональное устойчивое управление – это совокупность методов и средств, обеспечивающих на протяжении требуемого времени выполнение своих основных функций комплексом МЛА в пределах, установленных нормативными требованиями, в условиях противодействия, а также влияния потоков отказов, неисправностей и сбоев до наступления предельного состояния, при котором дальнейшая эксплуатация МЛА прекращается по требованиям безопасности или эффективности эксплуатации комплекса. Системы, обладающие такими свойствами, называют, функционально устойчивыми.

Доказано, что в рамках решения задачи создания или усовершенствования конструкции МЛА, в контексте решения поставленной задачи, необходимо выбирать МЛА, скомпонованный по нормальной аэродинамической схеме с двухбалочным фюзеляжем, толкающим воздушным винтом, перевернутым V-образным хвостовым оперением. Открытым остается вопрос достаточности располагаемых аэродинамических поверхностей и необходимости их увеличения (осуществлять секционирование или вводить дополнительные аэродинамические поверхности), а также характеристик геометрии хвостового оперения. Кроме того, для усовершенствованной компоновки необходимо синтезировать законы управления соответствующими аэродинамическими поверхностями в номинальном и аварийном режимах работы.

Анализ предлагаемой компоновки позволил сформировать аналитические зависимости управляющих моментов, которые формируют соответствующие секции элеронов и поверхности хвостового оперения. Полученные соотношения проекций вектора управления позволяют сформировать ряд тождеств, необходимых как для синтеза функционально устойчивого управления, так и для формирования требований к характеристикам и наличию соответствующих аэродинамических поверхностей. Так, для решения задачи стабилизации МЛА относительно трех осей необходимо, чтобы управление, формируемое соответствующими аэродинамическими поверхностями, обеспечивало выполнение условия их равенства.

Проведенные исследования позволили сформировать аналитические тождества, которые являются основой для синтеза соответствующего обеспечения функционально устойчивого управления МЛА на системном уровне. Кроме того, синтезированные модели, позволяют формировать требования к геометрическим характеристикам аэродинамических поверхностей в контексте компенсации нештатных ситуаций: площади, расположению, максимальным углам отклонения. Также они являются развитием предложенного метода определения дополнительного управления

при возникновении нештатных ситуаций, связанных с аномальной работой рулевых поверхностей в трех каналах, применение которого дало возможность формировать аналитические зависимости определения дополнительного отклонения соответствующих поверхностей.

Полученные результаты исследования были отработаны на разработанном аппаратно-программном комплексе, который позволяет проводить полунатурное моделирование работы систем МЛА, при этом осуществлялась коррекция некоторых параметров, а также быстрое изменение алгоритмов и программ управления (стабилизации) при проведении испытаний. Этот комплекс позволяет отражать реальные процессы, протекающие в контурах управления и стабилизации МЛА, визуально и программно контролировать состояние систем, случайным образом вводить нештатные ситуации и отслеживать их парирование.



## 2 СЕКЦІЯ «ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ СИСТЕМИ ТА МЕРЕЖІ»

УДК 004/608

Березовский С.А.<sup>1</sup>

### 3D РЕКОНФИГУРИРУЕМАЯ КОММУТАЦИОННАЯ СТРУКТУРА НА ЭЛЕМЕНТАХ БЕРЕЗОВСКОГО

Повышение производительности, живучести ресурса параллельных, распределенных систем может быть реализовано при использовании новых возможностей – 3D реконфигурируемых коммутационных структур (РКС) [1,2]. 3D РКС позволяют упростить масштабируемость, повысить безопасность; автоматизировать управление, увеличить мощность физической инфраструктуры, снизить капитальные и операционные затраты.

РКС представляет собой согласованную, открытую и стандартизованную структуру (рис.1), как инструмент мониторинга использования и передвижения данных, который обеспечивает гибкое, безопасное, скоординированное управление, разделение вычислительных ресурсов и ресурсов хранения данных, безопасный доступ к данным и к самой инфраструктуре.

Суть концепции 3D РКС заключается в том, чтобы архитектура инфраструктуры имела возможность адаптироваться под структуру решаемой задачи, т.е. чтобы граф  $G^*$  вычислительного процесса как можно ближе совпадал с графом  $G$  решаемой задачи.

3D РКС позволяют формировать информационные туннели, образовывать сложную иерархию параллельно-последовательных виртуальных проблемно-ориентированных совокупностей вычислительных структур-кластеров для исследования процессов меняющихся во времени.

При этом будет достигнута реально высокая производительность вычислительной системы на широком классе задач.

В помощь разработчику отдельные кластеры 3D РКС на элементах Березовского могут быть раскрашены с указанием их внутреннего состояния (рис. 2) [3,4].

---

<sup>1</sup> Директор Центра «ПолиТехИнфо», Одесский национальный политехнический университет

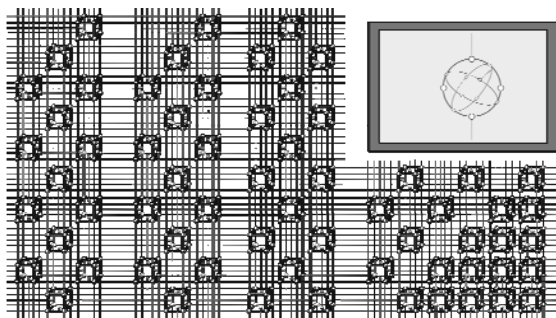


Рис.1. 3D РКС на элементах Березовского

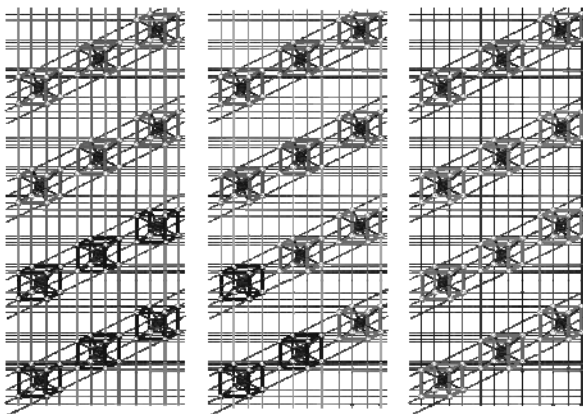


Рис. 2. Раскрашенная 3D РКС на элементах Березовского

Построение инфраструктур на базе технологии 3D РКС выгодно отличается от структур с «жесткой» архитектурой, которые имеют органический недостаток – наибольшую производительность (пиковую) только для узкого класса задач.

### Список литературы

1. Berezovsky S. Reconfigurable commutation structures using the elements by Berezovsky// 2016 13th International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET)/ 23–26 Feb. 2016, p.531 – 533.
2. Патент №2020739, Россия. «N-мерный коммутационный элемент С. А. Березовского» /Березовский С.А. – 1994.– Бюл. №18.
3. Berezovsky S.A. Homogeneous switching structure for computing systems purposes // Новые и нетрадиционные технологии в ресурсо- и энергосбережении:

матеріали науково-технічної конференції, 19–20 мая 2009 г., г. Одеса. – Киев : АТМ України. – 2009. – С. 10–14.

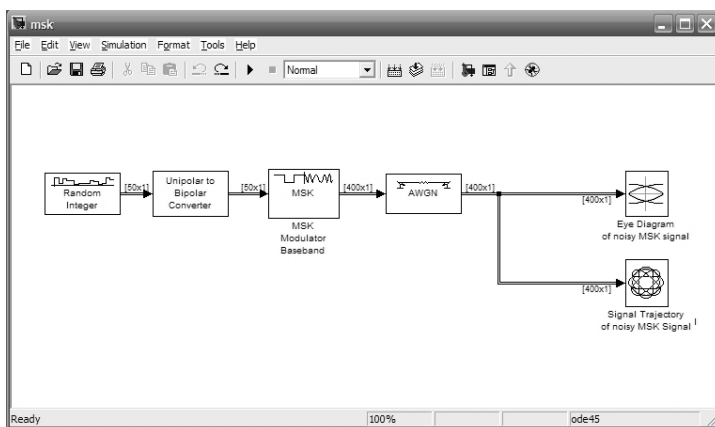
4. Березовський, С.О. Модель 3D-комутаційного елемента мережевої структури зв'язку// Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2008, № 2. –С. 86–92.

УДК 621.391

Белов В.С.<sup>1</sup>, Белов А.С.<sup>2</sup>

## РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК СИГНАЛІВ З МІНІМАЛЬНОЮ МАНІПУЛЯЦІЄЮ

Для дослідження характеристик сигналів з мінімальною маніпуляцією зокрема MSK (GMSK та їх різновидів) реалізовано програмну модель, яка дозволяє визначати параметри фазового зсуву та проводити аналіз око-діаграм каналу декодування за умов впливу різних характеристик сигналу. Наведені вікна емулятора Matlab для випадку формування маніпуляції з мінімальним частотним зсувом та впливом на вихідні параметри каналу обробки з адитивним білим шумом (каналу Гауса).



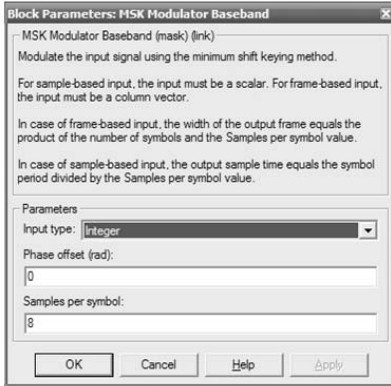
Вхідна послідовність є випадковим процесом, перетворюваним в біполярний цифровий сигнал та промодельована методом MSK.

<sup>1</sup> Викадач кафедри ТКСТБ, Вінницький національний технічний університет

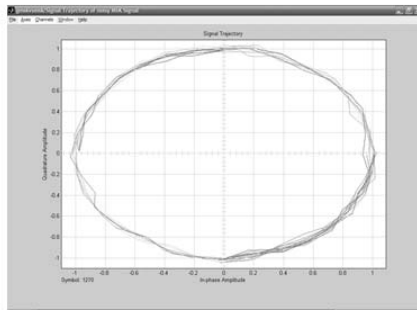
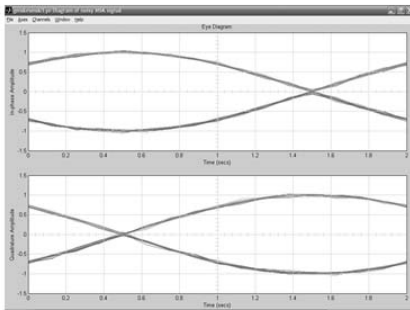
<sup>2</sup> Здобувач кафедри ТКСТБ, Вінницький національний технічний університет

Після проходження каналу AWGN відбувається визначення траєкторії зміни фази на фазовому сузір'ї та аналіз око-діаграми.

Основні характеристики встановлені для модулятора та параметри каналу задаються в вікнах параметрів емулятора Matlab.



Отриману характеристику око-діаграми та фазового сузір'я для маніпуляції з мінімальним частотним зсувом в умовах адитивного білого шуму наведено нижче.



Таким чином реалізовано програмну модель для визначення характеристик сигналів з мінімальною маніпуляцією для візуального та аналітичного аналізу параметрів модуляції, що дозволяє оперативно проводити дослідження зміни стану сигналу при змінах параметрів модулятора та каналу зв'язку.

## Список літератури

1. Kostedt, F. and Kemerling, J., «Practical GSMK Data Transmission,» Wireless Design and Development, vol. 3, No. 1, pp. 21–25, January 1995
2. T. S. Rappaport, Wireless Communications – Principles and Practice, ISBN 0–13–375536–3, Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, NJ, 1996
3. J.G. Proakis, Digital Communications, 3rd Ed., McGraw-Hill, Inc., New York, NY 1995.

УДК 621.372

Бондарєв А. П.<sup>1</sup>, Максимів І.П.<sup>2</sup>, Максимюк Т.А.<sup>2</sup>

### МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ HQPSK СИГНАЛІВ

В умовах зростання вимог до якості сучасного безпроводного зв'язку виникає потреба у вдосконаленні існуючих програмно-апаратних засобів передавання інформації. З'являються нові види модуляції сигналів, які надають можливість більш ефективно використовувати виділений діапазон частот, та нові способи і технології передавання цих сигналів, за допомогою впровадження яких зростає енергетична ефективність систем зв'язку. Нерідко ці методи комбінуються, у результаті чого виникають нові способи підвищення ефективності коміркових мереж. Зокрема, одним з таких методів є оптимізація квадратурної фазової модуляції за допомогою використання допоміжних піднесучих частот [1] та поєднання цього методу з модифікованим фазовим детектором на приймальній стороні [2].

Для підвищення енергетичної ефективності процесу передавання даних у мережах коміркового зв'язку запропоновано метод напівквадратурно-амплітудної модуляції (Half QPSK, або HQPSK), який надає можливість підвищити енергетичну ефективність безпроводного каналу зв'язку. На відміну від звичайної квадратурно-амплітудної модуляції, у запропонованому методі модулюється лише одна компонента сигналу на передавальній стороні. Проте, приймач відтворює вхідний сигнал як двокомпонентний, використовуючи таблицю асоціативності складових, що вдвічі збільшує ефективну енергію прийнятого сигналу. Це досягається шляхом передавання окремих символів сигнального сузір'я на різних піднесучих частотах. У цьому випадку чотири піднесучі сигналу передають символи, які логічно відносяться до одного сузір'я модуляції, проте фізично передаються окремо. Кожна піднесуча пов'язана з унікальною для неї таблицею асоціативності.

---

<sup>1</sup> Д.т.н., професор НУ «Львівська політехніка»

<sup>2</sup> К.т.н., асистент, НУ «Львівська політехніка»

Кожна піднесуча дає можливість представляти отриманий символ як символ I-Q звичайної QPSK модуляції. Таким чином, швидкість передавання бітів запропонованого методу така сама, як і для QPSK, однак потужність передавання символу становить половину від потужності передавання при звичайній QPSK модуляції.

Підвищення стійкості детектування сигналів з квадратурною модуляцією (QPSK) до шуму та детермінованих завад без зміни динамічних властивостей детектора може бути реалізовано за допомогою модифікації цього пристрою [3].

Запропонована схема модифікованого детектора відрізняється від класичного аналогу тим, що перед фазовим детектором у ньому розташовується вузько-смуговий фільтр, а після ФД – фільтр верхніх частот.

ВСФ має задовольняти такі умови: резонансна частота збігається із частотою опорного генератора (ОГ); смуга пропускання значно вужча від смуги вхідних пристроїв (зокрема вужча спектральної смуги вхідного сигналу); коефіцієнт передавання на частотах, далеких від резонансної, не дорівнює нулеві.

Реалізація одночасно двох вищеописаних методів є можливою, оскільки у обох випадках мова йде про передавання та детектування складних сигналів з квадратурною та синфазною складовими. Перший метод збільшує енергетичну ефективність, а другий – завадостійкість системи зв'язку, що усуває можливі конфлікти у одночасному їх застосуванні. Ефективність цього поєднання, перевірена імітаційним моделюванням каналу зв'язку у програмному комплексі Matlab Simulink.

Результати моделювання показали, що HQPSK модуляція є доволі завадозахищеною, проте зі зростанням рівня шуму в каналі зв'язку настає пороговий ефект, за якого детектування таких сигналів стає неможливим. Застосуванням модифікованого детектора, цей ефект було усунуто.

Проведений аналіз продемонстрував переваги поєднання описаних методів та показав доцільність їх подальшого дослідження.

### Список літератури

1. T. Maksymyuk, L. Han, X. Ge, H. Chen, M. Jo, Quasi-quadrature Modulation Method for Power Efficient Video Transmission over LTE Networks. IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 63, no. 5, pp. 2083–2092, Jun., 2014.
2. Бондарев А.П., Мартинів М.С. Пристрій фазового автопідстроювання частоти. Патент України на винахід № 66435. – Бюлетень №5, 2004.
3. A. Bondariev, I. Maksymiv Comparative Analysis and Ways of Improvement of Noise Immunity of Demodulation of OQPSK Signals. Electronics and electrical engineering, Kaunas, No.9 (105), pp. 81–84., 2010.

## ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ ЦИФРОВОГО ПРИБОРУ ФАЗОВОГО АВТОМАТИЧНОГО ПІДСТРОЮВАННЯ ЧАСТОТИ

На сьогоднішній день, цифрові пристрої фазового автоматичного підстроювання частоти (ФАПЧ) постали альтернативою традиційним аналоговим пристроям ФАПЧ. Завдяки використанню цифрових компонентів відпадає проблема паразитних ємностей, старіння та температурного дрейфу характеристик цих пристроїв [1]. Крім того, цифрові пристрої ФАПЧ (ЦФАПЧ) є досить перспективними з точки зору їх потенційно високої завадостійкості.

Метою цієї роботи є створення програмно-апаратної реалізації пристрою ЦФАПЧ. Така реалізація дозволить оперативно змінювати параметри пристрою для подальшого дослідження та підвищення його завадостійкості. Крім того, завданням роботи є зафіксувати процес схоплення частоти гармонічного коливання, визначити орієнтовний час входження в синхронізм, і порівняти його з результатом дослідження імітаційної моделі (за аналогічних початкових умов), яка наведена в [2].

Для створення програмно-апаратної реалізації пристрою ЦФАПЧ за основу було взято структурну схему пристрою ЦФАПЧ, що приведена в [3]. Вона складається з фазового детектора (ФД), цифрового фільтра (ЦФ) та генератора, керованого напругою (ГКН), які оперують цифровими сигналами. Крім того, схема містить аналогово-цифровий перетворювач (АЦП), призначений для дискретизації сигналу з еталонного генератора (ЕГ), і цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП) для отримання неперервного сигналу і подачі його на осцилограф. Математична модель цього пристрою ЦФАПЧ детально описана в [2].

Для програмно-апаратної реалізації ЦФАПЧ було обрано високопродуктивну демонстраційну плату STM32F4 Discovery, оскільки вона містить в собі швидкодіючі 12-розрядні АЦП і ЦАП, велику кількість портів вводу/виводу та значний об'єм пам'яті.

Для пришвидшення експериментальних досліджень, а також з міркувань зручності, було створено унікальний інтерфейс для взаємодії мікроконтролера з комп'ютером – по команді з останнього мікроконтролер програмно замикає контур ЦФАПЧ, записує в пам'яті відліки ключових сигналів і згодом передає їх на комп'ютер, а той з допомогою програми в середовищі MATLAB будує графіки цих сигналів і поряд з ними виводить

---

<sup>1</sup> Д.т.н., професор, НУ «Львівська політехніка»

<sup>2</sup> Аспірант, НУ «Львівська політехніка»

графіки тих же сигналів для імітаційної моделі (при тих самих параметрах та початкових умовах). Імітаційне моделювання здійснене на основі програми, яка приведена в [2]. Такий спосіб їх подання дозволяє швидко порівняти результати дослідження імітаційної моделі та програмно-апаратної реалізації пристрою ЦФАПЧ.

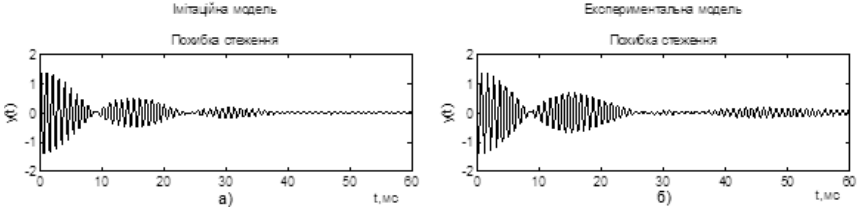


Рис. 1. Результати дослідження імітаційної (а) та експериментальної (б) моделей для випадку  $\Delta f = 20$  Гц ( $f_{вх} = 1020$  Гц) і  $\Delta\varphi = 0^\circ$ .

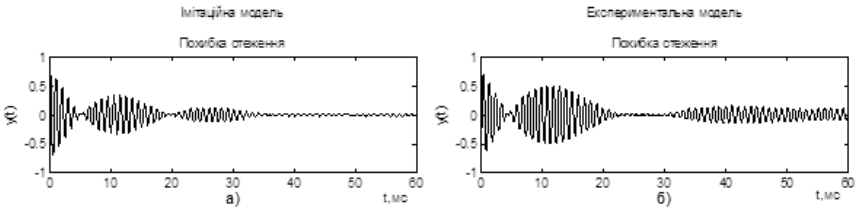


Рис.2. Результати дослідження імітаційної (а) та експериментальної моделі (б) для випадку  $\Delta f = -5$  Гц ( $f_{вх} = 995$  Гц) і  $\Delta\varphi = 45^\circ$ .

Процес захоплення частоти було досліджено для таких значень частотного  $\Delta f$  і фазового  $\Delta\varphi$  розбалансу:  $\Delta f = 20$  Гц ( $f_{вх} = 1020$  Гц) і  $\Delta\varphi = 0^\circ$ ;  $\Delta f = -5$  Гц ( $f_{вх} = 995$  Гц) і  $\Delta\varphi = 45^\circ$ . Результати експерименту показують, що поведінка програмно-апаратної реалізації пристрою ЦФАПЧ повністю відповідає поведінці імітаційної моделі, адже час входження в синхронізм в обох випадках є практично однаковий. Однією з особливостей результатів експериментального моделювання є наявність пульсацій у різницево-му сигналі, які зумовлені в основному похибками квантування та дискретизації АЦП і ЦАП. Але рівень цих пульсацій є доволі незначним і вони не призводять до втрати синхронізму.

### Список літератури

1. Best R.E., Phase-locked loops: design, simulation, and applications (professional engineering) / Ronald E. Best.–New York: McGraw-Hill Companies Inc., 2003 – 436 с.
2. Цифровой контур ФАПЧ (digital PLL) и его свойства [Електронний ресурс] / – Режим доступу: [www.dsplib.ru/content/dpll/dpll.html](http://www.dsplib.ru/content/dpll/dpll.html).



## ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЛИНЕЙНЫХ ТРАКТОВ

Под линейным трактом (ЛТ) понимают комплекс технических устройств для передачи и приема линейного сигнала, компенсации затухания и искажений сигнала в среде передаче, обеспечивающих требуемое качество передачи – отношения сигнал/шум в аналоговой и коэффициента ошибок в цифровой системах передачи соответственно.

При проектировании ЛТ рассчитывают его временные и энергетические параметры. Вычисление последних в логарифмических единицах имеют отличия для случаев анализа электрических и оптических ЛТ. Рассмотрению этих отличий и посвящена настоящая работа.

На рис. 1 приведена упрощенная структурная схема оптического ЛТ с модуляцией интенсивности и непосредственным приемом, где ЭОП и ОЭП – электрооптический (передающее устройство – ПУ) и оптоэлектрический (приемное устройство – ПрУ) преобразователи соответственно. Рассмотрим, как изменяются значения энергетических параметров, выраженных в логарифмических единицах, на различных участках ЛТ (соответственно, различных участках спектра электромагнитных волн).

*Электрическая область.* Пусть  $P_{13}$  и  $P_{23}$  – значения электрической (э) мощности в некотором устройстве ЛТ, а их логарифмическое отношение

$$a_3 = 10 \lg(P_{31}/P_{32}), \text{ дБ}. \quad (1)$$

Учитывая, что ток  $I$  и напряжение  $U$  связаны с электрической мощностью соотношениями  $P_3 = I^2 R = U^2 / R$  (где  $R$  – активное сопротивление), формулу (1) можно записать через отношение квадратов токов и напряжений, где  $I_1, U_1$ , и  $I_2, U_2$  – токи и напряжения, соответствующие мощностям  $P_{31}$  и  $P_{32}$ .

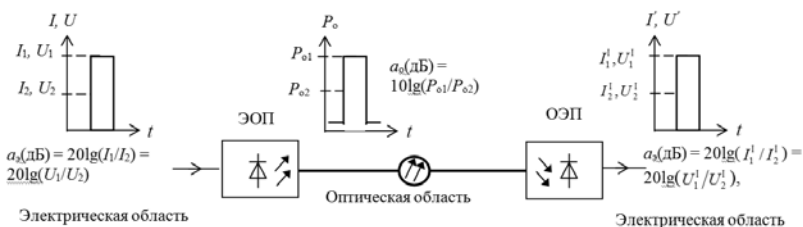


Рисунок 1 – Упрощенная структурная схема оптического ЛТ

<sup>1</sup> К.т.н., доцент кафедры Телекоммуникационных систем ОНАС им. А.С.Попова.

<sup>2</sup> К.т.н., доцент кафедры Радиотехники и телекоммуникаций ЗНТУ.

$$a_3 = \left\{ \begin{array}{l} 10\lg(I_1^2 / I_2^2) = 20\lg(I_1 / I_2) \\ 10\lg(U_1^2 / U_2^2) = 20\lg(U_1 / U_2) \end{array} \right\}, \text{ дБ}, \quad (2)$$

В *оптической области спектра* есть только мощность излучения, и нет величин, эквивалентных электрическому току или напряжению. Пусть  $P_{o1}$  и  $P_{o2}$  – значения оптической (о) мощности в некотором устройстве ЛТ. Логарифмическое отношение этих мощностей

$$a_o = 10\lg(P_{o1} / P_{o2}), \text{ дБ}. \quad (3)$$

В оптическом ЛТ (рис. 1) на передающей стороне ЭОП линейно преобразуют электрический ток  $I$  в оптическую мощность  $P_o = R_p \cdot I$ , где  $R_p$ , Вт/А – ваттовый отклик ЭОП. На приемной стороне ОЭП линейно преобразует оптическую мощность  $P_{o \text{ вых}}$  в электрический ток  $I = P_{o \text{ вых}} \cdot R_1$ , где  $R_1$ , А/Вт – токовый отклик ОЭП. Электрические мощности  $P_{31}$  и  $P_{32}$ , создаваемые в нагрузке ОЭП вследствие протекания токов  $I_1 = R_1 \cdot P_{o1}$  и  $I_2 = R_1 \cdot P_{o2}$ , пропорциональны квадратам этих токов, или в логарифмических единицах

$$a_3 = 10\lg(P_{31} / P_{32}) = 10\lg(R_1^2 I_1^2 / R_1^2 I_2^2) = 20\lg(I_1 / I_2), \text{ дБ}. \quad (3)$$

Из сравнения формул (3) и (4) следует, что «электрические» дБ в два раза отличаются от «оптических» дБ, т.е.

$$a_3 (\text{дБ}) = 2a_o (\text{дБ}), \quad a_o (\text{дБ}) = a_3 (\text{дБ}) / 2. \quad (4)$$

Полученные соотношения поясним на примерах. Рассмотрим передачу одинаковых электрических сигналов сначала по электрическому, а затем по оптическому ЛТ. Пусть на электрических входах этих трактов присутствуют два значения тока, например, ток импульсного сигнала  $I_c$  и ток шума со среднеквадратическим значением  $I_{ш}$ . В цифровой системе это могут быть токи, соответствующие передаче логических символов 1 и 0.

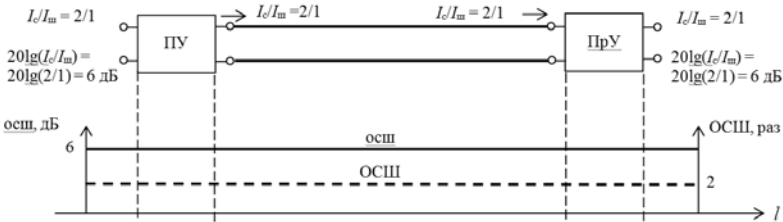


Рисунок 2 – Схема электрического ЛТ (вверху) и диаграмма изменения ОСШ (раз) и осш (дБ) (внизу), для случая, когда на входе  $I_c / I_m = 2 / 1$

Для простоты примем, что отношение сигнал/шум (ОСШ) =  $I_c/I_{ш} = 2/1$  (в логарифмических единицах осш =  $20\lg\text{ОСШ} = 20\lg(2/1) = 6$  дБ). Отношение электрических мощностей, создаваемых этими токами, равно 4:1 (в логарифмических единицах осш =  $10\lg(4/1) = 6$  дБ).

При передаче по электрическому ЛТ (рис. 2) без собственных шумов значение ОСШ = 2/1 (в разах) и в логарифмических единицах осш =  $20\lg(2/1) = 6$  дБ не изменяется – соответствующие диаграммы имеют вид прямой линии.

В случае передачи этих же сигналов по оптическому ЛТ (рис. 3) входные токи в ЭОП линейно преобразуются в оптические мощности, так что сохраняется отношение оптических мощностей 2:1 в среде передачи (оптическом волокне – ОВ). В логарифмических единицах это соответствует осш =  $10\lg(2/1) = 3$  дБ. На приемной стороне оптические мощности в ОЭП линейно преобразуются в электрические токи. Графическая иллюстрация этого примера приведена на рис. 3, а – в. Из рис. 3, б следует, что при передаче по оптическому ЛТ без собственных шумов значение  $I_c/I_{ш}$  в разах не изменяется (что и следовало ожидать).

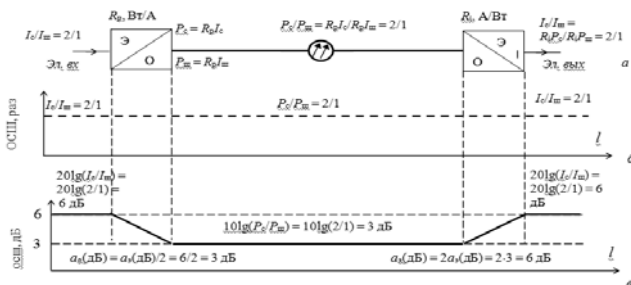


Рисунок 3 – Схема оптического ЛТ а и диаграммы изменения ОСШ (раз) б и осш (дБ) в для идеального тракта без собственных шумов для случая, когда на входе  $I_c/I_{ш} = 2/1$

Логарифмическая же диаграмма (рис. 3, в) имеет вид ломаной линии. При переходе из электрической области в оптическую область спектра значения осш уменьшаются в два раза, а при обратном переходе (из оптической в электрическую) – удваиваются. В реальном случае компоненты ЛТ вносят шумы, и диаграммы на рисунках 2 и 3 будут иметь спадающий характер (значение ОСШ уменьшатся).

**Вывод.** При расчете параметров оптических ЛТ с модуляцией интенсивности и непосредственным приемом при переходе от электрической области спектра к оптической логарифмические значения (ослабления, усиления, уровней мощности, ОСШ) необходимо уменьшать вдвое, а при переходе из оптической области в электрическую – их необходимо удвоить.

В когерентных ЛТ такая особенность отсутствует.

## **ПРИНЦИП САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ СЕТЕЙ ПРИ КОНТРОЛЕ ПОТОКА МОБИЛЬНЫХ СТАНЦИЙ**

При проведении массовых мероприятий в городе (футбольный матч, концерт на одной из площадей города, митинг, ярмарка и т.п.) часто заранее ограничивают движение транспорта, организуют пешие маршруты к этим аттракторам [1]. В такой ситуации в ячейке сотовой сети, в которой расположен аттрактор, неизбежно возникнет перегрузка. Существует целый ряд способов отсрочки такого критического момента (отказа от обслуживания абонентов), таких как передача части абонентов соседним сотам, применение пико- и фемтосотового оборудования, другие приемы. Однако, с другой стороны, оператор заинтересован как можно дольше проработать на пике допустимой нагрузки.

В этих условиях особую важность приобретают методы прогнозирования перегрузки, контроля потока терминалов, поступающих в соту с наивысшей привлекательностью аттрактора. Естественно, контроль необходимо организовывать в соседних сотах, граничащих с такой сотой [2]. Взаимодействие абонентов в потоке при движении по улице к аттрактору может осуществляться по принципу беспроводной самоорганизующейся сети (БСС). Такая сеть будет обладать рядом классических свойств БСС: существовать ограниченное время, обладать невысокими требованиями к объему передачи служебных данных и радиусу действия передатчика мобильных станций (МС). Например, подобным требованиям отвечает беспроводная Ad Hoc сеть на основе стандарта IEEE 802.11X (Wi-Fi). Этот стандарт позволяет организовать работу сети в режиме AP-Access Point, когда терминалы могут взаимодействовать друг с другом без наличия какой-либо устойчивой структуры сети, другими словами, в широко-вещательном режиме [3].

Реализацию такой идеи можно увидеть на системе локального позиционирования Ekaheu RTLS, которая обеспечивает точность определения координат объектов до одного метра без использования спутниковой системы GPS/ГЛОНАСС/ГАЛИЛЕО. Система отслеживает перемещение сотрудников и/или имущества, обеспечивает хранение полученной информации, создает отчеты. Практически эта система предоставляет дополнительные услуги, которые пользователь может получить, если он

---

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

<sup>2</sup> ст. преподаватель ЗНТУ

является зарегистрированным пользователем сети Wi-Fi. Недостатками такой системы являются обязательная «привязка» к сети Wi-Fi, необходимость доработки программного обеспечения не одиночных терминалов, а их потоков. Кроме этого, частый обмен служебной информацией между базовой станцией (БС) и каждым из терминалов снижает пропускную способность системы в целом.

В данных условиях весьма привлекательной идеей является попытка применить модель нейронной сети Кохенена с несколько измененными функциями учителя, когда поток МС разбит на кластеры, а БС поддерживает связь лишь с лидерами кластеров. Такая сеть отличается от классической БСС процедурой выбора лидера, который назначается непосредственно системой на основании ряда критериев:

- а) имеет наилучшие технические показатели;
- б) находится неподалеку от центра кластера;
- в) имеет достаточный запас питания для выполнения возложенных

функций.

На рисунке 1 показан фрагмент улицы, по которой движется поток людей, имеющих смартфоны, айфоны и другие современные средства связи во включенном состоянии.

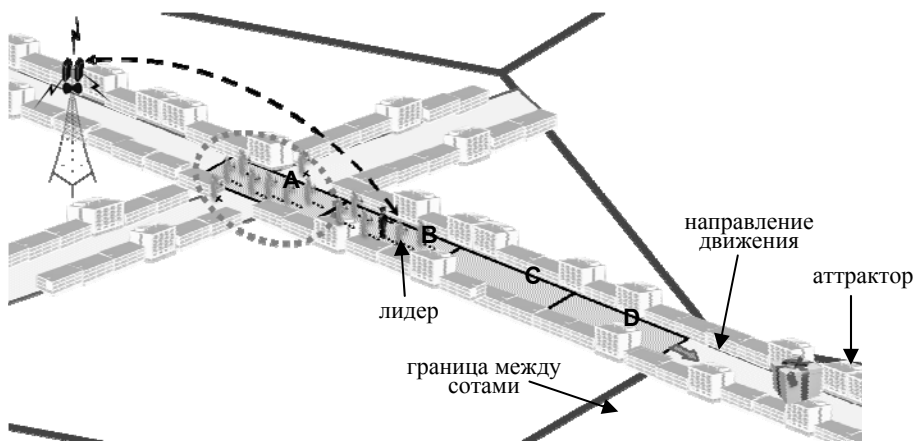


Рис. 1. Фрагмент улицы с потоком движущихся к аттрактору абонентов

Алгоритм формирования кластеров реализуется следующим образом:

Шаг 1. Системой осуществляется регистрация всех абонентов, находящихся на перекрестке А и в близлежащих домах. Большинство из зарегистрированных абонентов устремляется к аттрактору, перемещаясь по улице в квадрат В.

Шаг 2. Осуществляется определение координат зарегистрированных на шаге 1 абонентов. Те абоненты, которые не изменили координаты, из регистра удаляются. Из множества абонентов в квадрате В системой формируется кластерная группа. В ней назначается лидер, с которым БС будет поддерживать связь до достижения кластером границы соты-кандидата на перегрузку.

Шаг 3. Лидер периодически контролирует своих подопечных (от 1 до 400 терминалов), используя уровни мощности узлов по отношению к лидеру (так называемый критерий «видимости») [4], формирует отчет о количестве потерянных и поступлении новых абонентов, сообщает на БС свои координаты и изменения в составе группы.

Таким образом, контроль положения лидера дает представление о скорости и мощности потока абонентов, а также автоматически решает вопрос учета влияния других аттракторов при переходах абонента из одного кластера в другой (межкластерный хендвер).

Предложенный алгоритм может обеспечить полноту информации о потоке абонентов при минимальном обмене информации между БС и лидерами кластеров.

### Список литературы

1. Савченко, В. Н. Начала современного естествознания: тезаурус [Текст] / В. Н. Савченко, В. П. Смагин. – Ростов н/Д.: Феникс, – 2006. – 236 с.
2. Сметанин, И. Н. Способ прогноза локальной перегрузки в фрагменте сотовой сети / И. Н. Сметанин В. О. Костенко // VII Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні проблеми і досягнення в галузі радіотехніки, телекомунікацій та інформаційних технологій». 17–19 вересня 2014 р., м. Запоріжжя. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2014. – С.100–101.
3. Кучерявый, А. Е. Самоорганизующиеся сети и новые услуги [Текст] / А. Е. Кучерявый // Электросвязь. – 2009. – № 1. – С. 19–23.
4. Махров, С. С. Нейросетевая кластеризация узлов беспроводной сенсорной сети [Текст] / С. С. Махров // Т-Comm – Телекоммуникации и Транспорт. – 2014. – № 6. – С. 31–35.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВПРОВАДЖЕННЯ  
ЦИФРОВОГО ТЕЛЕБАЧЕННЯ DVB-T2 НА 9 КАНАЛІ  
У М. ДНІПРО**

Вступ

Нині в Україні впроваджується цифрове телебачення стандарту DVB-T2. Остаточне відключення аналогового мовлення було заплановане на 2015–2016 роки. Проте, суттєві перешкоди цьому процесу відклали цю подію на невизначений термін. Таким чином, актуальним завданням є дослідження проблем усіх рівнів, що виникають на шляху впровадження цифрового ефірного телебачення в Україні. Метою даної роботи є розробка методів подолання перешкод на шляху впровадження стандарту DVB-T2 на прикладі пересічного регіонального телеканалу.

Постановка задачі

Основні кроки по впровадженню цифрового мовлення є наступними: на рівні регіонального телеканалу це повна або часткова заміна аналогового обладнання на цифрове; на рівні передавального телецентру – вирішення проблеми недостатнього покриття; на рівні користувача – обрання ефективної приймальної антени.

Для досягнення поставленої мети в роботі розглядаються наступні задачі:

1. Досліджується поточний етап переходу України з аналогового на цифрове ефірне мовлення; визначаються вимоги відповідності обладнання та сигналів стандартам HDTV та DVB-T2.
2. Досліджується наявна аналогова систему фіксування, обробки і транспортування відео зображення на регіональному телеканалі Приват ТБ Дніпро – «9 канал».
3. Визначаються найпростіший та найскладніший методи модернізації системи телеканалу для відповідності вимогам стандартів DVB-T2 і HDTV; визначається діапазон витрат для впровадження цифрового стандарту DVB-T2 на рівні регіонального телеканалу Приват ТБ Дніпро – «9 канал».

---

<sup>1</sup> студентка 4 курсу ДВНЗ «Національний гірничий університет»

<sup>2</sup> к.ф.-м.н., доцент, Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара

4. Досліджується стан поточного покриття цифрового телевізійного сигналу в місті Дніпро; розглядаються методи збільшення покриття, виходячи з умов міста; досліджується дальність прийому різних типів антен.

Особливу увагу приділено впровадженню на телеканалі Приват ТБ Дніпро – «9 канал» цифрового телебачення високої чіткості стандарту DVB-T2.

#### Результати дослідження

В роботі отримані наступні результати:

1. Визначено такі основні проблеми впровадження стандартів DVB-T2 та HDTV в Україні: недостатнє покриття телевізійним сигналом; нестача «місця» в мультиплексах; мовлення з форматом кадру 4:3 при HDTV – форматі 16:9, із понаднормовим стисканням сигналу, що понижує швидкість потоку до 5–6 Мбіт/с, із низькою роздільною здатністю та черезрядковою розгорткою; необізнаність споживача у виборі ефективної приймальної антени на заданій відстані від радіопередавача.

2. Вимоги до передачі відеосигналу та до відеозображення: стискання сигналу MPEG-4 AVC, прогресивна розгортка зображення, дозвіл 1920x1080, формат кадру 16:9, кодування LDPC та BCH; QAM-модуляція.

3. Наявна аналогова система фіксування, обробки і транспортування відео зображення на регіональному телеканалі «9 канал» потребує повної заміни обладнання (8 блоків і комп'ютери) для забезпечення стандартів HDTV та DVB-T2.

4. Діапазон витрат на впровадження телебачення стандарту DVB-T2 на регіональному телеканалі «9 канал»: від 494,636 тис. грн. до 2285,657 тис. грн.

5. Дальність покриття якісним цифровим телевізійним сигналом в місті Дніпро наразі складає 45,36 – 49,408 км від телецентру замість 65 км, обіцяних компанією «Зеонбуд». На відстані ж 65 км від радіопередавача співвідношення C/N становить 32 – 34,31 дБ, що лише на 2,7 – 5,01 дБ більше за мінімально допустиме.

6. Розроблені методи збільшення покриття передбачають або збільшення потужності радіопередавача на 2,162 кВт і збільшення коефіцієнту підсилення передавальної антени на 5 дБ, або збільшення лише коефіцієнту підсилення на 10 дБ.

7. Дальність прийому серед розглянутих типів антен найбільша у шістнадцятиелементної директорної антени – 29,277 км. Втім, використання інших типів антен на ближчих до передавача відстанях є більш ефективним та доцільним, ніж використання директорної антени.



**ОЦЕНКА СКОРОСТИ ПЕРЕДАЧИ СП ADSL2+ ПРИ ВАРИАЦИИ ПАРАМЕТРОВ СИГНАЛА И ХАРАКТЕРИСТИК КАНАЛА**

За последние годы благодаря успехам применения цифровой обработки сигналов широкое распространение получили технологии передачи OFDM, которые используют для передачи информации ортогональные гармонические сигналы (ОГС) [1]. Главной причиной успеха систем передачи (СП) ОГС является гибкость в формировании группового OFDM-сигнала, что позволяет быстро адаптироваться к ненормированным и изменяющимся во времени характеристикам каналов передачи, например, радиоканалов и телефонных абонентских линий.

Многочастотная структура группового сигнала СП ОГС определяет специфические возможности адаптации этих СП к изменяющимся характеристикам канала передачи. Одна из таких возможностей заключается в вариации длительности защитного интервала в зависимости от величины линейных искажений в канале передачи, другая – в применении оптимальной формы огибающей посылки сигнала на тактовом интервале. В научном плане представляет интерес изучить данные варианты адаптации СП ОГС, оценив при этом достижимую скорость передачи.

В докладе дается оценка максимально достижимой скорости передачи СП ОГС в зависимости от характеристик канала передачи путем выбора параметров сигнала, на примере СП по технологии ADSL2 + [2], при этом использовался метод, рассмотренный в [3].

Исследование проводилось путем аналитического моделирования работы СП ADSL2+ по телефонному кабелю типа ТПП-0,5 при следующих исходных данных: длина линии,  $l$  – от 1 до 5 км; спектральная плотность мощности аддитивных помех,  $G_n$  – равномерная, с уровнем от минус 140 до минус 120 дБм/Гц; длительность защитного интервала,  $L$  – 32, 64, 96 и 128 отсчетов; тип ОГС – традиционный, с огибающей «П»-образной формы (СП-1), и обобщенного класса (ОК), огибающая которого имеет косинус квадратичные фронты (СП-2).

В табл. 1 сведены основные результаты моделирования – указаны значения максимальной скорости передачи СП ADSL2+ в зависимости от

---

<sup>1</sup> к.т.н., доц. кафедры ТКС ОНАС им. А.С. Попова

<sup>2</sup> к.т.н., ст преп. кафедры ТКС ОНАС им. А.С. Попова

<sup>3</sup> преп. кафедры ТКС ОНАС им. А.С. Попова

характеристик канала передачи и при каких параметрах сигнала они достигаются.

Таблица 1 – Результаты расчета скорости передачи СП ADSL2+

$G_{\text{ш}}$	-140 дБм/Гц				-120 дБм/Гц			
	СП-1		СП-2		СП-1		СП-2	
	$L$ , отсч	$R$ , Мбит/с	$L$ , отсч	$R$ , Мбит/с	$L$ , отсч	$R$ , Мбит/с	$L$ , отсч	$R$ , Мбит/с
1	96	24	64	24	64	23,112	32	23,824
2	96	22,133	64	22,84	96	13,399	32	13,905
3	128	13,438	64	14	64	6,284	32	6,532
4	128	7,19	128	7,477	32	2,794	32	2,889
5	96	3,947	96	4,223	32	1,216	32	1,249

По результатам проведенного исследования можно сделать ряд выводов:

- увеличение длины линии и, соответственно, линейных искажений приводит к тому, что максимальная скорость передачи достигается при большем значении длительности защитного интервала, но до определенного момента (5 км), когда наблюдается обратный эффект, объясняемый существенным увеличением собственного затухания линии;

- увеличение мощности аддитивных помех приводит к тому, что максимальная скорость передачи достигается при меньшем значении длительности защитного интервала;

- вне зависимости от характеристик канала передачи применение СП-2 позволяет достичь больших скоростей передачи, чем СП-1.

### Список литературы

1. Балашов В. А. Системы передачи ортогональными гармоническими сигналами / Балашов В. А, Воробийко П.П, Ляховецкий Л.М. – М.:Эко – Трендз, 2012. – 228 с.: ил.
2. ITU-T Recommendation G.992.5: Asymmetric digital subscriber line transceivers 2 (ADSL2) – Extended bandwidth (ADSL2plus). – Appr. 2009, January. – Geneva, 2009. – 110 p.
3. Ляховецкий Л.М. Удосконалення методу оцінки швидкості передавання систем передачі ортогональними гармонічними сигналами / Л.М. Ляховецький, В.І. Орешков, І.Б. Барба // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2014. – Частина 2. – № 2. – С. 186–193.

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ИСКАЖЕНИЙ ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КОГЕРЕНТНОЙ ВОСП

Волоконно-оптические системы передачи (ВОСП) являются основой для создания транспортных сетей последующих поколений. В последнее время возник интерес к применению методов когерентного приема оптических сигналов с целью повышения спектральной эффективности ВОСП и соответствующих видов модуляции, например, КАМ. Известно, что оптическое волокно (ОВ) вносит линейные (дисперсионные) и нелинейные (эффект Керра) искажения [1]. Для современных ВОСП наибольшую проблему представляют нелинейные искажения сигнала в оптическом волокне. Поэтому в данной работе исследуется влияние нелинейных искажений сигнала в ОВ на качественные характеристики когерентной ВОСП с квадратурной амплитудной модуляцией (КАМ-4).

Решение поставленной задачи выполнялось при помощи имитационной модели ВОСП с когерентным приемом, построенной в среде MatLab R2016 по стандартной схеме [2]. В качестве критерия оценки параметров качества использован  $Q$ -фактор, вычисленный по отсчетам выходного сигнала.

Зависимость  $Q$ -фактора от уровня сигнала передатчика  $p_{\text{пер}}$  и количества оптических секций  $n_{\text{секц}}$  для синфазного канала ВОСП показана на рис. 1. Уровень сигнала передатчика изменялся в пределах  $-13 \dots +7$  дБм. При минимальной мощности сигнала на входе ОВ нелинейные искажения практически отсутствуют. Увеличение мощности сигнала приводит к линейному уменьшению показателей качества. Уменьшение защищенности для тракта из одной оптической секции составляет 40 дБ для скорости передачи 43,01 Гбит/с (OTU3 OTN). Увеличение  $n_{\text{секц}}$  от 1 до 10 приводит к снижению защищенности примерно на 20 дБ в рабочем диапазоне уровней мощности сигнала от 0 дБм и выше. Для выбранного значения шум-фактора ( $\eta_f=4$  дБ) мощность усиленного спонтанного излучения оптического усилителя являлась незначительной и не оказала значительного влияния на  $Q$ -фактор.

---

<sup>1</sup> К.т.н, доцент кафедры Телекоммуникационных систем ОНАС им. А.С. Попова

<sup>2</sup> Преподаватель кафедры Телекоммуникационных систем ОНАС им. А.С. Попова

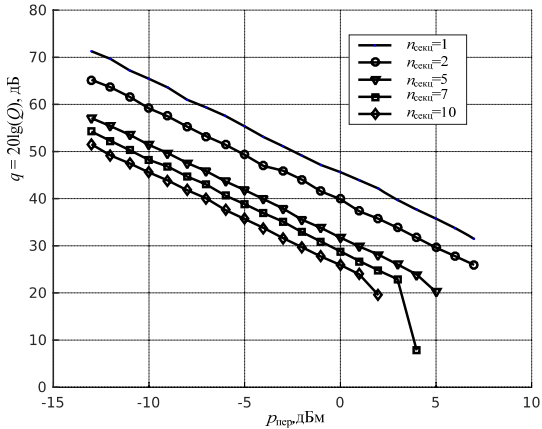


Рис. 1. Показатели качества канала ВОСП ( $\alpha = 0,2$  дБ/км;  $D=16,75$  пс/нм/км);  $\gamma = 1,31$  1/Вт/км;  $L_{секц}=100$  км;  $n_f=4$  дБ)

Полученные результаты показывают, что нелинейные искажения даже при отсутствии других шумов и искажений приводят к существенной деградации параметров качества сигнала, что требует применения специальных мер по их снижению, таких как нелинейный корректор.

### Список литературы

1. Agrawal G.P. Nonlinear fiber optics / G.P. Agrawal. – London: Academic Press, 2007. – 534 p.
2. Seimetz M. High-Order Modulation for Optical Fiber Transmission / M. Seimetz – Berlin: Springer, 2009. – 252 p.

УДК 681.3.07

Хандецкий В.С.<sup>1</sup>

## МОДИФІКАЦІЯ ТОПОЛОГІЙ OSPF-МЕРЕЖ З УРАХУВАННЯМ НАВАНТАЖЕННЯ КАНАЛІВ ЗВ'ЯЗКУ

Комп'ютерні мережі, що використовують протокол OSPF, у теперішній час займають провідне місце при маршрутизації трафіка через Internet. З метою оцінки потенційних можливостей таких мереж при передачі трафіка зі змінною швидкістю використовують коефіцієнт неявного балансування навантаження (ILBI)  $\eta$ , який визначається відношенням

<sup>1</sup> Докт. техн. наук, проф., зав. каф. ЕОМ ДНУ ім. О.Гончара

кількості каналів зв'язку, що використовуються при передачі трафіка в даному домені мережі, к загальної кількості існуючих каналів домену.

Розглянемо у цьому зв'язку топологію мережі, що містить ряд магістральних маршрутів з полосною, наприклад, 1 Gbps між кінцевими вузлами  $A$  та  $B$ ,  $C$  та  $D$ ,  $E$  та  $F$  і так далі. Ці магістральні маршрути використовують, як мінімум, по одному проміжному роутеру ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  ...), тобто передача між  $A$  і  $B$  здійснюється через роутер  $\alpha$ , між  $C$  і  $D$  – через  $\beta$ , між  $E$  і  $F$  – через  $\gamma$  і так далі. Для об'єднання усіх вузлів в єдиний домен мережі і здійснення резервування усіх ділянок магістральних маршрутів введені вузькосмугові канали з полосною 100 Mbps (у відповідності с технологією Ethernet). Ці канали зв'язують  $A$  з  $\beta$ ,  $B$  з  $\beta$ ,  $\alpha$  з  $\beta$ ;  $C$  з  $\gamma$ ,  $D$  з  $\gamma$ ,  $\beta$  з  $\gamma$  і так далі. Таким чином, канал магістрального маршруту  $A - \alpha$  дублюється менш швидким маршрутом  $A - \beta - \alpha$ , канал  $\alpha - B$  дублюється маршрутом  $\alpha - \beta - B$ . Будемо вважати вартість магістрального каналу  $c_M=1$ , а вартість вузькосмугового каналу  $c_B=10$ .

Проаналізуємо обмін інформаційними повідомленнями між усіма кінцевими вузлами домену, визначаючи інтенсивність трафіку в кожному каналі (кількість повідомлень  $\delta$ , що пройшли по даному каналу за повний цикл обміну інформацією між усіма кінцевими вузлами) та сумарну вартість  $C$  повідомлень для кожного кінцевого вузла. Так, наприклад, ця вартість для вузда  $A$  ( $C_A$ ) визначається сумою вартостей повідомлень, що надійшли до  $A$  від вузлів  $B, C, D, E, F$  і так далі, а вартість кожного такого повідомлення визначається сумарною вартістю каналів, через які пройшло це повідомлення у відповідності з алгоритмом Dijkstra. В таблиці наведені результати дослідження для різної кількості кінцевих вузлів  $N$  домену.

В даній таблиці коефіцієнти  $\eta_0, \eta_{0,1}, \eta_{0,2}$  і  $\eta_{0,3}$  визначені з урахуванням каналів, по яким зовсім не проходить інформаційний трафік ( $\eta_0$ ), а також в яких інтенсивність трафіку є меншою 10% ( $\eta_{0,1}$ ), меншою 20% ( $\eta_{0,2}$ ) та меншою 30% ( $\eta_{0,3}$ ) від максимальної. Величина  $\delta_{\text{ср}}$  позначає середню інтенсивність трафіку в домені,  $\sigma$  – середньоквадратичне відхилення інтенсивності по каналах домену,  $\mu=\sigma/\delta_{\text{ср}}$  – коефіцієнт розсіювання,  $n$  – кількість магістральних каналів в домені.

Таблиця

$N$	$\eta_0$	$\eta_{0,1}$	$\eta_{0,2}$	$\eta_{0,3}$	$\delta_{\text{ср}}$	$\sigma$	$\mu$	$n$
6	0,92	0,92	0,92	0,75	6,18	2,89	0,47	6
8	0,94	0,94	0,81	0,69	9,0	4,73	0,53	8
10	0,96	0,86	0,68	0,59	11,71	7,41	0,63	10
12	0,96	0,82	0,67	0,44	16,31	12,31	0,75	12
14	0,97	0,78	0,53	0,34	20,77	18,03	0,87	14

Сумарна вартість повідомлень при зміщенні від граничного роутера  $\alpha$  у напрямку до центру домену ( $\beta$ ,  $\gamma$  і так далі) зменшується і має мінімум у центрі. Для  $N=6$   $C_{max}=66$ ,  $C_{min}=46$ ; для  $N=8$   $C_{max}=128$ ,  $C_{min}=88$ ; для  $N=10$   $C_{max}=210$ ,  $C_{min}=130$ ; для  $N=12$   $C_{max}=312$ ,  $C_{min}=192$ ; для  $N=14$   $C_{max}=434$ ,  $C_{min}=254$ .

Модифікація мережі полягала в тому, що при збереженні загальної топології домену широкосмугові канали з інтенсивністю трафіку менше 30% від максимальної замінені вузькосмуговими каналами, а вузькосмугові з інтенсивністю трафіку більшою ніж 30% – широкосмуговими. Результати розрахунків щодо модифікованої топології показали наступне.

Коефіцієнт неявного балансування навантаження  $\eta = 0,59$  і не залежить від кількості кінцевих вузлів, тобто від розмірів домену. Деяке зменшення  $\eta$  у порівнянні з рядом значень для попередньої топології пояснюється тим, що збільшилась відносна частина каналів (вузькосмугових), по яких не передається інформаційний трафік. Ці канали виконують тільки резервні функції. Значно збільшилась середня інтенсивність трафіку і зменшився коефіцієнт розсіювання: для  $N=6$   $\delta_{cp}=10,86$ ,  $\mu=0,21$ ; для  $N=8$   $\delta_{cp}=16,0$ ,  $\mu=0,26$ ; для  $N=10$   $\delta_{cp}=22,46$ ,  $\mu=0,41$ ; для  $N=12$   $\delta_{cp}=29,5$ ,  $\mu=0,50$ ; для  $N=14$   $\delta_{cp}=37,68$ ,  $\mu=0,60$ . Значно зменшилась вартість повідомлень. Так, наприклад, для  $N=6$   $C_{max}=14$ ,  $C_{min}=12$ , а  $N=14$   $C_{max}=60$ ,  $C_{min}=44$ . Таким чином можна констатувати, що модифікована мережа здійснює більш рівномірний розподіл навантаження по каналах зв'язку при значно більшій швидкості доставки повідомлень.

### 3 СЕКЦІЯ «СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ І ТЕХНОЛОГІЇ»

UDC 004.415.538

Dorenskyi O. P.<sup>1</sup>

#### **THE METHODOLOGY OF EVALUATING THE TEST CASES QUALITY FOR SIMPLE IT MONOPROJECTS SOFTWARE TESTING**

Information technologies (IT) are rapidly developing in Ukraine. Software tools that were developed during the process of IT projects realization are an integral part of information technologies. Analysis of the modern IT market showed that most of IT projects are complex [1]. However, simple IT monoprojects are implemented quite often. In particular, it happens during realization of simple software products, that were developed by one developer or freelance. Also this applies to the educational process that is aimed at training IT professionals, because in the early stages is not possible to implement multiprojects or complex IT projects.

During the realization of the IT project the main focus lands on documenting all processes of the software life cycle. One of them is a testing process [2], which is a mandatory process of any software realization.

Documentation of the testing process may be accomplished through the implementation of test kits. They are an array that consists of formally written set of test cases. Each test case is a set of input data, preconditions and conditions of the implementation, expected results and postconditions. Test cases are developed for a specific test scenarios in order to test performance for a specific requirement.

In [3–7] are presented some methods and recommendations for the structure, design and implementation of test cases, which consist of a set of attributes. Most commonly the following attributes are used: Test Case ID, Test Case Summary, Author, Preliminary Steps, Test Steps (Test Procedure), Expected Result, Test Result (Actual Result), Implementer, and PostConditions. For a simple IT monoproject test case is a set of the following attributes [3, 5]: ID, Action (Steps), Expected Result, and Test Result. However, when creating test cases some problems arise in the context of evaluating their quality. It is primarily constitutes in the synthesis of heuristic evaluation of Action (Test Steps) and Expected Result attributes, which are the essence of the test case. Thus, it is necessary to develop a methodology that will help to evaluate the test

---

<sup>1</sup> PhD, Lecturer, Department of Programming and Information Security, Kirovograd National Technical University, Kropyvnytsky, Ukraine

case quality, which involves assessing Action and Expected Result attributes. These attributes (fields) of a formally recorded test case describe the performer's (a person who performs testing) sequence of steps. Thus, they are algorithms that do not have a massiveness property. Therefore, test case assessment boils down to evaluating properties of the sequence of steps in the capacity of algorithms.

Test case steps describe the sequence of actions to be implemented in the course of test case realization. The expected result is a description of software tool reaction to every step of the test case. So, following properties should be evaluated: A test case should have such a property as discretisation. It means that its steps should be presented as a series of individual actions, they should represent a consistent process of realization of simple steps, and be performed in time discretely while accurately documenting completion of one activity's performance and beginning of another one. These steps and the expected result of the test case should be deterministic, i.e. have no action for which the essence is not clearly defined or can be perceived ambiguously. Each step must be clear and unambiguous, and should not admit the possibility for arbitrary or subjective interpretation. It is also necessary to assess finitude property. The execution of the test case should end after a finite number of steps, and test case steps should be clear to a performer. That is why it is necessary to evaluate the availability of their definition and recording. Accordingly, its effectiveness is determined by the sufficient simplicity that is needed for precise implementation of each test case step (action) over a finite period of time.

## References

1. Nosdrina L. V. Project Management / Nosdrina L. V., Yashchuk V. I., Polotay O. I. – Kyiv: Center of Educational Literature, 2010. – 432 p.
2. Systems and Software Engineering – Software Life Cycle Processes: ISO/IEC 12207:2008 – [Second edition, 2008-02-01]. – ISO/IEC-IEEE, 2008. – 122 p. – ISBN 0-7381-5663-9. – (International Standard).
3. Test Case [Electronic resource]. – Access mode: [http://www.tutorialspoint.com/software\\_testing\\_dictionary/test\\_case.htm](http://www.tutorialspoint.com/software_testing_dictionary/test_case.htm).
4. Kulikov S. S. Testing Software. Basic Course: A Practical Guide / S. S. Kulikov. – Minsk: Chietyrie Chetverti, 2015. – 294 p.
5. Test Case [Electronic resource]. – Access mode: <http://qalight.com.ua/uk/baza-znanij/test-case.html>.
6. Williams L. Testing Overview and Black-Box Testing Techniques / Laurie Williams // A (Partial) Introduction to Software Engineering Practices and Methods. – 2011. – P. 34–59.
7. Kaner C. What is a good test case?: slides [Electronic resource] / Cem Kaner // Software Testing Analysis & Review Conference (STAR), East, Orlando, FL, May 12–16, 2003. – Orlando, 2003. – 16 p. – Access mode: <http://www.kaner.com/pdfs/GoodTest.pdf>.



## USING UNMANNED AERIAL VEHICLES AND WIRELESS SENSOR NETWORKS FOR DATA COLLECTING

Recent progress in microelectronic and wireless communications have enabled the development of low cost, low power, multifunctional sensors, which has allowed the birth of new type of Wireless Sensor Network (WSN). The main features of such networks are: the nodes can be positioned randomly over a given field with a high density; each node operates both like sensor (for collection of environmental data) as well as transceiver (for transmission of information to the data retrieval); the nodes have limited energy resources. The use of wireless communications and the small size of nodes, make this type of networks suitable for a large number of applications. For example, one sensor field when using the ZigBee protocol can contain more than 64000 sensors. The introduction of WSN nodes for monitoring has led to the possibility for supervising how parameters evolve in real time and how they are related. It thereby provides a powerful monitoring tool.

The combined use of WSN and Unmanned Aerial Vehicle (UAV) has been showing their benefits and extendable applications by using fixed-wing aircraft. To develop a monitoring system that collects data using a WSN, and then relays this data through a gateway to a server. At the server side the data are stored and analyzed in order to provide the user with useful statistics and alerts so that user can take various decision. For this application, sensors need to be placed outside, in the open field, where power may not be available. So, sensors should be battery operated. Sensing location may be identified by integrating GPS with each sensor. However, that is not a cost effective solution. In this application, sensors are statically placed at different locations in a field, so the static location of each sensor with its unique sensor id can be stored in the sensors during network configuration and deployment phase. The applications UAV and WSN are complementary technologies. UAVs are mobile and have the ability to sense over a large area, but from a high altitude. Sensor network nodes make in-situ point measurements about a very small area. Sensor network nodes have radio communications capability, but with ranges of the order of 1km and at current unit prices they remain a prohibitively expensive approach to cover large areas. Instead we can use UAVs to upload information sensed in-situ by nodes on the ground or to deploy nodes.

---

<sup>1</sup> Doctor of Tech. Scien., Prof., Kharkov National University of Radioelectronics

<sup>2</sup> Cand. of Tech. Scien., Kharkov National University of Radioelectronics

These nodes will probably require complex trajectories to be performed by fixed-wing aircraft. However, using aircrafts with hovering capabilities allows determining optimal static positions for bridging WSN nodes independently of the required download time. Additional facilities have been reported about the combined use of WSN and UAV's, as the improvement of the navigation system by using nodes positions. Several solutions in combining UAV with WSN to enhance WSN performance was proposed such as using UAV to interconnect between sparse clusters located at fragmented parcels and a base station, using a cooperative connected UAVs as sink-nodes to collect data in clusters, using UAV as a mobile node in WSN for emergency situation, or using UAV as an addition solution for charging, deploying WSN nodes.

The main contributions of this work are the use of UAVs as airborne communication nodes and the resolution of the problems regarding WSN dynamic configuration when a UAV is approaching to the target area. An *ad-hoc* communication protocol and a communication workflow have been implemented in order to deal with such issues. In addition to this, a user-friendly operator interface that allows handling the system and monitoring data has been implemented. It should be highlighted that cheap and reliable UAV platforms are currently available and they can be easily used in this kind of applications. This work provided the opportunity to test the use of a commercial quad rotor in a real scenario. To perform the functions of a cluster head node, these funds must implement physical and link layers IEEE 802.15.4 protocol, to support the exchange of information on the ZigBee protocol, 6LOWPAN, RPL.

## References

1. Tuna G., Mumcu T. V., Gulez K., Gungor V. C., and Erturk H. «Unmanned aerial vehicle-aided wireless sensor network deployment system for post-disaster monitoring,» in *Emerging Intelligent Computing Technology and Applications*. Springer, 2012, pp. 298–305.

## WEB SERVICES RANKING BASED ON LSP AND OWA METHODOLOGIES

### Introduction

A selection of Web services for particular applications is related to the problem of choosing the appropriate Web services among those which have similar functionality. One approach to solve this problem is Web services ranking based on non-functional properties (Quality of Service, QoS).

### LSP and OWA methodologies and proposed approach

J. Dumović in [1] presented a Logic Scoring Preference (LSP) method, which allows to reconfigure aggregation function by the special parameter. This parameter influences on combination of *simultaneity* (conjunction) and *replaceability* (disjunction) and referred to *degree* or *orness degree*.

Suppose that we have the vectors  $E_i = (E_{i,j})$  of linearly normalized evaluations of QoS attributes for several Web services with the same functionality, where  $i = \overline{1, m}$  – ID of Web service,  $j = \overline{1, n}$  – ID of QoS attribute. The aggregation function is  $L_i : [0,1]^n \rightarrow [0,1]$

$$L_i = (w_1 E_{i,1}^r + w_2 E_{i,2}^r + \dots + w_n E_{i,n}^r)^{1/r}, \quad (1)$$

where  $w_j$  is the weight  $j^{\text{th}}$  criterion and  $0 \leq w_j \leq 1$ ,  $\sum_{j=1}^n w_j = 1$ ; power  $r$  is a real number selected so to achieve desired logical relations between criteria.

Power  $r$  depends on parameter *orness* (we denote as  $\alpha$ ) which can range from pure «and» (conjunction or simultaneity) to pure «or» (disjunction or replaceability). The following numeric approximation for  $r$  can be used [1]:

$$r = \frac{0,25 + 1,89425x + 1,7044x^2 + 1,47532x^3 - 1,42532x^4}{\alpha(1-\alpha)}, \quad (2)$$

where  $x = \alpha - 1/2$  and  $0 < \alpha < 1$ .

The Ordered Weighted Averaging (OWA) operators are defined by R. Yager in [2] as follows:

**Definition.** An OWA operator of dimension  $n$  is a mapping  $F : R^n \rightarrow R$  such that

---

<sup>1</sup> Senior Lecturer of Computer Systems and Networks Department ZNTU

<sup>2</sup> PhD, Head of Computer Systems and Networks Department ZNTU

$$F(E_1, E_2, \dots, E_n) = \sum_{j=1}^n w_j E_{\sigma(j)}, \quad (3)$$

where  $\sigma$  is a permutation that orders the elements:  $E_{\sigma(1)} \geq E_{\sigma(2)} \geq \dots \geq E_{\sigma(n)}$ .

The *orness* measure of OWA operator is defined as follows:

$$\alpha(E_1, E_2, \dots, E_n) = \sum_{j=1}^n w_j \frac{j-1}{n-1}. \quad (4)$$

The measure of *dispersion* (entropy) of aggregation characterizes the degree to which vector of weights takes into account all criteria in the aggregation. This measure is defined as

$$\text{disp}(w) = -\sum_{j=1}^n w_j \ln w_j, \quad w = (w_1, w_2, \dots, w_n). \quad (5)$$

One approach to determine the weights of OWA operator is to solve the following mathematical programming problem [3]: *maximize the dispersion* (5) *subject to*

$$\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (n-j)w_j = \alpha, \quad 0 \leq \alpha \leq 1. \quad (6)$$

The solving of this problem and formulae for calculating optimal weights of OWA operator are presented in [3]:

$$w_1 [(n-1)\alpha + 1 - nw_1]^n = ((n-1)\alpha)^{n-1} [((n-1)\alpha - n)w_1 + 1], \quad (7)$$

$$w_n = \frac{((n-1)\alpha - n)w_1 + 1}{(n-1)\alpha + 1 - nw_1}, \quad (8)$$

$$w_j = {}^{n-j}\sqrt{w_1^{n-j} w_n^{j-1}}, \quad 1 < j < n. \quad (9)$$

To rank the Web services we propose the following sequence of aggregation of evaluated QoS criteria. First, calculate according to formulae (7)–(9) the optimal values of weights on basis of the given measure *orness*  $\alpha$  and number of criteria  $n$ . Then, calculate the parameter  $r$  of logic relation between the criteria by formula (2). Finally, execute the aggregation by formula (1) using the calculated weights and parameter  $r$ .

### Experimental Results

We selected the QoS properties from [4] that are based on seven actual implementations for e-mail verification (Table 1). Here, RT – response time, TP – throughput, AV – availability, AC – accessibility, IA – interoperability analysis and C – cost.

Table 1 – QoS metrics for various available e-mail verification Web services

ID	Service Provider	RT(ms)	TP(r/min)	AV(%)	AC(%)	AI(%)	C(c/i)
1	XMLLogic	720	6,00	85	87	80	1,2
2	XWebservices	1100	1,74	81	79	100	1
3	StrikeIron(1)	710	12,00	98	96	100	1
4	StrikeIron(2)	912	10,00	96	94	100	7
5	CDYNE	910	11,00	90	91	70	2
6	Webservicex	1232	4,00	87	83	90	0
7	ServiceObjects	391	9,00	99	99	90	5

Table 2 shows some results of calculations on the proposed approach with a maximum dispersion of weights and *orness* degrees 0,4, 0,5, 0,8, respectively.

Table 2 – Normalized QoS evaluations and result of their aggregation

ID	Re-ordered normalized evaluations						LSP(0,4)	LSP(0,5)	LSP(0,8)
	0,83	0,61	0,42	0,40	0,33	0,22			
1	0,83	0,61	0,42	0,40	0,33	0,22	0,39	0,47	0,75
2	1	0,86	0,16	0	0	0	0,02	0,34	0,92
3	1	1	0,94	0,86	0,85	0,62	0,83	0,88	0,98
4	1	0,83	0,81	0,75	0,38	0	0,28	0,63	0,92
5	0,90	0,71	0,60	0,50	0,38	0	0,23	0,52	0,82
6	1	0,67	0,33	0,22	0,20	0	0,15	0,41	0,89
7	1	1	1	0,71	0,67	0,29	0,66	0,78	0,98

## References

1. Dujmović, J.J. Preference Logic for System Evaluation. IEEE Trans.on Fuzzy Systems 15(6), 1082–1099 (2007).
2. Yager, R. R. On ordered weighted averaging aggregation operators in multi-criteria decision making, IEEE transactions on Systems, Man and Cybernetics 18, 183–190, 1988.
3. Fuller, R. and Majlender, P. An analytic approach for obtaining maximal entropy OWA operator weights. Fuzzy Sets and Systems 124, 53–57 (2001).
4. Al-Masri, E. and Mahmoud, Q.H. QoS-based Discovery and Ranking of Web Services. Computer Communications and Networks. ICCCN 2007. Proceedings of 16th International Conference on, Honolulu, HI, 2007, pp. 529–534.

## THE CONCURRENCY REPRESENTATION IN TLA+ SPECIFICATION

Today the concurrency is a common way for increasing the performance of software systems. To check the correctness of design solutions obtained during such systems engineering (the distributed systems in particular) the model checking technique can be used [1]. Another prominent sphere of model checkers usage is all about finding the runtime errors. For instance, the Linux kernel written in C code [2]. The most challenging topic here is the state explosion problem, which induce the enormous random access memory (RAM) requirements. The possible solution to diminish the significance of named problem is to vary the levels of abstraction in formal specification to be checked. The convenient way to do that is to use TLA+ formalism (the Temporal Logic of Actions, by L. Lamport) [3].

Our work is aimed at the estimation of memory requirements depending on the complexity of model checking tasks to be solved. For this purpose the concurrency is represented in formal TLA+ specification on its lowest abstraction layer – as an interleaving (Fig. 1).

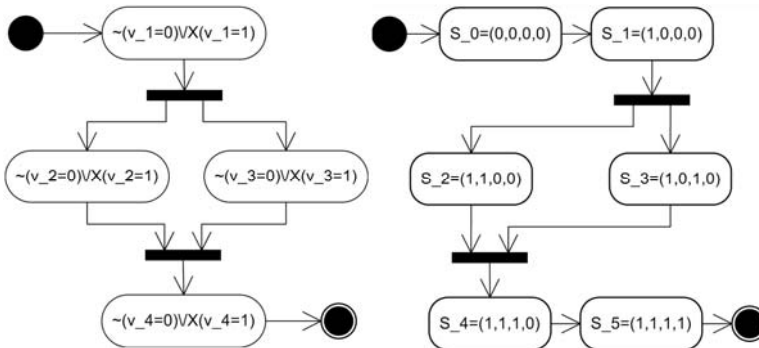


Fig. 1. The activity diagram and the appropriate state chart

<sup>1</sup> Cand. of techn. sciences, docent at CSN Dept., ZNTU

<sup>2</sup> Postdoctoral Researcher at Artificial Intelligence Laboratory, FOI, University of Zagreb

<sup>3</sup> Master at CSN Dept., ZNTU

In Fig. 1 the diagrams are built for  $n = 2^2$ , where  $n$  – the number of state variables in specification.

The concurrency is proposed to be organized with a binary tree-like structure. That means that initially only a single state variable changes its value (from 0 to 1), then there is a pair of variables to change their values concurrently ( $2^1$ ), then another four variables are involved in the concurrency ( $2^2$ ), and so on. Finally, when there is only one state variable with 0 value is available, its value has to be changed – as a representation of some gatherer component activation, intended to process the intermediate results obtained earlier.

The model checking tasks complexities estimations are given in table 1. As a model checker the TLC (TLA Checker) has been used.

Table 1 – The model checking tasks complexities estimations

n	Paths length	Paths number
$2^2$	5	2
$2^3$	9	48
$2^4$	17	1935360

In table 1 Paths length – the number of states to be visited to go from the initial state to the final one (including the initial and the final ones); Paths number – the total number of possible paths from the initial state to the final one. The model checking tasks have been successfully resolved for  $n = 2^2, 2^3$ . For  $n = 2^4$  the RAM volume limitation has been faced – the 1280 MB Java virtual machine buffer size wasn't enough (JRE 1.7, TLC 2.05).

### References

1. Newcombe C. How Amazon Web Services Uses Formal Methods / C. Newcombe, T. Rath, F. Zhang [et al.] // Communications of the ACM. – 2015. – Vol. 58, No. 4. – P. 66–73. DOI: 10.1145/2699417
2. Methni A. Specifying and Verifying Concurrent C Programs with TLA+ / A. Methni, M. Lemerre, B. B. Hedia [et al.] // Communications in Computer and Information Science. – 2014. – Vol. 476. – P. 206–222. DOI: 10.1007/978-3-319-17581-2\_14
3. Lamport L. Specifying Systems: The TLA+ Language and Tools for Hardware and Software Engineers / L. Lamport. – Boston.: Addison-Wesley, 2002. – 364 p.

**WAVELET TECHNOLOGY OF SIGNALS DECOMPOSITION**

In recent years, wavelet analysis is used for modeling, analyzing and controlling complex systems in various fields of science and technology.

Nowadays there is no universal method of the non-stationary signals wavelet analysis. Many tasks associated with the wavelet transform parameters definition during the different nature objects study, remains unresolved.

The original complex shape signal decomposition into components is the task, which effective solution is widely demanded in digital signal processing. The methods to solve this problem are based on the use of previously known assumptions about the processed signal [1].

Another approach to solve this problem is based on the wavelet transformation [2]. This is a mathematically accurate method to divide a signal into a set of basis functions being at the root of the wavelet transform. The basis functions of wavelet transformation are strictly localized in both frequency and time in contrast to the Fourier one. In this case the result of the decomposition will be a model of the signal as a set of the desired components.

Below there are the results of researching energy and entropy changes by the stages of the signal decomposition.

The signal having dimension  $N$ , could be expanded by multi-level one-dimensional wavelet transformation to  $2N/2$  levels, which are a set of approximating ( $cA$ ) and detailing ( $cD$ ) coefficients. The number of decomposition levels is sufficiently large and the process of determining the limited decomposition depth strongly depends on the researcher's experience.

For obtaining the optimal signal decomposition R. R. Coifman proposes to use the criterion of entropy minimum in his work [3].

All processes in nature proceed to increase the entropy. According to the K. Shannon theory information gain is equal to the lost system uncertainty [4]:

$$H = - \sum_{j=1}^N P_j^2 \log(P_j^2) \quad (1)$$

The substance of the Coifman method is the following: the entropy sum of approximating and detailing coefficients of the signal wavelet decomposition is calculated at the current signal decomposition level; if the received value is

---

<sup>1</sup> Postgraduate Student, the Department of Computer Software, ZNTU

<sup>2</sup> Professor, the Department of Computer Software, ZNTU

<sup>3</sup> Master, the Department of Computer Software, ZNTU



greater than the value at the previous level, the decomposition continues, otherwise the previous level is final. The total signal decomposition is a set of levels: from the first one to the level with the entropy minimum.

To investigate the signal entropy and energy action at the wavelet decomposition stages, we should calculate the corresponding values of each decomposition level. As the original signal we should consider a signal representing the sum of sinusoids.

We should consider changing the entropy of the signal components. The entropy value of the first component decreases and the entropy value of the second component increases. The entropy changing is more abrupt than the energy changing. But the total entropy of the two components gradually decreases to a certain level, then the values increase. As may be supposed, the «turning point» shows the most unstable state of the system in which the components can be selected. According to K. Shannon theory, the information gain is equal to the lost system uncertainty (1), so the information gain stopped at this decomposition level. The system turned to a completely unstable state. From the above we should conclude that: the separation of the signal components can be performed at the decomposition level with the total entropy minimum of the both components.

The following results were obtained during the work:

- the Coifman method for the task of the signal components allocation has been modified;
- the method of the signal separation into components based on wavelet decomposition and information theory has been proposed;
- the procedure of the signal components allotment has been developed.

### References

1. Sen M. Real-time digital signal processing. Implementations and applications. Wiley, 2006, 667 p.
2. Misiti M., Oppenheim G. Wavelet and their applications. USA : ISTE, 2007, 330 p.
- Coifman R. R., Wickerhauser M. V. Entropy-based algorithms for best basis selection, IEEE Trans. on Inf. Theory, 1992, vol. 38 (2), pp. 713–718.
3. Shannon K. A Mathematical theory of communication, The Bell System Technical Journal, 1948, vol. 27, pp. 379–423.

## WAVELET TECHNOLOGY IN THE IMAGE PROCESSING

Wavelet analysis has attracted much attention recently in signal processing. It has been successfully applied in many applications such as transient signal analysis, image analysis, communications systems and other signal processing applications.

Wavelet is a general name for math functions of the specific form which are local in time and frequency. All the functions are derived from just only one by means of shifts and extension along the arrow of time. Wavelet transformation is considered to be the infinite variety of diverse transformations in accordance with the evaluation function used for its analysis [1]. In plain language, it is a method to divide a signal into a set of basis functions which are strictly localized in time and frequency.

At the present day, there is no comprehensive method of the non-stationary signals wavelet analysis. The definition of the wavelet transform parameters remains unresolved as well as the tasks associated with their research.

As mentioned above, the wavelet technology is used widely. Nowadays, the main task is to find effective solutions for the complex shape signal decomposition into components as these solutions will contribute to the development of digital signal processing. One of the approaches to resolve this issue is based on the wavelet transformation [2]. In the signal transformation process, decomposition will be a model of the signal as a set of desired components. The research of entropy and energy shows changes by the stages of the signal decomposition. To obtain the optimal signal decomposition it is advisable to use the criterion of the entropy minimum. The entropy sum of the coefficients of the signal wavelet decomposition is determined at the ongoing decomposition level. In this case, the received value should be taken into consideration. If the value is greater that at the previous level, the decomposition takes place and continues. Otherwise, the process of signal decomposition will be finished at the previous level. The values of each decomposition level should be calculated [3]. In general, the total signal decomposition is a set of the levels, from the first level to the level with the entropy minimum. The entropy value changes by decreasing and increasing the entropy components' values. This aspect shows that the entropy changing is abrupt and is less stable than energy changing of the signal components.

---

<sup>1</sup> Postgraduate Student, the Department of Computer Software, ZNTU

Image processing and analysis based on the continuous or discrete image transforms are classic techniques. The image transforms are widely used in image filtering, data description, etc. Nowadays the wavelet theorems make up very popular methods of image processing, denoising and compression. Considering that the Haar functions are the simplest wavelets, these forms are used in many methods of discrete image transforms and processing [4]. The image transform theory is a well known area characterized by a precise mathematical background, but in many cases some transforms have particular properties which are not still investigated.

This theme is very actual nowadays and, definitely, we can expect a lot of breaking discoveries in this field.

### References

1. Cohen A., Kovacevic J. Wavelets: the mathematical background, Proceedings of the IEEE, 1996, vol. 84 (4), pp. 514–522.
2. Cohen A., Daubechies I., Vial P. Wavelets on the interval and fast wavelet transforms, Applied and Computational Harmonic Analysis, 1993, vol. 1, pp. 54–81.
3. Mallat S. Multifrequency channel decompositions of images and wavelet models, IEEE Trans. Acoust., Speech, and Signal Process., 1989, vol. 37, pp. 2091–2110.
4. Porwik P., Lisowska A. The Haar-wavelet transform in digital image processing: its status and achievements, Machine GRAPHICS & VISION, 2004, vol. 13, pp. 79–98.

УДК 519.83

Бахрушин В.Є<sup>1</sup>.

### **ЗАРАХУВАННЯ АБІТУРІЄНТІВ ДО ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ ЯК ЗАДАЧА БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ**

Новий Закон України «Про вищу освіту» суттєво змінив основні принципи зарахування абітурієнтів до вищих навчальних закладів. На сьогодні основні зміни торкнулися вступу за державним замовленням на денну форму бакалаврських програм. Вони передбачають [1]:

– реєстрацію абітурієнтів в електронній базі і подання ними заявок на вступ на окремі освітні програми із зазначенням пріоритетів заявок;

---

<sup>1</sup> Д.ф.-м.н, професор кафедри системного аналізу та обчислювальної математики ЗНТУ

– визначення кожним ВНЗ формули розрахунку конкурсного бала як зваженої суми показників (бали сертифікатів зовнішнього незалежного оцінювання та інших вступних випробувань, середній бал атестату про загальну середню освіту, додаткові бали за успіхи у навчанні та закінченні підготовчих курсів ВНЗ з окремих спеціальностей);

– визначення кожним ВНЗ максимального обсягу державного замовлення за кожною спеціальністю з урахуванням встановлених обмежень;

– автоматизований розподіл абітурієнтів за освітніми програмами.

Автоматизований розподіл здійснюється за алгоритмом Гейла-Шеплі [2], який широко використовується для розв’язання подібного класу задач в теорії кооперативних ігор. В межах певних припущень можна довести, що алгоритм забезпечує отримання стійкого розв’язку. Головні з них полягають у тому, що ми аналізуємо повний набір варіантів, а переваги абітурієнтів і університетів є стійкими. Але досвід вступних кампаній останніх років свідчить, що ці припущення не виконуються.

Абітурієнти з різних причин можуть відмовитися від наданого бюджетного місця і вступити за контрактом на інші освітні програми. Наслідком є вивільнення бюджетних місць, які неможливо розподілити в межах класичного алгоритму, оскільки він не враховує таку можливість. Вищі навчальні заклади мають встановити свої переваги у вигляді складників і вагових коефіцієнтів формули розрахунку конкурсного бала задовго до початку вступної кампанії. Але формальна невизначеність тут виникає через статистичні похибки вихідних показників.

Суттєвою відмінністю від класичної задачі є те, що одночасно з розподілом абітурієнтів за освітніми програмами вирішується задача розподілу державного замовлення. При цьому виникає суперечність між правом ВНЗ встановлювати власні формули розрахунку конкурсного бала і необхідністю порівняння абітурієнтів за цими конкурсними балами в межах спеціальності.

Для вирішення цієї проблеми можливі такі варіанти:

– директивно встановити єдині в межах спеціальності складники конкурсного бала та їх вагові коефіцієнти;

– відокремити конкурс на право вчитися за державним замовленням і конкурси до окремих ВНЗ через запровадження двохетапного алгоритму.

– перейти до пропонованого МОН механізму блочного фінансування ВНЗ, який передбачає врахування якості набору, але не передбачає конкурсу на державне замовлення під час вступної кампанії.

Для зменшення впливу зазначених невизначеностей можуть використовуватися штрафи за відмову від наданого бюджетного місця, обме-

ження кількості безкоштовних заявок та інші заходи. Альтернативний підхід може базуватися на використанні відомих методів прийняття багатокритеріальних рішень в умовах невизначеності [3]. При цьому цільова функція та/або обмеження мають враховувати інтереси як абітурієнтів, так і держави та вищих навчальних закладів.

### Список літератури

1. Умови прийому на навчання до вищих навчальних закладів України в 2016 році. <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/z1351-15>.

2. Gale D. College Admissions and the Stability of Marriage / D. Gale and L. S. Shapley // *The American Mathematical Monthly*, Vol. 69, No. 1 (Jan., 1962), pp. 9–15.

3. Бахрушин, В.С. Застосування методів багатокритеріального прийняття рішень при відборі абітурієнтів / В.С. Бахрушин, А.В. Бахрушин // *Математичне та комп'ютерне моделювання. Серія: Технічні науки: зб. наук. пр. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільськ. нац. ун-т, 2014. – Вип. 10. – С. 5–14.*

УДК 004.9; 519.816

Водолазкіна К.О.<sup>1</sup>, Дубровін В.І.<sup>2</sup>

## АНАЛІЗ СУМІСНОЇ ПРОФЕСІЙНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМАНДИ ПРОЕКТУ

С кожним роком зростає кількість та складність ІТ проектів на ринку. Будь-який проект складається з ряду різних за складом завдань, виконання яких вимагає досвіду і витрат часу ряду фахівців. Найбільша ефективність управління досягається в разі, коли всі учасники працюють під загальним управлінням менеджера проекту злагоджено, спільно [1].

І.О. Гордєєва [2] визначила велику кількість ролей команди проекту, однак в практиці, деякі ролі можна об'єднати, особливо якщо це стосується невеликих команд. Те ж саме спостерігається у роботі стартапів на ранніх етапах становлення команди (формування, бурління та нормування) та розвитку проекту.

Особливості роботи в команді припускають, що кожен окремо взятий член команди не обов'язково повинен мати повний набір навичок та досвіду для виконання проекту. Саме в індивідуальних особливостях виконавців є причина створення команд, тому сильні сторони кожного співробітника доповнюють слабкі сторони колег. Обмеженість ресурсів може

---

<sup>1</sup> аспірантка, ЗНТУ

<sup>2</sup> к.т.н., проф. кафедри ПЗ, ЗНТУ

компенсуватися за рахунок професіоналізму та ефективність сумісних дій усіх членів [3].

Також етапі ініціалізації та початку роботи стартапу виникає ризик не оптимального командування, тобто ситуація, коли особисті професійні компетентності членів команди сильно перетинаються за однією групою навичок та технологічного досвіду, а рівень інших необхідних для якісного виконання проекту знань є недостатнім. Для вирішення цієї проблеми пропонується проведення аналізу сумісної професійної ефективності членів команди проекту, що допоможе з'ясувати наскільки команда сформована професійно та виявити потенційно слабкі сторони, які треба буде підсилити або ж шукати додаткові ресурси для виконання проекту.

Інформаційна система аналізу та управління командою повинна бути систематизована у вигляді однієї централізованої системи та складатися з системи взаємо пов'язаних автоматизованих заходів. Для організації цілісного процесу до програмного комплексу запропоновано включити такі функціональні можливості:

- 1) систематизація первинних даних про досвід та навички;
- 2) проведення тестування працівника за наступними напрямками:
  - професійні знання;
  - анкетування тимліда;
  - анкетування менеджера проекту;
  - аналіз результатів роботи над задачами проекту;
- 3) генерація особистих рекомендацій щодо професійного зростання;
- 4) аналіз мотивації;
- 5) комплексний аналіз професійних компетенцій команди та виявлення «слабких місць»;
- 6) відображення динаміки професійне зростання працівників.

Комплексний аналіз професійних компетенцій команди виконуються на базі статистичного аналізу числових рядів значень навичок членів команди за обраним набором рівнів знань технологій, що обмежені складністю та особливостями задач проекту. Отже цей етап надає можливість виявити потенційні проблеми реалізації та отримати дані, необхідні для своєчасного прийняття рішень щодо розвитку та посилення команди.

Комплексний аналіз компетенцій дозволяє: отримати дані про сумісні знання та навички команди; оцінити наскільки команда професійно підготовлена для виконання подальших задач проекту; визначити яких знань та досвіду не достатньо.

Таким чином запропонований новий підхід може бути застосовано на ранніх етапах розвитку ІТ проектів, у якості інструменту аналізу ризи-

ків та результатів проекту, а також як додаткового аргументу мотиваційної програми професійного розвитку команди проекту.

### Список літератури

1. Арчибальд Р. Управление высокотехнологичными программами и проектами / Рассел Д. Арчибальд; пер. с англ. Мамонтова Е.В.; под. ред. Баженова А. Д., Арефьева А. О. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Компания АйТи; ДМК Пресс, 2004. – 472 с., ил.

2. Гордеева И.А. Приоритетность ролей по этапам развития команды и стадиям жизненного цикла проекта [Электронный ресурс] / И.А. Гордеева // Вісник Херсонського державного технічного університету. – 2009. – №1(34). – С.51–55.

3. Чернов С. К. Основы эффективной работы проектной команды / С. К. Чернов, А. А. Левит // Радиоелектрон. і комп'ют. системи. – 2007. – № 3. – С. 128–133. – Библиогр.: 8 назв. – рус.

УДК 004.047

Голуб Т.В.<sup>1</sup>, Тягунова М.Ю.<sup>2</sup>

### АЛГОРИТМ ПОРТЕРА ЯК МЕТОД СТЕММІНГУ УКРАЇНОМОВНИХ ТЕКСТІВ ДЛЯ КЛАСИФІКАЦІЇ ДОКУМЕНТІВ

Класифікація текстових документів проводиться для полегшення процесу пошуку необхідної інформації у великому об'ємі накопичених матеріалів, представлених на різних мовах світу. Так, для нашого регіону найбільш розповсюдженими мовами є англійська, російська та українська. Наведені в літературі автоматичні класифікатори охоплюють здебільшого матеріали, надані англійською та російською мовами. При цьому україномовні тексти залишаються осторонь.

У даній роботі пропонується метод попередньої обробки україномовних текстів з метою їх подальшої класифікації.

Процес класифікації передбачає проходження декількох етапів. Першим етапом є перетворення текстових документів у форму, придатну для подальшої комп'ютерної обробки – вектору даних. Далі виконується обробка отриманого вектору з метою його зменшення шляхом відсікання суфіксів і закінчень слів (стеммінг), виключення неінформативних слів.

---

<sup>1</sup> Аспірант ЗНТУ

<sup>2</sup> Доцент ЗНТУ

Другим етапом є безпосередньо класифікація. Тому процес стеммінга є одним із ключових етапів попередньої обробки тексту.

У літературі наведено велику кількість алгоритмів стеммінгу. Але вони найчастіше передбачають обробку текстів, наведених на розповсюджених в світі мовах, до яких українська не належить. Тому в даній роботі пропонується для розгляду алгоритм стеммінгу для україномовних текстів на основі алгоритму Портера [1]. Стеммер Портера побудовано за принципом описання правил відсікання суфіксів та закінчень, що не вимагає додаткової бази для генерування критеріїв усічення слів. Цей факт зменшує необхідний обсяг пам'яті для роботи програми, що надає можливість створити автономну програму невеликого обсягу. Проблеми, які виникають при роботі даного стеммера (сильне або слабе усічення слів) не є критичними для вирішення задачі класифікації текстових документів.

У літературі існує велика кількість реалізації стеммета Портера, та для української мови вона не передбачалась через фонетичну та орфографічну близькість її до російської. Але існуючі відмінності не дозволяють якісно використовувати стеммер, розроблений для російськомовних документів [2], для попередньої обробки україномовних текстів.

Стеммер Портера для української мови, що пропонується, має кілька особливостей: виключення із слова символу апострофа та рівнозначність букв «г» та «ґ». В результаті аналізу правил побудови слів української мови було отримано перелік закінчень, характерних для іменників, прикметників, дієслів, дієприкметників, дієприслівників, виділено форми суфіксів для найвищого ступеня порівняння прикметника та зазначено подвоєння приголосних. Відсікання відбувається за найбільшим співпадаючим суфіксом і закінченням та виконується над частиною слова після першого та другого сполучення «голосна-приголосна» для виключення перетворення слів, що складаються з одного складу.

З урахуванням отриманих даних пропонується наступна послідовність дій при реалізації стеммера Портера для україномовних текстів:

1. Якщо є апостроф, то він видаляється.
2. Якщо є буква «ґ», то вона замінюється на «г».
3. Визначення областей слів після першого та другого сполучення «голосна-приголосна».
4. Видалення суфіксу та закінчення слова в залежності від частини мови.
5. Якщо отримане слово закінчується на голосну, то вона видаляється.
6. Видалення подвоєних приголосних і «ь».



Даний варіант алгоритму виконує відсікання суфіксів та закінчень слів україномовних текстів. Це дозволяє спростити вектор даних зазначених текстів шляхом виключення повторів однакових слів, зумовлених різними формами та відмінками їх використання. У результаті зменшуються вимоги до об'єму пам'яті, необхідної для реалізації класифікатора.

### Список літератури

1. Porter M.F. An algorithm for suffix stripping / M.F. Porter // Program, 2006, – Vol 40 Iss: 3– P .211 – 218
2. Пересторонин Павел Стеммер Портера для русского языка/ Павел Пересторонин // 2014 [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://eigenein.xyz/snowball/>

УДК 004.6, 004.9

Дейнега Л.Ю.<sup>1</sup>, Олефіренко Г.Е.<sup>2</sup>

### СИСТЕМА «ЕЛЕКТРОННА МЕДИЧНА КАРТА ВАГІТНОЇ»

Інформаційні системи для збору, обробки, зберігання та аналізу даних використовуються у всіх галузях, в тому числі і в медицині. У зв'язку з тим, що в медицині потрібна оперативна обробка інформації та негайне реагування на події, що відбуваються, актуальним є не тільки збір, але також і аналіз даних. Отже, актуальність представленої роботи визначається як інтенсивною інтеграцією інформаційних технологій в усі галузі сучасного життя, в тому числі і в медицину, так і прагненням вдосконалити взаємодію між пацієнтом та лікарем, а також між лікарями різних спеціальностей.

Існуючі в Україні медичні інформаційні системи, які інтегровані в українські медичні заклади, при наявності модулів лабораторії та спеціального аналізу крові не мають програмної розробки для обмінної карти вагітної. Тому створення системи з урахуванням стандартів обліку обмінної картки вагітної в Україні є дуже актуальним.

Середовищем функціонування системи була обрана операційна система Windows 7 через її популярність серед користувачів, легкість підтримки та відновлення, стабільність роботи, дружельобний інтерфейс, широкий діапазон налаштувань, високу стійкість, сумісність з найпоширенішими сучасними програмами. Середовищем розробки було обрано систему керування БД

---

<sup>1</sup> ст. викладач ЗНТУ

<sup>2</sup> студ. гр.. КНТ-412 ЗНТУ

InterSystems Caché. До її основних переваг належать висока продуктивність, необмежене масштабування, надійність та відмовостійкість серверу даних; гнучкість та потужність для швидкої розробки, міграції та розгортки додатків на сервері; безліч вбудованих механізмів доступу як до зовнішніх систем та технологій, так і до даних, що зберігаються; повноцінний та функціонально багатий інструментарій для розробки, що мінімізує час створення та тестування додатків будь-якого рівня складності. У якості середовища розробки діаграм послідовності основних процесів було обрано програмний продукт IBM Rational Rose Enterprise.

Для даної системи було виділено найбільш важливі та найбільш ефективні методи діагностики під час вагітності. Усі методи та дослідження було розподілено на прості та комплексні для зручності сприйняття та обробки даних з результатами та висновків.

Система забезпечує виконання наступних функцій:

- заповнення аналізів;
- перевірка введених даних;
- формування висновків на основі показників результатів аналізів;
- редагування аналізів;
- видалення аналізів;
- експорт аналізів до Microsoft Excel;
- перегляд аналізів.

При наявності Інтернету, встановленої клієнтської частини InterSystems Caché і при наявності будь-якого браузеру, користувач може перейти на сайт та ознайомитися з потрібною інформацією.

Основним користувачем, який взаємодіє з системою, є лікар. До його повноважень належать перегляд інформації про пацієнтів, заповнення обмінної картки пацієнтів, а також робота з аналізами, що є ключовою задачею даної системи. Тому функціональна частина лікаря в даній системі становить:

- додавання результатів аналізів;
- перегляд результатів аналізів;
- редагування результатів аналізів;
- видалення аналізів;
- друк аналізів.

Окрім лікаря, доступом до системи володіє також пацієнт. Його повноваження обмежені, він має можливість тільки ознайомлюватися зі своєю обмінною картою, а також зі своїми аналізами. Функціональна частина пацієнта в системі – перегляд результатів аналізів.

Програмний продукт є надійним – працює обробка винятків. Джерелом інформації про виняткові ситуації при роботі з програмним продуктом є спливаючі повідомлення.

Дана розробка спроектована таким чином, що вона може бути повністю сумісною з більшою системою, яка займається реєстрацією пацієнтів, обліком відвідувань лікарів, а також загальним обліком протікання вагітності. Інтегрування даної розробки до основної системи є абсолютно безпечним та не створить жодних проблем.

Програма була розроблена з метою допомоги медичним установам швидше здійснити переведення на електронну форму ведення документації та створення єдиного інформаційного простору медичних закладів. Передбачається, що розробка буде корисною з декількох причин. Зокрема, використання електронної медичної карти скоротить час лікарів на внесення та знаходження результатів аналізів. Також після впровадження підсистеми очікується скорочення черг пацієнтів, які прийшли за результатами аналізів.

УДК 004.418

Дейнега Л.Ю.<sup>1</sup>, Федорченко Є.М.<sup>2</sup> Корнієнко О.В.<sup>3</sup>

### **АВТОМАТИЗОВАНА ПІДСИСТЕМА «ПРОГНОЗУВАННЯ СТАНУ ЗДОРОВ'Я ПАЦІЄНТА»**

У зв'язку з погіршенням екологічної ситуації на планеті, зміною образу життя людей та іншими факторами все більше людей страждають від різних захворювань та передчасно помирають через них. Актуальність задачі розробки підсистеми для прогнозування здоров'я полягає в тому, що така підсистема дозволить передбачити появу захворювань у пацієнтів та вилікувати їх на ранній стадії, не допустивши розвитку хвороби.

Більшість існуючих програмних засобів для аналізу та прогнозування здоров'я використовуються виключно в медичних закладах і недоступні звичайним користувачам. Але існують і інші системи, які доступні будь-кому. Для використання більшості з них необхідно придбати спеціальний прилад, за допомогою якого проводиться аналіз поточного стану здоров'я пацієнта. Такий прилад використовується для проведення неінвазивного обстеження організму. В залежності від системи і метода обстеження можуть зніматися показники з різних частин тіла. Було розглянуто системи QANS PWV Pro, Домашній доктор, Пересвет, Colorimetric

---

<sup>1</sup> ст. викладач ЗНТУ

<sup>2</sup> ст. викладач ЗНТУ

<sup>3</sup> студент ЗНТУ

та Simptomer.ru. На відміну від розглянутих систем, розроблена підсистема дозволяє виконувати прогнозування за результатами лабораторних аналізів. Це дозволяє збільшити точність діагностування.

Розроблена підсистема дозволяє виконувати операції з записами про пацієнтів та результати їх аналізів (додавання, зміна, видалення). Підсистема дозволяє виконувати прогноз за існуючими результатами аналізів. За прогнозованими результатами аналізів можливо визначити найбільш вірогідний діагноз. При цьому результати тих аналізів, які не збиралися в пацієнта, при постановці діагнозу вважаються нормальними.

Для прогнозування результатів аналізів було використано алгоритм аналізу часових рядів ARIMA. Алгоритм використовується для нестационарних часових рядів.

Для визначення діагнозу на наступному етапі використовується багатошарова нейронна мережа. На вході мережі подаються результати аналізів, а на виходах – діагноз. В якості дискримінантної функції використано зважену суму, а в якості функції активації – сигмоїдну. Для навчання нейронної мережі використано метод зворотного поширення помилки.

Підсистему реалізовано за допомогою мови програмування C#. Для збереження даних про пацієнтів використано СКБД Cache InterSystems.

Підсистема є частиною системи «Автоматизована система допологового обстеження «Здорова мати – здорове дитя», яка призначена для автоматизації запису на прийом до лікаря, облік пацієнтів і оформлення обмінної карти вагітної. Система розробляється для поліклінік, лікарень і жіночих консультацій для систематизації та обліку вагітних жінок при відвідуванні дородових консультацій.

Розроблена підсистема дозволяє виконувати прогнозування результатів аналізів пацієнта та визначати діагноз за ними. Для визначення точності прогнозування та діагностування було використано тестову вибірку даних тридцятьох пацієнтів. Визначено, що відхилення прогнозованих результатів аналізів від реальних складає приблизно від 15% до 5% в залежності від кількості днів, у які збиралися аналізи. У 28 з 30 пацієнтів діагноз було визначено правильно, отже помилка при діагностуванні складає близько 7%.

### Список літератури

1. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс / С. Хайкин; пер. с англ. – М.: Вильямс, 2006. – 1104 с.
2. Нейронні мережі : навчальний посібник / С. О. Субботін, А. О. Олійник; під заг. ред. проф. С. О. Субботіна. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2013. – 125 с.
3. Алгоритм ARIMA [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/ARIMA>.

**ОБ АДАПТАЦИИ РАЗНОСТНЫХ СХЕМ ДЛЯ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО  
УПРАВЛЕНИЯ ШАГОМ ЧИСЛЕННОГО ИНТЕГРИРОВАНИЯ**

В данной статье продолжены исследования, посвященные вопросам создания эффективных параллельных методов моделирования динамических систем, основанных на решении задачи Коши [1]. При этом основное внимание уделено вопросам управления шагом интегрирования, что, в свою очередь, приводит к необходимости контроля локальных и глобальной ошибок [2]. Рассмотренный в [3] подход, связанный с контролем локальной погрешности на основе сопоставления решений, полученных с разными порядками в совпадающих точках блока, оказывается очень результативным при решении жестких уравнений и систем и может быть использован для оценки погрешности полученного решения. Если получить априорные оценки шага интегрирования для обеспечения заданной точности до начала счета, то можно утверждать, что ни на каком участке интегрирования полученная погрешность не превзойдет заданную. Но, к сожалению, такой подход не может обеспечивать изменение шага интегрирования во время счета. Этот вопрос становится наиболее актуальным, когда искомая функция (функции) на отдельных участках интегрирования характеризуется различными скоростями изменения. В этом случае целесообразно использовать для интегрирования адаптируемый шаг, что не позволяет обеспечить расчетные коллокационные схемы [4]. Для устранения этого недостатка в работе предлагается ввести новые разностные схемы, которые также строятся на интерполяционных многочленах, степени которых совпадают с количеством точек коллокации, а значения многочленов в этих точках совпадают с правыми частями дифференциального уравнения в расчетных точках. Но точки коллокации не обязательно будут представлять собой равномерную сетку, хотя, желательно, чтобы они были связаны между собой каким-либо коэффициентами пропорциональности.

Определение начальных значений в расчетных блоках осуществляется на основе многошагового предикторного метода Адамса, что позволяет повысить точность начального приближения. Вычисление приближенных значений решения задачи Коши в каждом следующем расчетном блоке осуществляется итерационно и независимо. После получения решения в очередном блоке осуществляется сопоставление полученных значений в совпадающих точках. Величина нормы расхождений между значе-

---

<sup>1</sup> докт. техн. наук, проф., Донецкий национальный технический университет (г. Покровск)

ниями приближенных решений в совпадающих узлах основного блока является определяющей для принятия решения о выборе размера шага. При проведении экспериментов вводились различные значения индикаторов, которые обеспечивают принятие решения об изменении размера шага (параметр инерционности, количество итераций для уточнения решения методом Ньютона, близость текущей локальной погрешности к предельному отношению и т.п.).

Проведенные исследования позволили предложить новые подходы к созданию разностных схем, что позволило решить проблему параллельного управления точностью интегрирования на основе вариации длины шага. В первом случае предложено введение дополнительной точки в опорный блок, что, с одной стороны, не приводит к увеличению размерности системы, но, в то же время, позволяет получить в совпадающих точках расчетного блока решения, посчитанные с разными порядками точности. Получение численных решений с разными порядками аппроксимации в совпадающих точках расчетного блока позволило формировать оценки погрешности численного интегрирования без привлечения точного решения, которое, во многих случаях, вообще неизвестно. Для случаев, когда искомая функция (функции) на отдельных участках интегрирования характеризуется различными скоростями изменения, т.е., когда речь идет о жестких уравнениях, в работе предложены подходы к вариации шага интегрирования, основанные на использовании многошаговых многоточечных коллокационных блочных методов с изменяемыми размерностями опорных и расчетных блоков с неравномерным расположением узлов. Для автоматического формирования вычислительных схем разработана программная система, основанная на использовании интегроинтерполяционного метода.

### Список литературы

1. Hairer E. Solving Ordinary Differential Equations II. Stiff and Differential-Algebraic Problems / E. Hairer, G. Wanner. – Springer-Verlag, 1999. – 685p.
2. Kulikov G.Yu. Doubly quasi-consistent parallel explicit peer methods with built-in global error estimation / G. Yu. Kulikov, R. Weiner // Journal of Computational and Applied Mathematics. – 2010. – Vol. 233. – P. 2351–2364.
3. Dmitrieva O. Parallel Step Control. Development of parallel algorithms of the step variation for simulation of stiff dynamic systems/ O. Dmitrieva, L. Feldman. – Lambert Academic Publishing. – 2013. – 72 p.
4. Дмитриева О.А. Параллельные численные методы моделирования динамических объектов: монография / О.А. Дмитриева. – Красноармейск: ГВУЗ «Дон-НТУ», 2016. – 384 с

## ОБЗОР ПРОГРЕССИВНЫХ СИСТЕМ ПОМОЩИ ВОДИТЕЛЮ

Наиболее слабым элементом с точки зрения надежности в системе управления автомобилем, является именно человек. Это объясняется сложностью обработки им большого потока информации об изменении состояния окружающего пространства при постоянной усиленной концентрации внимания.

Для обеспечения помощи человеку в управлении автомобилем активно разрабатываются системы, которые могут работать в режиме советчика водителю, а также выполнять управление транспортным средством без его участия. Такие системы называются передовыми системами помощи водителю (ПСПВ) (advanced driver assistance systems).

Выделяют четыре различных типа ПСПВ [1]:

- информационный – предоставляет информацию о дороге и окружающей обстановке водителю;
- предупреждение и обратная связь – уменьшает число ошибок и/или нарушений;
- вмешательство в управление автомобилем – увеличивает комфорт и/или безопасность передвижения;
- автоматизированное движение – повышает безопасность и освобождает водителя от управления автомобилем.

Особое внимание к разработке систем активной помощи водителю уделили такие автопроизводители как: Mercedes Benz, Nisan, BMW, Tesla. Основная идея заключается в оснащении современных автомобилей сенсорами и датчиками, которые позволяют считывать и анализировать информацию об окружающем автомобиль пространстве и давать человеку рекомендации по его управлению.

Автономная система аварийного торможения Mercedes Pre-safe Brake [2] для идентификации критической ситуации использует датчики радара (угол обзора 80 градусов) и стереокамеру (угол обзора 45 градусов). Водитель получает предупреждение о потенциальной опасности примерно за две с половиной секунды до столкновения. Если на этой стадии водитель нажимает на тормоз, автомобиль автоматически передает тормозное усилие, необходимое для того, чтобы благополучно остановить автомобиль (если это физически возможно) независимо от того, какие

---

<sup>1</sup> Дубровин Валерий Иванович – к.т.н., проф. каф. Программных средств, ЗНТУ

<sup>2</sup> Икол Сергей Александрович – аспирант кафедры Программных средств, ЗНТУ

усилия приложил водитель. Однако, если критическая ситуация продолжает развиваться, и водитель никак на нее не реагирует, примерно за полторы секунды до предполагаемого столкновения автомобиль предпринимает частичное торможение; в ожидании удара также срабатывает натяжение ремней безопасности.

ПСПВ фирмы Nissan также построена на использовании данных от радара. Эта система измеряет расстояние от транспортного средства до препятствия, а затем подает звуковой сигнал и визуальное предупреждение. Если она установит, что водитель должен принять меры, или столкновение неизбежно, даже после действий водителя, производится торможение для замедления движения транспортного средства, что позволяет уменьшить повреждения и уменьшить ущерб во время ДТП.

В существующих системах помощи водителю заложено комбинированное использование информации, поступающей со всех датчиков. То есть принятие решения по управлению транспортным средством возможно только при работоспособности всех сенсоров, что снижает уровень ее надежности. Такие системы также не универсальны, т.к. при смене условий эксплуатации транспортного средства необходимо пересматривать функции каждого из сенсоров и вносить изменения в систему принятия решений.

Обеспечить высокие показатели работоспособности систем помощи водителю возможно в результате применения схем резервирования [3], построенных по принципу формирования управляющего воздействия по информации от каждого типа сенсоров отдельно с дальнейшим синтезом получаемых данных.

### Список литературы

1. Carsten O.M.J. Nilsson L. Safety Assessment of Driver Assistance Systems. EJTIR, 2001, 225 – 243 pp.
2. EURONCAP. Mercedes-Benz PRE-SAFE® Brake | Euro NCAP – For safer cars // [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://ru.euroncap.com/ru/rewards/mercedes\\_benz\\_pre\\_safe\\_brake.aspx](http://ru.euroncap.com/ru/rewards/mercedes_benz_pre_safe_brake.aspx).
3. Беляев, Ю.К. Надежность технических систем. Справочник / Ю.К. Беляев, В.А. Богатырев, В.В. Болотин и др. // М.: Радио и связь. 1985. – 608 с.



**ОПТИМИЗАЦИЯ СХЕМЫ БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ  
КОНФИГУРАЦИЕЙ БОРТОВОГО ЦИФРОВОГО  
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА  
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КА В БАЗИСЕ FPGA**

В настоящее время практически все бортовые цифровые вычислительные комплексы (БЦВК) систем управления КА строятся по двухканальной схеме, в которой один канал является рабочим, а второй находится в резерве. При этом резерв может быть как «горячим» так и «холодным». При таком построении БЦВК в его состав обязательно должен входить блок управления конфигурацией (БУК), основной функцией которого является контроль работоспособности работающего канала и, в случае его отказа, безударное переключение (без прерывания вычислительного процесса) на резервный канал. Как правило, БУК является цифровым устройством, реализованным на программированной логической интегральной схеме (ПЛИС). При этом для обеспечения повышенных требований к вероятности безотказной работы он выполняется по трехканальной схеме [1] с использованием в качестве арбитра мажоритарара, причем для обеспечения повышенных требований по надежности стремятся реализовать всю схему БУК в одном корпусе микросхемы.

Целью данного исследования является минимизация площади кристалла, необходимой для размещения схемы БУК в корпусе микросхемы. Объектом исследования является алгоритм функционирования БУК, который использовался в составе БЦВК КА «Сич-2» и «Egyptsat».

В качестве элементного базиса для реализации логической схемы устройства, соответствующей заданному алгоритму функционирования, рассматривалась микросхема ПЛИС FPGA XC3S1000 фирмы Xilinx, как практически доступная в комплекте отладочной платы, а также виртуальные решения с использованием библиотечных стандартных микросхем при моделировании на Verilog, VHDL [2].

Методика решения задачи по оптимизации характеристик схемы БУК включала следующие основные этапы:

---

<sup>1</sup> к.т.н., доц., директор по научной работе НПП «Хартрон-Юком»

<sup>2</sup> к.т.н., доцент кафедры «Компьютерные системы и сети», ЗНТУ

<sup>3</sup> ассистент кафедры «Компьютерные системы и сети», ЗНТУ

<sup>4</sup> магистр кафедры «Компьютерные системы и сети», ЗНТУ

1. Преобразование исходного алгоритма функционирования БУК к виду закодированной граф-схемы алгоритма (ГСА).

2. Описание полученной ГСА алгоритма на языках Verilog, VHDL. Проверка временных диаграмм функционирования устройства.

3. Имплементация проекта в стандартные микросхемы FPGA, CPLD. Исследование разных вариантов с целью получения автоматических отчетов и сравнения характеристик. Выбор лучших стандартных вариантов.

4. Применение к стандартным решениям теоретических методов оптимизации схемы БУК по критерию уменьшения требуемой площади кристалла [3].

5. Проверка корректности функционирования оптимизированной схемы. Выбор лучшего варианта.

6. Оценка экономической эффективности решения задачи оптимизации схемы БУК.

Предложенная методика позволяет получить логическую схему БУК, занимающую минимальную площадь в кристалле, что обеспечивает повышение надежности, производительности, ресурса работы устройства в условиях космического пространства.

### **Список литературы**

1. Каштанов В.А., Медведев А.И. Теория надежности сложных систем. Учебное пособие. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 606 с.

2. Kilts S. Advanced FPGA design / S. Kilts. – Wiley, 2007. – 336 pp.

3. Баркалов А.А., Зеленева И.Я., Грушко С.С. «Оптимизация схемы совмещенного автомата в базисе FPGA способом замены входных переменных» // Науковий вісник Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича. Серія: Комп'ютерні системи та компоненти. Том 6, Випуск 2. – Чернівці: ЧНУ, 2015. – с. 49–54.

## СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ПЕРЕДАЧИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ИЗ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ДАННЫХ

В современном информационном пространстве, с развитием социальных сетей, стало возможно получить объективную информацию о том или ином продукте или услуге не от маркетинговых отделов компаний, а непосредственно от обычных пользователей. Компании, используя возможность привлечения заинтересованных клиентов для популяризации своих продуктов, устраивают разнообразные мероприятия, встречи, выставки. Информация с таких встреч обычно представляется в виде изображений и выкладывается в социальные сети, причем может оказаться недостоверной. Каждая социальная сеть предоставляет множество функций, некоторые позволяют больше работать с изображениями, некоторые работу с изображениями ставят на второй план. Большинство таких сетей имеет удобные системы поиска. В настоящее время для удобства отслеживания одной темы в социальных сетях используют хештеги. Отследить одно событие мы можем только при поиске по хештегам, но не можем сразу включить всю информацию от владельца события и других пользователей, а только фрагментами, на разных профилях, и нет гарантии достоверности этой информации.

В данной работе рассматривается актуальная научная задача контроля передачи изображений из альтернативных источников данных. При этом условие обеспечения достоверности информации выполняется с помощью сравнения с базовым эталоном на основании определения расстояния Хэмминга [1]. Предложен прототип системы контроля изображений, реализованный в виде мобильного приложения с применением геолокации для фиксации источников, а так же с использованием перцептивного хэша и расстояния Хэмминга для фильтрации достоверной информации, представленной в виде изображений.

Перцептуальные хэш-алгоритмы генерируют хеши, предназначенные для сравнения исходных данных [2].

---

<sup>1</sup> к.т.н., доцент кафедры «Компьютерные системы и сети», ЗНТУ

<sup>2</sup> старший преп. кафедры «Компьютерные системы и сети», ЗНТУ

<sup>3</sup> старший преп. кафедры «Компьютерные системы и сети», ЗНТУ

<sup>4</sup> магистр кафедры «Компьютерные системы и сети», ЗНТУ

Хэш-значения таких алгоритмов тем ближе, чем более схожи были исходные данные. Существует несколько алгоритмов построения перцептивного хэша, в данной работе используется dHash.

Предлагается структура системы фильтрации изображений, состоящая из трех основных компонент: мобильное приложение-клиент, соответствующая серверная часть и база данных. Для удобства работы с операциями над изображениями была выбрана и использована библиотека с открытым исходным кодом OpenCV. Сервер разработан на Python. Выполняет обработку запросов от мобильного приложения и выполняет операции с базой данных. В качестве базы данных была выбрана MongoDB. База данных содержит две коллекции для хранения данных.

Алгоритм сравнения изображений включает основные этапы: уменьшение размера изображения; перевод в градации серого; вычисление среднего значения яркости; создание хэша; сравнение с хэшем эталона.

Исследования значений расстояния Хэмминга показали, что для достоверной передачи информации пороговое значение расстояния Хэмминга для изображения альтернативного источника данных и эталонного изображения составляет 23 пункта. Эти данные были учтены при разработке и реализованные в качестве условия на похожесть изображений. На основании результатов исследования, к перспективным направлениям работы можно отнести следующее: разработка подобной системы для мобильных операционных систем Android и iOS; реализация данной системы с фильтрацией изображений по образам с помощью каскадов Хаара; использование данной системы вместе с другими программными комплексами, которые работают с множеством изображений.

Предлагаемая система фильтрации изображений предназначена для использования организаторами выставочных и других мероприятий с целью обеспечения достоверности освещения событий различными посетителями с помощью мобильных телефонов, а также для удобства поиска информации о мероприятии другими заинтересованными пользователями.

### **Список литературы**

1. Вес и расстояние Хэмминга. Способность кодов обнаруживать и исправлять ошибки [Электронный ресурс]. – Учебное пособие. – Режим доступа: [http://bookwu.net/book\\_teoriya-informacii\\_986/19\\_3.9-ves-i-rasstayanie-hemminga.-sposobnost-kodov-obnaruzhivat-i-ispravlyat-oshibki](http://bookwu.net/book_teoriya-informacii_986/19_3.9-ves-i-rasstayanie-hemminga.-sposobnost-kodov-obnaruzhivat-i-ispravlyat-oshibki)

2. Перцептуальные хэши для сравнения изображений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://malexit.ru/?p=93>

## **ВОПРОСЫ СОЗДАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ВЫБОРОВ НА БАЗЕ БИОМЕТРИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

Автоматизированная информационная система выборов (АИСВ), эта система которая охватывает весь процесс выборов-подготовку и проведение выборов, а также подведение итогов голосования.

В разрабатываемой системе предусматривается применение самых современных информационных технологии, обеспечивающие процессы сбора, обработки, хранения и передачи информации, необходимой для всего комплекса мероприятия и работ по организации выборов всех уровней и масштабов.

Как показал анализ существующих разных систем проведения выборов (в т. ч. и электронных), процесс голосования состоит из двух основных фаз: 1. Регистрации субъекта, участвующего в выборе и выдача избирательного бюллетеня и 2. Непосредственно процесс голосования. Следует отметить, что если первая фаза процесса является открытым для внешнего наблюдения и контроля, то вторая фаза является закрытой.

Сама идея автоматизации и электронизации выборов не новая, она имеет можно сказать вековую историю. На сегодняшний день более 30 % населения земли пользуется электронными системами голосования. Некоторые страны почти полностью перешли на электронную голосование (Бразилия, Венесуэла). В ряде стран ведутся работы по созданию государственных систем автоматизированного управления выборами (Россия, Индия, Казахстан, Беларусь и др.). Начаты эксперименты по проведения выборов с помощью интернета (Эстония).

Для всех выше указанных систем характерным недостатком является то что для подтверждения личности избирателя применены бумажные носители личных данных (паспорт, удостоверение). Исходя из этого в этих системах не могут быть решены вопрос надежной идентификации избирателя и поэтому не могут быть исключены фальси-

---

<sup>1</sup> д.т.н., профессор, Грузинского технического университета (ГТУ),

<sup>2</sup> докторант ГТУ

<sup>3</sup> д.т.н., профессор ГТУ

<sup>4</sup> д.т.н., профессор ГТУ

<sup>5</sup> научный сотрудник ГТУ

фикации и нарушения как при регистрации так и при подведении итогов выборов. Развитие биометрических технологии дает возможность контролировать не только процесс идентификации пришедшего на избирательный участок избирателя, но и сам процесс голосования.

Предлагается схема организации процесса выборов с применением на всех этапах биометрической технологии, что позволит из выборного процесса исключить человеческий фактор.

АИСВ включает в своем составе Центральный сервер (ЦС), станции составления списков избирателей (ССИ) и подсистемы избирательных участков (ПИУ). Связь между этими техническими средствами осуществляется с помощью глобальных сетей. ССИ представляет собой персональный компьютер, к которому подсоединены три сенсора биометрических показателей. ПИУ состоит из локальных серверов, которые сетью связаны с регистрационными персональными компьютерами.

Разработан алгоритм идентификации избирателей по одному и нескольким характеристикам личности, которые были заложены в основу реальной системы выбора деканов факультетов университета. Алгоритмы и программные продукты успешно прошли апробацию. Данная система функционирует более пяти лет.

### **Список литературы**

1. Имнаишвили Л.Ш., Бединеишвили М.М. и др. Использование биометрических технологии в избирательных процессах. Труды института систем управления ГТУ. Тбилиси. №18, 2014.
2. Имнаишвили Л.Ш., Бединеишвили М.М., Киркитадзе Н.М., Иашвили Н.Г. К вопросу выбора биометрического показателя с целью применения в системах голосования. 7-я международная научно-практическая конференция «Современные проблемы и достижения в отрасли радиотехники, телекоммуникации и информационных технологии». Запорожье. 17–19 сентября. 2014
3. Имнаишвили Л.Ш., Бединеишвили М.М., Титвинидзе А.Н. Биометрия Мифы и реальность. Бизнес-инжинеринг. №1, 2012 (на грузинском языке).

## **О НЕОБХОДИМОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БИОМЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛИЧНОСТИ В ИЗБИРАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССАХ**

Проведение выборов без фальсификаций и нарушений процедур и в 21 веке остается проблемой почти для всех стран мира. Одну из причин фальсификации выборов нужно искать в ненадежности и субъективности идентификации избирателей. В последние годы в избирательных процессах стали применять биометрические технологии, т.к. они наиболее успешно решают главную проблему выборов – гарантированную идентификацию избирателей.

Современные информационные технологии дают возможность использовать биометрию для повышения эффективности и что самое главное безопасности различных систем, требующих подтверждения личности пользователя. С уверенностью можно говорить о том, что скоро без биометрических технологии не могут быть решены проблемы идентификации личности во многих сферах.

Исследования последних лет подтверждают, что биометрические методы и технологии почти полностью исключают при проведении выборов не только нарушения, но и ошибки и преднамеренные фальсификации. США, Канада, Бразилия, Индия, многие страны Европы и некоторые другие страны имеют определенный опыт автоматизации и электронизации процессов выборов. В этом направлении продвинуты и некоторые постсоветские государства. Определенные эксперименты проводятся в Беларуси, Казахстане и России. Практикой было установлено, что только применение биометрических методов, технологий и технических средств дают возможность исключить фальсификации не только при подготовке списков избирателей, но и непосредственно в самом процессе голосования.

Для биометрической идентификации можно применять различные характеристики и черты человека, которые подразделяются на статические, связанные с его физическими характеристиками, например, отпечат-

---

<sup>1</sup> д.т.н., профессор, Грузинского технического университета (ГТУ),

<sup>2</sup> докторант ГТУ

<sup>3</sup> д.т.н., профессор ГТУ

<sup>4</sup> д.т.н., профессор ГТУ

<sup>5</sup> научный сотрудник ГТУ

ком пальца или формой уха и динамические (или поведенческие), связанные с особенностями выполнения человеком каких-либо действий, например, походка.

Так как выбор типа биометрической характеристики человека во многом определяет структуру избирательной системы, при выборе биометрических показателей необходимо учитывать следующие основные требования к биометрическим показателям: высокая надежность, устойчивость к фальсификациям, стабильность по времени, приемлемость, эргономичность и ряд других.

В Грузинском Техническом Университете в течение нескольких лет ведутся научно-исследовательские работы по применению биометрических технологий в избирательных процессах. Получены и практические результаты. Более шести лет находится в эксплуатации система биометрической регистрации педагогов на всех факультетах университета. С 2012 года выборы деканов всех десяти факультетов проводятся с применением биометрических характеристик избирателей.

Предложена новая структура избирательной системы с использованием не одного, а трех биометрических характеристик избирателя, что значительно улучшит качество идентификации избирателя.

### **Список литературы**

1. Имнаишвили Л.Ш., Бединеишвили М.М., Киркитадзе Н.М., Иашвили Н.Г. К вопросу выбора биометрического показателя с целью применения в системах голосования. 7-я международная научно-практическая конференция Современные проблемы и достижения в отрасли радиотехники, телекоммуникации и информационных технологии. Запорожье. 17–19 сентября.2014.
2. Имнаишвили Л.Ш., Бединеишвили М.М., Титвинидзе А.Н. Биометрия Мифы и реальность. Бизнес-инжинеринг. №1, 2012 (на грузинском языке).
3. Моржаков В., Мальцев А. Современные биометрические методы идентификации. Безопасность. Достоверность. Информация. №2, 2009.
4. Anil K. Jain An Introduction to Biometric Recognition. IEEE Transactions on Circuits And Systems No.1. 2004.For Video Technology. Vol.14.



## РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ СУПРОВОДУ ПРИЙМАЛЬНОЇ КАМПАНІЇ ВНЗ

**Вступ.** Діяльність працівників сфери якісної організації вступної кампанії в даний час орієнтована на використання розвинутих технологій. Організація і реалізація управлінських функцій вимагає радикальної зміни, як самої технології управління, так і технічних засобів обробки інформації, серед яких чільне місце займають персональні комп'ютери. Вони дедалі більше перетворюються на систем автоматичної переробки вхідної інформації.

**Постановка завдання.** Прийняття документів під час вступної кампанії є досить трудомісткий та важкий процес роботи з даними абітурієнта, а особливо забезпечення їх достовірності та правильності. Існує багато певних особливостей при роботі, які необхідно врахувати приймальної комісії ВНЗ. Для автоматизації її роботи було прийнято рішення щодо розроблення автоматизованої системи супроводу приймальної кампанії ВНЗ. На підставі вхідних даних система повинна дозволяти користувачеві отримати дані абітурієнта під час вступної кампанії, подати заявки для вступу та розрахувати конкурсний бал.

**Запропонований метод.** Для вирішення поставленого завдання було досліджено характеристики та можливості систем керування базами даних (СКБД), розроблено порівняльну характеристику трьох розповсюджених СКБД. В результаті чого було зроблено висновок, що для автоматизації роботи вступної компанії найбільше підходить СКБД MS Access, тому що цей програмний продукт є доступним, адже він входить до збірки Microsoft Office, може працювати на будь якій ОС, не вибагливий до системи, має надійний захист даних та потужну роботу в SQL, прості налаштування. Також СКБД MS Access має потужний web-сервер та розповсюджені способи доступу до системи, що є зручним для роботи з іншими БД [1].

В роботі розглядається модульне уявлення SOAP інтерфейсу [2], який краще допомагає зрозуміти роботу автоматизованої системи супроводу приймальної кампанії ВНЗ. Система зручна тим що надає можливість користувачеві робити мінімальні дії при роботі з абітурієнтом, що дозволяє заощаджувати час на внесення даних в систему та відправлення заяв до єдиної електронної бази даних з питань освіти, цим самим зменшуючи витрати часу на виправлення помилок. Система БД має свою систему захисту, що дозволяє зберегти цілісність інформації від несанкціонованого розповсюдження.

Для роботи системи було розроблено всі можливі схеми БД, UML та use-case-діаграми. Це дозволяє краще зрозуміти роботу системи, дії оператора та побачити фізичне та апаратне проектування системи (рис. 1).

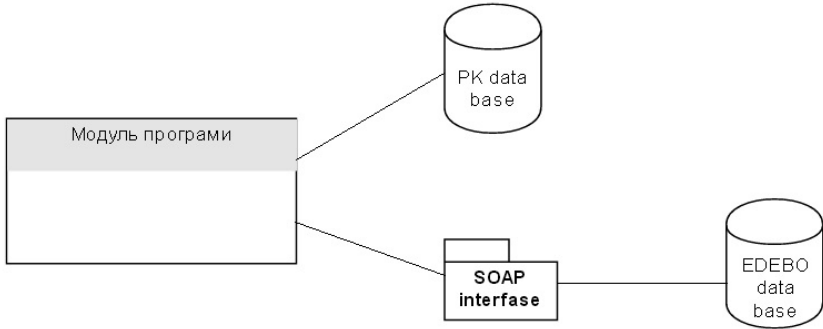


Рис. 1. Діаграма компонентів розробленої системи

**Висновок.** Для автоматизації роботи приймальної комісії та реалізації зв'язку з Єдиною державною електронною базою даних з питань освіти було реалізовано розробку автоматизованої системи супроводу приймальної кампанії ВНЗ, що представляє собою базу даних MS Access, в якій реалізовано підсистему для обміну даними через SOAP інтерфейс.

### Список літератури

1. Брагіна, Т.І. Розробка засобів інтеграції / Т.І. Брагіна // Системи обробки інформації. Вип.8 (106). – 2012. – С. 127–130.
2. Брагіна, Т. И. Информационная технология оценки достоверности данных при интеграции web-ориентированных систем / Т.И. Брагина // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія «Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка» (ІКОТ-2014). Випуск №1 (19) 2014. – Донецьк: ДВНЗ «ДонНТУ». – 2014.– С.50–56.

## СУЧАСНІ МЕТОДИ ВИЯВЛЕННЯ ТА АНАЛІЗУ ВИМОГ В ПРОЦЕСІ РОЗРОБЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА ТЕХНОЛОГІЙ

**Вступ.** До сучасних методів виявлення вимог відноситься використання програмних прототипів, а також такі методи, як JAD (Joint Application Development – спільна розробка додатків) і RAD (Rapid Application Development – виявлення вимог швидка розробка додатків). Ці підходи пропонують більш глибоке проникнення в суть вимог, але за рахунок більшої ціни і зусиль. Застосування сучасних методів зазвичай пов'язано з високим проектним ризиком [1]. Існує безліч факторів, що обумовлюють високий ризик проекту. До таких факторів належать неясні цілі, недокументовані процедури, нестабільні вимоги, слабе знання справи користувачами, недосвідчені розробники, недостатня прихильність користувачів розробці та інше.

### **Аналіз сучасних методів виявлення та аналізу вимог.**

Прототипування (prototyping) – це найбільш часто використовуваний сучасний метод виявлення вимог. Програмні прототипи конструюються для візуалізації системи або її частини для замовників з метою отримання їх відгуків. Прототип являє собою демонстраційну систему (швидко та «грубо» зроблену робочу модель рішення, яка представляє користувальницький інтерфейс та моделює поведінку системи при ініціюванні користувачем різних подій). До кроків створення візуальної моделі відносять технічне завдання, каркасне уявлення, прототипування.

Існують 2 основні різновиди прототипів: одноразовий прототип («throw away» prototype) – прототип, який після виявлення вимог у подальшому не використовується; еволюційний прототип (evolutionary prototype) – прототип, який зберігається після виявлення вимог та використовується для створення кінцевого програмного продукту.

JAD (Join Application Development) метод – спільна розробка додатків, яка здійснюється в ході однієї або декількох нарад, із залученням всіх учасників проекту. Коло осіб, що приймають участь у нараді: провідний (модератор), секретар, замовник, розробник.

JAD-метод ґрунтується на груповій динаміці. Групові зусилля більш перспективні з точки зору отримання найкращих рішень проблем.

---

Каплієнко Тетяна Ігорівна – к.т.н., доцент кафедри ПЗ ЗНТУ

Каплієнко Олександр Олегович – ст. викладач кафедри Е та ЕА ЗНТУ

Шило Сергій Іванович – ст. викладач кафедри Е та ЕА ЗНТУ

Ліпак Альона Андріївна – студ. 5 курсу МТУ-211м

Групи сприяють підвищенню продуктивності, швидше навчаються, схильні до більш кваліфікованих висновків, дозволяють виключити більше помилок, приймають ризиковані рішення (іноді це може носити негативний характер), концентрують увагу учасників на найбільш важливих питаннях, об'єднують людей.

RAD (Rapid Application Development) – швидка розробка додатків, цілісний підхід до розробки програмного забезпечення. Передбачає швидку поставку системних рішень, технічні переваги відступають на друге місце в порівнянні зі швидкістю поставки.

RAD поєднує в собі 5 методів: еволюційне прототипування; застосування case-засобів, з можливістю генерації програм та циклічної розробкою, переходом від проектних моделей до програми і назад; використання розвинених інструментальних засобів (RAD бригада розробників, аналітики); інтерактивний JAD-метод; жорсткі тимчасові рамки – метод управління проектом, який відводить фіксований період часу для розробки проекту (перешкоджає «розповзанню» рамок проекту). Якщо проект затягується, то рамки рішення звужуються, щоб дати можливість завершити проект вчасно.

До недоліків RAD-підходу відносять неповну документацію, складність підтримки, масштабування програмного забезпечення замість загальних рішень, що сприяють багаторазовому використанню програмного забезпечення, спеціалізовані рішення.

Використання RAD-підходу може виявитися привабливим варіантом для багатьох проектів, особливо, для невеликих проектів, які не зачіпають сферу ключових бізнес-процесів організації, і які, таким чином, не ставлять план рішення для інших проектів з розробки програмного забезпечення.

**Висновок.** Сучасні проекти з розроблення програмного забезпечення потребують індивідуального та творчого підходу для виявлення та аналізу вимог. Застосування програмних прототипів, JAD та RAD-методів дозволяють більш детально та ретельно проаналізувати бізнес-вимоги до майбутнього проекту, проте їх використання потребує професійного ставлення та максимального рівня формалізації.

### Список літератури

1. Брагіна, Т.И. Анализ подходов к управлению рисками в программных проектах с итеративным жизненным циклом [Текст] / Т.И. Брагіна, Г.В. Табунщик // Радиоелектроніка, інформатика, управління. – 2011. – №2 – С. 120–124.

## **ТРИРІВНЕВА АРХІТЕКТУРА WEB-БАЗОВАНОЇ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ВІДОБРАЖЕННЯ РІЗНОТИПНИХ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ**

Для ефективного і успішного вирішення завдань автоматичного моніторингу та автоматизованого диспетчерського управління рухомими об'єктами (РО) у таких предметних областях (ПрО) як авіація [1], морський флот, транспортна логістика, прецизійне землеробство, військова справа, охорона особливо важливих об'єктів тощо необхідно вдосконалити існуючі або розробити і впровадити нові комплексні інформаційні системи, що функціонують у режимі реального часу та забезпечують кінцевих користувачів релевантними даними з метою вироблення ними більш обґрунтованих рішень. Одним з варіантів надання таких даних з урахуванням специфіки задач конкретної ПрО та відповідно до інформаційних потреб кожного користувача є їх адаптоване представлення у формі динамічного сценарію [2], який інтегрує множину складних динамічних символів різнотипних РО та контекстний мультимасштабний картографічний фон, що репрезентує у тематичних прошарках актуальну різнорідну інформацію про оточуючу ділянку геопростору.

Бурхливий розвиток Інтернет останніми роками та постійно зростаючий попит на оперативну і доступну картографічну інформацію стали причиною еволюції геоінформаційних систем (ГІС) на базі Web, призначених для зручного сумісного використання різнопланових геопросторових даних через глобальну мережу. Ранні розробки в цьому напрямку були пов'язані зі створенням навколо автономних ГІС системних оболонок [3] на основі загального шлюзового інтерфейсу CGI. Досягнення недавнього часу в області Web-технологій і систем програмування (наприклад, апплети і сервлети Java, елементи управління ActiveX, активні серверні сторінки ASP, плагіни, JSP і т.п.) призвели до появи більш досконалих Web-програм в цілому, і Web-базованих ГІС зокрема.

У даній роботі пропонується архітектура Web-орієнтованої ГІС для відображення руху мобільних об'єктів різних класів, яка спроектована і реалізована в рамках стандартної тривірневої архітектури Web-додатків. Компоненти ядра системи розділено на три рівні, рис. 1:

– презентаційний рівень – рівень «тонких» клієнтів [4];

---

<sup>1</sup> к.т.н., с.н.с. Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України

<sup>2</sup> аспірант факультету інформаційних технологій НУБіП України

- рівень серверних додатків для пари взаємодіючих серверів (Web і GIS) – проміжний рівень, який імплементує логіку предметної області;
- рівень даних, які організовано у вигляді баз даних (БД), що розташовуються на окремому сервері та об'єднують як геоприв'язані дані про РО, так і набір картографічних даних.

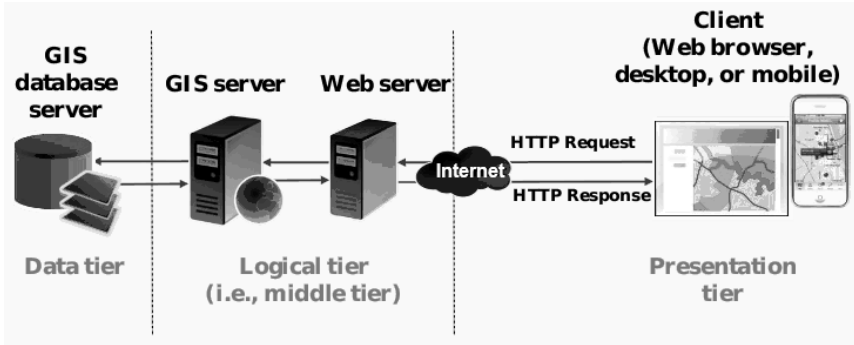


Рис. 1. Архітектура спроектованої системи

Клієнтом може бути будь-який Web-браузер (настільного комп'ютера або мобільного пристрою), у функції якого входить відображення Web-сторінок, які генерує Web-сервер. Програмне забезпечення Web-сервера заковано мовою PHP на основі архітектурного паттерну MVC. Клієнт, відправляє на Web-сервер HTTP-запит, отримуючи від нього HTTP-відповідь, що формується після звернення до GIS-сервера, який шляхом SQL-запитів вилучає потрібні дані з БД. Результати запитів, доставлені з сервера, після інтерпретації візуалізуються у вікні браузера, надаючи користувачам можливість спостерігати за місцезнаходженням і переміщенням підконтрольних РО.

Інтерфейс системи включає множину документів на мові розмітки гіпертекстів HTML, які надають опис графічного середовища взаємодії користувача з сервером. Ці документи складаються зі стандартних тегів HTML і елементів JavaScript. Суміщена у динамічному сценарію інформація може завантажуватися з файлів різних форматів. Для формування картографічного фону використовуються растрові (GeoTIFF) та векторні (ESRI Shape і GeoJSON) дані. Для роботи з навігаційними і атрибутивними даними про РО система містить стандартні нативні засоби доступу до реляційної СУБД MySQL.

## Список літератури

1. Касім А.М. Специфіка використання геопросторових даних для задач аеронавігації / А.М. Касім, М.М. Касім, С.О. Ясенев // Наукоємні технології. – 2016. – №1 (29). – С. 16–22.

2. Касім А.М. Web-додаток для 2D-візуалізації результатів імітаційного моделювання руху аерокосмічних та наземних об'єктів з геоприв'язкою до електронної карти / А.М. Касім, М.М. Касім // Математичне та імітаційне моделювання систем: тези доповідей Одинадцятої Міжнародної науково-практичної конференції (Жукин, 27 червня – 1 липня 2016 р.). – Чернігів: ЧНТУ, 2016. – С. 42–47.

3. Шекхар Ш., Чаула С. Основы пространственных баз данных / Пер. с англ. – М.: Кудиц-образ, 2004. – 336 с.

4. Касім А.М. Стратегії організації клієнт-серверної взаємодії у web-орієнтованих геоінформаційних системах / А.М. Касім, М.М. Касім // Глушковські читання: зб. матеріалів IV наук.-практ. конф. (Київ, НТУУ «КПІ», 02 грудня 2015р.). – К.: Вид-во «Політехніка», 2015. – С. 73–75.

УДК 004.3

Киричек Г.Г.<sup>1</sup>

### ЕФЕКТИВНІСТЬ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ ВИВЧЕННІ МЕРЕЖНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

З метою активізації навчальної діяльності студентів, використання імітаційного моделювання при проектуванні комп'ютерних мереж різного призначення, надає нові можливості для розвитку та вдосконалення їх професійних навичок [1].

Автори фундаментальних досліджень послідовно розглядають нові аспекти архітектури та технологій сучасних мереж без проведення аналізу особливостей проектування прикладних комп'ютерних мереж та наукових аспектів підвищення ефективності їх функціонування за рахунок попереднього моделювання.

Актуальність дослідження полягає в необхідності підвищення ефективності самостійної роботи студентів і реалізації нових методів та форм навчання. Підтримка студентів за допомогою інструментального середовища для вирішення поставлених завдань передбачає використання баз знань та середовища моделювання.

Сучасна комп'ютерна мережа є складною системою, яка використовує різні технології, одночасно передає інформацію різних типів із

---

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

різними показниками якості обслуговування. На її роботу впливають організація та обслуговування черг, способи організації буферів комутаторів та інші методи керування трафіком. Побудова аналітичної моделі мережі для проведення дослідження її якісного функціонування є дорогим, тому для моделювання роботи мереж, аналізу та оптимізації їх характеристик пропонується імітаційне моделювання – один з потужніших інструментів дослідження складних систем [2].

Запропоновано багаторівневий підхід до викладання мережеских дисциплін при використанні систем імітаційного моделювання мереж з позиції засвоєння та перевірки знань. Застосування модульного принципу дозволяє створити модель, максимально адекватної мережі і отримати більш достовірні результати в процесі вивчення мережеских технологій.

У разі імітаційного моделювання основну увагу приділяємо онтологіям, які містять загальні поняття і відносини, характерні для предметної області і виступають як онтології верхнього рівня для опису знань (рис.1) [3].

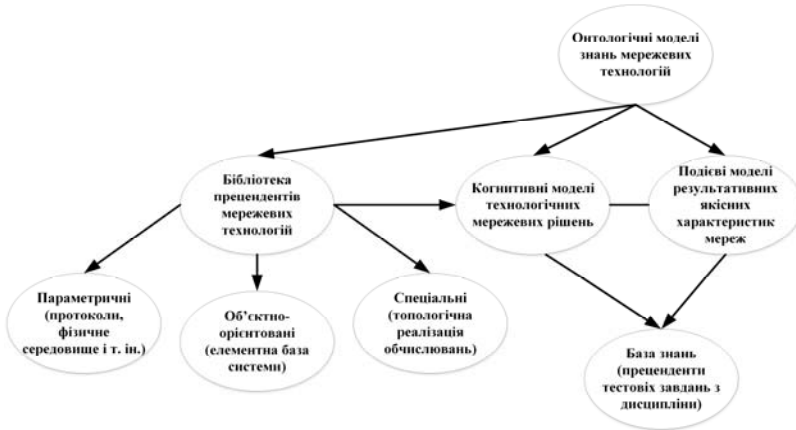


Рис. 1. Модель знань вивчення мережеских дисциплін

Засоби імітаційного моделювання мереж, які рекомендовані для використання в навчальному процесі (вільне) – GNS3, NS3 та Packet Tracer. Вони призначені для моделювання мереж з підтримкою локальних та глобальних технологій із топологіями різної складності. Імітаційні моделі відтворюють процеси розбиття повідомлень на пакети і кадри зазначених протоколів, затримок, пов'язаних з обробкою пакетів і кадрів, отримання доступу до розподіленого мережного середовища і обробкою пакетів маршрутизатором. Програмні засоби моделювання вузько спеціалізовані та універсальні і дозволяють імітувати мережі різних типів.



## Список літератури

1. Киричек Г.Г. Алгоритмизация параметров процесса обучения [Текст] / Г.Г.Киричек, А.И. Вершина // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація. – 2013. – № 1 (24). – С.113–120.
2. Лошаков Є. С. Аналіз засобів моделювання комп'ютерних мереж [Текст] / Є.С. Лошаков, С. В. Алексеев // Системи обробки інформації. – 2012. – Вип. 5. – С. 94–97.
3. Киричек Г.Г. Онтологічний підхід до мережевих технологій з використанням систем імітаційного моделювання [Текст] / Г.Г. Киричек // III міжнародна науково-практична конференція «Обчислювальний інтелект (результати, проблеми, перспективи) – 2015» (ComInt-2015), 12–15 травня 2015 року, Черкаси. – 2015. – С.77–78.

УДК 622.4:62-523

Ковалев С.А.<sup>1</sup>, Цололо С.А.<sup>2</sup>, Гусев Б.С.<sup>3</sup>

### **НЕЧЕТКИЙ АЛГОРИТМ ДЛЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОВЕТРИВАНИЕМ ВЫЕМОЧНОГО УЧАСТКА ШАХТ**

Для обеспечения безопасности процессов добычи угля на шахтах должна быть введена в эксплуатацию непрерывно действующая система датчиков для контроля параметров и компонентов рудничной атмосферы – главным образом воздуха и метана. Используя данные такой системы, появляется возможность автоматизации процессов управления проветриванием с целью повышения их безопасности и эффективности, что актуально в связи с дальнейшим ростом нагрузки на добычные участки и увеличением глубины шахт.

Исследования показали, что для изменения режима проветривания выемочного участка шахт, опасных по газовому фактору, должны использоваться алгоритмы управления проветриванием, безопасные не только в стационарном расчетном режиме, но и в процессе переходных аэрогазодинамических процессов. Для этого достаточно эффективно могут быть использованы методы нечеткого управления.

В работе рассмотрено поведение модели нечеткой системы безопасного управления для различных параметров функций

---

<sup>1</sup> к.т.н., доцент, ДВНЗ «ДонНТУ», каф. «Компьютерная инженерия»

<sup>2</sup> к.т.н., доцент, ДВНЗ «ДонНТУ», каф. «Компьютерная инженерия»

<sup>3</sup> к.т.н., доцент, ДВНЗ «НУБіП», каф. «Компьютерные системы и сети», г. Киев

принадлежности входных лингвистических переменных, а также при изменении чувствительности динамических характеристик системы.

Модель аэрогазодинамических процессов выемочного участка и исполнительных устройств регуляторов расхода воздуха, построенная в среде моделирования MATLAB, описывается системой дифференциальных уравнений [1] и используется для расчета изменения концентрации метана и расхода воздуха на участке в зависимости от расхода воздуха в каждом цикле регулирования.

Модель нечеткого алгоритма управления проветриванием реализуется по классической схеме Мамдани и включает этапы фаззификации, логического вывода и дефаззификации [2].

С помощью полученных в результате исследований функций определяются степени принадлежности величин входных переменных их лингвистическим значениям. Логический вывод использует экспертные правила для определения нечеткой выходной переменной в зависимости от различных комбинаций значений входных переменных. Полученный результат используется для формирования управляющего воздействия в системе управления.

Установлено, что для реализации алгоритма управления, который безопасно изменяет режим проветривания участка, достаточно двух нечетких переменных: «Отклонение концентрации метана от допустимого уровня» ( $x_1$ ) и «Скорость изменения концентрации метана» ( $x_2$ ). В качестве выходной переменной  $y$  используется «Относительное изменение расхода воздуха». Тогда правила можно сформулировать следующим образом: *ЕСЛИ  $x_1 < терм >$  И  $x_2 < терм >$ , ТО  $y < терм >$ .*

Для переменных было определено по 5 термов (например, для  $x_1$  – «минимальное», «малое», «среднее», «большое», «очень большое») и соответствующие функции принадлежности. Управляющее воздействие выбиралось по центру терма с максимальной степенью принадлежности.

Анализ результатов моделирования переходных процессов по воздуху Q и метану С при изменении режимов проветривания (пример приведен на рис.1) позволил определить параметры и вид функций принадлежности лингвистических переменных алгоритма управления.

Проведенные исследования позволили установить компоненты и параметры нечеткого алгоритма управления проветриванием выемочного участка шахты с ограничением концентрации метана на заданном уровне



Рис.1. Изменение концентрации метана с 0.4% до 0.33% с ограничением 0,5%.

### Список литературы

1. Ковалев С.А. Азамат М.Н., Чепижко А.А. Модель объекта управления системы проветривания выемочного участка шахты// Известия ТТИ ЮФУ-ДонНТУ. Материалы Тринадцатого Международного семинара «Практика и перспективы развития партнерства в сфере высшей школы». В 3-х кн. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2012, Кн. 2, № 12. – С. 83–88.
2. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. — СПб.: БХВ Петербург, 2005. — 736 с.: ил.

УДК 625.72:656.11

Колганова О.О.<sup>1</sup>, Корнієнко С.П.<sup>2</sup>, Шутко В.М.<sup>3</sup>, Шутко М.О.<sup>4</sup>

### РОЗРАХУНОК ДРУГОЇ ПОХІДНОЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ШВИДКОГО СПЛАЙН-ПЕРЕТВОРЕННЯ

Для дослідження моделі руху за лідером для транспортних засобів необхідно обробляти дані про рух зв'язаних об'єктів, які отримані з похибками. Ставиться задача розробити математичний метод, який би дозволив мінімізувати вказані похибки. Обчислимо чисельно другу похідну функції виду:

$$Z(t) = \frac{d^2 Y(t)}{dt^2}$$

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доцент кафедри засобів захисту інформації Національного авіаційного університету (НАУ)

<sup>2</sup> інженер, аспірант кафедри авіаційних радіоелектронних комплексів НАУ

<sup>3</sup> д-р. техн. наук, професор кафедри електроніки НАУ

<sup>4</sup> д-р. техн. наук, професор кафедри засобів захисту інформації НАУ

Нехай на відрізку  $[0, T]$  в точках  $t = \{t_i\}_{i=1}^N$  задані значення  $Y = \{y_i\}_{i=1}^N$  деякої дискретної часової функції. Їм відповідають (ще не розраховані) відліки похідної  $F = \{f_i\}_{i=1}^N$  в точках  $t = \{t_i\}_{i=1}^N$ , та (ще не розраховані) відліки другої похідної  $Z = \{z_i\}_{i=1}^N$  в точках  $t = \{t_i\}_{i=1}^N$ . Тоді  $Y$  і  $Z$  будуть пов'язані співвідношеннями:  $Z = VY$  і  $Y = LZ$ , де  $V$  і  $L$  – оператори двократного диференціювання і двократного інтегрування відповідно. Припустимо, що значення похідної  $Z$  описуються локальним кубічним ермітовим сплайном  $S_3 = XA$ , де  $X$  – матриця планування,  $A = \{a_j\}_{j=0}^r$  – вектор оцінюваних параметрів (ординат точок «склейки» ділянок сплайну). Такий сплайн належить  $C^1$ -класу неперервно диференційованих функцій. Тоді  $Y = LXA$ . Позначимо через  $G = LX$  матрицю, розмірністю  $N * (r + 1)$ , яка складається з двічі проінтегрованих локальних функцій форми сплайну. Вимагатимемо виконання умови мінімуму середньоквадратичного відхилення:

$$\sum_{i=1}^N [y_i - \sum_{j=0}^r g_{ij} a_j]^2 = \min, j = \overline{0, r}.$$

Цій умові задовольняє розв'язок системи нормальних рівнянь:

$$(Y - GA)^T (Y - GA) = \min$$

$$G^T GA = G^T Y$$

$$A = (G^T G)^{-1} G^T Y$$

Знайдений вектор оцінюваних параметрів  $A = \{a_j\}_{j=0}^r$  повністю визначає сплайн  $S_3 = XA$ . Відмітимо, що матриці  $(G^T)$  і  $(G^T G)^{-1}$  не залежать від вхідних параметрів і можуть бути розраховані попередньо. Таким чином, за часовими відліками початкової функції  $Y = \{y_i\}_{i=1}^N$  швидко знаходимо сплайн-апроксимацію  $S_3$  другої похідної  $Z$  цієї функції без попереднього розрахунку самих відліків другої похідної  $Z = \{z_i\}_{i=1}^N$  та першої похідної  $F = \{f_i\}_{i=1}^N$ . Значення локального кубічного ермітова сплайну в довільній точці обчислюється за формулою:

$$S(t) = a_{j-1}^1 x(t) + a_j^2 x(t) + a_{j+1}^3 x(t) + a_{j+2}^4 x(t)$$

для  $t \in [t_j, t_{j+1}]$ , де  $a_j$ -е – значення ординат вузлів «склейки» ділянок сплайну,  $^k x(t)$  – локальні функції форми, дискретні значення яких

заповнюють стовбці матриці планування  $X$ . Де  $K_u$  – кількість відліків на  $u$ -му відрізку. Кількість операцій множення, додавання, необхідних для обчислення швидкої сплайн-апроксимації другої похідної від функції:

$$M = N * (r + 1) + (r + 1)^2 .$$

Таким чином, похибки чисельного розрахунку похідної від функції, яка спостерігається на фоні випадкових похибок дослідних даних, запропонованим методом менші ніж похибки чисельного розрахунку цієї ж похідної класичним методом.

### Список літератури

1. Хейт Ф. Математическая теория транспортных потоков – М: Изд-во «Мир», 1966. – 286 с.
2. Сильянов В.В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения – М.: «Транспорт», 1977. – 300 с.
3. Корн Г., Корн Т.Справочник по математике – М.: «Наука», 1984. – 831 с.

УДК 004.4

Котов Р.О.<sup>1</sup>, Лосева А.А.<sup>1</sup>, Киричек Г.Г.<sup>2</sup>

### АВТОМАТИЧНЕ РОЗГОРТАННЯ МЕРЕЖНИХ СЕРВІСІВ

В сучасному світі розробка систем, пов'язаних з мережними сервісами є актуальною [1]. Одними з основних параметрів ефективності є час розробки і надійність програмного забезпечення. Хоча існує певна кількість сервісів, які вирішують задачі автоматизації, вони в основному пропонують вирішення лише одного з цих завдань [2]. Прийнято рішення поєднати усі підходи в єдину систему, яка призначена для автоматичного тестування та розгортання мережевих сервісів.

Мета роботи – розробка системи для автоматичного розгортання мережних додатків після підтвердження успішного виконання тестових операцій, в результаті застосування якої зменшується час на отримання працездатної версії в середовищі віртуальної приватної хмари.

Спираючись на розроблену модель системи (рис.1) [3], наводимо етапи її реалізації.

---

<sup>1</sup> магістр, гр. КНТ-621м ЗНТУ

<sup>2</sup> канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

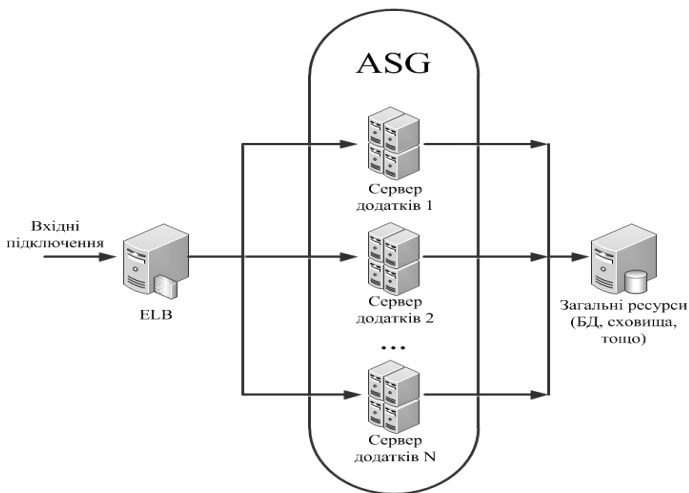


Рис. 1. Модель системи

Проаналізувавши тенденції розгортання додатків зупинимось на використанні хмарних технологій, зменшуючи витрати на конфігурацію та підтримку працездатності серверів і обладнання, збільшуючи доступність додатків за рахунок готових рішень [4].

Перед початком роботи створюємо обліковий запис AWS. Після реєстрації, для конфігурування сервісів за допомогою веб-інтерфейсу, маємо доступ до консолі менеджменту. Для реалізації безпеки створюємо ключі та виконуємо налаштування ролей доступу до портів і конфігуруємо спільні ресурси. Так як розгортання проекту виконується автоматично, задаємо ролі доступу до сервісів Amazon – Identity and Access Management і надаємо права новому акаунту. Далі використовуємо сервіси надання віртуальних станцій Elastic Compute Cloud (EC2) для створення кластеру, автоматичного балансування при розподіленні навантаження між машинами в кластері і для аналізу метрик віртуальних машин. При тестуванні скриптів на локальній машині використовуємо Vagrant, який створює задану кількість віртуальних серверів.

Наукова новизна полягає у наведенні нових методів підвищення ефективності розробки додатків за рахунок спрощення конфігурування та автоматизації певних стадій життєвого циклу програм, з можливістю виконувати конфігурування складної екосистеми мережних ресурсів.

В ході роботи розроблено систему автоматизації процесу тестування і розгортання додатків будь-якої складності в середовищі віртуальної приват-

ної хмари. Наведено метод тестування, з використанням розгортання автоматично масштабованого кластеру, який доводить працездатність системи і може використовуватись при розробці у подібних проектах.

### Список літератури

1. Керування інженерією програмного забезпечення – [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://lexmarkeuropeanartprize.com/settech/osnovn-servsi-nternet.html>.

2. Continuous Integration: надежность и высокое качество программного обеспечения – [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://www.epam.by/strengths/methodology/continuous-integration.html>.

3. Киричек Г.Г. Система автоматичного тестування та розгортання мережних сервісів / Г.Г. Киричек, Р.О. Котов // Наукові праці ДонНТУ. Серія: Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка. – 2016. – Вип. 1(22). – С. 58–63.

4. Облачные технологии и перспективы их развития – [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://nerohelp.info/1104-ct-r.html>.

УДК 004.7

Котов Р.О.<sup>1</sup>, Лосева А.А.<sup>1</sup>, Киричек Г.Г.<sup>2</sup>

## ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ В ІНТЕРНЕТІ РЕЧЕЙ

Інтернет речей – концепція комунікаційної мережі фізичних або віртуальних об'єктів («речей»), які мають технології для взаємодії між собою та з навколишнім середовищем, а також можуть виконувати певні дії без втручання людини [1].

Концепція полягає в тому, щоб усі предмети побуту, товари, вузли технологічних процесів тощо, оснащувалися вбудованими комп'ютерами та сенсорами і мали змогу обробляти інформацію, яка надходить із навколишнього середовища, обмінюватися нею та виконувати різні дії в залежності від отриманої інформації [2].

Однією з визначних особливостей Інтернету речей є підключення до мережі, або створення певного симбіозу гетерогенних предметів на базі наявності зв'язку між ними. Фізична відстань учасників системи відступає на задній план з появою хмарних обчислень, тому основним критерієм працездатності системи є доступність будь-якого ресурсу та можливість

---

<sup>1</sup> магістр, гр. КНТ-621м ЗНТУ

<sup>2</sup> канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

ініціювати обмін даними. Система може бути централізованою – за прийняття рішень відповідає центральна частина, або децентралізованою – кожен з вузлів виконує власну обробку даних і сповіщає про зміни свого оточення [3].

Основними завданнями системи є процеси обробки даних та прийняття рішень. Впровадження інтелектуальних технологій дозволяє обробляти дані в режимі реального часу і приймати необхідні рішення в залежності від оточення системи. Саме швидкість та якість адаптації до навколишнього середовища дозволяє розцінювати систему як інтелектуальну. Завдання перетворення нових знань вирішуються за допомогою наявних концепцій інтелектуальних систем, таких як нейронні мережі чи експертні системи, хоча вони мають суттєві відмінності. Навчання за допомогою нейронних мереж займає певний час, включає в себе певну похибку або надмірне пристосування до оточення але, при цьому, має можливість повторного навчання, а експертна система оперує обмеженим набором доступних знань, більш точно відповідає потребам правдивості результатів і не здатна автоматично пристосовуватись до середовища, якщо для цього не спроектована.

Створення власної бази знань є необхідною складовою інтелектуальної системи. Вона може бути чисто асоціативною або в форматі онтології, яка описує можливі варіанти розвитку подій і реакції. Також роль бази знань може виконувати окремий сервер, який здатний накопичувати знання у потрібному вигляді [4]. Саме гетерогенність системи обумовлює можливість використання окремих серверів для виконання складних обчислень. З цієї точки зору кожен вузол повинен спілкуватись за допомогою уніфікованих протоколів для забезпечення сумісності. При відсутності загальноприйнятих рішень існує багато способів передачі даних та одним із способів успішної взаємодії є використання сучасних стандартів виробництва.

Інший спосіб використання інтелектуальних технологій – обробка інформації при наданні її користувачеві. В реальному часі можна спостерігати за процесами, та робити прогнози щодо працездатності системи, а також отримувати дані щодо помилок і способів їх вирішення.

Одним з основних завдань мережних технологій Інтернету речей є безпека передачі даних. Людський фактор є переважною причиною вразливості системи, навіть при надійній реалізації захисту даних. Вироби масового випуску часто мають однакові налаштування але користувач залишає їх без змін, що призводить до потенціальної вразливості.

Широке поширення Інтернету сприяє росту потреб користувачів і надає багато можливостей для підвищення комфорту. Основою сучасного розвитку систем є орієнтація на інтелектуальну поведінку системи та її



здатність до самообслуговування. Тому поєднані в мережу пристрої можуть використовувати обмін повідомленнями про свій стан як спосіб збереження та інтелектуальної обробки знань про навколишній світ для подальшого їх аналізу та автоматичного навчання.

### Список літератури

1. Интернет речей. – [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://www.studfiles.ru/preview/5110953/page/4/>.

2. Волоцкий М. Ключевые тренды интернета вещей на 2016 год [Электронный ресурс]. – Режим доступу: <http://gagadget.com/20839>.

Бабу С. Как освоить Интернет вещей – [Электронный ресурс] / С.Бабу. – Режим доступу: <http://www.ibm.com/developerworks/ru/library/ot-key-concepts/ot-key-concepts-pdf.pdf>.

3. Довбиш, А.С. Основы проектирования интеллектуальных систем [Текст] : навч. посіб. / А.С. Довбиш. – Суми : СумДУ, 2009. – 170 с.

УДК 62-50; 519.7; 519.8

Левин В.И.<sup>1</sup>

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИЙ С НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬЮ В ОСОБЫХ ТОЧКАХ МЕТОДОМ РАЗДЕТЕРМИНИЗАЦИИ

### Актуальность

При моделировании организационно-технических систем в ряде случаев возникают сложности в исследовании функционирования таких систем, если они формализованы на базе аналитико-детерминированных функций. В докладе предлагается новый метод – раздетерминизация, предназначенный для решения задач вычисления детерминированных функций, имеющих так называемые особые точки, в которых у функции не существует определенного значения. Целью является разработка подхода, позволяющего осуществлять деление на нуль и тем самым исключать особые точки исследуемых функций.

### Метод

Предложенный метод заключается в переходе от проблематичной, с точки зрения вычисления, детерминированной функции к соответствующей недетерминированной, а именно, интервальной функции, путем замены детерминированных параметров функции соответствующими интервальными параметрами. Благодаря данной замене значения функции в

---

<sup>1</sup> д-р технических наук, профессор, Пензенский гос. технологический ун-т

особых точках становятся интервальными и вполне определенными значениями, что и позволяет разрешить проблему вычисления функции. Решение указанной проблемы достигается легализацией деления на нуль путем интервализации вычислений. При этом используется принцип вырезания окрестности нуля из интервала, являющегося делителем интервальной дроби, представляющей исследуемую функцию.

### **Результат**

Для упрощенной путем вырезания интервальной функции выведены рабочие формулы, основанные на основных положениях интервальной математики и позволяющие легко найти значения этой функции. Предложенный в статье подход к решению проблемы вычисления функций с особыми точками имеет важное значение для всех классов прикладных систем, в которых эта проблема реально существует. Речь здесь идет о тех системах, функции-характеристики которых имеют некоторое число особых точек. Такие системы встречаются чаще всего в телеметрии, теории и практике надежности, гуманитарной сфере и ряде других областей. Особенности этих областей в том, что в них не всегда применимы классические методы детерминистской математики, что и побуждает искать новые подходы к решению возникающих здесь задач.

УДК 629.78

Левин В.И.<sup>1</sup>

## **К 120-ЛЕТНЕМУ ЮБИЛЕЮ СОФЬИ АЛЕКСАНДРОВНЫ ЯНОВСКОЙ**

Выдающийся специалист в области философии и истории математики, математической логики и оснований математики Софья Александровна Яновская (урожденная Неймарк) родилась 31 января 1896 г. в м. Пружаны Гродненской губернии. Воспитывалась в семье служащих. Высшее образование получила на Высших женских курсах при Новороссийском университете (Одесса), где обучалась сначала на естественном, затем на математическом отделении, где прослушала лекции Е.Л. Буницкого, В.Ф. Кагана, И.Ю. Тимченко и С.О. Шатуновского. По окончании курсов, в 1918 году, примкнула к большевикам и участвовала на их стороне в Гражданской войне, а с 1920 года работала в Одесском губкоме ВКПб. В 1924 г. была командирована в Москву для продолжения учебы

---

<sup>1</sup> д-р технических наук, профессор, Пензенский гос. технологический ун-т

на естественном отделении Института красной профессуры (ИКП). Посещала математические семинары Д.Ф. Егорова и В.В. Степанова. В 1925 г., еще студенткой, организовала в МГУ первый в СССР семинар по истории и философии математики для студентов и аспирантов, который посещали, в частности, А.Н. Колмогоров, Л.А. Люстерник, А.О. Гельфонд, И.В. Арнольд, А.П. Юшкевич, П.К. Рашевский. Также она стала одним из руководителей семинара секции естественных наук Коммунистической академии, где обсуждались вопросы методологии математики. Кроме того, тогда же, студенткой 2 курса ИКП, она стала преподавать там же математику, а в МГУ – историю и философию математики. В 1929 г. успешно окончила ИКП сложившимся ученым с определившимися интересами: методология, философия и история математики.

Научная работа С.А. Яновской началась в 1928 г. публикацией серии статей по философии математики с марксистских позиций. В 1933 году она, впервые в истории математики, начала изучать математические рукописи К. Маркса. Эта работа, продолжавшаяся всю ее жизнь, сыграла существенную роль в привлечении внимания отечественных историков математики к истории оснований математического анализа. Она также занималась и другими вопросами истории математики: история аксиоматики, история преподавания математики в Московском университете, возникновение математической строгости и т.д. Ее работы по истории математики отличались повышенным вниманием к базовым вопросам становления математической науки, глубиной проработки материала, простотой формы.

С 1930 г. и до конца жизни Яновская С.А. была профессором МГУ, здесь она прочитала десятки различных курсов, руководила семинарами и аспирантами, создавала научные школы. Уже в 1930 г. вместе с М.Я. Выгодским она стала читать курс истории математики, с упором на историю обоснования математики от античности до современности. В 1933 г. они совместно организовали в МГУ первый в СССР семинар по истории математики, который на многие годы стал центром подготовки отечественных исследователей в указанной области. Соруководителем этого семинара позже стал А.П. Юшкевич. В 1935 г. Яновской, в числе других первых советских ученых, была присуждена ученая степень доктора физико-математических наук и присвоено ученое звание профессора математики.

В годы Великой Отечественной войны С.А. Яновская проживала в эвакуации в Перми, заведя кафедрой высшей алгебры и читая множество курсов (высшая алгебра, теория чисел и т.д.). Там она нашла трех подающих надежды подростков, пригрела их, а потом помогла им перебраться в Москву и стать крупными математиками. Это М.М. Постников, Е.Б. Дынкин, О.А. Олейник. Впоследствии она отдавала все силы молодым ученым

и любила их. У нее было множество учеников (больше 20), которые высоко ценили ее (И.Г. Башмакова, Б.В. Бирюков, Д.П. Горский, Л.Е. Майстров, В.Н. Молодший, Е.К. Войшвилло, А.Е. Райк, К.А. Рыбников, Н.И. Стяжкин и др.). У С.А. Яновской был свой неповторимый стиль преподавания. Она не стремилась довести до блеска форму изложения, считая, что чем форма проще, тем легче донести до слушателей суть темы. Она часто использовала необычные приемы, чтобы выпятить суть, рассказывала не результаты, а процесс их получения, очень умело подбирала примеры, которые сразу делали понятной суть проблемы.

Период 1930-х годов ознаменовался интересом С.А. Яновской к математической логике. Она быстро освоила этот новый для себя предмет и уже в 1936 году впервые в Советском Союзе, начала читать его на механико-математическом факультете МГУ. Она продолжала читать этот курс до конца жизни, непрестанно совершенствуя и пополняя его и приспособливая к нуждам различных категорий слушателей. В 1943 г., после возвращения в Москву из эвакуации, Яновская организовала первый в СССР семинар по математической логике при мехмате МГУ, которым руководила совместно с И.И. Жегалкиным и П.С. Новиковым (позже – вместе с А.А. Марковым). Эту науку она всячески поддерживала и на руководимой ею кафедре истории математики мехмата МГУ, где в конце 1940-х гг. появились первые в СССР аспиранты по математической логике.

Огромную роль сыграла организационная деятельность Яновской по изданию логико-математической литературы в СССР, формированию новых научных структур логического профиля. Благодаря усилиям С.А. Яновской выросли две ведущие советские школы математической логики – на мехмате и на философском факультете МГУ.

УДК 51-77

Левин В.И.<sup>1</sup>

### **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТОКА ИСТОРИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ (НА ПРИМЕРЕ ПОТОКА ВОЙН)**

За долгие годы существования люди накопили богатый положительный опыт применения математики в естественных науках – физике, химии, астрономии, геологии, технике. Но в гуманитарных и общественных науках дело обстояло иначе. Там до последнего времени были рас-

---

<sup>1</sup> д-р технических наук, профессор, Пензенский гос. технологический ун-т

пространены словесные описания изучаемых явлений, что зачастую приводило к результатам, не поддающимся сравнительному анализу, не говоря уже о многословном и неоднозначном по смыслу характере изложения. В то же время объекты в указанных науках вполне поддаются описанию адекватными математическими моделями. Известно, что язык математики может логично, строго и однозначно описывать конструкции, которые раньше излагались только словесно. Более того, благодаря компактности этот язык позволяет в ряде случаев вскрывать неизвестные ранее закономерности в изучаемых объектах. Эти особенности позволили математическим методам проникнуть во многие общественные и гуманитарные науки – экономику, социологию, психологию и т.д. Начало применения математических методов к историческим процессам относится к 1960-м гг. Большинство этих методов базируется на теории вероятностей и математической статистике. При этом предполагается, что отдельные события, составляющие исторический процесс, являются случайными событиями. Такое предположение спорно, случайным может быть только то событие, которое можно повторить множество раз (бросание монеты, игральной кости и т.д.), а исторические события уникальны. Возникает интерес к математическим методам исследования исторических процессов, которые учитывают уникальность исторических процессов и не базируются на теории вероятностей. В [1] был предложен оригинальный метод математического моделирования разнообразных исторических процессов, базирующийся на теории автоматов и математической логике, что позволяет лучше учитывать уникальность изучаемых процессов. Здесь дадим применение метода к моделированию начала и прекращения войн (потока войн).

Пусть имеется некоторое число регионов (частей света, стран, штатов и т.д.), в которых происходят войны. В каждом регионе войны происходят в последовательности временных интервалов, где различные интервалы не пересекаются и каждый содержит ровно 1 войну – от момента ее начала (левая граница интервала) до момента окончания (правая граница). Каждый регион имеет свой поток возникающих и прекращающихся войн, мы будем изучать суммарный поток, получаемый суммированием региональных потоков. Есть две принципиальные трудности, связанные с решением этой задачи. Первая – выбор представительных характеристик суммарного потока войн. Вторая – необходимость вычисления указанных характеристик при возможном большом числе региональных потоков войн, образующих суммарный поток, и большом числе войн в отдельных региональных потоках. Покажем, что использование предлагаемого авто-

матно-логического подхода к математическому моделированию потоков войн может преодолеть обе указанные трудности

Этот подход состоит в построении автомата, входные процессы которого моделируют региональные потоки войн, а выходные – различные характеристики суммарного потока. Последние вычисляются методами теории автоматов. Иногда условие: одна война в одном интервале регионального потока войн – может нарушаться. Тогда регион разбивается на подрегионы. Данное исследование проводилось применительно к множеству наиболее известных в мире войн за последние 2500 лет. Выводы приведены в [3].

### Список литературы

1. Коваленко И.Д. (ред.). Количественные методы в исторических исследованиях. – М.: Высшая школа, 1984.
2. Левин В.И. Математическое моделирование социально-экономических процессов (автоматно-логические методы и модели). – Пенза: Изд-во Пензенского технологического ин-та, 1997.
3. Левин В.И. Математическое моделирование потока исторических событий методами теории автоматов. Гуманитарные науки и современность. Вып. 5. – Пенза: Изд-во Пензенского гос. ун-та, 1999.
4. Поспелов Д.А. Логические методы анализа и синтеза схем. – М.: Энергия, 1987.

УДК 681.326

Левыкин И. В.<sup>1</sup>

## **РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ ПРОТОТИПОВ ПРОЕКТА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПО СТАДИЯМ ЕЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

Одним из основных аспектов современных методологии, применяемых при проектировании сложных систем, является максимальное участие Заказчика в процессе проектирования на всех его стадиях [1]. Для его осуществления необходимо, чтобы «Разработчик» и «Заказчик» на каждом этапе проектирования имели достаточное понимание и представление о проекте информационной системы (ИС) и ее структуре, а не об отдельных компонентах процессах, функциях, данных, выходных документах.

---

<sup>1</sup> Левыкин И. В. к.т.н. проф. Харьковский национальный университет радиоэлектроники

В связи с рассмотренными проблемами для обеспечения эффективного процесса проектирования ИС, обеспечения постоянного взаимодействия «Разработчика» и «Заказчика» предлагается использовать технологию эволюционного прототипирования, позволяющую получить первоначальный, простой проект будущей системы, с последующим его совершенствованием на каждой стадии до внедрения ИС [2]. Фактически реализуется технология поэтапного перехода от макропроектирования, на котором определяется множество реализуемых системой процессов, выходных документов, управляющих воздействий, требуемых ресурсов на разработку системы (финансовых, материальных), а также длительность разработки, к технологии микропроектирования, предусматривающей создание всех компонентов обеспечивающего комплекса, который реализуется в полном объеме определенные функциональные комплексы с учетом введенных ограничений на стоимость и длительность разработки. Как известно, эволюционное, а также быстрое прототипирование применяется, как правило, при разработке программного обеспечения ИС. Однако специфика разработки организационных ИС связана с решением более широкого спектра проблем, чем создание только программного обеспечения, так как ставится задача проектирования системы в целом, а не ее отдельного программного комплекса. Поэтому необходимо разработать такой комплекс моделей прототипа проекта, которые позволили бы осуществлять его изменение по стадиям проектирования.

В соответствии с существующим отечественным стандартом на разработку автоматизированных систем, а также методологией SSADM, определяющими стадии и модули проектирования, необходимо получить эволюционное, постадийное описание прототипов проекта ИС в виде последовательности разработки модели: концептуальное описание проекта; уточнения, скорректированное описание проекта; описание проекта с учетом структуры ИС; описание проекта с учетом технических решений; документального описания проекта.

Для реализации такого описания используем спиральную модель проектирования. Преимущество такой модели от каскадной, наращивания функций и т.д. состоит в том, что на каждом витке проектирования формируется версия проекта, которая не принимается окончательно до устранения всех ошибок приводящих к срыву выполняемых работ и сроков проектирования. Переход на последующую версию осуществляется только после удовлетворения требований заказчика и разработчика выполнения полного комплекса работ на соответствующей стадии.

Переход к последующим видам моделей последовательности корректировки и уточнения прототипа проекта и комплексов разрабатывае-

мой ИС требует разработки имитационных моделей, обеспечивающих получение требуемых параметров по каждому виду моделей.

Таким образом, рассмотренный подход эволюционного прототипирования разработки структуры проекта ИС дает возможность «Разработчику» и «Заказчику» на всех стадиях проектирования, начиная с формирования общих параметров проекта, иметь его целостное представление с последующим уточнением составляющих параметров. Модели прототипов фактически являются спиральными моделями, дающими возможность описывать, уточнять, корректировать версии параметров проекта и разрабатываемой ИС на каждой стадии разработки до получения приемлемого результата. Такой подход разработки моделей прототипов проекта ИС позволяет: иметь эволюционное представление проекта на всех стадиях; изменять параметры проекта в динамике проектирования по стадиям; находить рациональные решения по параметрам системы на макро- и микроуровнях; обеспечивать эффективное взаимодействие «Разработчика» и «Заказчика» в процессе проектирования ИС.

### Список литературы

1. Левыкин В. М. Концепция эволюционного прототипирования информационных систем [Текст] / В. М. Левыкин, И. В. Левыкин // АСУ и приборы автоматики. – 2008. – Вып. 144. – С. 26–31.
2. Alan M.D. Operation prototyping new development approach. Software, September, 1992. P. 71–73.

УДК 519.71:583.3

Матвеева Н.О.<sup>1</sup>

## РОЗПІЗНАВАННЯ ФОРМИ СИГНАЛІВ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЙРОМЕРЕЖНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

При проведенні неруйнівного контролю виробів з композитних матеріалів виявляються поверхневі дефекти суцільності, котрі створюють найбільшу загрозу конструкційній цілісності матеріалів. Існують характерні риси форми сигналів від дефектів різного типу. Останнім часом для ухвалення рішення щодо наявності браку використовують нейромережні технології, які володіють універсальними та адаптивними властивостями й забезпечують високу ефективність розпізнавання[1].

---

<sup>1</sup> Канд. техн. наук, доцент каф. ЕОМ ДНУ



Унаслідок волокнистої текстури армуючої тканини поверхня композитних матеріалів характеризується зазвичай значною шорсткістю. Для пошуку і оцінки геометричних параметрів тріщин пропонується використовувати безконтактний метод вихрових струмів.

При скануванні виробів з композитних матеріалів залежно від довжини і розташування дефекту (тріщини або розшарування) датчик видає унімодальні або бімодальні сигнали. За формою сигналу можна судити про довжину тріщини: вузький унімодальний сигнал виявляє тріщину, довжина якої перевищує зону контролю, а бімодальний з найбільшим провалом вершини характеризує точкові дефекти.

В роботі запропоновано використовувати нейронну мережу прямого розповсюдження – багатошаровий перцептрон (multilayer perceptron – MLP) для розпізнавання форми сигналів. В якості функції навчання використовувалась функція на основі зворотного розповсюдження помилок (backpropagation learning) із застосуванням Байєсовської регуляризації, що дозволяє справлятися з проблемою перенавчання. Функція модифікує значення ваг і зміщень відповідно до алгоритму оптимізації Левенберга-Маркарта. При цьому мінімізується комбінація квадратів помилок та ваг, потім знаходиться скорегована комбінація, котра забезпечує поліпшення узагальнюючих здібностей мережі. Кожний нейрон MLP має нелінійну гладку функцію активації, в якості якої використовували нелінійну сигмоїдальну функцію активації типа логістичної та гіперболічного тангенса [2].

Сформована двошарова нейронна мережа з 21 нейронів у вхідному шарі (за кількістю компонент вхідного вектора), 10 нейронів у скритому шарі та 2 нейрони у вихідному шарі (за кількістю компонент вихідного вектора).

У якості навчальної множини запропоновані значення функцій, які відповідають модельним сигналам, одержаним при скануванні поверхні композитів[3]:

$$y(x) = \exp(-1,5x^2) - k \cdot \exp(-3x^2) \quad (1)$$

де  $k$  змінюється від 0 до 1: при  $k = 0 \div 0.4$  одержуємо вузький унімодальний сигнал. При зміні  $k = 0.5 \div 0.6$  – пологий унімодальний сигнал; при  $k = 0.6 \div 1$  дістаємо бімодальний сигнал.

Навчання виконувалось на бімодальному ( $k=0,9$ ) та унімодальному ( $k=0,2$ ) сигналах. Спочатку нейронна мережа навчалась на ідеальних сигналах, потім на сигналах з шумом. Для моделювання сигналів з шумом застосовувались випадкові значення, розподілені за нормальним законом із середнім значенням 0 й середньоквадратичним відхиленням від 0 до 0,2 з шагом 0,05. Тестування створеної нейронної мережі виконувалось для сигналів при  $k=0.1$  та  $k=0.8$ . Отримані результати наведені в табл. 1.

Таблиця 1.

Значення шуму	0	0.05	0.1	0.15	0.2
Вірогідність правильно розпізнаних сигналів при $k=0.1$	1	1	0,95	0,90	0,84
Вірогідність правильно розпізнаних сигналів при $k=0.8$	1	0,94	0,88	0,80	0,75

### Список літератури

1. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации / Пер. с польского И.Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344с.
2. Матвеева Н.О. Порівняльний аналіз алгоритмів оптимізації навчання для розв'язання задач класифікації сигналів / Матвеева Н.О., Лазоренко Ю.В. // Системні технології: – Рег. міжвуз. збір. наук. праць. – Вип. 1(102), Дніпропетровськ, 2016, С. 56–64
3. Хандецкий В. С. Спектральная идентификация сигналов в дефектоскопии композитов с использованием теории статистических испытаний / Хандецкий В. С., Герасимов В. В. // Вісник ДНУ: Фізика. Радіоелектроніка. – Дніпропетровськ: – 2003. № 10 – С. 128 – 132.

УДК 004.3

Михайлютенко Д.Ю.<sup>1</sup>, Киричек Г.Г.<sup>2</sup>

### МІКРОКОНТРОЛЕРИ В СИСТЕМІ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДИНКІВ

Для оцінки енергоефективності будівель першочерговим завданням є збір і оцінка поточних та архівних результатів вимірювань. Цим, на даний час, займаються спеціальні служби. Вони відвідують будівлі та виконують необхідні вимірювання. Такий спосіб має ряд недоліків, з них такі як людський фактор і недотримання порядку вимірювань [1].

Якість мікроклімату приміщень оцінюється за допомогою трьох параметрів: температури внутрішнього повітря, відносної вологості внутрішнього повітря та швидкості руху внутрішнього повітря.

В процесі проведення енергомоніторингу постійно контролюються наступні параметри: температура внутрішнього повітря; відносна вологість внутрішнього повітря; температура зовнішнього повітря; відносна

<sup>1</sup> магістр, гр. КНТ-621м ЗНТУ

<sup>2</sup> канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

вологість зовнішнього повітря [2]. Для автоматизації їх моніторингу вирішено дослідити алгоритм проведення вимірювань і розробити пристрій, який конструктивно складається з двох та більш блоків.

Основний блок – «голова», складається з наступних важливих частин: керуючого контролера – Atmega32u4; датчика температури та вологості з I2C інтерфейсом – SHTC1; індикатора на базі драйверу HD44780; прийомо-передавача CC1101 виробництва Texas Instruments, який відноситься до класу LPD433 і дозволений для встановлення у жилих будівлях; каналу зв'язку для передачі показань на головний сервер – GPRS модем SIM800H, модулі WiFi ESP8266 або Ethernet ENC28J60; годинника реального часу DS3231.

Він має виконувати наступні функції:

- зчитувати поточні показання температури і вологості зовні будівлі кожну хвилину (не створюючи ефект самонагрівання датчика);
- кожні 30 хвилин віднімати середні показання і відправляти на центральний сервер (пакет, який передається, включає час відправки і контрольну суму), при цьому у пакеті передаються показання усіх блоків;
- відображати на дисплеї поточні і архівні показання;
- надавати можливість виконувати налаштування за допомогою кнопочної панелі;
- мати зовнішній інтерфейс для підключення ПК, програмування і зчитування показань;
- автоматично вираховувати енергоефективність будівлі на основі налаштованого термопрофіля.

Виносні блоки, які зв'язуються з основним за допомогою бездротового каналу, складаються з наступних компонентів: керуючого контролера MSP430G2553; датчика температури та вологості з I2C інтерфейсом – SHTC1; прийомо-передавача CC1101 виробництва Texas Instruments, який відноситься до класу LPD433 і дозволений для встановлення у жилих будівлях [3]; годинника реального часу DS3231; літійової батареї.

Вони мають виконувати наступні функції:

- кожну хвилину зчитувати поточні показання температури і вологості зовні будівлі (не створюючи ефект самонагрівання датчика);
- кожні 10 хвилин віднімати середні показання і відправляти на центральний блок по бездротовому каналу (пакет, який передається, також включає час відправки, контрольну суму і ідентифікатор блоку);
- синхронізувати годинник з основним блоком;
- мати максимальну автономність (3 роки без зміни батареї). Це досягається використанням мікроконтролера MSP430G22553 (споживає

230мкА/год. у активному режимі роботи на частоті 1МГц) і прийомо-передавача СС1101 (14.7мА/год. при швидкості передачі 1.2 КБод).

В ході проведення досліджень розроблено два пристрої – основний і допоміжний блоки. Вони дозволяють автоматично оцінювати енергоефективність будівель на основі значень, отриманих у результаті наведеного алгоритму вимірювань.

### Список літератури

1. Пырков В.В. Энергоэффективность зданий Украины: основы расчета [Электронный ресурс] / В.В. Пырков. – Режим доступа: <http://awtherm.com.ua/energoeffektivnost-zdaniy-ukrainy-osnovy-rascheta#>.
2. Пырков В.В. Современные тепловые пункты: автоматика и регулирование [Текст] / В.В. Пырков. – К.: ДП «Такі справи», 2007. – 252 с.
3. MSP430G22553 Datasheet [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/msp430g2253.pdf>.

УДК 681.326:519.713

Поляков М.А.<sup>1</sup>

### КИБЕРСОЦИАЛЬНАЯ СИСТЕМА «УМНЫЙ ЗНТУ»

Впечатляют успехи студентов и преподавателей ЗНТУ в их основной деятельности: победы в олимпиадах, конкурсах, участие в международных проектах, конференциях, «скопусовские» публикации и т.д. В гораздо меньшей степени интеллект студентов и преподавателей направлен на улучшения функционирования самого университета. Потребность в таком улучшении очевидна. Мы все свидетели несовершенства инфраструктуры университета, небрежного отношения к ресурсам, громоздкого документооборота и др.

Цель работы – улучшение качества управления жизнедеятельностью ЗНТУ. Задача решить в постановке вопрос о создании киберсоциальной системы «Умный ЗНТУ» и привлечь к этой работе профессиональные знания и инициативу студентов, преподавателей и сотрудников университета.

В концептуальном и технологическом плане за основу можно взять киберсоциальную систему Smart Cyber University (CyUni), разработанную в Харьковском институте радиоэлектроники, которая характеризуется: наличием оцифрованного пространства регуляторных правил, точным

---

<sup>1</sup> К. т. н., доц. каф. электрических и электронных аппаратов ЗНТУ

мониторингом и активным киберуправлением адресуемыми компонентами научно-образовательных процессов, автоматическим генерированием оперативных регуляторных воздействий, независимым от руководителей принятием кибер-решений по управлению финансовыми и кадровыми ресурсами, исключением бумажных носителей из научно-образовательных процессов [1].

Существенными компонентами умного кибер-университета являются: инфраструктура, кадры, отношения, управление, направление движения и ресурсы, которые имеют отображение в кибер-пространстве для выполнения научно-образовательных процессов на основе цифрового мониторинга и облачно-мобильного управления. Облачные сервисы системы основаны на интеграции технологий big data, cloud computing, mobile services и cyber physical systems в рамках IoT-культуры на основе использования сервис-ориентированных платформ программирования. Примерами сервисов могут служить электронный документооборот, тестирования знаний, управления кафедрой, управления обучением студента и др.

Примерами программно-аппаратных средств, которые должны войти в состав системы умного ЗНТУ являются, интегрированные с помощью локальной сети университета, подсистемы учета расхода и регулирования электроэнергии, воды, тепла подразделениями, подсистемами сигнализации и информирования.

Информационно-коммуникативные технологии управления будут интегрироваться с гибкой системой формирования индивидуализированных образовательных траекторий с использованием образовательного контента лучших мировых и отечественных университетов, находящегося в открытом доступе [2].

Создание системы управления университетом – комплексная работа многих подразделений и общественных организаций. Поэтому для организации работ целесообразно создание координационного совета при ректоре, объявление конкурса-мониторинга «Умный университет». Пример проведения такого конкурса [3] с номинациями «Инфраструктура университета», «Учебный процесс», «Мой дом – общежитие» и др. свидетельствует о активном отношении студентов и преподавателей к проблеме улучшения жизнедеятельности университета.

Внедрение системы умного университета позволит изменить содержание отношений, улучшить социальный климат в коллективе студентов, преподавателей и сотрудников, привлечь внешние инвестиции, существенно повысить производительность труда и уровень жизни конструктивных ученых и профессоров, создающих рыночно востребованную продукцию.

Ожидаемый эффект от внедрения сервисов умного университета – это увеличение, как минимум в два раза, производительности труда ученых [1].

### Список литературы

1. Хаханов В. И., Литвинова Е. И., Чумаченко С. В., Мищенко А. С. [Текст] Киберсоциальная система – умный кибер-университет // Радиоэлектронные и компьютерные системы, 2016, № 5 (79) с.187–194.
2. Селянская Г.Н. SMART-университет – ответ на вызовы новой промышленной революции [Текст] // Креативная экономика. – 2015. – Том 9. – № 9. – с. 1151–1164. – doi: 10.18334/се.9.9.1928
3. Подведены итоги очного этапа конкурса-мониторинга «Умный университет» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.mami.ru/news\\_new.php?id=8487](http://www.mami.ru/news_new.php?id=8487)

УДК 004.9

Рисіков В.П.<sup>1</sup> Степаненко О.О.<sup>2</sup>, Томашевський О.В.<sup>3</sup>

### АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ПЛАНУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ ОПТИМІЗАЦІЇ

В умовах переходу підприємств на самоокупність і самофінансування, переходу від централізованої системи матеріально технічного постачання до децентралізованого постачання з використанням механізму договірних цін і самостійного вибору постачальників важливе значення набуває завдання визначення оптимального варіанту складу постачальників ресурсів (сировини, напівфабрикатів, комплектуючих виробів) з урахуванням зіставлення витрат на придбання і доставку необхідних для виробництва матеріалів.

В якості критерію оптимальності виберемо сумарні витрати на придбання та доставку ресурсів:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (c_{ij} + d_{ij}) x_{ij} \rightarrow \min \quad (1)$$

де  $n$  – число постачальників;  $i$  – індекс постачальника ресурсів ( $i = 1, n$ );  $m$  – число видів ресурсів;  $j$  – індекс видів ресурсів ( $j = 1, m$ );  $X_{ij}$  – обсяг по-

---

<sup>1</sup> к.т.н., доцент, ЗНТУ

<sup>2</sup> к.т.н., доцент, ЗНТУ

<sup>3</sup> к.т.н., доцент, ЗНТУ

ставок підприємству  $j$ -го ресурсу  $i$ -м постачальником;  $C_{ij}$  – договірна ціна за одиницю  $j$ -го ресурсу за  $i$ -м підприємством;  $d_{ij}$  – витрати на доставку одиниці  $j$ -го ресурсу від  $i$ -го постачальника. [1].

Дану задачу пропонується вирішити за допомогою лінійного програмування на базі розробленої програмної системи.

Також цікавою є задача розміщення неоднорідної продукції.

Розглянемо модель розміщення та виробництва неоднорідної продукції на підприємствах галузі з урахуванням прив'язки виробників продукції до споживачів.

В якості цільової функції виберемо сумарні витрати на виробництво і транспортування всієї продукції:

$$\sum_{j=1}^k \sum_{s=1}^n d_{js} x_{js} + \sum_{j=1}^k \sum_{s=1}^n \sum_{i=1}^m c_{jsi} y_{jsi} \rightarrow \min \quad (2)$$

де  $n$ ,  $m$ , і  $k$  – кількість відповідно всіх підприємств-виробників, споживачів і видів продукції;  $C_{jsi}$  – вартість перевезення одиниці  $j$ -ї продукції від  $s$ -го виробника  $i$ -му споживачеві;  $d_{js}$  – витрати на випуск одиниці  $j$ -ї продукції на  $s$ -му підприємстві; а невідомі величини:  $X_{js}$  – обсяг виробництва  $j$ -ї продукції на  $s$ -му підприємстві;  $Y_{jsi}$  – обсяг перевезень  $j$ -ї продукції від  $s$ -го підприємства  $i$ -му споживачеві. [1].

Сформульована математична модель також відноситься до задач лінійного програмування і вирішується в реалізованій системі.

На промислових підприємствах задача матеріально-технічного постачання складається, головним чином в забезпеченні виробництва матеріальними (виробничими) ресурсами: сировиною, напівфабрикатами, комплектуючими деталями і виробами. Існують багато об'єктивних факторів, які змушують створювати виробничі запаси. До таких факторів відносяться: розбіжність ритмів поставок (виробництва) матеріальних ресурсів з ритмом їх споживання, випадкові коливання попиту за період між поставками, тривалість інтервалу між поставками і обсягами поставок, сезонність попиту і виробництва предметів споживання.[2].

Таким чином задача вибору необхідних запасів виробничих ресурсів має альтернативний характер і повинна розв'язуватися оптимізаційними методами. Найбільш поширені стратегії управління запасами: періодичні і з критичними рівнями. Вибір стратегії управління запасами, що є найбільш відповідальним моментом при складанні моделі управління запасами, повинен ґрунтуватися на ретельному аналізі системи постачання. [2]. Рішення задачі управління запасами, таким чином, слід спочатку знаходити в просторі стратегій, а потім по обраній стратегії

– в просторі її параметрів, за допомогою імітаційних моделей, або служб економіко-математичних моделей.

Вперше пропонується аналітична методика рішення конкретної задачі визначення оптимального об'єму поставок продукції в умовах невідзначеності. Ця методика виконана в вигляді програмної реалізації на мові C++ в середовищі Microsoft Visual Studio та може бути рекомендована для використання в автоматизованих системах управління.

### Список літератури

1. Моррис У. Наука об управленні. Байесовский подход. [текст]. / У. Моррис – М.: «Мир». 1991 г. – 304 с.
2. Черчмен У. Введение в исследование операций. [текст]. У. Черчмен, Р. Акоф, Л. Арноф – М.: «Наука». 1998 г. – 490 с.

УДК 519.23:004.932.72'1

Саваневич В. Е.<sup>1</sup>, Хламов С. В.<sup>2</sup>, Брюховецкий А. Б.<sup>3</sup>,  
Погорелов А. В.<sup>2</sup>, Мовсеян Я. С.<sup>2</sup>, Власенко В. П.<sup>3</sup>

### CoLiTeC – ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ОКОЛОНУЛЕВОГО ВИДИМОГО ДВИЖЕНИЯ НА СЕРИИ ССД- КАДРОВ

В настоящее время астероидные обзоры с автоматической обработкой их результатов являются значимым направлением современной астрометрии. Небесные объекты Солнечной системы (ССО), как правило, имеют ненулевую скорость видимого движения. А объекты, которые не принадлежат Солнечной системе (звезды, галактики), имеют нулевую скорость видимого движения.

Большое количество потенциально опасных объектов [1] могут являться околоземными астероидами с околонулевым видимым движением. Также во время своего нахождения за орбитой Юпитера, большая часть ССО, включая кометы с малыми апогелиями, имеют околонулевою скоростью видимого движения. За счет этого показатели качества обнаружения указанных объектов существующими методами существенно снижаются. На этой дистанции данные объекты могут быть обнаружены тради-

---

<sup>1</sup> Проф. каф. ИУСТ УжНУ

<sup>2</sup> Аспирант каф. ЭВМ ХНУРЕ

<sup>3</sup> Ведущий инженер отдела оперативного управления Западного радиотехнического центра наблюдения



ционными методами обработки результатов наблюдения лишь при очень длительном наблюдении.

Для эффективности астрономических наблюдений необходимо ПО автоматизированной обработки кадров астероидных обзоров.

ПО CoLiTec проводит автоматизированное обнаружение астероидов, астрометрические и фотометрические измерения за приемлемое время с последующим визуальным подтверждением результатов, <http://www.neoastrosoft.com> [2].

ПО CoLiTec позволяет обнаруживать объекты с очень малой и очень большой скоростью видимого движения. Диапазон скоростей движения обнаруженных объектов составляет 0,7–40,0 пикс./кадр. Например, самым быстрым из наблюдавшихся ACЗ является астероид K12C29D (40 пикс./кадр), а медленным – комета ISON C/2012 S1 (0,8 пикс./кадр) [3].

Также в ПО CoLiTec внедрены разработанные вычислительные методы обнаружения околонулевого видимого движения объектов на серии CCD-кадров, основанные на критериях значимости фактора скорости видимого движения исследуемых объектов. Основной особенностью разработанных вычислительных методов является использование решающих правил проверки статистической значимости фактора скорости видимого движения объекта на исследуемой серии измерений с использованием таких критериев значимости как t-критерия Стьюдента и f-критерия Фишера, вместо традиционных решающих правил, основанных на критерии максимального правдоподобия [4].

С помощью методов статистического и натурального моделирования были проведены исследования показателей качества обнаружения околонулевого видимого движения объекта на серии CCD-кадров. В качестве натуральных данных используются измерения положения объектов, включенных во внутренний каталог (ВК) объектов, неподвижных на серии кадров [2]. Методы учитывают основные особенности формирования измерений положения исследуемого объекта и особенности применения различных методов обнаружения околонулевого видимого движения исследуемого объекта на серии CCD-кадров.

ПО CoLiTec содержит в себе следующие особенности реализации: выполнение обработки кадров в течение наблюдения; многопоточная поддержка многопроцессорных систем и локальной сети; возможность работы с телескопами с очень широким полем зрения (до 10 градусов); автоматическое обнаружение слабых движущихся объектов ( $SNR > 2.5$ ).

С использованием CoLiTec было открыто 4 кометы (C/2010 X1 (Elenin), P/2011 NO1 (Elenin), C/2012 S1 (ISON), P/2013 V3 (Nevski)). С помощью CoLiTec в MPC послано более 600 000 измерений, предвари-

тельно открыто более чем 1500 астероидов. Среди них 21 троянский астероид Юпитера, 4 NEO и 1 кентавр.

Был проведен сравнительный анализ точности между ПО CoLiTec и ПО Astrometrica. Анализ выявил преимущество ПО CoLiTec перед ПО Astrometrica в астрометрии и фотометрии астероидов, в случае работы с широким полем и кадрами низкого качества.

### Список литературы

1. Kortencamp, S. Asteroids, Comets, and Meteoroids [Text] / S. Kortencamp. – Mankato, MN: Capstone Press, 2011. – 32 p.
2. Саваневич, В. Е. Программа CoLiTec автоматизированного обнаружения небесных тел со слабым блеском [Текст] / В. Е. Саваневич, А. Б. Брюховецкий, А. М. Кожухов, Е. Н. Диков, В. П. Власенко // Космічна наука і технологія. – 2012. – Т. 18 (1). – С. 39–46.
3. Minor Planet Center, COMET C/2012 S1 (ISON) [Electronic resource]. – Available at: <http://www.minorplanetcenter.org/mpec/K12/K12S63.html>
4. Myung, I. J. Tutorial on maximum likelihood estimation [Text] / I. J. Myung // Journal of Mathematical Psychology. – 2003. – Vol. 47, Issue 1. – P. 90–100. doi: 10.1016/s0022-2496(02)00028-7.

УДК 004.94

Сердюк С.Н.<sup>1</sup>, Каминская Ж.К.<sup>2</sup>.

### **p-АДИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗУМОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ОПЕРАТОРА АСУ ТП**

Розроблена модель розумової діяльності оператора АСУ ТП, що базується на положеннях теорії  $p$ -адичних динамічних систем [1]. Згідно [1], інформація в моделі представлена у вигляді цифрових послідовностей  $p$ -адичних чисел, які називаються  $I$ -станами.

Розглянемо процес прийняття рішення оператором для проблемної ситуації  $PS_k$  технологічного процесу. Інформація про  $PS_k$  перетворюється управляючим центром свідомості (УЦС) мозку оператора  $O$  в початковий  $I$ -стан  $x_0$ . У ультраметричному просторі будь-яка точка  $x \in Z_p$ , де  $Z_p$  множина  $p$ -адичних цілих чисел, задається координатами

$$x=(a_1, a_2, \dots, a_n, \dots)$$

Кожна координата приймає кінцеве число значень

---

<sup>1</sup> доц. каф. програмних средств ЗНТУ

<sup>2</sup> асс. каф. програмних средств ЗНТУ

$$a \in A_p = \{0, \dots, p-1\},$$

де  $p > 1$  – натуральне число, основа алфавіту  $A_p$ .

Процес мислення оператора по вирішенню проблемної ситуації  $PS_k$  представляється у вигляді динамічної системи  $x_n = f(x_{n-1})$  на просторі  $I$ -станів  $X_I$  і визначається відображенням  $f: Z_p \rightarrow Z_p$ . Таким чином, починаючи з  $I$ -стану  $x_0$ , генерується ланцюжок  $I$ -станів  $x_0, x_1, \dots, x_n, \dots$  поки не буде досягнуто рішення проблемної ситуації  $PS_k$ , тобто не буде знайдений аттрактор АТ. УЦС посилає  $x_0$  в управляючий центр підсвідомості (УЦП), який, в залежності від закодованої в  $x_0$  інформації, призначає для нього обробку у відповідних динамічних процесорах мислення  $P_i$ . Кожен з розумових процесорів відповідає за виконання окремої ментальної функції і генерації аттрактору АТ.

Для кожного процесору  $P_i$ , мономіальної функції  $f_s(x) = x^s$ , де  $s = 2, 3, \dots$ , задається динамічний закон переходу від одного  $I$ -стану до іншого. Параметр  $s$  визначається фізіологічним, психологічним та інформаційним станом мозку оператора на момент вирішення ситуації  $PS_k$

$$s = S_{\text{фіз}} \times S_{\text{псих}} \times S_{\text{інф}}$$

Вважаємо, що в базі цікавих ідей  $D_I$  і заборонених ідей  $Z_I$  свідомості оператора, базі цікавих ідей  $D_{III}$  і заборонених ідей  $Z_{III}$  підсвідомості, виходячи з його особистого досвіду, вже попередньо записана відповідна інформація ( $I$ -стани). У підсвідомості повинен бути заповнений накопичувач сумнівних ідей (заборонених бажань). Також задані: пороги мінімального інтересу до АТ і реалізації для АТ ( $I_{\text{нор}}$  і  $T_{\text{нор}}$  відповідно); пороги блокування АТ для кожного процесору  $F_{\text{блок}}(P_i)$ .

Укрупнений алгоритм роботи  $P_i$ -го процесору для випадку асоціативного мислення оператора наступний.

Крок 1. Перевіряємо міру близькості  $x_0$  до сумнівних ідей підсвідомості  $F_n(x_0)$ . Якщо  $F_n(x_0) \approx 1$  або  $F_n(x_0) \geq F_{\text{блок}}(P_i)$ , то видаляємо  $x_0$  і повертаємось до УЦП. Якщо ні, то крок 2.

Крок 2. Обчислюємо кількість нерухомих точок  $n$  динамічної системи  $f_s(x) = x^s$  і по теоремі 5.1 [1], визначаємо число точок аттракторів  $k$ .

Крок 3. Задаємо область тяжіння для кожного  $k$ -го АТ і параметр  $L$  обмеження генерації кількості  $I$ -станів.

Крок 4. Генеруємо новий  $I$ -стан  $x_{n+1}$ . Якщо  $n+1 \leq L$ , то крок 5, інакше повернення на УЦС для зміни  $x_0$  або  $s$ .

Крок 5. Перевіряємо міру близькості  $I$ -стану  $x_{n+1}$  до кожного  $k$ -го АТ. Якщо є потрапляння в область тяжіння  $k$ -го АТ, то  $I$ -стан  $x_{n+1}$  вважається АТ і перехід на крок 6. Інакше крок 4.

Крок 6. Пересилаємо АТ в УЦС і обчислюємо міру інтересу  $I(AT)$ . Якщо  $I(AT) \geq I_{\text{нор}}$ , то крок 7, інакше видаляємо АТ і перехід на крок 4.

Крок 7. Перевіряємо міру близькості АТ до заборонених ідей свідомості  $F(AT)$ . Якщо  $F(AT) \approx I$ , то видаляємо АТ і перехід на крок 4, інакше крок 8.

Крок 8. Визначаємо узгодженість між інтересом і протидією, як величину  $T(AT) = I(AT) - F(AT)$ . Якщо  $T(AT) \geq T_{пор}$ , то крок 9, інакше видаляємо АТ і перехід на крок 4.

Крок 9. Реалізація АТ в УЦС (вироблення сигналу про фізичне або ментальне виконання, наприклад, конкретний виконавчий рух або мова оператора).

Розроблено нову модель розумової діяльності оператора АСУ ТП. Відмінною особливістю моделі є специфічний спосіб представлення ментального простору оператору у вигляді ультраметричного простору, де множина  $I$ -станів  $X_I$  має структуру  $p$ -адичного дерева. Модель дозволяє прогнозувати поведінку оператору з урахуванням його психофізіологічних властивостей, стану, кваліфікації тощо.

### Список літератури

1. Хренников А.Я. Моделирование процессов мышления в  $p$ -адических системах координат / А.Я. Хренников. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 296 с.

УДК 004.272.34

Святний В.А.<sup>1</sup>, Мірошкін О.М.<sup>2</sup>, Любимов А.С.<sup>3</sup>, Горбань Я.Г.<sup>4</sup>

## РЕАЛІЗАЦІЯ НАВЧАЛЬНОГО МІМД-КЛАСТЕРА НА БАЗІ RASPBERRY Pi 2

### Вступ

Сучасні технології створення обчислювальної техніки наблизилися до межі, коли подальше нарощування швидкості роботи індивідуальних пристроїв стає практично неможливим. У зв'язку з цим розвиток обчис-

---

<sup>1</sup> Святний Володимир Андрійович, д.т.н., професор, зав. кафедри комп'ютерної інженерії, ДВНЗ «ДонНТУ», м. Покровськ

<sup>2</sup> Мірошкін Олександр Миколайович, к.т.н., доцент, декан факультету комп'ютерних наук і технологій, ДВНЗ «ДонНТУ», м. Покровськ

<sup>3</sup> Любимов Артем Сергійович, магістр факультету комп'ютерних наук і технологій, ДВНЗ «ДонНТУ», м. Покровськ

<sup>4</sup> Горбань Яна Геннадіївна, диспетчер факультету комп'ютерних наук і технологій, ДВНЗ «ДонНТУ», м. Покровськ

лювальної техніки пішов по екстенсивному шляху, заснованому на дублюванні обчислювальних пристроїв, які паралельно можуть працювати над спільним завданням

Окремий клас паралельних архітектур представляють кластерні системи. Кластер – це сукупність обчислювальних вузлів, об'єднаних мережею. Паралельний додаток для кластерної системи являє собою кілька процесів, які спілкуються один з одним по мережі.

З навчальною метою на кафедрі комп'ютерної інженерії було реалізовано навчальний MIMD-кластер на базі Raspberry Pi 2 та методичні рекомендації щодо його використання у навчальному процесі.

### **Архітектура технічних засобів**

Кластер – це два або більше комп'ютери (вузли), що об'єднуються за допомогою мережевих технологій на базі шинної архітектури або комутатора і постають перед користувачами як єдиний інформаційно-обчислювальний ресурс [1]. Вузол кластера повинен мати власну оперативну та фізичну пам'ять. Вузли об'єднуються в мережу локально, а потім блоки можна об'єднувати між собою, утворюючи більші системи або GRID-кластери. Навчальний кластер повинен являти собою систему з MIMD-архітектурою [2]. Загальна структура кластера зображена на рис 1.

Враховуючи те, що необхідно створити паралельний MIMD-кластер, обрано топологію мережі «зірка». Враховуючи те, що мінікомп'ютери мають один мережний інтерфейс, то можлива тільки ця топологія, усі інші топології – віртуальні. Навчальний кластер буде мати 4 вузла. Один з вузлів буде головним, який буде керувати завантаженістю інших вузлів і також зможе брати участь у роботі з виконання задач кластера.

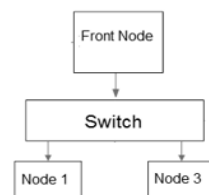


Рисунок 1 – Приклад структури кластера з 3-х вузлів

### **Апаратна реалізація структури кластера**

Для навчального кластера великих потужностей не потрібно, тому для реалізації вузлів навчального MIMD-кластеру було застосовано міні-комп'ютер Raspberry Pi 2. Запропоновану структуру можна розглядати з одного боку, як чотири незалежних міні-комп'ютера, кожен з яких працює зі своєю областю пам'яті, що виділяється із загального обсягу ОЗУ даного вузла засобами операційної системи. При цьому обмін даними між модулями всере-



Рисунок 2 – Зовнішній вигляд навчального кластеру

дині вузла є швидким, оскільки здійснюється по внутрішній шині без використання локальної мережі. З другого боку, кожен вузол кластера може розглядатися як машина із загальною пам'яттю і являти собою один обчислювальний модуль. Тоді обчислювальна частина кластера – це змішана система, де кожен модуль – SMP-машина. Навчальний кластер зображено на рис. 2. Тестування реалізованого кластера за допомогою тестів LINPACK показало максимальну продуктивність у 0,7 Мфлопс.

### **Висновок**

Реалізований кластер повністю відповідає потребам MIMD-архітектури і може бути використаний у навчальному процесі в курсах пов'язаних з паралельним програмуванням.

### **Список літератури**

1. Бройнль Т. Паралельне програмування: Початковий курс: Навч. посібник / Переклад з нім. В. А. Святого. – К: Вища шк., 1997. – 358 с.
2. Многопроцессорные системы (MIMD-системы). Вычислительные кластеры. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=Parallel/ch010104.mod/?cou=Parallel/base.cou>

УДК 004.942

Святный В.А.<sup>1</sup>, Гуськова Н. Г.<sup>2</sup>

## **ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗМЕРНОСТИ МОДЕЛИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ**

Данная работа ориентирована на моделирование процессов взаимодействия белков актина и миозина в процессе сокращения клеток [1]. В качестве основы используется классическая (сосредоточенная) модель, позволяющая оценить параметры стабилизации взаимодействия белков [2] на основе введенной системы обыкновенных дифференциальных уравнений и численных методов ее реализации [3]. Вместе с тем, в сосредоточенной модели отсутствует пространственная координата, что существенно ограничивает возможности моделирования, так как учитывается только число присоединенных к нити молекул миозина, но размещение нитей в пространстве остается неопределенным. Кроме того, в системе уравнений, описывающих исходную модель, отсутствуют соотношения,

---

<sup>1</sup> докт. техн. наук, проф., Донецкий национальный технический университет (г. Покровск)

<sup>2</sup> аспирант, Донецкий национальный технический университет (г. Покровск)

учитывающие вероятность разрыва нитей актина под тяжестью головок миозина. В работе [4] детально описана трансформация сосредоточенной модели [2] в распределенную, обоснованы введенные балансовые соотношения и определены параметры концентрации несломленных нитей актина, приводящие к стабилизации системы за приемлемое время. Целью настоящей работы является численная реализация полученной распределенной модели при фиксированной концентрации аденозитрифосфорной кислоты (АТФ), а также определение оптимального количества расчетных точек на основе анализа максимальной силы напряжения.

Исследуемая распределенная модель оценивает поведение белков актина и миозина в ходе реакции, протекающей между ними. Особенностью модели является наличие внутренней координаты, определяющей число головок миозина, прикрепленное к нити актина в конкретный момент времени. В целом, присоединение к нити актина может осуществить произвольное число головок миозина с текущей размерностью  $i \rightarrow \infty$ . Тем не менее, при численном моделировании необходимо ограничиться конечным максимальным числом присоединенных головок миозина  $i = N$ . Подходящее значение для  $N$  должно быть определено в ходе численного моделирования. Искомое значение при этом должно быть выбрано достаточно большим, с тем, чтобы дальнейший рост размерности  $N$  не оказывал значительного воздействия на результаты моделирования.

Для получения оптимальной оценки количества расчетных точек было проведено два типа экспериментов. В первом случае для получения требуемой размерности величина  $N$  изменялась на каждой осуществляемой симуляции. Таким образом, в момент, когда применяемое и предшествующее ему значение оказывали одинаковый (в пределах допустимой погрешности) эффект на поведение системы, считалось, что искомое значение определено. Проведенный таким образом анализ чувствительности переменных модели к введенному числу расчетных точек позволил грубо локализовать искомое значение.

Альтернативным методом исследования послужила оценка зависимости между выбранным количеством точек и максимальной силой напряжения, возникающей в моменты прикрепления головок миозина к нитям актина, и их последующему движению. Поскольку сила напряжения возникает только в те моменты, когда между белками происходит взаимодействие, было принято решение исследовать именно этот показатель, представляющий полную картину того, как с течением реакции между белками изменяется поведение всей модели. Для оценки необходимого показателя  $N$  из множества, определяющего значения силы в расчетные моменты времени, выбиралось максимальное значение,

которое являлось определяющим. Максимальное значение силы указывало на существование допустимой величины сжатия, определяющей продолжится ли реакция между актином и миозином или нить будет сломлена.

### Список литературы

1. Lewis, O. Actin-myosin spatial patterns from a simplified isotropic viscoelastic model / O. Lewis, R. Guy, J. Allard // *Biophysical Journal*. – 2014. – Vol. 107, №4. – P. 863–870.
2. Gou J. Mathematical model with spatially uniform regulation explains long-range bidirectional transport of early endosomes in fungal hyphae / J. Gou, L. Edelstein-Keshet, J. Allard // *Molecular Biology*. – 2014. – Vol. 25, №16. – P. 2408–2415.
3. Дмитрієва О.А. Паралельні різниці методи розв'язання задачі Коші. – Донецьк: ДонНТУ. – 2011. – 265 с.
4. Святный В.А. Разработка и реализация математической модели стабилизации взаимодействия белков актина и миозина / В.А. Святный, Н.Г. Гуськова // *Наукові праці ДонНТУ. Серія «Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка» (КОТ-2016)*. – 2016. – №1(22). – С. 146–151.

УДК 004.65 : 629.783

Омельчук В. В.<sup>1</sup>, Ракович В. С.<sup>2</sup>

### БАЗА ДАНИХ ДІЮЧИХ КОСМІЧНИХ АПАРАТІВ

Орбітальне угруповання діючих космічних апаратів (КА) є активною складовою космічної обстановки. Знання актуальної навколоремної космічної обстановки необхідні для здійснення космічної діяльності та інформаційного забезпечення національної безпеки. Діючі КА є контрольованими об'єктами техногенної космічної обстановки, усі інші антропогенні об'єкти некеровані, тобто неконтрольовані. Діючі КА можуть перебувати в стані випробування, знаходитись в оперативному використанні або в резерві та за сферою використання їх поділяють на військові, комерційні або дослідницькі [1, 2].

Зважаючи на великий об'єм, динамічність і структурованість інформації щодо діючих КА її необхідно збирати, зберігати, обробляти та використовувати за технологією баз даних комп'ютерних інформаційних систем [3]. Так інструментом Європейського центру космічних операцій ESOC, який координує роботу Європейського космічного агентства щодо

<sup>1</sup> к.т.н., провідний науковий співробітник відділу військової частини, м. Житомир

<sup>2</sup> начальник відділу військової частини, м. Житомир



космічних уламків та узагальнює дані по космічних об'єктах, є база даних DISCOS (*англ.* Database and Information System Characterising Objects in Space – база даних та інформаційна система детального опису об'єктів у космосі). Але ці дані не досить оперативні (оновлення раз на місяць) й доступ до них в інтерактивному режимі мають лише зареєстровані користувачі [4]. Власниками найбільш повних і достовірних баз даних діючих КА є держави, які володіють глобальними системами контролю космічного простору, а саме США та Російська Федерація [2]. Однак вільного доступу до згаданих вище та інших актуальних баз даних діючих КА відомих фірм або установ космічної галузі не виявлено.

Зазначені обставини спонукали створення реляційної динамічної бази даних діючих КА для комп'ютерної інформаційної системи оперативного контролю навколосемної космічної обстановки. База даних створена фахівцями військової частини за допомогою повнофункціонального набору засобів розробки додатків Embarcadero RAD Studio XE7 для Windows. Мова програмування – Delphi. Система керування реляційною базою даних реалізована в операційному середовищі Microsoft Office Access 2007. Об'єкти бази даних MS Access 2007 зберігаються у файлах із розширенням \*.mdb, чим забезпечується спадковість використання напрацювань раніше створених подібних баз даних КА.

Функціонуюча на дійсний час у військовій частині динамічна база даних діючих КА реалізована на ПЕОМ (процесор Intel Core 2 Duo E7600; оперативний запам'ятовуючий пристрій – 2 ГБ; постійний запам'ятовуючий пристрій – 320 ГБ; операційна система – Windows 8.1; MS Access 2007). Об'єм інформації вказаного зразка динамічної бази даних разом із архівом (за останні 10 років) щоденних висхідних наборів елементів орбіт існуючих КА формату TLE [[celestrak.com/NORAD/](http://celestrak.com/NORAD/); [www.space-track.org/](http://www.space-track.org/); [www.prismnet.com/~mmccants/tles/](http://www.prismnet.com/~mmccants/tles/); [www.zarya.info](http://www.zarya.info)] станом на 25.06.2016 р. складає 3,4 ГБ та містить дані 1407 діючих КА й 503 КА, які припинили функціонування. Неорбітальні характеристики КА добуваються із електронних й друкованих джерел інформації.

Експлуатація зазначеної динамічної реляційної бази даних діючих КА забезпечує: автоматизоване формування й відображення та оновлення орбітальних параметрів діючих КА за наборами даних формату TLE; автоматичне групування зареєстрованих у базі даних діючих КА за областю використання, за державною належністю, за призначенням (зв'язку, метеорологічні, навігаційні, розвідки тощо) й датою запуску на орбіту; формування звітів щодо сумарної кількості діючих КА за сферою використання, за державною належністю, за призначенням тощо; графічне відображення історії (динаміки зміни) орбітальних елементів вибраного КА;

формування звітів щодо кількості запусків й зведення з орбіти КА та припинення їх функціонування за визначений інтервал часу.

### Список літератури

1. Хорольский П. Г. Концептуальная модель анализа космической обстановки / П. Г. Хорольский // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.nbua.gov.ua/portal/natural/Akra/2008\\_12/9.pdf](http://www.nbua.gov.ua/portal/natural/Akra/2008_12/9.pdf).
2. Іщенко Д. А. Методика формування та підтримки класифікатора діючих космічних апаратів / Д. А. Іщенко, М. Я. Маршалок, В. В. Омельчук // Збірник наукових праць №10. – Житомир: ЖВІРЕ, 2006. – №10. – С.63–71.
3. Есин В. И. Методы разработки баз данных для информационных систем / В. И. Есин // Вісник Харківського національного університету. – 2012. – №1037. – С.64–72.
4. Database and Information System Characterising Objects in Space – DISCOS // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.esa.int/Operations/Space\\_Debris](http://www.esa.int/Operations/Space_Debris).

УДК 519.28:620.179

Пащенко В.О.<sup>1</sup>

## ЛОКАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОХОДЖЕННЯ Й ВІДБИТТЯ ОРТОТРОПНОГО КОМПОЗИТА З ДИСИПАТИВНИМИ ВТРАТАМИ

Характеристики проходження й відбиття, узагальнюючи для переміщення режиму однойменні коефіцієнти, покладені в основу сучасної інформаційної технології проектування засобів електромагнітного контролю підвищеної швидкодії.

Енергетична теорія анізотропних тіл і волокнистих композитів визначає коефіцієнт дисипації як відношення втрат енергії в елементарному об'ємі до максимуму потенціальної енергії протягом власного циклу осциляції. Добуток коефіцієнта дисипації й власної частоти дорівнює потужності дисипації  $q$ , яка визначає відносне розсіювання енергії протягом одиниці часу при моногармонічних затухаючих коливаннях елемента конструкції. Так, у випадку першої форми коливань перехресно армованих балок із двох типів вуглепластику коефіцієнт дисипації варіює в діапазоні  $0.005 \div 0.06$ , сягаючи максимуму при куті армування  $55^{\circ}$ .

---

<sup>1</sup> к.т.н., доцент каф. ЕОМ ДНУ

Локальне підповерхневе зондування ортотропного композита ініціюється точковим джерелом стороннього струму амплітуди  $j_0$  й густини

$$j_{x_0 y}^{f_0} = j_0 \cdot U(t) \cdot F_{x_0 y} \cdot \delta(x) \delta(y) \delta(z),$$

де  $U(t)$  – ступінчаста одинична симетрична функція,  $\delta(x)$  – дельта-функція,  $F_x = \cos \gamma$ ,  $F_y = \sin \gamma$ , якщо  $\gamma = \text{arctg } dL(x)/dx|_{x=0}$  – кут між  $x$ -віссю та напрямом струмового контуру  $y = L(x)$  на початку координат.

У ортотропному композиті можна нехтувати діелектричним зміщенням, тому зондування описується 3-вимірними лінійними нестационарними однорідними рівняннями узагальненої провідності (з дисипативними втратами):

$$\frac{\partial^2 a_{x_0 y}^f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 a_{x_0 y}^f}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 a_{x_0 y}^f}{\partial z^2} - \mu_0 \sigma_{x_0 y} \frac{\partial^2 a_{x_0 y}^f}{\partial t^2} - d_{x_0 y}^2 a_{x_0 y}^f = 0$$

відносно  $x, y$ -проекції  $a_{x_0 y}^f$  елементарного векторного потенціалу  $a^f$  в нижньому напівпросторі ( $z \geq h$ ), причому  $\mu_0$  – магнітна проникність повітря,  $a$   $\sigma_{x_0 y}$  та  $d_{x_0 y}^2$  – компоненти діагональних тензорів провідності та дисипації.

У повітрі, де сторонній струм тече через початок координат, справедливі 3-вимірні лінійні нестационарні неоднорідні хвильові рівняння:

$$\frac{\partial^2 a_{x_0 y}^d}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 a_{x_0 y}^d}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 a_{x_0 y}^d}{\partial z^2} - \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 a_{x_0 y}^d}{\partial t^2} = \mu_0 j_{x_0 y}^{f_0},$$

де  $\epsilon_0$  – діелектрична проникність повітря.

Застосуємо 3-вимірне двостороннє пряме перетворення  $x \rightarrow p_x$ ,  $y \rightarrow p_y$ ,  $t \rightarrow q$  Карсона-Лапласа, використовуючи умови безперервності при  $z=h$  як тангенціальних проекцій елементарного векторного потенціалу, так і їх перших похідних, отримуючи наступні вирази для зображень узагальнених частот:

$$\lambda^A(p_x, p_y, q) = i \sqrt{p_x^2 + p_y^2 - \mu_0 \epsilon_0 q^2}, \quad (i = \sqrt{-1})$$

$$\lambda_{x_0 y}^C(p_x, p_y, q) = \sqrt{d_{x_0 y}^2 + \mu_0 \sigma_{x_0 y} q - p_x^2 + p_y^2}.$$

*Визначення 1.* Зображення  $x, y$ -проекції характеристики проходження мають вигляд:

$$H_{x_0 y}^P(p_x, p_y, q) = \frac{2\lambda^A(p_x, p_y, q)}{\lambda_{x_0 y}^C(p_x, p_y, q) + \lambda^A(p_x, p_y, q)}.$$

Визначення 2. Зображення  $x$ ,  $y$ -проекції характеристики відбиття задаються виразами:

$$H_{xy}^R(p_x, p_y, q) = \frac{\lambda_{xy}^R(p_x, p_y, q) - \lambda^A(p_x, p_y, q)}{\lambda_{xy}^R(p_x, p_y, q) + \lambda^A(p_x, p_y, q)}$$

Застосовуючи зворотне перетворення  $p_x \rightarrow x$ ,  $p_y \rightarrow y$ ,  $q \rightarrow t$ , отримуємо аналітичні вирази для характеристик проходження й відбиття.

У безрозмірних  $(X_x = x/\Delta_x, Y_x = y/\Delta_x, Z_x = z/\Delta_x, T_x = t/\Delta'_x)$  – чи  $(X_y = x/\Delta_y, Y_y = y/\Delta_y, Z_x = z/\Delta_{xy}, T_x = t/\Delta'_y)$  -координатах при  $\Delta'_{x,y} = 4\pi\varepsilon_0/\sigma_{x,y}$  і  $\Delta_{x,y} = 4\pi/\sigma_{x,y}\sqrt{\mu_0/\varepsilon_0}$  отримані вирази спрощуються:

$$H_{xy}^P(t) = 2U(T - H)\exp(-D_{xy})/I_0 \left[ 2 \sqrt{-t T_{xy} \sqrt{1 - (D_{xy}/T)^2}} \right]$$

$$H_{xy}^R(t) = 1 - H_{xy}^P(t). \quad (D_{xy} = \frac{d_{xy}}{4\pi} \sigma_{xy} \sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}})$$

Таким чином, у випадку теплових втрат ортотропного композита характеристики проходження й відбиття принципово відрізняються від аналогічних характеристик при  $D_{x,y} = 0$  загасаючою експонентою коефіцієнта дисипації.

УДК 621.317

Субботин О.В.<sup>1</sup>, Донченко Е.И.<sup>2</sup>

### УПРАВЛЕНИЕ ИНДИКАЦИЕЙ НА ИНФОРМАЦИОННО-УКАЗАТЕЛЬНОМ ТАБЛО

Информационные табло получают на сегодняшний день все большее и большее распространение, все чаще используются в рекламных целях на улицах в крупных городах или в качестве информационно-указательных экранов [1]. Известно, что за счет своей динамичности 90%

<sup>1</sup> К.т.н., доц. кафедры автоматизации производственных процессов Донбасской государственной машиностроительной академии (г. Краматорск, Украина).

<sup>2</sup> Ст. препод. кафедры автоматизации производственных процессов Донбасской государственной машиностроительной академии (г. Краматорск, Украина).

прохожих обратит свое внимание на табло, и примерно 60% из них дочитает текст до конца. Базовая конфигурация электронного табло позволяет запоминать более 600000 знаков, а бегущая строка на светодиодах позволяет воспроизводить большой объем информации на малой площади табло. Анализ средств отображения информации показал преимущества применения светодиодных (LED) матриц и дисплеев на их основе [2]. По сравнению с существующими источниками света светодиоды обладают рядом весьма ценных для формирования изображений свойств. Наиболее важными среди них являются: возможность модуляции с весьма высокой частотой вплоть до 20 МГц; высокая надежность с наработкой на отказ до 100000 часов; высокий к.п.д.; низкое напряжение питания; большая сила света и световой поток одного излучателя; устойчивость к значительным механическим перегрузкам; относительно малые габариты; низкая стоимость.

Конкурентом можно считать жидкокристаллическую ячейку, которая в рабочем режиме требует малой величины тока, но вспомогательные средства для обеспечения ее работы (драйверы, подсветка) могут потреблять достаточно много электроэнергии [3]. Энергопотребление LED прямо пропорционально яркости и площади свечения. Следовательно, исследования должны быть направлены на увеличение функциональности и уменьшение энергозатрат системы отображения данных.

Сформирована структура графической панели, для реализации функции масштабирования матрицы информационного поля решено разделить систему вывода информации на модуль управления и модуль индикации. Разработаны их функциональные схемы и печатные платы в программном комплексе KiCAD.

В подпрограмме EESchema была спроектирована функциональная схема модулей управления и индикации, а при помощи подпрограммы PCBNEW спроектированы печатные платы модулей управления и индикации.

При разработке печатной платы учитывались высокие силовые токи, для которых ширина дорожки принята 3мм, а также фактор нагрева транзисторов – они расположены в шахматном порядке, чтобы более эффективно рассеивать тепло.

Проведен анализ современных аспектов представления информации, определены основные преимущества и недостатки применения светодиодных панелей визуализации. Разработанный визуальный интерфейс системы управления представляет собой упрощенную анимированную функциональную схему системы контроля информационно-указательного

табло. Состоит из одной формы, на которой расположены два текстовых поля – для ввода и вывода информации. Интерфейс выполнен в программе AdobeFlash CS3 Professional.

Разработана программа управления индикацией, осуществляющая загрузку данных через последовательный СОМ-порт в микроконтроллер визуального табло. Также спроектирована программная модель системы визуализации графических представлений, отображающая возможности инфомационно-указательного табло.

Эффективность разработки системы отображения информации достигается за счет альтернативного пути приобретения панели визуализации и уменьшения потребления электроэнергии. Разработанное светодиодное табло выгодно отличается от аналогов, например, SIGMA AS227. Например, при производстве партии из ста светодиодных табло, общая их стоимость уменьшается на треть по сравнению с аналогом.

### Список литературы

1. Лапин А. Средства отображения информации // Электроника: наука, технология, бизнес. – 2005. – № 8. – С. 30 – 33.
2. Бушма А. В. Оценка эргономических характеристик шкальных индикаторов с различными формами представления информации / А.В. Бушма, Г.А. Сукач, В.П. Ярцев // Оптиелектронні інформаційні технології «ФОТОНІКА–ОДС 2005». Збірник тез доповідей третьої міжнар. наук.-техн. конф., 27 – 28 квітня 2005 р., Вінниця, Україна. – Вінниця: Універсум–Вінниця. – 2005. – С. 117 – 118.
3. Самарин А. В. Жидкокристаллические дисплеи. Схемотехника, конструкция и применение. – М.: СОЛОН-Р, 2002. – 304 с.

УДК 004.932.2

Татиевский Д.Н.<sup>1</sup>, Лымаренко Ю.А.<sup>2</sup>

## МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТОДИКИ РЕКОНСТРУКЦИИ ТРЕХМЕРНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТРУКТУРИРОВАННОЙ ПОДСВЕТКИ

На сегодняшний день проблема восстановления поверхностей 3D объектов является достаточно актуальной в связи со своей практической значимостью во многих сферах промышленности, таких как робототехни-

---

<sup>1</sup> Аспирант, ЗГИА

<sup>2</sup> К.т.н., доц. каф. ПОАС, ЗГИА

ка, дизайн, медицина и т.д. Достаточно точной и минимально трудозатратной техникой является метод структурированной подсветки.

Разработки в данном направлении ведутся уже несколько десятилетий [1]. Исследования, в основном, нацелены на увеличение разрешения, точности и уменьшения времени захвата и обработки изображений. Существенный прогресс достигнут в обоих направлениях. Но дальнейшие изыскания осложняются отсутствием универсальных моделей проверки и оценки эффективности описанных методов.

Целью данной работы является описание методики построения компьютерной модели, эмулирующей работу как программной так и аппаратной части системы восстановления поверхностей трехмерных объектов с помощью техники структурированной подсветки в реальном времени. Методика заключается в сканировании виртуальных объектов в виртуальном окружении путем моделирования процесса получения координат и отображения одновременно, без необходимости конструирования реальной системы «проектор-камера».

Моделирование работы системы в виртуальной среде является универсальным методом проверки гипотез и получения численных характеристик, чего невозможно достичь на физической модели.

Структурно система представляет из себя две компьютерные программы, написанные на Unity/C#. Первое приложение отвечает за моделирование трехмерных тестовых объектов, которые будут распознаваться; построение шаблонов подсветки; настройку параметров; генерацию снимков с виртуальной камеры; отображение результатов обработки изображений.

Второе приложение отвечает за расчеты и апробирование алгоритмов распознавания и триангуляции; выдачу результатов для визуализации; возможность работы с внешними устройствами (камера, проектор).

В нашем примере рассмотрен самый простой и, тем не менее, достаточно надежный, дающий качественный результат метод «битового» кодирования [2].

В таком случае кодируются столбцы изображения проектора. Логический уровень «1» соответствует насыщенности черным, тогда как «0» соответствует полностью освещенному белому. Так, количество полос увеличивается в два раза на каждом последующем шаблоне. У каждой полосы последнего шаблона есть свое бинарное ключевое слово. Необходимо заметить, что все пиксели, принадлежащие одной полосе в шаблоне с наибольшей частотой, имеют одинаковое ключевое слово. В связи с этим перед триангулированием необходимо просчитать либо центр каждой полосы, либо край между двумя последовательными полосами. Про-

веденные эксперименты продемонстрировали предпочтительность второго варианта.

Для распознавания визуальных результатов с виртуальной камеры использована библиотека OpenCV, пример работы которой представлен на рисунке 1.

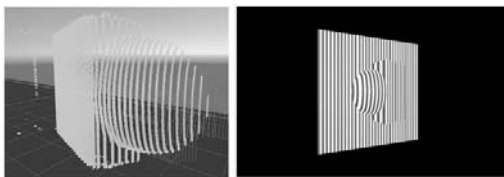


Рис. 1. Процесс работы алгоритма распознавания

Таким образом, разработанная система дала возможность проверить качество работы методов триангуляции для нахождения координат искомым точек в пространстве с учетом особенностей параметров камеры и проектора. Также были сделаны выводы о необходимости добавления алгоритма поиска острых углов и резких перепадов. В этих случаях данные структурированной подсветки теряются.

#### Список литературы

1. Salvi J., Pages J., Batlle J. Pattern codification strategies in structured light systems // Pattern Recognition. – 2004. Vol. 37(4). – P. 827–849.
2. Geng J. Structured-light 3d surface imaging: a tutorial // Advances in Optics and Photonics. – 2011. Vol. 3. – P. 128–160.

УДК 621.382.08:621.317.7

Н. И. Твердоступ<sup>1</sup>

### УПРАВЛЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬЮ F-МЕТРА К ИЗМЕНЕНИЮ РЕАКТАНСА ИНДУКТИВНОГО ДАТЧИКА

В устройствах измерения и контроля широко используют метод  $F$ -метра, позволяющий преобразовывать реактанс датчика в частоту гармонических колебаний. Недостатком метода является его ограниченная чувствительность к изменению контролируемого параметра. Целью работы

---

<sup>1</sup> к.т.н., доцент кафедры ЭВМ, Днепропетровский национальный университет



является разработка  $F$ -метра с повышенной чувствительностью к изменению индуктивности параметрического датчика.

Измерительный генератор (рис.1) построен на основе линейной комбинированной операционной схемы (ЛКОС), имеющей входной импеданс

$$\dot{Z}_{вх} = (1 + R_B/R_A)(r_1 + j\omega L_1 - R_2 R_3/R_4 - j\omega C_4 R_2 R_3). \quad (1)$$

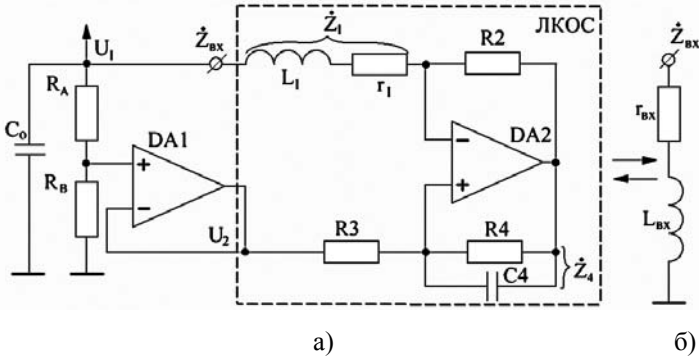


Рис. 1. Измерительный генератор (а) и эквивалентное представление ЛКОС (б)

с входными активной и индуктивной составляющими

$$r_{вх} = (1 + R_B/R_A)(r_1 + R_2 R_3/R_4), \quad (2)$$

$$L_{вх} = (1 + R_B/R_A)(L_1 - C_4 R_2 R_3). \quad (3)$$

показывающими, что в настоящей схеме индуктивность датчика  $L_1$  с активным сопротивлением  $r_1$  преобразуются в  $L_{вх}$  и  $r_{вх}$  с коэффициентом умножения  $m = (1 + R_B/R_A)$ . Под воздействием контролируемого параметра индуктивность  $L_1$  изменяется на величину  $\Delta L_1$ , при этом абсолютное и относительное приращение входной индуктивности имеют вид

$$\Delta L_{вх} = m \Delta L_1, \quad (4)$$

$$\Delta L_{вх}/L_{вх} = \Delta L_1/(L_1 - L_K), \quad (5)$$

( $L_K = C_4 R_2 R_3$  – компенсирующая индуктивность), причем, при  $L_K \rightarrow L_1$   $\Delta L_{вх}/L_{вх} \rightarrow \infty$ . Из (4), (5) следует, что в ЛКОС возможно масштабирование индуктивности датчика с управлением величины чувствительности к контролируемому параметру компенсирующей индуктивностью  $L_K$ .

При выполнении условия  $r_1 < R_2 R_3 / R_4$  в схеме возникают гармонические колебания на резонансной частоте  $f = 1/2\pi \sqrt{m(L_1 - L_K)C_4}$ . При изменении индуктивности на величину  $\Delta L_1$  приращение частоты равно

$$\Delta f = \frac{df}{dL_{\text{из}}} \Delta L_{\text{из}} = - \frac{1}{4\pi \sqrt{m(L_1 - L_K)C_0}} \cdot \frac{\Delta L_1}{(L_1 - L_K)},$$

причем, приращение частоты существенно увеличивается при  $L_K \rightarrow L_1$ . Экспериментальная проверка последнего выражения была проведена на измерительном генераторе (рис.1), собранном на операционных усилителях ICL7650 с индуктивностью  $L_1 = 21$  мГн, емкостью  $C_0 = 1,106$  мкФ и начальной частотой колебаний 460 Гц. Видно (рис. 2), что при компенсирующей индуктивности  $L_K = 0$  (зависимость 5) чувствительность к  $\Delta L_1$  минимальна и составляет 7,5 Гц/мГн, при  $L_K = 17,23$  мГн (зависимость 1) чувствительность возрастает в пять раз до 39,2 Гц/мГн.

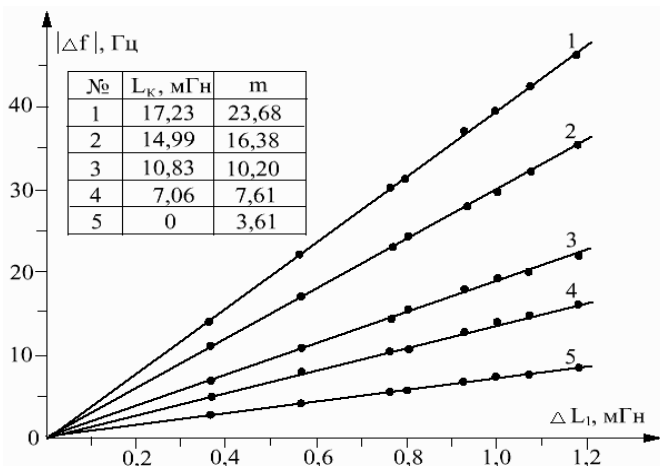


Рис. 2. Приращение частоты  $\Delta f$  генератора как функция индуктивности датчика  $L_1$  для разных значений компенсирующей индуктивности  $L_K$

Вывод. Компенсация начальной индуктивности датчика с умножением ее приращения позволяют увеличить приращение частоты измерительного генератора  $F$ -метра на основе линейной комбинированной операционной схемы.

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ КОМПОНЕНТОВ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ

Современное состояние общества связано с широким развитием и применением разнообразных специализированных компьютерных систем (СКС). При построении подобных систем, которые работают в сложной помехо-сигнальной обстановке, большое внимание уделяется эффективности выполнения поставленных задач. В этих условиях один из путей повышения качества и эффективности работы системы состоит в применении фильтрации сигналов СКС, поступающих от интеллектуальных датчиков.

В большинстве реальных условий работы СКС диапазон входных воздействий известен приблизительно и может меняться сложным образом во времени. Использование в таких случаях частотно-зависимых компонент (ЧЗК) определенного вида с постоянной структурой, встроенных в датчик и выполняющих первичную обработку, не дает существенного результата. Поэтому в современных СКС большое значение имеют интеллектуальные компоненты, в состав которых входят компоненты с перестраиваемыми параметрами.

Поэтому одной из главных задач является построение перестраиваемых ЧЗК, в которых частотные характеристики зависят от коэффициентов передаточной функции, и имеется возможность раздельного управления этими характеристиками (частотой среза, коэффициентом усиления и т.п.).

В СКС быстрые изменения измеряемого параметра могут привести к выходу из строя системы, а это приводит к необходимости отследить быстрые изменения измеряемого параметра и отстроиться от постоянных или медленно изменяющихся измеряемых параметров.

Рассмотрим передаточную функцию цифрового фильтра верхних частот первого порядка

$$H(z) = a_0 \frac{1 - z^{-1}}{1 + bz^{-1}}, \quad (1)$$

где  $a_0, b$  – действительные коэффициенты.

---

<sup>1</sup> инженер

<sup>2</sup> д.т.н., проф. Одесский национальный политехнический университет, кафедра «Компьютерные системы»

Для нормированных фильтров верхних частот, передаточная функция которых определяется выражением (1), частотно-зависимый коэффициент передачи в общем виде описывается выражением

$$H(\bar{\omega}) = \frac{2a_0 \sin\left(\frac{\bar{\omega}}{2}\right)}{\sqrt{(1+b)^2 - 4b \sin^2\left(\frac{\bar{\omega}}{2}\right)}}$$

Исследование позволило найти частоту среза  $\bar{\omega}_c$  на уровне  $c$ ,  $0 < c < 1$ ,

$$\bar{\omega}_c = \arccos \left( \frac{1 - 2c^2 \frac{1+b^2}{(1-b)^2}}{1 + 4c^2 \frac{b}{(1-b)^2}} \right).$$

и коэффициент знаменателя  $b$

$$b = 1 - \frac{2c^2 \cos^2\left(\frac{\bar{\omega}_c}{2}\right)}{c^2 - \sin^2\left(\frac{\bar{\omega}_c}{2}\right)} \left( 1 - \frac{\sin\left(\frac{\bar{\omega}_c}{2}\right)}{\cos\left(\frac{\bar{\omega}_c}{2}\right)} \sqrt{\frac{1-c^2}{c^2}} \right).$$

Проведенные исследования позволяют целенаправленно осуществлять перестройку характеристики ЧЗК на основе интеллектуального алгоритма после анализа помехо-сигнальной обстановки, в которой работают ЧЗК.

### Список литературы

1. Войтович И.Д., Корсунский В.М. Интеллектуальные сенсоры – М.: БИНОМ, 2011. – 624 с.

## **МУЛЬТИАГЕНТНИЙ МЕТОД СЕГМЕНТУВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ, ЩО ОТРИМАНІ З БОРТОВИХ СИСТЕМ ОПТИКО- ЕЛЕКТРОННОГО СПОСТЕРЕЖЕННЯ**

Відомо, що в теперішній час результат обробки зображень, що отримані з бортових систем оптико-електронного спостереження, залежить від якості методу сегментування зображення. Проаналізовано основні відомі методи сегментування, які можна умовно розбити на 5 класів [1]: методи, які базуються на використанні ентропії (алгоритми Pun, Kapur, Li, Shanbak, Yen, Brink, Sahoo, Cheng); методи, які базуються на кластеризації (алгоритми Riddler, Lloyd, Kittler, Yani, Yawahar); атрибутивні методи (алгоритми Tsai, Cheng, Hertz, O’Gorman, Huang, Picaz, Leug); гістограмні методи (алгоритми Rosenfeld, Sezan, Otsu, Carlotto&Olivo, Ramesh, Gui&Kai); локально порогові методи (алгоритми Yasuda, White, Niblack, Benssen, Palumbo, Yanowitz, Kamel, Ob, Sauvola); кореляційні методи (алгоритми Pal, Abutaleb, Chang, Beghdadi, Friel).

Основна складність при сегментуванні зображення – врахування різних додаткових факторів: різномірний фон, варіабельність різних частин зображення, наявність шумів. У зв’язку з цим, при використанні відомих методів сегментування зображення не завжди вдається забезпечити стійкість методів сегментування до варіацій різних параметрів зображення (топологічних, геометричних, фотометричних).

В роботі для сегментування зображення розглянуто нові методи, які відносяться до еволюційних методів та засновані на моделюванні соціальної поведінки живих істот – роєві методи (PSO – particle swarm optimization) та мурашині методи (AS – ant system). Указані методи сегментування зображення в роботі названо мультиагентні методи. Проаналізовано особливості формування оптико-електронного зображення бортових систем спостереження, особливості та специфіка об’єктів спостереження. Більш детально розглядається мурашиний метод сегментування зображення, теоретично обґрунтовано можливість використання мультиагент-

---

<sup>1</sup> Викладач циклової комісії загальноосвітніх та загальновійськових дисциплін Військового коледжу сержантського складу Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба (ХНУПС)

<sup>2</sup> Доктор технічних наук, професор, провідний науковий співробітник Наукового центру ХНУПС

ного методу сегментування зображень, що отримані з бортових систем оптико-електронного спостереження.

Однією з важливих переваг методу являється його висока ефективність при оптимізації розподілених нестационарних систем [2, 3]. При змінах досліджуваної системи метод швидко адаптується до цих змін і знаходить нове оптимальне рішення. Названі вище, а також інші переваги методу (такі, як, наприклад, швидкодія) роблять актуальним проведення дослідження стосовно можливості застосування мурашиного алгоритму та його різновидів для сегментування оптико-електронного зображення [4].

В найпростішому випадку сегментування зображення представляється як сукупність наступних ділянок руху агентів: 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. Отримано стратегію вибору ПТМ на основі ймовірнісного правила, що визначає ймовірність переходу агента в ПТМ з врахуванням привабливості відповідної ділянки маршруту та концентрації феромонів на цій ділянці. В результаті проведення певної кількості ітерацій визначаються найпривабливіші за вибраним критерієм маршрути, концентрація феромону на яких максимальна.

### Список літератури

1. Худов В.Г. Генетичні алгоритми для сегментування зображень систем оптико-електронного спостереження / В.Г.Худов, О.М.Маковейчук // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2016. – № 2. – С. 142–145.

2. Caro G. D., Dorigo M. Anet: a Mobile Agents Approach to Adaptive Routing. Technical Report IRIDA 97–12. IRIDA–Universite Libre de Bruxelles. – Brussels, Belgium, 1997. – 27 p.

3. Суботін С.О., Олійник А.О., Олійник О.О. Неітеративні, еволюційні та мультиагентні методи синтезу нечітко логічних і нейромережних моделей: Монографія / Під заг. ред. С.О. Суботіна. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2009. – 375 с.

4. Эль-Хатиб С.А., Сегментации изображений методом муравьиных колоний // С.А.Эль-Хатиб, А.И.Эль-Хатиб, Ю.А.Скобцов // Вестник Херсонского национального технического университета, 2013. – № 1 (46). – С. 204–211.

## СЕГМЕНТАЦІЯ ЗОБРАЖЕННЯ НА ПОПЕРЕДНЬОМУ ЕТАПІ СТАТИСТИЧНОГО СТЕГАНОАНАЛІЗУ

Для підвищення захисту інформації розглядається використання зображення у якості стеганографічного контейнеру [1, 2]. З цією метою проводиться його попередня підготовка. Для вирішення указаної задачі запропоновано у якості попереднього етапу статистичного стеганоаналізу проводити сегментацію зображення. Сегментація зображення проводиться з метою визначення областей зображення, де значення яскравості пікселів неможливо передбачити (шум, контури, значні перепади яскравості та інші).

Проводиться короткий огляд відомих методів статистичного стеганоаналізу [3], висвітлюються теоретичні методи сегментації зображення. Для виявлення ізольованих пікселів та виявлення шуму на зображенні запропоновано використання лапласіану-гауссіану, лапласіану Канні, операторів Превітта, Собела та методу швидкого розрахунку модуля градієнта, коли за основу вибирається вертикально-горизонтальний градієнт, який потім коректується з урахуванням впливу діагональних сусідніх пікселів. Проводиться аналіз ефективності використання відомих методів сегментації зображення з метою проведення статистичного стеганоаналізу.

Встановлюється, що основна складність при сегментуванні зображення – врахування різних додаткових факторів: різномірний фон, варіабельність різних частин зображення, наявність шумів. У зв'язку з цим, при використанні відомих методів сегментування зображення не завжди вдається забезпечити стійкість методів сегментування до варіацій різних параметрів зображення (топологічних, геометричних, фотометричних).

Для проведення сегментації зображення на попередньому етапі статистичного стеганоаналізу запропоновано використовувати генетичні методи, які засновані на математичному моделюванні процесів біологічної еволюції. При використанні генетичних методів пошук рішення проблеми проходить на підмножині точок простору пошуку, що досягається створенням множини потенційних рішень, яке формує популяцію. Популяція удосконалюється за допомогою генетичних операторів, які відповідають за змінність та фітнес-функції, які моделюють природний відбір. Розглядається робота простого генетичного методу для сегментації оптико-електронного зображення, при цьому основними генетичними операторами є репродукція, кросингвер, мутація та інверсія.

---

<sup>1</sup> Викладач циклової комісії загальноосвітніх та загальновійськових дисциплін Військового коледжу сержантського складу Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба (ХНУПС)

<sup>2</sup> Доктор технічних наук, професор, Заслужений працівник освіти України, професор кафедри ХНУПС

У подальших дослідженнях необхідно проаналізувати використання конкретних алгоритмів, наприклад, мурашиного або ройового, для сегментації зображення та оцінити ефективність їх використання.

### Список літератури

1. Грибунин В.Г. Цифровая стеганография / В.Г.Грибунин, И.Н.Оков, И.В.Турищев. – М.: СОЛОН-Пресс, 2002. – 272 с.
2. Швидченко И.В. Методы стеганоанализа для графических файлов // И.В.Швидченко // Штучний інтелект. – 2010. – № 4. – С. 697–705.
3. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р.Гонсалес, Р.Вудс. – М.: Техносфера, 2012. – 1104 с.
4. Худов В.Г. Генетичні алгоритми для сегментування зображень систем оптико-електронного спостереження / В.Г.Худов, О.М.Маковейчук // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2016. – № 2. – С. 142–145.

УДК 621.396

Худов Г.В.<sup>1</sup>, Соломоненко Ю.С.<sup>2</sup>, Березіна С.І.<sup>3</sup>

## МЕТОД КЛАСИФІКАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ НА ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ ЗОБРАЖЕННЯХ З ВИКОРИСТАННЯМ ПАРАМЕТРИЧНОГО ПРОСТОРУ ХАФА

Відомо, що при вирішенні задач, пов'язаних з моніторингом території, найбільш зручним форматом представлення даних, що дозволяє проводити розрахунки геометричних характеристик, виявляти динаміку об'єктів, є векторний формат, який формується на основі космічних, аероданих та даних, отриманих з безпілотних літальних апаратів [1]. З метою проведення автоматичної векторизації на основі вхідного оптико-електронного зображення будується сегментна карта. Найбільш популярними методами побудови сегментної карти є методи ділення/зливання, вирощення регіонів, використання структур графів [2, 3]. У зв'язку з великим обсягом даних, найбільш ефективним з точки зору обчислювальних витрат є метод вирощування регіонів [1]. Результатом роботи алгоритму побудови сегментної карти є масиви граничних точок сегменту. У зв'язку з перебільшенням отриманих даних необхідним етапом є відсів з

---

<sup>1</sup> Доктор технічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України, начальник кафедри тактики радіотехнічних військ Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба (ХНУПС)

<sup>2</sup> Заступник начальника факультету радіотехнічних військ з навчальної та наукової роботи ХНУПС

<sup>3</sup> Кандидат технічних наук, старший науковий співробітник Наукового центру ХНУПС



використанням кусково-лінійної апроксимації. Відомо [1, 2], що, антропогенні об'єкти, такі як шляхи та споруди, маючи більш простішу форму в порівнянні з природними (водосховища, лісні масиви і т.і), складаються з невеликої кількості прямолінійних сегментів, паралельних та перпендикулярних відносно один одного. При проведенні векторизації таких елементів кусочно-лінійна апроксимація дає незадовільні результати [1–3].

Процес векторизації вимагає великих затрат часу, так як проводиться у ручному або напівавтоматичному режимі оператором-дешифрувальником. Достовірність отриманих результатів носить суб'єктивний характер та залежить від рівня кваліфікації фахівця. Відповідно, актуальним є питання автоматизації процесу векторизації з подальшою оцінкою похибки отриманих результатів.

В роботі розроблено метод класифікації природних та антропогенних об'єктів на оптико-електронних зображеннях з використанням параметричного простору Хафа. Представлені образи прямої лінії, прямокутника та довільної фігури в параметричному просторі Хафа.

Розглянута різновидність перетворення Хафа з урахуванням алгоритму, що запропоновано Дуда і Харт, коли аналізуються точки, що відповідають перепаду яскравості. Виявлення їх місцеположення відбувається за допомогою детекторів виявлення перепадів яскравості. Точка відповідає перепаду, якщо значення її яскравості відрізняється від сусідніх на деяку порогову величину, що залежить від метода розрахунку. Зроблено висновок, що використання алгоритму Дуда і Харта приводить до втрати зв'язності контурів об'єктів. В роботі указаний алгоритм удосконалений за рахунок попередньої побудови сегментної карти з урахуванням кольорових та текстурних показників.

В роботі також проаналізовано використання методу вирощування регіону при побудови сегментної карти. Встановлено, що використання указанного методу не забезпечує гладкості границь, що обумовлює розмиття хмари значень комірок параметричного простору та, відповідно, похибку визначення параметрів апроксимуючої прямої. В роботі запропоновано враховувати діапазон відхилення граничних точок від істинного значення, що дозволяє отримати більш точні значення параметрів апроксимуючої прямої.

### Список літератури

1. Новейшие методы обработки изображений / [А.А.Потапов, Ю.В.Гуляев, С.А.Никитов, А.А.Пахомов, В.А.Герман] под ред. А.А.Потапова. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 456 с.
2. Шовенгердт Р.А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений / Р.А.Шовенгердт. – М.: Техносфера, 2010. – 560 с.
3. Максимов Н.В. Современные информационные технологии / Н.В.Максимов, Т.П.Партыка, И.И.Попов. – М.: Форум, 2013. – 512 с.

#### 4 СЕКЦІЯ «ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ПРОЕКТУВАННІ ТА ВИРОБНИЦТВІ ЕЛЕКТРОННИХ АПАРАТІВ»

UDC 658.512.22

Yevsieiev V.V., Miliutina S.S., Saliieva V.E. <sup>1</sup>

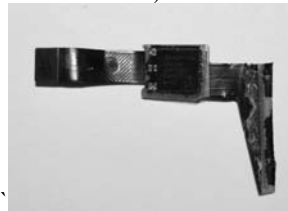
### PARAMETRIC MODEL FOR FLEXIBLE AND FLEX-RIGID CIRCUIT BOARDS RELIABILITY DIAGNOSIS AND ASSESSMENT AUTOMATED SYSTEM DEVELOPMENT



a)



b)



c)

Fig. 1. Flexible and flex-rigid  
CB

The advent of nanotechnologies and microsystematic technology has set a new direction of developing electronic devices, which has such main attributes as minimization of dimensions and high reliability characteristics. It leads to appear the new direction in flexible and flex-rigid circuit boards (CB) development.

Foreign standard IPC-2223 analysis shows that there are strict requirements to the constructions design, production and exploitation. So, it makes a complicated scientific and technical task for new approaches to flexible and flex-rigid CB diagnostics and assessments at their design stage developing.

For these researches devoted to such boards work assessments mathematical models and methods development we took flexible ribbon cables for ASUS tablets (Fig.1.b) and flex-rigid CB and electric radio elements for ACER notebooks with sensor display (Fig 1.a,c).

Particular attention is paid to these products basic materials. They have to provide next features: dimensions stability, heat, tear and chemical resistance, flexibility, low moisture absorbtion and dielectric permeability. The most

---

<sup>1</sup> PhD, professor, Kharkiv National University of Radioelectronics  
PhD, assoc. prof., Kharkiv National University of Radioelectronics  
Student ACIT 13-2, ACT faculty, Kharkiv National University of Radioelectronics

common materials provide required characteristics are polyimide and polyester. The first is more common because of its ability to withstand high temperature exposure during soldering process, but it has higher cost. The second has good tear and chemical resistance, low cost, but it has significant disadvantages. They are limited ability to soldering because of low melting point and bad cold resistance – the material become fragile.

Because of these and many others parameters influence on boards exploitation characteristics, we composed a parametric model. It is one of the main parts for flexible and flex-rigid CB diagnostics and prediction tool:

$$G_{FPC} = \langle P_t, F_{pp}, C_{bc}, S_l, V_{mat}, T_{er}, I_{con}, S_c, L_a \rangle,$$

where  $G_{FPC}$  – flexible circuit board;  $P_t$  – board type characteristics;  $C_{bc}$  – bends characteristics;  $S_l$  – board layers characteristics;  $V_{mat}$  – board materials characteristics;  $T_{er}$  – board electric radio elements characteristics;  $I_{con}$  – board conductors characteristics;  $S_c$  – flexible and rigid board parts conjugation elements characteristics;  $L_a$  – application.

Flexible and flex-rigid CB production is a complicated scientific and technical task. For its solving it is necessary to develop new mathematical models and methods for reliability assessments and product diagnostics at the design stage. In order to provide high quality levels it is necessary to consider all necessary and sufficient factors that give an opportunity to evaluate flex-rigid CB reliability and to assess defects appearance that may appear during exploitation for their elimination at the product life cycle early stages.

### References

1. IPC-2223. Sectional Design Standard for Flexible Printed Boards. [www.ipc.org](http://www.ipc.org)
2. I.Sh. Nevlyudov, V.V. Semenets, John Kratz, V.A. Palagin Technology interconnects electronics: Textbook. – Kharkov: «Company SMITH», 2005.– 432 p.

## **ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ РАБОТЫ ИОННО-ПЛАЗМЕННОЙ УСТАНОВКИ**

В большинстве случаев поверхностный слой деталей определяет эффективность протекания рабочего процесса; долговечность детали, изделия в целом; экономические характеристики, определяющие, в конечном счете, целесообразность разработки новых материалов, или технологических процессов модификации поверхности. Решение подобных технологических задач связано с необходимостью генерации потоков плазмы различных твердых веществ, в том числе и тугоплавких.

При создании плазменных технологических устройств необходима эффективная организация трех основных стадий рабочего процесса – генерации атомарного потока вещества, его ионизации, ускорения и фокусировки. Существенной подсистемой ионно-плазменной технологической установки (ИПТУ), является оснастка внутренней части камеры, которая обеспечивает реализацию необходимых параметров технологического процесса. Для управления и синхронизации работы всех систем и подсистем ИПТУ требуется система управления (СУ).

Для нанесения пленок ионным распылением представляет интерес аномальный тлеющий разряд, поскольку в нормальном разряде для получения нужных скоростей распыления материала катода плотность тока слишком низка; кроме того, вследствие низкой величины падения напряжения в нормальном разряде коэффициенты распыления также малы.

СУ ИПТУ должна обеспечить существование аномально тлеющего разряда и управляемое осаждения частиц из зоны генерации плазмы на поверхности детали. При этом необходимо обеспечить автоматическое слежение за потенциалами экранов и режимом работы основного источника плазмы, так как прослеживается четкая зависимость потенциала экранов от режима работы основного технологического источника материала, а точнее от режима работы его зоны генерации

---

<sup>1</sup> старший преподаватель кафедры электротехники, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт».

<sup>2</sup> старший преподаватель кафедры электротехники, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт»

С целью реализации режимов работы ИПТУ необходимо разработать СУ позволяющую гибко управлять токами в цепях ИПТУ, так как от этого зависит процесс осаждения частиц из зоны генерации.

Анализ рынка показал, что существующие промышленные управляемые нагрузки для киловольт напряжений и амперных токов отсутствуют, а имеющиеся – располагают избыточными возможностями и заоблачными ценами. Необходимо разработать свой вариант управляемой нагрузки, удовлетворяющей требованиям проекта: стоимость, гибкость, доступность материалов, простота настроек и эксплуатации.

С целью обеспечения требуемого значения управляемой нагрузки в ИПТУ необходимо ввести устройство управления нагрузкой (УУН). УУН позволит, совместно с определенной группой коммутаторов, осуществлять изменение значения балластного сопротивления, в требуемой цепи ИПТУ. Таким образом, для реализации управления необходимо разработать схемы цепочек резисторов (управляемых нагрузок) по каждому каналу, способы коммутации, определить структуру и задачи УУН, а также, при необходимости, иметь возможность расширять функциональные возможности контуров управления, путем введения дополнительных измерителей и динамических контуров.

Для реализации управления ИПТУ был разработан программно-технический комплекс обеспечивающий сбор и обработку дискретных сигналов от контактных устройств без дополнительных преобразователей.

Для реализации нижнего уровня программно-технического комплекса применим программируемый логический контроллер (ПЛК) K202. Этот ПЛК относится к классу малых контроллеров с количеством входов/выходов до 2048 и является универсальным техническим средством для создания устройств управления различным оборудованием, устройств управления движением с координатным перемещением, автоматизированных систем управления с разветвленной локальной сетью коммуникаций. Коммуникационные возможности ПЛК K202 расширены за счет шестнадцати каналов RS485 (Modbus RTU) и канала Ethernet Modbus/TCP, 10/100 Мбит/с), что позволило создать на базе ПЛК K202 СУ с разветвленной локальной сетью, легко интегрируемую в любую систему.

Для передачи данных применяется протокол Modbus – открытый коммуникационный протокол, основанный на архитектуре ведущий-ведомый. Широко применяется в промышленности для организации связи между электронными устройствами. Используется для передачи данных через последовательные линии связи RS-485, RS-422, RS-232, а также сети TCP/IP (Modbus TCP).

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНУ РОЗПОДІЛУ ПОХИБОК ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ ІЗ УРАХУВАННЯМ РОЗПОДІЛІВ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА

Технологічні системи функціонують під впливом великої кількості випадкових факторів. Джерелами відхилень від номінальних значень параметрів технологічного процесу є впливи зовнішнього середовища, а також шуми і флуктуації різних величин, які виникають всередині системи. Об'єкт виготовлення пов'язаний із технологічним середовищем безліччю зв'язків, які визначають його стан в процесі виробництва. Під технологічним середовищем будемо розуміти штучно створюване оточуюче середовище, яке забезпечує правильне проведення технологічного процесу і отримання виробу необхідної якості..

У цій роботі розглянуто технологічну операцію (ТО) обробки потоку однорідних виробів. Об'єкти обробки утворюють один потік на вході і виході ТО. В загальному вигляді ТО і її зв'язки з оточуючим середовищем можна охарактеризувати векторами: вхідних величин –  $\mathbf{X}$ ; управляючих впливів –  $\mathbf{U}$ ; збурюючих впливів –  $\mathbf{Z}$ ; вихідних величин –  $\mathbf{Y}$ . Вектори  $\mathbf{Y}$ ,  $\mathbf{X}$ ,  $\mathbf{U}$ ,  $\mathbf{Z}$  в загальному випадку є випадковими і кореляцію їх компонентів описує вираз

$$Y_r = \varphi_r(\mathbf{X}, \mathbf{U}, \mathbf{Z}), r = 1, 2, \dots, n.$$

Кожен з векторів характеризується певним законом розподілу, який не завжди можна представити аналітично.

Нехай для деякої ТО вектори  $\mathbf{X}, \mathbf{U}, \mathbf{Z}$  мають розподіли, зображені на рис. 1.

Згідно [2] і [3] сумісний вплив різних розподілів доцільно досліджувати за допомогою апарату характеристичних функцій. Будемо вважати, що в першому наближенні ці функції з достатнім ступенем точності можна лінеаризувати в області можливих значень векторів-аргументів. Тоді можна записати

$$Y_r = \sum_{p=1}^n \alpha_{rp} X_p + \sum_{p=1}^k \beta_{rp} U_p + \sum_{p=1}^s \gamma_{rp} Z_p,$$

де  $\alpha_{rp}$ ,  $\beta_{rp}$ ,  $\gamma_{rp}$  – коефіцієнти, які отримуються при лінеаризації функцій заміною функціональних залежностей лінійними функціями, які мають

<sup>1</sup> Д.т.н., професор НУ «Львівська політехніка»

<sup>2</sup> Старший викладач НУ «Львівська політехніка»

так ж значення перших похідних по усіх аргументах при деяких середніх значеннях, що і дані функції.

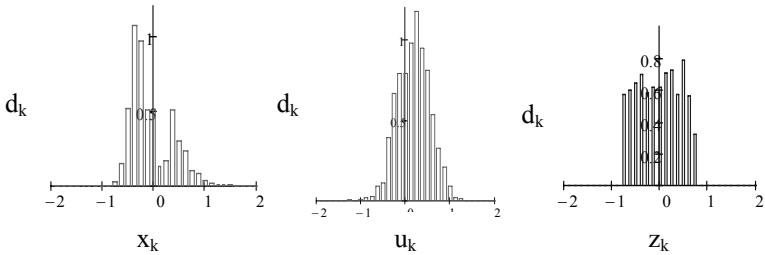


Рис. 1. Закони розподілу векторів  $X$ ,  $U$ ,  $Z$ .

Закон розподілу відносних відхилень параметрів об'єкта обробки на виході ТО представлено на рис.2.

Таким чином, у роботі показана можливість дослідження взаємного впливу законів розподілу, що дає можливість враховувати вплив керуючих та збурюючих зовнішніх дій на розподіл відносних відхилень параметра об'єкта обробки

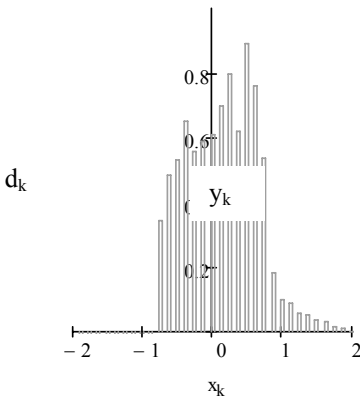


Рис. 2. Закон розподілу параметрів об'єкта обробки на виході ТО (вектор  $Y$ )

### Список літератури

1. Пугачев В.С. Теория случайных функций и ее применение к задачам автоматического управления. – М.: ГИФМЛ, 1960. – 884 с.
2. Мотика І.І., Недоступ Л.А., .Нестор Н.І. Бібліотека моделей технологічних операцій для аналізу точності процесів виготовлення Вісн. НУ «Львівська політехніка». № 626. 2008. С. 126–130.
3. Мотика І.І., Недоступ Л.А., .Нестор Н.І. Моделирование статистических характеристик технологических процессов Вісн. НУ «Львівська політехніка». № 685. 2010. С. 55–59.

## ДИНАМИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ ГИБКИХ КОММУТАЦИОННЫХ СТРУКТУР

Понятие «гибкие коммутационные структуры» (ГКС) объединяет гибкие печатные платы (ГПП) и гибкие шлейфы. И одни, и другие широко применяются для снижения габаритно-массовых показателей, повышения надежности и обеспечения динамической гибкости соединений в бортовых и морских РЭС (например, в радиолокационных системах), а также в промышленной, медицинской, автомобильной и бытовой аппаратуре.

В связи с таким широким диапазоном условий эксплуатации, ГКС подвергаются воздействию разнообразных дестабилизирующих факторов. Наиболее существенными среди них являются механические и электромагнитные воздействия, исследованию которых и посвящены проводимые авторами экспериментальные исследования. С результатами исследований влияния механических вибрационных нагрузок на выходные электрические параметры узлов РЭС на основе ГКС можно ознакомиться в [1].

На сегодняшний день актуальной является задача обеспечения высокого качества механического и электрического соединения ГКС с жесткой частью электронного модуля [2].

Для исследования результатов воздействия знакопеременных нагрузок, а также величины давления, которое может привести к разрушению разъемного соединения (например, гибкого шлейфа с ZIF FPC разъемом), разработан стенд для динамических испытаний ГКС [3] (рис. 1).

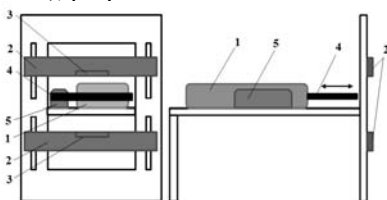


Рис. 1. Эскиз стенда для динамических испытаний ГКС

На рис. 1:

- 1 – толкатель;
- 2 – вертикально движущиеся детали рамки крепления ГКС;
- 3 – 40-выводный ZIF FPC разъем;
- 4 – деталь с прорезью;
- 5 – плата управления режимом работы.

Для проведения эксперимента тестовый образец (гибкий шлейф на основе полиимида марки ФДИ-А-50 с размерами 30×100 мм) закреплялся

<sup>1</sup> К.т.н., ст. преподаватель каф. ТАПР ХНУРЭ

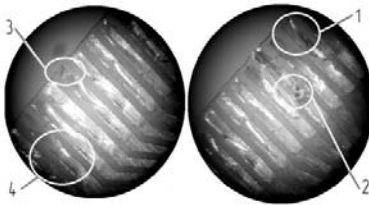
<sup>2</sup> ст. лаборант каф. ТАПР ХНУРЭ

<sup>3</sup> аспирантка каф. ОРТ ХНУРЭ



таким образом, чтобы максимальное воздействие толкателя приходилось в области разъема.

В результате эксперимента определено, что с силой  $F_{крит} \approx 5 Н$  гибкий шлейф вырывается из разъема, после чего на нем наблюдаются значительные деформации (рис. 2).



На рис. 2 отмечены следующие области:

- отслаивание алюминиевых дорожек (1);
- искривление кромки проводника (2);
- разрыв дорожек (3);
- образование трещин на поверхности проводников (4).

Рис. 2. Вид образца после проведения эксперимента

Таким образом, исходя из полученных результатов эксперимента можно сделать вывод, что при нарастающей силе, которая направлена на разрушение разъемного соединения, выполненного на основе ZIF FPC разъема, происходит деформация токопроводящих дорожек ГКС. Данные изменения могут привести к образованию обрывов или коротких замыканий в электрических цепях гибкого модуля, что в свою очередь может послужить причиной увеличения вероятности отказа всего РЭС.

В дальнейшем с помощью систематизации данных, полученных при испытаниях на разработанном стенде, предполагается проследить зависимость силы прижатия пружинных элементов соединителей и величины потери электрического сигнала в результате деформации проводников в области контакта, после чего удастся сформировать рекомендации к технологии изготовления и проектирования ГКС.

### Список литературы

1. Новоселов С. П. Экспериментальная установка для исследования влияния механических вибраций на выходные параметры радиоэлектронных средств на основе гибких модулей / С. П. Новоселов, А. С. Боцман, В. В. Невлюдова // Приборы и методы измерений. – 2015. – Т. 6, № 2. – С. 156–162.
2. Ефименко А. А. Расчет упругих элементов в конструкциях электрических соединений на основе гибких печатных кабелей / А. А. Ефименко, С. В. Мерляк // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2016. – № 2–3. – С. 8–14.
3. Пат. 108066 України, МПК G01M 7/02. Стенд для динамічних випробувань гнучких комутаційних шлейфів та МЕМС-компонентів / О. С. Боцман, І. В. Жарікова, В. В. Невлюдова, І. Ш. Невлюдов, С. П. Новоселов; заявл. 12.02.2016; опубл. 24.06.2016, Бюл. № 12. – 3 с.

## ОЦІНКА ТОЧНОСТІ ТРИВИМІРНОЇ РЕКОНСТРУКЦІЇ ЗОБРАЖЕННЯ КОРОЗІЙНОГО ПІТИНГА

В неруйнівному контролі конструкцій, уражених пітинговою корозією, для прогнозування ресурсу їх безаварійної роботи важливе значення має встановлення форми та глибини пітингів, які утворилися на поверхні конструкцій в процесі експлуатації. Одним з методів отримання тривимірної форми предмету на основі аналізу його зображень є запропонований в [1] метод 3D реконструкції, який оснований на ламбертівській моделі відбиття світла від поверхні конструкції. Як правило визначення глибини пітинга відбувається з певною похибкою. Тому метою роботи є оцінка похибки визначення глибини пітинга при його реконструкції на основі 2D зображення в залежності від параметрів моделі відбиття світла фону та дифузного коефіцієнту.

Для реконструкції оцінки глибини пітинга запропоновано двоетапну інформаційну технологію [1]. На першому етапі знайдено переріз пітинга  $z$  у найбільш інформативній зоні, де він проходить через точку максимальної глибини. На другому етапі, базуючись на отриманій оцінці перерізу  $z$ , визначено повномасштабну оцінку 3D поверхні пітинга шляхом апроксимації поверхні сегментами сфери. Як видно з наведеної тривимірної реконструкції в її основі лежить визначення вертикального перерізу пітинга. Проаналізуємо точність реконструкції похідної в вертикальному перерізі пітинга. Використовуючи для освітлювання пітинга джерело світла з такими параметрами, що  $L = (0, \cos \varphi, \sin \varphi)$ , отримаємо інтенсивність відбиття поверхні [1]

$$I_{\lambda} = I_a + \tau \frac{\sin \varphi - q \cos \varphi}{\sqrt{p^2 + q^2 + 1}}, \quad (1)$$

де  $I_a$  – інтенсивність розсіяного світла;  $p = \frac{\partial z}{\partial x}$ ,  $q = \frac{\partial z}{\partial y}$  – нахил поверхні

в околі досліджуваної точки;  $\tau = I_{p\lambda} k_d$  – зважений дифузний коефіцієнт,

$I_{p\lambda}$  – інтенсивність джерела освітлення;  $k_d$  – дифузний коефіцієнт. На

<sup>1</sup> аспірантка, Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАНУ, м. Львов

<sup>2</sup> д.т.н., проф., зав. відділом, ФМІ ім. Г.В. Карпенка НАНУ

<sup>3</sup> інж., ФМІ ім. Г.В. Карпенка НАНУ

обробленому низькочастотним фільтром у горизонтальному напрямку сегменті зображення, з якого відділено вертикальний переріз пітингу, діє спрощувальне припущення, що  $p=0$ . В цьому випадку корні квадратичного рівняння реконструкції вертикальної похідної

$$aq^2 + bq + c = 0,$$

де  $a = \xi^{-2} - Q^2/O$ ;  $b = 2Q/O$ ;  $c = \xi^{-2} - 1/O$ ;  $Q = \text{ctg}\varphi$ ;  $O = Q^2 + 1$ ;  $\xi = \iota/(I_\lambda - I_a)$ , яке алгебраїчними перетвореннями слідує з рівняння (1), є функціями  $Q$ . В наступному аналізі індексацією коренів нехтуємо і приймаємо  $q_{1,2} \rightarrow q$ . Реконструкцію вертикальної похідної  $q$  слід спростити і для цього аналізувати  $q=q(Q)$ , застосувавши ряд Маклорена Шляхом диференціювання та нехтуючи у ряді Маклорена малими членами, починаючи з третього, отримуємо наближення ряду Маклорена

$$q(Q) = \sqrt{\xi^2 - 1} - Q\xi^2.$$

В наступному аналізі точності  $q$  приймаємо, що оцінка похибки визначення вертикальної похідної  $q$ , індукованої відхиленням напрямку освітлення від технологічно запланованого скоректована конструктивно. Визначимо абсолютну похибку реконструкції глибини вертикального перерізу пітинга  $\Delta q(I_a, \iota)$ , яка обумовлена впливом параметрів фону та дифузного коефіцієнту. Нехай під час реконструкції отримана оцінка параметрів  $I_{a0}$ ,  $\iota_0$ , а дійсні значення цих параметрів є  $I_a$ ,  $\iota$ . Нехай реконструкцією отримана оцінка  $q(I_{a0}, \iota_0)$ . Застосуємо для оцінки точності розклад функції  $q = f(I_a, \iota)$  в ряд Тейлора. Для оцінки ряду  $q = f(I_a, \iota)$  шляхом диференціювання знаходяться найбільш вагомні члени

$$\Delta q_{I_a} = \delta_{I_a} \eta \xi_0^3 \varepsilon,$$

де  $\delta_{I_a} = (I_a - I_{a0})/I_a$  – відносна похибка оцінки фону,  $\eta = I_{a0}/\iota_0$ ;  $\varepsilon = (\xi_0^2 - 1)^{-1/2} - 2Q$ ,  $\xi_0 = \sqrt{q^2 + 1}/(\sin \varphi - q \cos \varphi)$ , і

$$\Delta q_\iota = \delta_\iota \xi_0^2 \varepsilon,$$

де  $\delta_\iota = (\iota - \iota_0)/\iota$  – відносна похибка оцінки зваженого дифузійного коефіцієнта. Нехтуючи в ряді Тейлора малими членами, отримуємо наближення розвинення в ряд Тейлора, з якого визначимо загальну оцінку якості реконструкції вертикальної похідної

$\Delta q(I_a, t) = q(I_a, t) - q(I_{a0}, t_0) = \Delta q_{I_a} + \Delta q_t$ . На основі цього визначено відносну похибку обрахунку вертикальної похідної

$$\delta q = \delta q_{I_a} + \delta q_t,$$

де  $\delta q_{I_a} = \Delta q_{I_a} / q$  і  $\delta q_t = \Delta q_t / q$  – відповідно відносна похибка визначення вертикальної похідної під впливом фону та зваженого дифузного коефіцієнту. Кількісну оцінку відносної похибки визначення вертикальної похідної  $\delta q$  отримано для випадку коли кут освітлення приймає  $60^\circ$ ,  $\eta = 0,1$  і діє припущення, що  $\delta_{I_a} = \delta_t$ . На рис. 1 представлено розподіл відносної похибки визначення вертикальної похідної  $\delta q$  в залежності від  $\delta_{I_a}$  та  $q$ . В точках  $(\delta_{I_a}, q)$ , в яких похибка  $\delta q(\delta_{I_a}, q) < -0,15$ , отримання достовірних результатів визначення вертикальної похідної приймається неможливим. З кількісних розрахунків оцінки похибки визначення глибини пітинга ці точки вилучено, а на рис. 1 представлено площиною  $\delta q = -0,15$ . Для вибору найбільш прийнятних

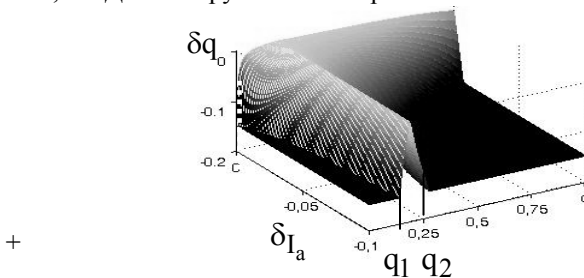


Рис. 1. Залежність відносної похибки визначення вертикальної похідної  $\delta q$  від  $\delta_{I_a}$  та  $q$

параметрів реконструкції необхідно працювати з експлуатаційно привабливим значенням відносної похибки фону  $\delta_{I_a} = -0,1$ . В цьому випадку діапазон реконструкції  $D = [1,47; 2,9]$ . Для розширення меж діапазону реконструкції  $D$  пропонується наступний алгоритм. Нехай при використанні кута  $\varphi_1$  забезпечується діапазон  $D_{\varphi_1}$ . Нехай реконструйовано оцінку  $\tilde{q} \notin D_{\varphi_1}$ . Нахилиємо джерело освітлення по відношенню до площини  $XOY$  під кутом  $\varphi_2$ , таким, що забезпечує  $\Delta q(I_a, t) = \Delta q_{I_a} + \Delta q_t = 0$ . Підставимо

у складові  $\Delta q_{I_a}$ ,  $\Delta q_i$  значення параметрів  $\xi_0$ ,  $Q$  і  $q$  та проведемо алгебраїчні перетворення одержаного виразу, що у підсумку дасть рівняння

$$4Q^4 + 8Q^3\tilde{q} + 3\tilde{q}^2Q^2 + 2\tilde{q}Q - 1 = 0.$$

Один з коренів  $Q_{1,2,3,4}$  дозволяє встановити кут нахилу джерела світла  $\varphi_2$ , необхідний для отримання зображення  $I_{\lambda,0}(\varphi_2)$ , на основі якого можна провести реконструкцію вертикальної похідної  $q$  з заданою точністю. Щоб з'ясувати формування діапазону реконструкції розрахуємо кількісну оцінку відносної похибки визначення вертикальної похідної  $\delta q$ . Отриманий для випадку, коли  $\eta = 0,1$  і діє припущення, що  $\delta_{I_a} = \delta_i = 0,1$ , розподіл відносної похибки визначення вертикальної похідної  $\delta q = \delta q(\varphi, q)$  представлено на рис. 2а.

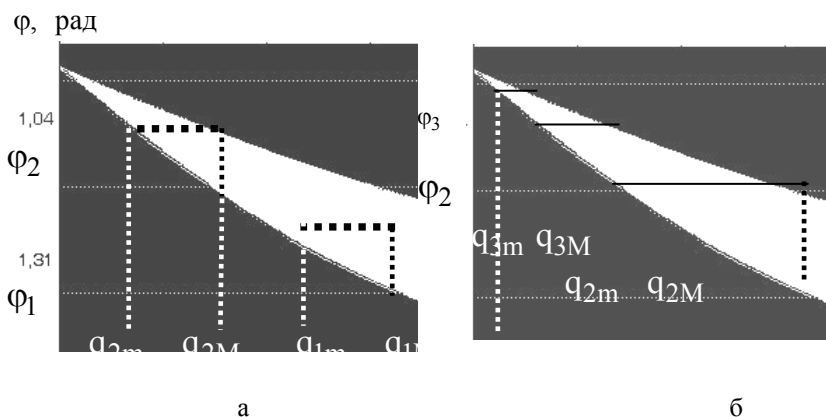


Рис. 2. Розподіл відносної похибки визначення вертикальної похідної  $I_a \delta q(\varphi, q)$  (а). Приклад неперервного діапазону реконструкції (б)

Точки в яких можна реконструювати похідну  $q$  представлено білим кольором, а де не виконується умова  $|\delta q(\varphi, q)| < 0,15$ , чорним. Крім того пунктиром наведено діапазони реконструкції  $[q_{im}, q_{iM}]$ , де  $i=1,2$  відповідає куту  $\varphi_i$ .

Щоб уникнути появи діапазону  $[q_{2M+1}, q_{1m-1}]$ , де заборонено реконструкцію, пропонується застосування освітлення в таких напрямках, які гарантують перекриття діапазонів реконструкції. Приклад наведено на рис. 2б.

**Висновки.** Запропонований алгоритм реконструкції поверхні пітинга і аналітично та кількісно знайдені похибки визначення глибини пітинга індуковані відхиленням параметрів ламбертівської моделі відбиття світла від дійсних значень. Запропоновано метод обчислення параметрів моделі відбиття світла на основі серії зображень, отриманих зі змінним кутом освітлення, що дозволяє збільшити діапазон реконструкції і тим самим зменшити похибку визначення глибини пітинга.

### Список літератури

1. B. Rusyn, N. Hrabovska, V. Ivaniuk, Y. Lysak, J., Varetsky / Information technology of the pitting three-dimensional reconstruction by halftone images.– Mechanik. – № 3. –Р. 372–376.

УДК 537.877

Кришук В.М.<sup>1</sup>, Фурманова Н.І.<sup>2</sup>

## ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА РАДІОПОГЛИНАЮЧИХ МАТЕРІАЛІВ

Невпинний розвиток та підвищення потужності сучасних радіоелектронних систем, що працюють у надвисокочастотному діапазоні частот (НВЧ), призводять до збільшення кількості завад для роботи апаратури в результаті виникнення електромагнітного випромінювання (ЕМВ) на частотах вищих типів гармонік.

Крім того, тривалий вплив ЕМВ на біологічні об'єкти, зокрема, організм людини, має негативні наслідки для їх нормального функціонування. Тому розробка нових високоефективних широкосмугових радіопоглинаючих матеріалів (РПМ) є актуальною для розв'язання питань підвищення завадостійкості та електромагнітної сумісності пристроїв, а також виконання вимог санітарно-гігієнічних норм безпеки. Також радіопоглинаючі матеріали та покриття використовуються для зниження помітності в радіолокаційному діапазоні різних стаціонарних, рухомих та літаючих об'єктів [1].

РПМ виготовляють у вигляді еластичних або жорстких пінопластів, тонких листів, сипучої маси, заливочних компаундів, керамометалічних композицій тощо.

---

<sup>1</sup> Проф., канд. техн. наук, зав. каф. ІТЕЗ ЗНТУ

<sup>2</sup> Канд. техн. наук, ст. викл. каф. ІТЕЗ ЗНТУ

Прикладами РПМ є:

- резонансні матеріали: товщина має відповідати  $\frac{3}{4}$  довжини хвилі випромінювання для забезпечення часткової або повної нейтралізації відбитого від поверхні випромінювання;

- нерезонансні магнітні матеріали: містять частки фериту в пластику або покритті, що перетворюють енергію ЕМВ в теплову;

- нерезонансні об'ємні матеріали: товстошарові матеріали з плавною або ступінчастою зміною по товщині комплексної діелектричної проникності;

- екран «Солсбері»: тип покриття, що працює в широкому діапазоні довжин хвиль за рахунок використання напівпровідникових елементів зі змінною ємністю, вшиті в структуру;

- метаматеріали: композитні матеріали, властивості яких обумовлені не стільки властивостями їх компонентів, скільки мікроструктурою [2].

Недоліком екранів із резонансних матеріалів є низька технологічність виготовлення та нагрів, що виникає в результаті розсіювання енергії високочастотного випромінювання по значній поверхні.

Тип РПМ на нерезонансних матеріалах є не тільки технологічно складним у виробництві при використанні традиційних технологій, але і має значні об'єми. Проте беззаперечними перевагами таких матеріалів є висока поглинаюча здатність та широкосмуговість поглинання.

Недоліком метаматеріалів є відносна складність виробництва та вузькосмуговість, проте вони мають властивості, якими традиційні РПМ не володіють: при низьких частотах діелектрична та магнітна проникності шару малі, і шар стає прозорим, що є важливим для рішення ряду задач електромагнітної сумісності.

В багатьох випадках структура захисних екранів та РПМ має шарувату будову, при цьому склад окремих шарів та відстань між ними визначає рівень ефективності РПМ.

У зв'язку з цим перспективною виглядає технологія виробництва РПМ з використанням тривимірного друку, що дозволяє створювати елементи із заданими властивостями або складної форми відносно з невеликими часовими та економічними витратами.

Наприклад, для обладнання безлунних камер можна використати технологію 3D-друку, що представляє собою пошарове (100–500 мкм) виготовлення за допомогою принтера виробів складної форми у вигляді матриць з набором поверхонь у вигляді тетраєдрів, октаєдрів та ін. для наступного створення на їх основі багатошарових композиційних захисних екранів.

Потенційно можливим є використання технології 3D-друку для створення метаматеріалів.

Використання сучасних технологій виробництва РПМ є необхідним для удосконалення антенної техніки, розвитку технологій покращення завадозахищеності радіоелектронних засобів.

### Список літератури

1. В. Петров, Г. Николайчук, С. Яковлев. Радиопоглощающие материалы на основе наноструктур // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. – №1, 2010. – с. 92–95
2. Дринберг А.С., Калинин Т.В., Уденко И.А. Технология судовых покрытий. – М.: ЛКМ-пресс. 2016. – 672 с.

УДК 681.568 : 004.65

Кудря В.Г.<sup>1</sup>

## ЗАДАЧИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ПЕРЕВІРКИ ВНУТРІШНЬОЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ

Системні методи аналізу високочастотної електроніки [1, 2] РТЦ ЕЗ, яким передували роботи українських дослідників О.В. Тозоні та А.І. Князя, представляють модель високочастотного електричного кола у вигляді замкнутої сукупності рівнянь – компонентів та комунікатора. До складу комунікаторних рівнянь входять електродинамічні параметри комунікатора, способи розрахунку яких вимагають аналітичних, числових, або квазіаналітичних [3] методів аналізу електромагнітних полів, що формують, як внутрішню, так і зовнішню енергетичну електромагнітну автономію об'єкта проектування. Враховуючи невисокий ступень точності розрахунку таких полів доцільно розглянути методи експериментальної перевірки параметрів комунікатора, що є вкрай важливо для проектування сучасної аналогової та цифрової електроніки.

Теорія проведення таких експериментів для електричних кіл, які можливо однозначно представити у вигляді зосереджених компонентів R, L, C, G на поточний момент недостатньо повно висвітлена в науковій літературі.

Проведемо певну класифікацію необхідних для досягнення зазначеної мети експериментів. Безумовно, електромагнітну сумісність комунікатора найкраще оцінювати на рівні визначення кінцевих

---

<sup>1</sup> Канд. техн. наук, доцент, Одеський національний політехнічний університет



характеристик електронного виробу. Для цього необхідно створити певні зразки, а потім з'ясувати правильність прийнятих конструкторських рішень, що до морфологічних характеристик комунікатора. Такий підхід, безумовно має право на життя, але економічно невиправданий. Доцільнішим є дослідження окремого комунікатора, або навіть його окремих частин з метою виявлення небезпечних електромагнітних перешкод за умови відсутності компонентної бази, тобто «голої» друкованої плати без імплементованих (впаяних) до неї компонентів. Саме принцип декомпозиції, на якому ґрунтуються теорія комунікаторних систем, дає можливість експериментувати окремо з комунікаторами та виявляти найбільш небезпечні електромагнітні перешкоди. При цьому виникають теоретичні та практичні питання що до методів та засобів дослідження комунікатора:

– З якими рівнями напруг та струмів мусять проводитись експерименти ?

– Які фізичні величини (дескриптори) та з якою точністю треба їх вимірювати ?

– На яких частотах треба проводити експерименти ?

– Які процеси треба досліджувати: стаціонарні, чи перехідні ?

Безумовно список питань по проведенню експериментів може бути продовжено, але вже зараз стає зрозумілим, що відповіді на ці запитання можна отримати лише за цільовим призначенням експерименту. Наприклад, для визначення матричних параметрів комунікатора за аналогією з дескрипторами довгої лінії (R, L, C, G): опірної, магнітного, електричного, та провідного – слід визначити специфіку незалежних джерел та приймачів локальних складових частин комунікатора. В основу проведення експерименту покладено принцип мажоритарної верифікації. У відповідності з чим початковою інформацією мусять бути величини мінімаксних струмів полюсів та мінімаксних напруг дуг компонента. Така інформація може бути отримана на основі попереднього схемотехнічного аналізу без урахування впливу комунікатора. Використовуючи досліди холостого ходу та короткого замкнення для визначення відповідних параметрів комунікатора за допомогою високочастотного вольтметра та амперметра слід для зменшення інструментальної похибки вимірювання з'єднувальні провідники розташовувати в площинах ортогональних до площин генерації перешкод відповідних складових електромагнітного процесу.

Таким чином, в роботі запропоновані методи експериментально визначення перевірки електродинамічних параметрів комунікаторів на основі застосування високочастотної вимірювальної апаратури з

урахуванням правильності взаємного розташування з'єднувальних провідників та об'єкта дослідження.

### Список літератури

1. Кудря В.Г. Моделювання нанотехнологічних електронних засобів. Монографія. ОНАХТ / Україна, Херсон: Олді-плюс, 2013. 780 с. Режим доступу – через каталоги <http://www.nbuv.gov.ua/>
2. Князь А.И., Кудря В.Г. Электродинамически обоснованные схемотехнические модели параметрического видео усилителя. «Радиотехника», 1985, №6, – М.: Радио и связь с. 87–88
3. Тозони О.В. Метод вторичных источников в электротехнике. М.: Энергия, 1975, 296 с.

УДК 621.3.048.1: 004.93

Скрупская Л.С.<sup>1</sup>

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА

Для выявления тенденций к неисправностям, возникающим в электрических аппаратах, и их своевременного устранения широко применяется метод математического моделирования. В частности, математические модели успешно используются для диагностирования состояния изоляции трансформаторов тока [1].

Рассмотрим математические модели диагностирования и прогнозирования состояния изоляции трансформаторов тока, предложенные в работах [1, 2]. В работе [1] найдена зависимость между параметрами основной изоляции: тангенсом угла диэлектрических потерь основной изоляции под рабочим напряжением, отклонением емкости основной изоляции от паспортного значения, влажностью и температурой воздуха окружающей среды. Модель позволяет диагностировать состояние изоляции трансформатора тока ( $Y$ ), которое может быть строго «0», означающим высокую вероятность отказа или строго «1», свидетельствующим о высокой вероятности безотказной работы:

---

<sup>1</sup> Старший преподаватель кафедры ЭЭА ЗНТУ

$$\left\{ \begin{array}{l} Y_{NV} = \Psi_{(3,1)} = \left(1 + e^{-(-547,979+772,39\Psi_{(2,1)}+659,629\Psi_{(2,2)})}\right)^{-1}; \\ \Psi_{(2,1)} = \left(1 + e^{-(-1,145-8,493\Psi_{(1,1)}-529,631\Psi_{(1,2)}+9,555\Psi_{(1,3)}-8,287\Psi_{(1,4)})}\right)^{-1}; \\ \Psi_{(2,2)} = \left(1 + e^{-(-1,095+69,829\Psi_{(1,1)}+11,735\Psi_{(1,2)}-69,994\Psi_{(1,3)}+69,967\Psi_{(1,4)})}\right)^{-1}; \\ \Psi_{(1,1)} = \left(1 + e^{-(-30,161-1,76x_1-99,142x_2+7,413x_3+13,707x_4)}\right)^{-1}; \\ \Psi_{(1,2)} = \left(1 + e^{-(-36,203+7,8x_1+0,667x_2+0,852x_3+39,674x_4)}\right)^{-1}; \\ \Psi_{(1,3)} = \left(1 + e^{-(-168,607+59,402x_1-227,376x_2-81,146x_3-10,997x_4)}\right)^{-1}; \\ \Psi_{(1,4)} = \left(1 + e^{-(-30,194-46,056x_1+44,165x_2-15,499x_3-35,356x_4)}\right)^{-1}. \end{array} \right.$$

Работа [2] связывает в нелинейную зависимость тангенс угла диэлектрических потерь основной изоляции под рабочим напряжением, отклонение емкости основной изоляции от паспортного значения, влажность и температуру воздуха окружающей среды, интенсивность частичных разрядов. Модель позволяет спрогнозировать состояние изоляции трансформатора тока в диапазоне от «0», означающего отказ, до «1», достоверно свидетельствующей о безотказной работе:

$$\left\{ \begin{array}{l} Y_{NV} = \Psi_{(3,1)} = \left(1 + e^{-(-7,4784+2,9078\Psi_{(2,1)}+0,404\Psi_{(2,2)}+5,0228\Psi_{(2,3)}+5,3002\Psi_{(2,4)})}\right)^{-1}; \\ \Psi_{(2,1)} = \left(1 + e^{-(-6,1359-2,5979\Psi_{(1,1)}+2,7649\Psi_{(1,2)}-3,3634\Psi_{(1,3)}+4,7321\Psi_{(1,4)}+0,2641\Psi_{(1,5)}-0,1888\Psi_{(1,6)}-5,3388\Psi_{(1,7)})}\right)^{-1}; \\ \Psi_{(2,2)} = \left(1 + e^{-(-1,0461-1,7837\Psi_{(1,1)}+4,4856\Psi_{(1,2)}+2,7141\Psi_{(1,3)}-2,6650\Psi_{(1,4)}+2,8964\Psi_{(1,5)}-1,2898\Psi_{(1,6)}+1,7281\Psi_{(1,7)})}\right)^{-1}; \\ \Psi_{(2,3)} = \left(1 + e^{-(-3,882-2,0637\Psi_{(1,1)}-1,0753\Psi_{(1,2)}+2,4708\Psi_{(1,3)}+1,8698\Psi_{(1,4)}+4,9156\Psi_{(1,5)}+3,5897\Psi_{(1,6)}+3,6233\Psi_{(1,7)})}\right)^{-1}; \\ \Psi_{(2,4)} = \left(1 + e^{-(-0,8951-0,0594\Psi_{(1,1)}+2,9819\Psi_{(1,2)}-2,3583\Psi_{(1,3)}-0,8607\Psi_{(1,4)}+5,0139\Psi_{(1,5)}-1,5493\Psi_{(1,6)}-1,7566\Psi_{(1,7)})}\right)^{-1}; \\ \Psi_{(1,1)} = \left(1 + e^{-(-10,3266+0,6509x_1-0,6431x_2+2,0358x_3+1,7211x_4+7,0363x_5)}\right)^{-1}; \\ \Psi_{(1,2)} = \left(1 + e^{-(-1,4743+1,8947x_1+7,1942x_2-3,2972x_3-0,5464x_4+4,7834x_5)}\right)^{-1}; \\ \Psi_{(1,3)} = \left(1 + e^{-(-0,6412-5,9152x_1+3,1312x_2-2,4422x_3+3,5875x_4+6,2612x_5)}\right)^{-1}; \\ \Psi_{(1,4)} = \left(1 + e^{-(-5,3739-1,2143x_1-4,6796x_2-4,9762x_3-1,5101x_4+0,4317x_5)}\right)^{-1}; \\ \Psi_{(1,5)} = \left(1 + e^{-(-1,3765-6,3586x_1-10,9655x_2-1,7367x_3-5,8159x_4-3,6925x_5)}\right)^{-1}; \\ \Psi_{(1,6)} = \left(1 + e^{-(-2,6918-0,8681x_1+6,4870x_2-4,7637x_3-2,4065x_4-1,6228x_5)}\right)^{-1}; \\ \Psi_{(1,7)} = \left(1 + e^{-(-1,5774+1,4648x_1-4,3641x_2+0,6580x_3+8,5722x_4+0,8051x_5)}\right)^{-1}. \end{array} \right.$$

На основе этих информационных моделей можно выполнить программную реализацию диагностирования и прогнозирования состояния изоляции трансформаторов тока на любом языке программирования. В данной работе использован язык C# Windows Forms. Для выполнения экспериментального исследования разработанного программного обеспечения использована компьютерная система Запорожского национального технического университета. В разработанное программное обеспечение

были введены характеристики изоляции трансформатора тока. Полученные результаты были сравнены с результатами в тестовой выборке. При этом среднеквадратичная ошибка составила  $63.12 \cdot 10^{-5}$ , что является приемлемым значением, свидетельствующим о возможности применения предложенных информационных моделей и программного обеспечения на практике.

### Список литературы

1. Скрупская Л.С. Построение моделей диагностирования состояния бумажно-масляной изоляции измерительных трансформаторов тока / Л.С. Скрупская, А.А. Олейник, А.А. Сахно // *Електротехніка і Електромеханіка*. – 2014, №2. – С. 48–51.

2. Скрупская Л.С. Модель прогнозирования на основе интенсивности частичных разрядов вероятности безотказной работы бумажно-масляной изоляции измерительных трансформаторов тока / Л.С. Скрупская, М.А. Поляков // *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. – 2015, № 2 (91). – С. 9–14

УДК 004.42

Точилин С.Д.<sup>1</sup>

### КРОССПЛАТФОРМЕННЫЙ ВИРТУАЛЬНЫЙ ВОЛЬТМЕТР-САМОПИСЕЦ

В настоящее время цифровая техника и цифровые технологии широко и успешно внедряются практически во все сферы человеческой деятельности. В этой связи актуальной задачей является модернизация оборудования и технологий в производстве, системе образования и научных исследованиях на основе IT-технологий и их аппаратных средств.

Одним из путей ее решения является внедрение аппаратного обеспечения, работающего с использованием специальных компьютерных программ – виртуальных приборов [1].

При работе виртуального прибора аналоговые сигналы от датчиков представляются в цифровом виде с помощью систем сбора данных на основе аналого-цифровых преобразователей (АЦП). Цифровые сигналы вводятся в управляющий компьютер с помощью портов ввода, обрабатываются виртуальным прибором и отображаются его графическим интерфейсом, а при необходимости, сохраняются в файлах различного формата.

---

<sup>1</sup> канд. физ.-мат. наук, доц. ЗНТУ

На современном рынке электронных компонентов доступны недорогие, имеющие в своем составе АЦП, многофункциональные микропроцессорные платы Arduino™, которые можно запрограммировать в качестве систем сбора данных для совместной работы с виртуальными приборами. При этом данная плата и бесплатно распространяемая среда для ее программирования образуют платформу Arduino.

Многочисленные примеры практического использования и программирования плат Arduino приведены, как в технической литературе [2–4], так и сети Internet.

Современные языки программирования высокого уровня, как правило, имеют средства для разработки виртуальных приборов. К ним, в частности, относится и кроссплатформенный язык программирования Java™.

В данной работе, с помощью языка программирования Java, был разработан кроссплатформенный виртуальный вольтметр-самописец для платы Arduino, запрограммированной в качестве системы сбора данных.

Вольтметр-самописец имел графический интерфейс пользователя. Он позволял периодически, с задаваемым периодом от 0,2 до 3600 с, регистрировать данные по входному напряжению в диапазоне 0–5 Вольт с 10–битным разрешением в определенных временных интервалах (от 5 до 36000 с). При этом осуществлялось отображение численного значения последнего измерения напряжения и времени его проведения, а также представление всех зарегистрированных данных в табличном и графическом виде с двойной буферизацией, которая обеспечивала удовлетворительное отображение информации на экране монитора компьютера.

Кроме того, разработанный виртуальный прибор позволял проводить измерения напряжения и для произвольных временных интервалов, завершение которых определялось пользователем.

В тоже время, вольтметр-самописец позволял останавливать и возобновлять регистрацию, обновлять графическое представление и табличные значения измерений, а также сохранять зарегистрированные данные в \*.txt или \*.csv файлах.

Разработанный виртуальный вольтметр-самописец может использоваться для модернизации средств измерения и контроля в производстве, системе образования и научных исследованиях.

Его программные алгоритмы предполагается применять при разработке виртуальных приборов на базе Arduino с более высоким быстродействием и разрешением, а также высокой чувствительностью, которые используют внешние АЦП и SPI-интерфейс.

Кроме того, предполагается использовать программные алгоритмы, разработанного виртуального прибора, совместно с Java API, для создания многоканальных виртуальных приборов выполняющих не только цифровую регистрацию поступающих сигналов, но и их цифровую обработку.

### Список литературы

1. Алексеев В. В. Виртуальные средства измерений / В.В. Алексеев // Приборы, 2009. № 6 (108). С. 1–7.
2. Соммер У. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freduino / У. Соммер. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 256 с.
3. Karvinen K., Karvinen T. Make: Arduino Bots and Gadgets / K. Karvinen, T. Karvinen. – Sebastopol: O’Reilly, 2011. – 296 p.
4. Margolis M. Arduino Cookbook / M. Margolis. – Sebastopol: O’Reilly, 2011. – 724 p.

УДК 519.172

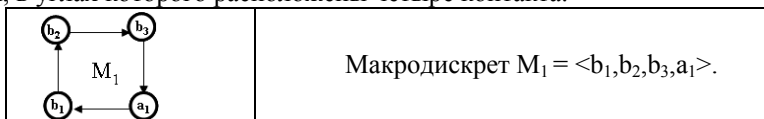
Чеченя В.С.<sup>1</sup>

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОВЕДЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ В ОБЛАСТИ VGA КОМПОНЕНТ

Математическую модель для VGA компонент и проведения соединений можно представить в виде циклического фрагмента с контактами расположенными по концентрическим окружностям, которые можно характеризовать как проведенные линии от центра симметрии и называть их *линиями уровня*, обозначаемые латинскими буквами  $a, b, c, d, e, f$ , (см.рис.1–2).

Парная совокупность линий уровня образуют центральные каналы, как часть ограниченного пространства  $R^2$ . Каждый центральный канал состоит из макродискретов.

**Определение 1.** *Макродискрет* представляет собой четырехугольник, в углах которого расположены четыре контакта.



**Определение 2.** *Общим рисунком* будем называть рисунок подключенных соединений ко всем задействованным контактам, с учетом

<sup>1</sup> аспирант Запорожского национально университета

всех конструктивно-технологических ограничений без учета их распределения по слоям.

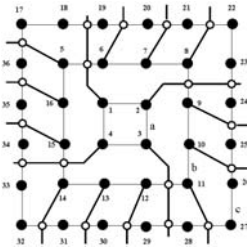


Рис. 1. Фрагмент корпуса на 36 выводов и проведение соединений.

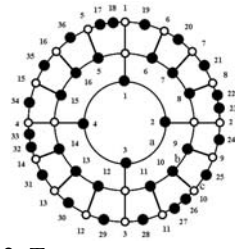


Рис. 2. Топологическая модель корпуса на 36 выводов и проведение соединений.

Общий рисунок бывает двух видов. Первый вид – это рисунок с непересекающимися соединениями, второй вид – это общий рисунок с пересекающимися соединениями.

**Определение 3.** Линии, соединяющие контакты макродискрета будем называть *топометрическими линиями*.

**Определение 4.** Пересечение топометрической линии и соединения будем называть *следом соединения*.

Общий рисунок с непересекающимися соединениями описывается кортежем [1], состоящим из последовательного перечисления контактов и следов соединений на самой периферийной линии. Например, для рисунка соединений представленного на рис. 3:

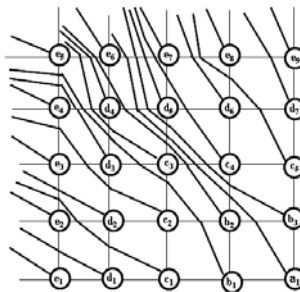


Рис. 3. Общий рисунок с непересекающимися соединениями.

$L_c = \langle e1, d1, e2, c1, d2, e3, c2, e4, d3, b1, e5, c3, d4, b2, e6, a1, b3, d5, c4, e7, d6, c5, e8, d7, e9 \rangle$ . Здесь контакты выделены жирным шрифтом, в отличие от следов соединений нижестоящих контактов.

В случае рисунков с пересекающимися соединениями определение следов соединений для сторон макродискретов расположенных на линиях уровня не представляет особого труда. Проблематичнее становится определение пересечений соединений и топометрических линий. Для этого приходится рассматривать диагональный канал как координатно-базисную систему и попарно определять пересечение соединений и топометрических линий, соответствующих сторонам макродискрета [2].

Предложенная математическая модель позволяет описать рисунок проведения соединений между контактами BGA компонент.

### Список литературы

1. Кофман А. Введение в прикладную комбинаторику /А.Кофман. – М.: Наука, ГРФМЛ,1975. – 480 с.

2. Векторная алгебра пересечений / [Л.И. Раппопорт, Б.Н. Мороговский, С.А.Поливец] // В кн.: Многопроцессорные вычислительные структуры.– Таганрог.– 1982. –вып.2(11).– С.53–56.

УДК 624.07:621.396

Шило Г.М.<sup>1</sup>, Арешкін Є.К.<sup>2</sup>, Куляба-Харитоновна Т.І.<sup>3</sup>

### ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ МОДУЛІВ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ АПАРАТІВ

Одним з головних завдань при розробці нових зразків радіоелектронної апаратури є забезпечення необхідного для нормального функціонування пристроїв теплового режиму і термостатування. Мініатюризація вузлів і блоків електронної техніки, як правило, призводить до зростання робочих температур окремих елементів і, відповідно, впливає на надійність апаратури. Тому необхідно розробляти ефективні схеми розташування теплонавантажених елементів, а також нові системи охолодження електронних пристроїв. В даний час до 95% РЕА мають повітряні системи охолодження – природні і примусові [1]. Примусове охолодження є більш ефективним, але при цьому вносить в конструкцію додаткові механічні вузли, які знижують надійність пристрою в цілому. Крім того, пристрої з системою вентиляції великої потужності мають високий рівень

---

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доц. каф. ІТЕЗ, ЗНТУ;

<sup>2</sup> аспірант каф. ІТЕЗ, ЗНТУ;

<sup>3</sup> ст. викл. каф. ІТЕЗ, ЗНТУ.



акустичних шумів. У цих умовах особливої актуальності набувають питання вибору оптимальної швидкості повітряного потоку, з метою підвищення надійності пристрою, зменшення акустичних шумів і зменшення ресурсів, що споживаються системою. З появою програмних засобів інженерного аналізу стало можливим проводити аналіз теплових режимів без тривалих експериментальних досліджень. Такі програмні засоби дозволяють досліджувати теплові режими апаратури як при природному повітряному охолодженні[2], так й з врахуванням вимушеної конвекції.

Метою роботи є дослідження впливу швидкості повітряного потоку на тепловий режим модулів радіоелектронної апаратури за допомогою програмних засобів інженерного аналізу.

Дослідження проводилось на моделі системи охолодження, спрощену конструкцію якої показано на рис. 1, де позначено 1 – канал, 2 – модулі, 3 – витяжний вентилятор. Корпус модулів виготовлений із сплаву алюмінію 5052 та являє собою ребристий радіатор зі встановленими на ньому теплонавантаженими елементами. Зазори між модулями та між кожним модулем і стінками каналу складає 2 мм. Потужність, що розсіюється кожним модулем становить 700 Вт.

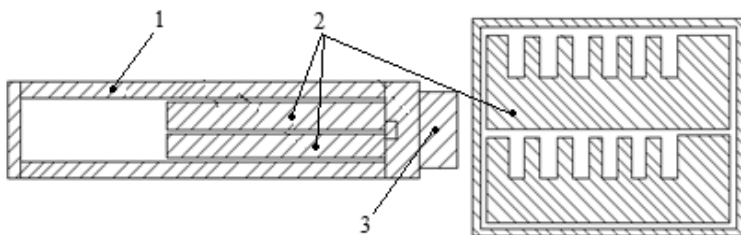


Рис. 1. Ескіз конструкції системи охолодження

При моделюванні теплового режиму встановлювалася швидкість повітряного потоку на виході з вентилятора від 0 м/с до 15 м/с. Температура оточуючого середовища становила 25°C. Результати моделювання показані на рис. 2., де  $V$  – швидкість повітряного потоку,  $T$  – максимальна температура на модулях.

З графіка видно, що підвищення швидкості повітряного потоку до 5 м/с дозволяє зменшити максимальну температуру модуля більш ніж на 70%. Підвищувати швидкість повітряного потоку вище 5 м/с не доцільно, так як при цьому температура модулів зменшується менш ніж на 1%.

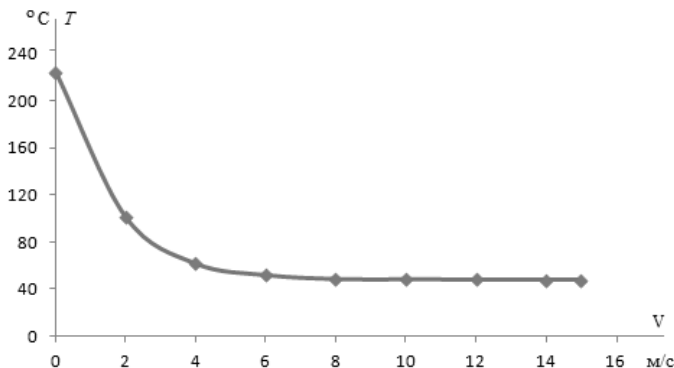


Рис. 2. Вплив швидкості повітряного потоку в каналі системи охолодження на тепловий режим модулів

### Список літератури

1. Роткоп, Л.Л. Обеспечение тепловых режимов при конструировании радиоэлектронной аппаратуры / Л.Л. Роткоп, Ю.Е. Спокойный – М.: Советское радио, 1976.
2. Шило, Г.Н. Исследование массогабаритных и тепловых характеристик блоков радиоэлектронной аппаратуры с естественным воздушным охлаждением / Г.Н. Шило, С.К. Арешкін, М.П. Гапоненко // Прикладная радиоэлектроника. – 2014. – Т.13, №4 – С. 419–424.

УДК 624.07:621.396

Шило Г.М.<sup>1</sup>, Лопатка Ю.А.<sup>2</sup>, Огренич С.В.<sup>3</sup>

### ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕПЛОВІДВОДУ В ГЕРМЕТИЧНИХ БЛОКАХ ЕТАЖЕРНОЇ КОНСТРУКЦІЇ

Для сучасних радіоелектронних систем характерна тенденція зменшення габаритів при зростанні їх потужності, що призводить до необхідності створення ефективних малогабаритних тепловідводів [1]. Поліпшити тепловий режим таких блоків можливо за рахунок зменшення пере-

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доц. каф. ІТЕЗ, ЗНТУ;

<sup>2</sup> аспірант каф. ІТЕЗ, ЗНТУ;

<sup>3</sup> канд. техн. наук, асистент каф. ІТЕЗ, ЗНТУ.

паду температури в блоці, який визначається сумою перепадів по платах, внутрішнім тепловідвідним елементам, а також перепаду між корпусом та зовнішнім середовищем.

Метою роботи є дослідження методів інтенсифікації тепловідводів в герметичних блоках етажерної конструкції.

Зменшити перепади температури в блоці можливо за рахунок застосування додаткових тепловідвідних елементів, таких як додаткові стояки (зменшують перепад температури по платі), подовжені стояки (зменшують перепад температури по стояку та по корпусу), радіаторні пластини (зменшують перепад температури по платі та поблизу потужних ЕРЕ), теплові екрани (зменшують перепад температури в блоці).

Додаткові стояки розміщуються в центрі плати, тому що там знаходиться найбільш нагріта зона [2]. Дослідження показало, що додаткові тепловідводи значно покращують тепловий режим блока. Максимальна температура зменшилась на 12%, якщо порівнювати компоновку з чотирма та вісьмома стояками. Також зменшились перепади температури по середній та нижній платі, але збільшились по верхній. Розподіл температури по стояку, показує що найбільш нагріта зона знаходиться на його верхньому незакріпленому кінці. Це відбувається за рахунок того, що теплові потоки розповсюджуються вгору по блоку. Для того щоб забезпечити тепловідвід від краю стояка його можливо подовжити та з'єднати з кришкою корпусу. Додаткові та подовжені стояки не значно впливають на об'єм та масу блока. Натомість зменшується вплив відстані між платами на тепловий режим блока, що надає можливість зменшити об'єм та масу блока до мінімальних значень.

Для зменшення перепаду температур вздовж друкованої плати та поблизу потужних електрорадіоелементів можливе використання радіаторних пластин. До радіаторної пластини з обох боків електроізоляційною прокладкою клеються однобічні багаточарові друковані плати. Радіаторні пластини можуть бути виготовлені із алюмінію 5052. Електроізоляційний теплопровідний прошарок є клейкою еластичною прокладкою з кераміко-полімерного діелектричного матеріалу з високою теплопровідністю. З результатів дослідження видно, що застосування радіаторних пластин надало можливість значно зменшити температурні перепади вздовж друкованих плат з 5°C (при відсутності пластини), до 0,5°C (при товщині пластини 0,5мм). Також зменшуються локальні перепади температур поблизу електрорадіоелементів, що є особливо ефективним для потужних електрорадіоелементів.

При використанні теплових екранів теплорозподільчі пластини розташовуються між друкованими платами. Відстань між друкованими

платами і пластинами визначається висотою електрорадіоелементів. В конструкції з трьома платами такий підхід надає можливість знизити перепад температур по середній платі до двох разів. Але застосування пластин у будь-якому виконанні значно підвищує об'єм та масу блоку, що в деяких випадках є недопустимим.

Таким чином, інтенсифікацію тепловідводу забезпечують всі запропоновані методи, але найбільш ефективним є варіант конструкції з подовженими стояками, оскільки в такому випадку об'єм блоку залишається не змінним, а маса зростає лише на 2%. При цьому максимальна температура в блоці зменшується до 20%. Застосування пластин значно поліпшує розподіл температур по друкованим платами та поблизу потужних електрорадіоелементів, але значно погіршуються маса та об'єм блоку. Тому цей варіант інтенсифікації тепловідводу можливо застосовувати, якщо не має жорстких вимог до масогабаритних показників блоків.

### **Список літератури**

1. Роткоп Л.Л., Спокойный Ю.Е. Обеспечение тепловых режимов при конструировании радиоэлектронной аппаратуры. – М.: Сов. радио, 1976. – 232с.,ил.
2. Шило Г.Н., Сиротюк О.М., Савелло О.С., Лопатка Ю.А., Арешкін Є.К., Гапоненко М.П. Дослідження масогабаритних і теплових характеристик герметичних блоків радіоелектронних апаратів// Радиоелектроника. Информатика. Управление. – 2013. – № 1–2. – С. 30–33.

## 5 СЕКЦИЯ «БЕЗПЕКА ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ»

УДК 004.9

Бабаш А.В.<sup>1</sup>, Квашнин В.О.<sup>2</sup>, Тарасов А.Ф.<sup>3</sup>

### СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ПЕРЕДАВАЕМЫХ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ПРОТОКОЛА

Важным элементом в построении распределенных систем является организация среды передачи данных, а также принципов доступа к ней, что приводит к поиску существующих сетевых решений или разработке собственных протоколов обмена данными. Среди существующих протоколов наиболее широко известны CAN, ProfiBus, FieldBus, работающие на физическом уровне в соответствии со стандартом RS-485 [1].

В общем случае передача по последовательному каналу состоит из управляющих байтов (синхронизация передачи, адресов отправителя и получателя, контрольной суммы и пр.) и собственно байтов данных.

Основная задача в организации протокола – обеспечить различение управляющих байтов и байтов данных. К примеру, ведомое устройство, получая по линии поток байтов, должно определять, где «начало» послышки и где «конец» и какому устройству адресована передача данных. Известный промышленный протокол передачи данных MODBUS работает по принципу запрос – ответ между устройствами. Этот протокол очень популярен и широко используется в промышленности. Однако он имеет ряд избыточных возможностей, которые очень редко применяются на практике. Для его применения нужно разбираться со сложной системой команд протокола и писать собственный драйвер для его работы [2].

Поэтому наибольший интерес могут представлять протоколы на основе ASCII кода. Управляющие символы и данные передаются в виде обыкновенных ASCII символов. Посылка может выглядеть так:

В HEX виде: 3Ah 31h 32h 52h 53h 34h 38h 35h 0Dh

В ASCII виде: «:» «1» «2» «R» «S» «4» «8» «5» /PC/

---

<sup>1</sup> Аспирант кафедры электромеханических систем автоматизации Донбасской государственной машиностроительной академии (г.Краматорск,Украина).

<sup>2</sup> К.т.н., доц., кафедры электромеханических систем автоматизации Донбасской государственной машиностроительной академии (г. Краматорск, Украина).

<sup>3</sup> Д.т.н., проф., зав. кафедрой компьютерных информационных технологий Донбасской государственной машиностроительной академии (г.Краматорск,Украина).

В начале управляющий символ начала посылки «>», следующие две цифры – адрес получателя (12), затем – символы данных (RS485) и в конце – управляющий символ конца посылки перевода строки – /PC/ (0Dh) [3].

Достоинство таких протоколов заключается в удобстве отладки системы и простоте синхронизации посылок. Можно через преобразователь RS485-RS232 подключить линию к СОМ-порту компьютера и в любой терминальной программе увидеть всю проходящую информацию в удобном виде (в виде строк).

Недостатком является относительно большой размер посылки при передаче большого количества двоичной информации, ведь на передачу каждого байта нужно два ASCII символа (7Fh – «>», «F»).

Предлагаемый протокол может использоваться для передачи 11 параметров, для управления подчиненным устройством (например микроконтроллером). Структура посылки подчиненному устройству (микроконтроллеру) (рис. 1) и обратно на ПК имеет следующий вид (рис.2).

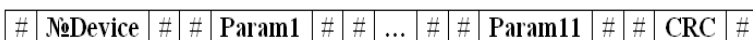


Рис.1. Структура запроса от главного устройства (персональный компьютер)

# – разделитель управляющих байтов и байтов с данными; №Device – управляющий байт, содержит номер устройства, которому адресуется посылка; Param1...Param11 – Передаваемые 11 параметров (данные). CRC – байты контрольной суммы для проверки целостности данных;

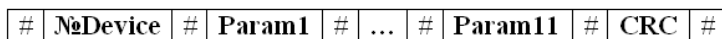


Рис. 2. Структура ответа от подчиненного устройства (микроконтроллер)

Разработан собственный простой протокол передачи данных между главным (ПК) и подчиненным (микроконтроллер) устройствами. Данный протокол позволяет проверить корректность получаемых данных посредством расчета контрольной суммы на стороне микроконтроллера и компьютера. Протокол прост, надежен в использовании и реализации.

### Список литературы

1. Матвеев Д. А. Разработка протокола микроконтроллеры сетей в оптическом кольце через UART // Электроника и информационные технологии 2010, №2 (9). URL: <http://fetmag.mrsu.ru/2010-2/pdf/NetworkProtocol.pdf>.
2. Modbus Application Protocol Specification URL: [www.Modbus-IDA.org](http://www.Modbus-IDA.org)
3. Протокол передачи RS-485. URL: [http://estohard.narod.ru/Protocols/rs485/rs485\\_1.htm](http://estohard.narod.ru/Protocols/rs485/rs485_1.htm).

## **МЕТОД ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ УТЕЧКЕ ИНФОРМАЦИИ ПО СКРЫТЫМ КАНАЛАМ, ОСНОВАННЫМ НА ИЗМЕНЕНИИ ДЛИН ПЕРЕДАВАЕМЫХ ПАКЕТОВ**

Высокая эффективность современных средств защиты информации подтверждается опытом их практического применения, но существуют способы нарушения безопасности информации, основанные на использовании скрытых каналов (СК). Под скрытым каналом, понимается непредусмотренный разработчиком системы информационных технологий и автоматизированных систем коммуникационный канал, который может быть применен для нарушения политики безопасности (ПБ).

Технологии виртуальных частных сетей (VPN, Virtual Private Network) позволяют обеспечить высокий уровень конфиденциальности информации, передаваемой через информационно-вычислительные сети общего пользования (ИВС ОП). Взаимодействие узлов автоматизированной системы (АС) через каналы ИВС ОП с применением технологии VPN обеспечивается установкой пограничных узлов защиты (УЗ), состоящих из шифровального средства (ШС) и межсетевое экрана (МЭ)/

Скрытые каналы, нарушая системную (сетевую) политику безопасности, в большинстве случаев остаются необнаруженными современными системами защиты информации (СЗИ), поэтому применение СЗИ является неэффективным, а злоумышленник получает возможность преодолеть элементы защиты и осуществить несанкционированное воздействие (НСВ) на защищаемые ресурсы с нарушением установленных прав и/или правил доступа, приводящее к утечке, искажению, подделке, уничтожению, блокированию доступа к информации, а также к уничтожению или сбою функционирования носителя информации.

В настоящее время разработаны различные методы выявления и нейтрализации скрытых каналов как в хостсистемах, так и в сетях пакетной передачи данных.

В результате проведенного авторами анализа известных методов борьбы со СК установлено, что данные методы ориентированы на отдельные типы СК, при этом не учитываются многие параметры, необходимые для обнаружения скрытой передачи в информационно-вычислительных

---

<sup>1</sup> к.т.н., доцент кафедры «Защита информации», ЗНТУ

<sup>2</sup> магистр кафедры «Защиты информации» ЗНТУ

системах. В настоящее время не разработаны и не внедрены эффективные средства (системы) выявления и нейтрализации скрытых каналов.

Особую опасность представляет нетрадиционный информационный канал (НИК) – несанкционированный способ скрытой передачи нелегитимной информации по действующим («традиционным») каналам связи, нарушающий системную политику безопасности.

Анализ разработанной модели НИК в сетях пакетной передачи данных АС показал, что условиями существования НИК являются:

- отсутствие в составе средств обеспечения безопасности информации АС функции, способной выявить отличие между  $S$  и  $j(S)$ ;
- наличие в сетевом потоке свойств, с применением которых возможно осуществлять модуляцию  $j(S)$  сигналов «0» и «1».

Следовательно, для обеспечения противодействия НИК, необходимо исключить возможность выполнения одного из перечисленных условий. Для включения в состав средств обеспечения безопасности информации АС функции, способной выявить отличие между  $S$  и  $j(S)$ , необходимо обеспечить непрерывный анализ свойств  $S$  сетевого потока в реальном времени, с применением статистических методов и на их основе формировать длину передаваемого потока.

Эта задача требует определенных алгоритмических и вычислительных ресурсов.

### Список литературы

- 1.Тумоян, Е. П. Сетевое обнаружение пассивных скрытых каналов передачи данных в протоколе TCP IP / Е. П. Тумоян, М. В. Аникеев // Журнал «Информационное противодействие угрозам терроризма» – 2005. – Вып. 5.
2. Ронжин А. Ф. Расширения информационных протоколов, основанных на отображениях конечных множеств // Дискретная математика. – 2004. – Т. 16. – Вып. 2. – С. 11 – 16.
- 3.Научно-исследовательская работа «Апология-2003»: Отчет / ИТМ и ВТ РАН; Руководитель Д. А. Ловцов; М., 2003.– С. 11 – 16.
4. Ловцов Д. А. Информационная теория эргасистем: Тезаурус. – М.: Наука, 2005.



## **ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ И АЛГОРИТМОВ БИОМЕТРИЧЕСКОЙ АУТЕНТИФИКАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПО ИНФРАКРАСНОМУ ИЗОБРАЖЕНИЮ СОСУДИСТОГО РУСЛА**

В последнее время все больше внимания уделяется аутентификации на основе биометрических характеристик. В отличие от физического ключа биометрическую характеристику невозможно передать и существенно сложнее подделать.

Наиболее широкое применение в биометрической аутентификации получили следующие биометрические характеристики человека (БХЧ): отпечаток пальца, радужная оболочка глаза, геометрия лица, сетчатка глаза, голос, подпись и др.

В ряде случаев применение перечисленных биометрических характеристик человека осложнено. БХЧ геометрия лица обладает низкой уникальностью и, как следствие, значительными ошибками биометрической системы. Для получения шаблона на основе сетчатки и радужной оболочки глаза требуется дорогостоящее оборудование, а процедура регистрации является болезненной. Параметры голоса и подписи характеризуются низкой стабильностью и в некоторой степени зависят от эмоционального состояния пользователя. Дактилоскопические системы в настоящее время широко используются в криминалистической практике, в связи с чем вызывают неприятие и обладают низкой лояльностью среди пользователей ИС. При использовании контактных сканеров отпечатков пальцев возникают вопросы гигиены контактных площадок и соблюдения санитарных норм.

Устранить недостатки существующих методов биометрической аутентификации пользователей информационных процессов позволит разработка новых бесконтактных устройств и методов с использованием тех БХЧ, которые ранее не применялись в криминалистике, отличаются низкой стоимостью конечного решения и не подвергают пользователя риску причинения вреда здоровью, одновременно с этим характеризуются высокой уникальностью, собираемостью и стабильностью биометрического шаблона. К подобным новым методам биометрической аутентификации пользователей ИС относится, в первую очередь, биометрическая аутентификация по инфракрасному (ИК) изображению сосудистого русла, полу-

---

<sup>1</sup>к.т.н., доцент, доцент кафедры «Защита информации», ЗНТУ

<sup>2</sup>магистр кафедры «Защиты информации» ЗНТУ

ченному на основе ИК визуализации тканей человека. Устройство визуализации является бесконтактным, а процедура регистрации БХЧ не вызывает у пользователей негативной реакции. Тем не менее, современные системы биометрические аутентификации пользователей ИС по ИК изображению сосудистого русла обладают существенными недостатками, такими как отсутствие формализованного комплекса идентификационных характеристик сосудистого русла критериев качества ИК изображений сосудистого русла, требований к параметрам зондирующего излучения и условиям регистрации ИК изображения.

Выше изложенное показало, что изучение моделей и алгоритмов биометрической аутентификации пользователей ИС по ИК изображению сосудистого русла на сегодняшний день является актуальной задачей.

Полученные в работе результаты подтверждают эффективность и целесообразность применения биометрической идентификации по ИК изображениям сосудистого русла в системах аутентификации пользователей ИС.

### Список литературы

1. Тихонов, И.А. Информативные параметры биометрической аутентификации пользователей информационных систем по инфракрасному изображению сосудистого русла /И.А.Тихонов//Безопасность информационных технологий.– 2011.
2. Горчаков, В.Н. Морфологические методы исследования сосудистого русла. – Новосибирск: Изд-во Сиб. отд-ния Рос. АМН, 1997.
3. Тихонов, И.А. Контрольные точки сосудистого русла/И.А. Тихонов, И.Н. Спиридонов //: Сб. докладов X РНТК, г. Монастир (Тунис), 28 сентября – 05 октября 2008 г. – М.: НИИ РЛ МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2008.

УДК 681.391

Карпуков Л.М.<sup>1</sup>, Щекотихин О.В.<sup>2</sup>, Савченко Д.К.<sup>3</sup>

### ЗАЩИТА ВОЛС НА РУБЕЖЕ ПРОКЛАДКИ ВОК

Среда передачи информации с использованием оптического волокна позволяет повысить защищенность линий связи, использующих традиционные способы прокладки, а также применять новые способы, препятствующие доступу к волоконно-оптическому кабелю.

---

<sup>1</sup> д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Защита информации», ЗНТУ

<sup>2</sup> к.т.н., доцент, доцент кафедры «Защита информации», ЗНТУ

<sup>3</sup> ассистент кафедры «Защита информации», ЗНТУ

Волоконно-оптические линии связи значительно превосходят линии с использованием металлических проводов по целому ряду свойств. Особенно важными свойствами для защиты от НСИ являются: отсутствие электромагнитного излучения с поверхности ОВ; невосприимчивость к электромагнитному излучению (ЭМИ) и малые габаритно-массовые показатели.

Совершенно новые возможности открылись при прокладке ВОК способом подвески. Традиционные проводные линии связи выполняются с использованием отдельно стоящих столбов, на которых отсутствуют линии электропередачи.

В связи с тем, что в оптических волокнах вместо потока электронов используется фотоны, ВОЛС не восприимчивы к ЭМИ. Это свойство позволяет выполнять прокладку ВОК совместно с линиями электропередачи. Такая прокладка оказывается намного экономичнее, т.к. не требует отчуждения земли и установки столбов. Также исчезает возможность снятия информации с линии связи традиционными методами с использованием индуктивных способов, применяемых в проводных линиях связи. Самым существенным способом защиты ВОЛС от НСИ является исключение контакта злоумышленников с ВОК в связи с расположением линии связи в зоне высоковольтного напряжения.

Появились новые способы прокладки ВОК, защищенные от НСИ: подвеска самонесущих кабелей, не содержащих металлических элементов ниже токопроводящих проводов; примотка ВОК к фазному проводу с помощью диэлектрических нитей; навивка на фазный провод, замена существующих фазных проводов на провода с ОВ внутри них, прокладка троса грозозащиты с ОВ в его центре. Эти методы прокладки значительно затрудняют НСИ для злоумышленника.

Малые габаритно-массовые показатели ВОК, а также высокое противодействие к растягивающим усилиям позволяет использовать новые методы прокладки в грунт, традиционно в телефонную канализацию, а также в различные виды канализации, используемые в жилищно-коммунальном комплексе, вплоть до водопроводной и фекальной канализации. Прокладка защитных полиэтиленовых труб (ЗПТ) в трубах фекальной канализации с последующей задувкой в них ВОК была успешно осуществлена в Венеции, где запрещено, из-за незащищенности от влаги домов, выполнение любых инженерных работ.

Малые габариты ВОК позволяют легко осуществлять его прокладку в кабельной канализации в которой кабельный ствол полностью заполнен проводимыми кабелями.

Интересной новой технологией является использование задувки ВОК в заранее приготовленные ЗПТ. Прокладка ЗПТ в грунт может про-

изводится традиционными способами, а также с использованием специальных буровых устройств, получивших название у связистов «Крот».

Обнаружить расположение трассы линии передачи информации в грунте для злоумышленника весьма проблематично, т.к. обнаружить трассу ВОК невозможно без проведения грунтовых работ в связи с отсутствием ЭМИ с поверхности ОВ. Следующим рубежом защиты является ЗПТ, вскрыть которую и добраться до ВОК также нелегко.

### Список литературы

1. Волоконно-оптическая техника. Современное состояние и перспективы. / под ред Дмитриева // М. «Техносфера». – 2005. – 608 с.
2. Авобин, Е.В. Технологическое оборудование для прокладки волоконно-оптических линий связи на ЛЭП / Е.В. Авобин, П.М. Астафурев, С.А. Еремин
3. Ашларин, В.В. Технологический комплект для подвески самонесущего волоконно-оптического кабеля. / В.В. Ашларин // Волоконно-оптическая техника. – 1998. – №8 – С. 15

УДК 681.391

Карпуков Л.М.<sup>1</sup>, Щекотихин О.В.<sup>2</sup>, Савченко Д.К.<sup>3</sup>

### ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ В ВОСПИ

Целью предлагаемого технического решения является применение дополнительных мер, обеспечивающих защиту передаваемой информации в ВОСПИ.

Суть предлагаемого метода можно пояснить на примере. Аналоговая информация сообщения в электрическом виде преобразуется в аналого-цифровом преобразователе в цифровой поток данных, который разделяется в электронном коммутаторе на несколько частей – пакеты  $D_1 \div D_4$ . Первый пакет  $D_1$  является опорным и несет в себе информацию о синхронизации. Пакеты  $D_1 \div D_4$  поступают на электронно-оптические преобразователи, где преобразуются из электрических в оптические сигналы, причем каждый на разной длине волны излучения  $\lambda_1 \div \lambda_4$ . Раздельные оптические сигналы подаются на мультиплексор, где производится их мультиплексирование в общий поток на разных длинах волн  $\lambda_1 \div \lambda_4$  и их передача по ВОЛС в общем оптическом волокне. В результате проведенных преоб-

---

<sup>1</sup> д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Защита информации», ЗНТУ

<sup>2</sup> к.т.н., доцент, доцент кафедры «Защита информации», ЗНТУ

<sup>3</sup> ассистент кафедры «Защита информации», ЗНТУ

разований по ВОЛС передается не вся информация на одной длине волны, а только ее часть, остальные же части информации передаются на других длинах волн.

Таким образом, если на участке прокладки ВОЛС нарушитель пытается снять информацию, подключив устройство НСИ, то вероятность того, что он обнаружит весь поток информации, передаваемый на разных длинах волн, весьма низка.

Можно предположить, что для съема информации использовался широкополосный фотоприемник, позволивший снять последовательно информацию на всех длинах волн  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$ .

Для дальнейшего повышения защищенности передаваемой информации от НСИ предложено усовершенствовать рассмотренный способ защиты информации в ВОЛС. Для этой цели в схему вносятся дополнительные элементы: сумматоры импульсов  $\Sigma$  и вычитающие устройства, а также генераторы маскирующих импульсов. Временные интервалы, которые возникают после разделения первоначального потока информации на несколько частей, заполняются маскирующими псевдослучайными сигналами. При этом в общем потоке в ВОЛС после их мультиплексирования создаются сплошные оптические потоки на разных длинах волн  $\lambda_1 \div \lambda_4$ , состоящие из суммы информации и маскирующих сигналов, которые образуют дополнительные помехи для выборки несущих полезную информацию пакетов. На приемном конце ВОСП эти сигналы разделяются по длинам волн на демультиплексоре, преобразуются из оптических в электрические, из которых с помощью вычитающих устройств синхронизированных с сумматорами  $\Sigma$  исключаются из общего потока информации маскирующие сигналы. Оставшиеся пакеты, несущие полезную информацию, с помощью электронного коммутатора собираются в общий цифровой поток, преобразуемый с помощью ЦАП в аналоговую информацию.

Дальнейшее усложнение предложенного решения можно получить путем разбиения потока передаваемой информации коммутатором на пакеты разной длины.

Использование вышеописанного способа предоставляет реальную возможность достичь поставленной цели – значительного повышения защищенности от НСИ передаваемой в ВОЛС информации, а при использовании в сочетании с другими известными способами защиты практически полностью исключить ее перехват.

### Список литературы

1. Карпуков Л.М. Методы защиты информации в ВОЛС [Текст] / Л.М. Карпуков, О.В. Щекотихин, И.Н. Сметанин // Фотон-экспресс. – 2009. – №4. – С. 34 – 36.

2. Пат. 11328 Україна, НО4К 1/10. Спосіб захисту інформації у лініях зв'язку [Електронний ресурс]/ О.В. Щекотихін, Д.М. Піза, В.І. Мисленков ; опубл. 15.12.2005. – Режим доступу: <http://www.ukrpatent.org>

3. Пат. 45771 Україна, Н04В 10/12. Спосіб передачі інформації в системах оптичного зв'язку [Електронний ресурс]/ О.В. Щекотихін, І. М. Сметанін, Л.М. Карпуков ; опубл. 25.11.2009. – Режим доступу: <http://www.ukrpatent.org>

УДК 004.056.55

Козіна Г.Л.<sup>1</sup>, Гальченко А.В.<sup>2</sup>

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ АЛГОРИТМІВ ЗАПЕРЕЧУВАНОВОГО ШИФРУВАННЯ**

Останнім часом зростає кількість кіберзлочинів, які охопили майже всі мережевої інфраструктури. Існуючі засоби криптографічного захисту хоча й забезпечують криптографічну стійкість до зламу збоку зловмисників, але вони винаходять все більш тонкі способи їх обходу шляхом впливу безпосередньо на користувачів цих засобів. Тому криптографічна стійкість сучасних алгоритмів шифрування вже не забезпечує абсолютну стійкість до зламу.

Для вирішення цієї проблеми ще в 1996 році було винайдено метод заперечуваного шифрування, який зустрічається в сучасній літературі під назвою «неоднозначне» шифрування.

Метод заперечуваного шифрування має на меті не скільки приховати секретну інформацію, скільки заперечити сам факт її існування. Власник секретної інформації має можливість не лише заперечувати факт існування криптограми, а й саму ймовірність існування в ній будь-якої секретної інформації. При дешифруванні криптограм, сформованих за одним із алгоритмів заперечуваного шифрування, користувач може отримати декілька варіантів секретного повідомлення.

Такий підхід дозволяє виключити можливість компрометації секретної інформації зловмисником, навіть при повному зламі криптографічної схеми алгоритму.

---

<sup>1</sup> Кандидат фіз.-мат. наук, доцент кафедри захисту інформації ЗНТУ

<sup>2</sup> Інженер 3-ї категорії КП «НВК «Іскра»

Таблиця 1 – Порівняння алгоритмів заперечуваного шифрування

№	Алгоритми заперечуваного шифрування	Вплив на абонента	
		Відправник	Одержувач
1	Ібрахіма	–	+/-
2	Молдовяна	+	–
3	JingQing Wanga і Bo Menga	–	+/-
Ефективність захисту, од.		0,33	0,33

Авторами були досліджені алгоритми, запропоновані Г. Ібрахімом, М.А. Молдовяном [1], JingQing Wanga і Bo Menga.

В результаті досліджень [2] цих алгоритмів були перевірені їх криптографічна стійкість та стійкість до впливу на абонентів (див. табл. 1–2), які визначають ефективність роботи алгоритмів.

Таблиця 2 – Оцінка криптографічної стійкості алгоритмів заперечуваного шифрування

№	Алгоритми заперечуваного шифрування	Основні атаки на алгоритми			
		Груба сила	Прямий перебір	Факторизація	Дискретний логарифм
1	Ібрахіма	+	–	+	–
2	Молдовяна	+	+	+	–
3	JingQing Wanga і Bo Menga	+	–	+	+
Криптографічна стійкість, од.		1,00	0,33	1,00	0,33

Аналізуючи результати з табл. 1 і табл. 2 можна зробити висновок, що алгоритми заперечуваного шифрування запропоновані JingQing Wang, Bo Meng і Г. Ібрахімом мають оптимальну стійкість не лише до атак на основі обчислень, але й до атак на основі впливу на абонента.

Алгоритм заперечуваного шифрування, запропонований М.О. Молдовяном, хоча й має дещо меншу стійкість, але на відміну від попередніх він має досить просту реалізацію, що робить його більш перспективний для практичного застосування.

Проте недоліками цих алгоритмів є обмежена кількість повідомлень, які можуть бути зашифровані в криптограмі (фіктивних повідомлень).

Отже, усі досліджені алгоритми заперечуваного шифрування є досить перспективними для подальшого вивчення та практичного застосування для захисту інформації в комп'ютерних системах і мережах.

## Список літератури

1. Молдовян Н.А. Расширение криптосхемы Рабина: алгоритм отрицательного шифрования по открытому ключу [Текст] / Н.А. Молдовян, А.А. Горячев, М.А. Вайчикаускас // Вопросы защиты информации. – 2014. – № 2. – С. 12–16.

2. Козіна Г.Л. Модифікація алгоритму заперечуваного шифрування Менга [Текст] / Козіна Г.Л., Гальченко А.В. // Радіоелектроніка, Інформатика, Управління. – ЗНТУ. – 2016. – №2.

УДК 004.051

Неласа Г.В.<sup>1</sup>, Верещак М.І.<sup>2</sup>

### РОЗПАРАЛЕЛЮВАННЯ ТА ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ ДИСКРЕТНОГО ЛОГАРИФМУВАННЯ НА GPGPU

Стійкість криптосистем, що побудовані за принципом задачі Діффі-Хеллмана, ґрунтується на високій обчислювальній складності задачі дискретного логарифмування в скінченному полі Галуа, яка формулюється наступним чином[1]: обчислити дискретний логарифм  $y$  за основою  $a$  в полі  $GF(p)$  означає для цілих чисел  $a, y \in GF(p)$  знайти у полі таке ціле число  $x$ , при якому  $a^x \equiv y \pmod{p}$  (якщо воно існує). Найбільш ефективні на сьогодні алгоритми дискретного логарифмування мають вже субекспоненційну складність. Також існують квантові алгоритми вирішення цієї задачі, які чекають свого часу.

В роботі проведено розпаралелювання та реалізація відомих алгоритмів дискретного логарифмування (index-calculus,  $\rho$  – Полларда, Шенкса, COS та інш.), включаючи метод повного перебору для різної довжини вхідних параметрів.

Для проведення дослідження авторами було розроблено бібліотеку MINI-GMP-CUDA для масивно паралельних пристроїв GPGPU, яка повністю повторює програмний інтерфейс бібліотеки GMP[2] і сумісна з нею на рівні структур даних, що дозволяє використовувати засновані на GMP алгоритми в середовищі графічного процесора без необхідності зміни кодової бази. Сумісність портованої бібліотеки з GMP на рівні структур даних дозволяє використовувати її в CPU / GPU-гібридних кластерних системах.

---

<sup>1</sup> Доцент ЗНТУ

<sup>2</sup> Асистент ЗНТУ



Для портування на CUDA[3] було обрано скорочену версію MINI-GMP бібліотеки GMP, яка за даними різних досліджень визнана однією з найбільш високопродуктивних бібліотек довгої арифметики. Однак повна версія GMP, крім базових структур даних і алгоритмів, містить також велику кількість оптимізацій під різні процесорні архітектури. В складі MINI-GMP збережено всі основні функції повної версії, але вона позбавлена при цьому ряду архітектурно-залежних частин коду.

Процес перенесення коду, орієнтованого на CPU, в код для графічного процесора можна умовно розділити на кілька етапів.

Перший етап зводиться до простого синтаксичному прийому, який визначає для яких функцій потрібно генерувати при компіляції GPU-орієнтований машинний код. У складі SDK CUDA присутній компілятор NVCC, який дозволяє за допомогою спеціальних модифікаторів вказувати середу виконання кожної функції.

Другий етап полягає у виключенні з коду функцій і системних виликів, для яких немає аналогів в середовищі графічного процесора. У випадку з бібліотекою MINI-GMP до таких функцій відносяться функції роботи з пристроями введення-виведення і функції роботи з файлами.

Третій етап полягає в зміні функцій роботи з пам'яттю. Архітектура CUDA не передбачає можливість динамічного розподілу пам'яті в процесі обчислень. Вся пам'ять, що використовується обчислювальними ядрами, повинна бути виділена до початку процесу обчислень, в той час як в бібліотеці MINI-GMP часто застосовується динамічне виділення пам'яті у тілі обчислювальних функцій. У портованій версії бібліотеки кількість пам'яті, що виділяється для зберігання даних, вказується на етапі компіляції.

Інтерес для даного дослідження алгоритми дискретного логарифмування представляють як основа більш стійких алгоритмів дискретного логарифмування на еліптичних кривих, які планується дослідити за аналогічною методикою в подальших експериментах.

### Список літератури

1. Математичні основи криптоаналізу[Текст]: навч. посібник / С.О.Сушко, Г.В.Кузнецов, Л.Я. Фомичова, А.В.Корабльов. – Д.: Національний гірничий університет, 2010. – 465с.

2. GMP «Arithmetic without limitation» The GNU Multiple Precision Arithmetic Library [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://gmpmath.org/>, свободный. – Название с титул. экрана.

3. Параллельные вычисления на GPU. Архитектура и программная модель CUDA[Текст]: Учеб. пособие / А.В. Боресков и др. Предисл.: В.А. Садовничий. – М.: Издательство Московского университета, 2012. – 336 с.

## **РОЗРОБКА ПАРАЛЕЛЬНИХ МОДЕЛЕЙ ПРОТОКОЛІВ КВАНТОВОЇ КРИПТОГРАФІЇ ПІД ТЕХНОЛОГІЮ GPGPU**

Квантова технологія – здатність керувати складними квантовими системами на основі їх індивідуальних компонентів. В квантовому комп'ютері необхідно управляти окремими квантовими елементами – квантовими бітами (кубітами) щоб здійснювати квантові обчислення.

Квантові комп'ютери працюють за кардинально іншим принципом, ніж класичні комп'ютери, де вся інформація закодована послідовністю бітів (нуль або одиниця). Якщо три звичайних біта можуть передавати будь-яке із восьми значень (два в третього ступеня), то три кубіта можуть теоретично представляти всі вісім значень. Це означає більш швидкі обчислення в порівнянні з класичними комп'ютерами.

Квантова криптографія є новим етапом в еволюції інформаційного захисту, заснованим на законах квантової фізики. Кожен біт коду передається за допомогою квантового стану елементарної частинки світла-фотона. Як відомо, аксіома квантової фізики свідчить, що квантовий стан неможливо виміряти не порушивши його. Таким чином, виключається спроба зломисника заволодіти інформацією, що виводить криптографію як науку на принципово новий рівень.

Однак, квантова технологія має і певні недоліки:

- нестійкість поляризації одиночного фотона. Основна кількість помилок в сирому ключі спостерігається через втрату поляризації фотонів після проходження по інформаційному каналу;
- через нестійкість поляризації системи даного типу обмежені довжиною лінії передачі;
- процес виправлення помилок детектування поляризації робить систему громіздкою і зменшує її швидкість;
- низька швидкість існуючої елементної бази лавинних фотодіодів і їх низька квантова ефективність;
- складні методики контролю поляризації, які зазвичай не виправдовують себе, що призводить до збільшення помилок в ключі.

Незважаючи на труднощі апаратного втілення квантових технологій корпорація ІВМ зовсім недавно вже відкрила тестовий доступ

---

<sup>1</sup> Доцент ЗНТУ

<sup>2</sup> студент гр. РГ-811м ЗНТУ

до свого хмарного квантового комп'ютера, що на їх думку допоможе дослідникам усього світу працювати над інноваційними технологіями[1].

Привабливість досліджень в області квантових комп'ютерів забезпечується природним паралелізмом таких обчислень, який можна змоделювати на сучасних масивно – паралельних пристроях ще до використання реального квантового комп'ютера.

На сьогоднішній день набирає обертів парадигма GPGPU-неспціалізовані обчислення на графічних процесорах – метод використання графічного процесора відеокarti (масивно-паралельного пристрою) для виконання не тільки графічних, а й загальних обчислень. Однею з платформ для таких обчислень є технологія CUDA[2].

CUDA будується на концепції, що GPU (званий пристроєм, device) виступає в ролі масивно-паралельного співпроцесора до CPU (званому host). Програма на CUDA задіє як CPU, так і GPU. При цьому звичайний (послідовний, тобто не паралельний) код виконується на CPU, а для масивно-паралельних обчислень відповідний код виконується на GPU як набір ниток (потоків, threads), що виконуються одночасно. Таким чином, GPU розглядається як спеціалізований обчислювальний пристрій, який: є співпроцесором до CPU; володіє власною пам'яттю; має можливість паралельного виконання огромного кількості окремих ниток.

Метою дослідження є розробка програмних моделей протоколів квантової криптографії[3] на GPU з використанням технології CUDA дозволяє виключити недоліки криптографічних протоколів ще на етапі моделювання, що дає позитивний економічний ефект.

### Список літератури

1. IBM открыла доступ к своему облачному квантовому комп'ютеру [Електроний ресурс]: / Ольга Карпенко / Новини від 05.05.2016– Назва з титул. екрану, Режим доступу: <http://ain.ua/2016/05/05/646763>

2. Параллельные вычисления на GPU. Архитектура и программная модель CUDA[Текст]: Учеб. пособие / А.В. Боресков и др. Предисл.: В.А. Садовничий. – М.: Издательство Московского университета, 2012. – 336 с.

4. Shor P.W. Polynomial-Time Algorithms for Prime Factorization and Discrete Logarithms on a Quantum Computer [Text] / P.W. Shor // SIAM J.Sci.Statist.Comput. – 1997. – 26(5). – P. 1484 – 1509. Режим доступу: <http://arxiv.org/pdf/quant-ph/9508027v2>

## 6 СЕКЦІЯ «ФІЗИКА І ТЕХНОЛОГІЯ МІКРО- ТА НАНОЕЛЕКТРОНІКИ»

УДК 539.2

Вакула П.В.<sup>1</sup>, Бабич А.В.<sup>2</sup>, Коротун А.В.<sup>3</sup>, Рева В.И.<sup>4</sup>, Погосов В.В.<sup>5</sup>

### СПЕКТРАЛЬНЫЕ И АННИГИЛЯЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЗИТРОНОВ В МЕТАЛЛ-ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАНОСАНДВИЧАХ

В рамках модифицированного метода Кона-Шема и модели стабильного желе с учетом зоны проводимости диэлектрика (твердые инертные газы,  $\text{SiO}_2$ ) исследованы размерные эффекты, влияние эффективных масс на энергетические и аннигиляционные характеристики позитронов в слоистых структурах с самосогласованными гибридными потенциальными профилями, построенными в приближении локальной плотности и сшитыми с потенциалами изображения. Обсуждается возможность локализации атома позитрония в наносандвичах.

Пучки медленных позитронов используются для диагностики структуры твердых тел, нанообъектов, в том числе с помощью позитронного микроскопа. Электрон-позитронная аннигиляция дает уникальную информацию об объемной и поверхностной электронной структуре, точечных дефектах чистых материалов и их окислов, а также керамик и наноструктур.

Одной из важнейших равновесных характеристик металлических наноструктур является работа выхода электронов и позитронов  $W_{e,p}$ . Для металлической пленки на диэлектрической подложке в модель необходимо ввести минимальную информацию не только о ее диэлектрических свойствах (постоянной  $\epsilon$ ), но еще и о глубине залегания дна зоны проводимости ( $-\chi_{e,p}$ ) по отношению к вакуумному уровню ( $\chi_{e,p}$  – энергия сродства электронов или позитронов,  $\chi_e \neq \chi_p$ ). В работе

---

<sup>1</sup> Старший преподаватель ЗНТУ

<sup>2</sup> Postdoc and Research Positions at Max Planck Institute for Solid State Research

<sup>3</sup> Доцент ЗНТУ

<sup>4</sup> Аспирант ЗНТУ

<sup>5</sup> Профессор ЗНТУ

[1] предложен метод самосогласованных вычислений равновесных профилей электронной концентрации, эффективного потенциала, энергетического спектра и интегральных электронных характеристик металлической пленки в диэлектриках и на диэлектрических подложках.

Целью настоящей работы является расчет спектральных и аннигиляционных характеристик позитронов инжектированных в металл-диэлектрические слоистые структуры. Задача разбивается на 2 этапа. На первом этапе рассчитываются все равновесные электронные характеристики сэндвича в отсутствие позитрона. На основе равновесных электронных профилей вычислены волновые функции, энергии связи и времена жизни позитронов, локализованных на потенциалах изображения нанопленок алюминия в контакте с изоляторами. Вычисление электронных характеристик структуры в отсутствие позитрона тестировался экспериментами по измерению электронных барьеров Шоттки на предмет обнаружения нефизических случаев пиннинга уровня Ферми. Только затем равновесные профили электронов использованы для построения профиля электрон-позитронного потенциала. Выбор материалов для контактов ограничен также наличием в литературе данных о диэлектрической постоянной диэлектрика  $\epsilon$  и энергии сродства электронов  $\chi_e$  и позитронов  $\chi_p$ .

Расчеты проведены для контактов Al(111) с вакуумом, Ne, Ar, Kr, Xe и SiO<sub>2</sub>. исследованы размерные эффекты, влияние эффективных масс на энергетические и аннигиляционные характеристики позитронов в слоистых структурах с самосогласованными гибридными потенциальными профилями, построенными в приближении локальной плотности и сшитыми с потенциалами изображения. Сделан вывод о способности металл-диэлектрических наносэндвичей и кластеров металлов, внедренных в диэлектрические матрицы к конденсации атомов позитрония.

### Список литературы

1. Бабич, А.В. К вопросу о позитронных состояниях в металл-диэлектрических наносэндвичах [Текст] / А.В.Бабич, П.В. Вакула, В.В. Погосов // Физика твердого тела. – 2015. – Т.57. – № 1. – С. 135–139.

**ЭЛЕКТРОННЫЕ СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
МЕТАЛЛ-ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАНОСАНДВИЧЕЙ**

Исследования металлических пленок на полупроводниковых или диэлектрических подложках помимо фундаментальных целей ставят задачу создания новых наномасштабных приборов. Сравнительно малое количество экспериментальных исследований, целью которых являются квантово-размерные эффекты указывает на сложность получения подходящих для исследования объектов и методов измерения. Следует отметить, что металлические пленки напыляются на различные подложки, однако до сих пор методы самосогласованных вычислений, за исключением небольшого числа работ [1], разработаны только для гипотетических металлических пленок в вакууме.

Одной из важнейших равновесных характеристик металлических наноструктур является работа выхода электронов. Для металлической пленки на диэлектрической подложке в модель необходимо ввести информацию не только о ее диэлектрических свойствах (постоянной  $\epsilon$ ), но еще и о глубине залегания дна зоны проводимости ( $-\chi_e$ ) по отношению к вакуумному уровню ( $\chi_e$  – энергия сродства к электрону). В качестве приближения наличием зоны проводимости пренебрегают ( $\chi_e = 0$ ). Такой подход использовался при вычислении работы выхода, поляризуемости и поверхностного плазмонного резонанса в нанокластерах и проволоках, погруженных в различные диэлектрические матрицы.

При выходе электрона из металла сопровождающая его обменно-корреляционная дырка локализуется и расплывается вблизи поверхности, принимая вид заряда-изображения. Потенциал мнимого изображения классической электродинамики не воспроизводится в этом приближении. В работе [2] был предложен сравнительно простой подход, позволяющий эту сложность преодолеть, оставаясь в рамках самосогласованной процедуры. Этот подход и используется в данной работе.

---

<sup>1</sup> Старший преподаватель ЗНТУ

<sup>2</sup> Postdoc and Research Positions at Max Planck Institute for Solid State Research

<sup>3</sup> Доцент ЗНТУ

<sup>4</sup> Аспирант ЗНТУ

<sup>5</sup> Профессор ЗНТУ

В работе выполнены кон-шемовские вычисления профилей потенциалов, работ выхода и барьеров Шоттки для асимметричных металл-диэлектрических плоских слоистых структур.

Введение нелокального потенциала в сравнении с приближением локальной плотности существенно не повлияло на положение уровня Ферми в металлической пленке граничащей с диэлектриком, однако заметно изменило ход эффективного потенциала, включая интерференцию сил изображения, по обе стороны пленки.

Для металлической пленки на изолирующей подложке или металл-диэлектрических сэндвичей в моделях минимальной информацией является не только диэлектрическая постоянная  $\epsilon$ , но также и глубина залегания дна зоны проводимости электронов ( $-\chi_e$ ). Как оказалось предположение идеальных интерфейсов работает только для материалов с небольшими величинами  $\epsilon$  и  $\chi_e$ . Для контактов металлов, например, с Si и Ge наблюдается ложный пиннинг уровня Ферми в пленке к дну зоны проводимости в Si или Ge. Это заставляет с осторожностью относиться к результатам подобных вычислений, в которых принято  $\chi_e = 0$ .

### Список литературы

1. Бабич А.В. К расчету энергетических характеристик металлической пленки с диэлектрическим покрытием [Текст] / А.В. Бабич // ФММ.–2014.– Т. 115. №2. – С. 1–10.
2. Serena P.A., Soler J.M., Garcia N. Self-consistent image potential in a metal surface / P.A. Serena, J.M. Soler, N. Garcia // Phys. Rev. B.–1986.–V. 34. № 10.–P. 6767–6769.

УДК 621.389; 004.942

Василенко О.В.<sup>1</sup>

### МОДЕЛЮВАННЯ МЕМ-ЕЛЕМЕНТІВ В ЕСAD

До мем-елементів відносять мемристори, мемконденсатори і меміндуктивності [1], які володіють довгостроковою енергонезалежною пам'яттю, що відкриває широкі перспективи їхнього використання для так званих мем-обчислень в надшвидких енергоефективних комп'ютерах та в системах із штучним інтелектом. Моделювання дозволяє значно прискоро-

---

<sup>1</sup> доцент ЗНТУ

рити як розробку нових оптимальних структур, так і покращити якості систем, які використовують мем-елементи [2]. При розробці елементів наноелектроніки використовують специфічне програмне забезпечення для моделювання на рівні твердого тіла, однак, при проектуванні електронних систем, де мем-елементи використовуються в якості структурних одиниць, постає задача сумісного моделювання електронних систем на більш високих рівнях абстракції в середовищі програм, наприклад, класу ECAD (Electronic CAD, автоматизоване проектування в електроніці), для чого необхідно розробити та дослідити низку моделей різного ступеню деталізації та області адекватності. Отже, моделінг (синтез моделі) на основі аналізу основ функціонування мем-елементів, та адаптація розроблених моделей до програм ECAD після аналізу та оптимізації моделі (симуляції), є актуальною задачею.

Проста макромодель мемристора, побудована засобами ECAD програми Micro-Cap 11 [3], наведена на рисунку 1. Вона має характерну трьохступінчасту структуру (для завдання однонаправленості/ каузальності) та складається з набору пасивних компонентів (R, C) та керованих джерел, які задають алгоритм функціонування елемента, обчислюють його потік і заряд. Компоненти адаптовані під сучасний поведінковий алгоритм (behavioral algorithm). Для зв'язку із «зовнішньою» схемою використовується оператор PARAMETERS, через який можна встановити значення опору у ввімкненому та вимкненому станах ( $R_{on}$ ,  $R_{off}$ ), початкове значення  $R_{init}$ , товщину півки  $D$ ; обрати систему рівнянь ( $window\_type$ ) із необхідними параметрами для опису нелінійного характеру зміни опору мемристора (memristance), при цьому можна створити власну статичну модель (обрати варіант «user defined»).

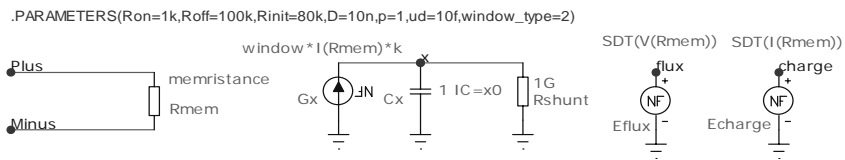


Рис. 1. Схема заміщення моделі мемристора

На рисунку 2 наведені характеристики, отримані шляхом симуляції схеми із мемристором, який знаходиться під впливом джерела синусоїдної напруги. На рис.2, а чітко помітний ефект «пам'яті» (гістерезис на ВАХ); осцилограми (рис.2, б) демонструють нелінійні викривлення струму (масштаб струму збільшений в 5000 разів).



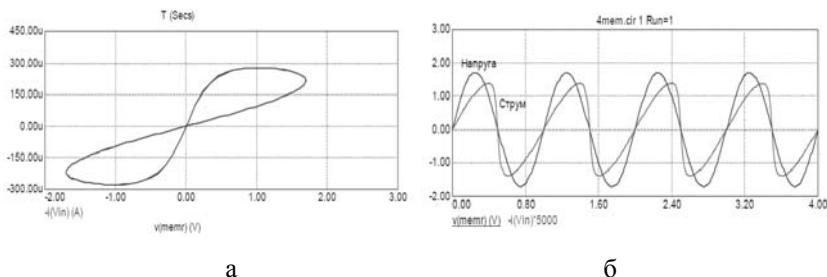


Рис. 2. Характеристики мемристора: а – статичні ; б – динамічні

Аналогічним чином побудовані макромоделі memcapacitor і meminductor. Макромоделі доступні для редагування (зміни області адекватності), а каузальний підхід дозволяє їх використовувати в програмах для інжинірингу і в універсальних математичних процесорах.

### Список літератури

1. Pershin, Y.V. Memory effects in complex materials and nanoscale systems/ Y.V. Pershin, M. Di Ventra // *Advances in Physics*, 2011, – Vol. 60 (2) – pp.145–227
2. Biolek, D. SPICE Modeling of Memristive, Memcapacitive and Meminductive Systems/ D.Biolek, Z.Biolek, V.Biolkova / *Proc. of European Conference on Circuit Theory and Design*. – Antalya, Turkey, 2009. – pp. 249–252.
3. Micro-Cap 11, Analog and Digital Behavioral Modeling [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.spectrum-soft.com/demo/abm.shtm>

УДК 538.971

Дуда Е.В.<sup>1</sup>, Корнич Г. В.<sup>2</sup>

## ПОСТРОЕНИЕ ИЗМЕНЕННОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ АТОМНЫХ СИСТЕМ МЕТОДОМ ТЕМПЕРАТУРНО-УСКОРЕННОЙ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ

Метод температурно-ускоренной динамики (ТУД) [1] является одним из методов динамического моделирования атомных систем, позволяющих изучать данные системы на временных промежутках больших, чем достижимые с помощью метода молекулярной динамики (МД). Другими такими методами являются гипердинамика [2] и метод параллель-

<sup>1</sup> аспирант кафедры СА и ВМ ЗНТУ

<sup>2</sup> проф., д. ф.-м. н., зав. каф. СА и ВМ ЗНТУ

ных реплик [3]. Данные методы были разработаны для изучения процессов, связанных с термоактивируемыми атомными переходами. Сложность, связанная с моделированием таких процессов, заключается в том, что продолжительность атомных переходов значительно меньше времени, проходящего между двумя последовательными переходами. Таким образом, большая часть вычислительного времени при использовании метода МД тратится на моделирование системы в некоторых состояниях, а не на моделирование атомных переходов.

Суть метода ТУД заключается в изучении процессов переноса в атомной системе при температуре  $T_{low}$  посредством моделирования данной системы при более высокой температуре  $T_{high}$ . В работе [1] описан алгоритм реализации данного метода, который направлен на то, чтобы приблизить поведение системы при температуре  $T_{high}$  к тому, которое она имела бы при температуре  $T_{low}$ .

В представленной работе изучается возможность повышения точности результатов, получаемых методом ТУД, посредством изменения потенциала взаимодействия. Пусть потенциальная энергия оригинальной системы будет представлена в виде:

$$U(r_1, r_2, \dots, r_N) = \sum_i^N U_i(r_1, r_2, \dots, r_N). \quad (1)$$

Улучшить качество результатов, получаемых ТУД методом, можно используя потенциал следующего вида:

$$U'(r_1, r_2, \dots, r_N) = \sum_i^N [(U_i(r_1, r_2, \dots, r_N) - U_{min,i}) \cdot A(\rho_i) + U_{min,i}], \quad (2)$$

где  $\rho_i$  – расстояние от  $i$ -го атома до ближайшего энергетического минимума;  $U_{min,i}$  – значение потенциальной энергии ближайшего к  $i$ -му атому энергетического минимума; функция  $A(\rho_i)$  имеет следующий вид:

$$A(\rho_i) = \begin{cases} T_{high}/T_{low}, & \rho_i < R_1 \\ \psi(\rho_i), & R_1 \leq \rho_i < R_2 \\ 1, & R_2 \leq \rho_i \end{cases} \quad (3)$$

где  $R_1, R_2$  – параметры потенциала;  $\psi(\rho_i)$  – функция, обеспечивающая непрерывность  $A(\rho_i)$  и некоторого наперед заданного числа ее производных.

В таблице 1 представлены результаты моделирования объема двумерного кристалла меди, содержащего вакансию, методами МД, ТУД с измененным потенциалом (I) и оригинального ТУД (II). Кристалл сжат на величину  $z$  в некотором направлении и растянут на ту же величину в перпендикулярном. Из таблицы видно, что при введении измененного потенциала, метод ТУД дает результаты, которые лучше согласуются с результатами прямого МД моделирования.

Таблица 1 – Результаты моделирования диффузии вакансии в объеме двумерного кристалла меди

T, К	z, %	МД		T <sub>high</sub> , К	ТУД			
					I		II	
		n	t, ps		n	t, ps	n	t, ps
400	0.25	0.469	1688	500	0.473	1620	0.462	466
				600	0.439	1278	0.518	150
	0.5	0.574	1449	500	0.574	1456	0.599	407
				600	0.564	1111	0.601	140
	1	0.802	872	500	0.801	1000	0.794	258
				600	0.77	751	0.757	94

t – среднее время, проходящее между двумя последовательными атомными переходами; n – доля переходов, совершенных вдоль направления сжатия.

### Список литературы

1. M. R. Sorensen, A. F. Voter. Journal of Chemical Physics. 2000. V. 112. №21. P. 9599.
2. A. F. Voter. Journal of Chemical Physics. 1997. V. 106. №11. P. 4665.
3. A. F. Voter. Physical Review B. 1998. V. 57. № 22. P. 985.

УДК 539.23

Жавжаров Є.Л.<sup>1</sup>

### ФОРМУВАННЯ НАНОПЛІВОК Ag Ta Cu ПІД ДІЄЮ АТОМАРНОГО ВОДНЮ

Електрофізичні властивості і широкий спектр ефектів, які мають місце лише в тонких металевих плівках зумовлюють їх широке практичне використання в багатьох пристроях сучасної мікро- і наноелектроніки, оптоелектроніки та техніки СВЧ. При виборі методу отримання тонких плівок звертають особливу увагу на такі характеристики процесу як відтворюваність параметрів, міру дії на поверхню підкладки твердого тіла, чистоту, економічність. Більшість сучасних методів здобуття тонких плі-

<sup>1</sup> к.ф.-м.н. доцент каф. МіНЕ, ЗНТУ, м. Запоріжжя, Україна

вок вимагають досить складного устаткування, що пов'язане з необхідністю здобуття високого вакууму або проведенням багатостадійних процесів.

Альтернативним методом отримання тонких металевих плівок може служити здобуття плівок металів за участю атомарного водню. При дії атомарного водню на поверхню твердого тіла протікає екзотермічна реакція рекомбінації атомів в молекули ( $\sim 4,5$  eV на акт рекомбінації). Ця енергія може збуджувати як електронну підсистему твердого тіла, так і стимулювати ряд фізичних процесів – локальний розігрів, розпилення, перенесення і дифузію поверхневих атомів [1].

Метою роботи було виявлення закономірностей утворення наноплівки металів Cu, Ag при взаємодії їх із атомарним воднем. Дані метали широко застосовуються в мікроелектроніці при створенні провідних шарів в сучасних чіпах.

Атомарний водень отримували дисоціацією молекулярного водню в плазмі ВЧ-розряду, молекулярний водень – електролізом з розчину KOH. Далі водень пропускався через форбалон для уловлювання крапель KOH, осушну колонку, заповнену силікагелем, після чого він поступав в реакційну камеру. Концентрація H в робочому об'ємі вимірювалася колориметричним методом і досягала  $\sim 5 \cdot 10^{-14}$  см<sup>-3</sup> при тиску в камері 15–25 Па.

Товщина плівок контролювалася на спектрофотометрі СФ-16, а також методом кварцового мікрозважування.

В процесі експерименту зразки із попередньо нанесеними тонкими плівками Ag, Cu розміщувалися на столику з СТ-51, віддаленому на  $\sim 25$  см від області розряду, що дозволяло виключити попадання на зразок радикалів гідроксила і інших іонів, що утворюються у водневій плазмі. На відстані 1..10 см розміщувалися чисті підкладки. Як матеріал підкладки використовувався монокристалічний германій (111) і ситалові підкладки СТ-51. Обробка зразків проводилася при концентрації H ( $\sim 5 \cdot 10^{-14}$  см<sup>-3</sup>) протягом різного часу (від 60 з до 30 мін). Температура столика із зразками контролювалася за допомогою інтегрального цифрового датчика температури. При обробці в H зразки нагрівалися лише за рахунок енергії, що виділяється при рекомбінації.

Встановлено, що в процесі обробки атомарним воднем плівки Cu, Ag активно розпилялися. При цьому швидкість розпилення залежить від концентрації атомарного водню в газовій фазі, структури плівок, тиску в робочій камері і умов тепловідведення від підкладки.

Виявлено, що в процесі обробки атоми металів Ag, Cu розпилялися, переходили в газову фазу і мігрували від підкладки-джерела до чистої підкладки, що розташовувалася на відстані. Стикаючись з поверхнею твердого тіла, атоми металу переходили в локалізований стан. Внаслідок

чого відбувається конденсація і зростання плівки даного металу на новому місці. Оцінка швидкості росту плівки показала швидкість осадження близько 0,4 нм/хв для плівок Cu, Ag. Така невелика швидкість осадження плівки пов'язана із наявністю конкуруючого процесу розпилення вже осадженої плівки. Крім того досліджена кінетика утворення плівки в залежності від часу обробки.

Таким чином, обробка структур метал-напівпровідник або метал-діелектрик атомарним воднем може приводити до утворення наноплівок металів при тиску в робочій камері порядку 20 Па. При цьому слід очікувати, що плівки будуть технологічно чистими і мати хорошу адгезію. При використанні обробки атомарним воднем можливі два методи утворення наноплівок. При першому методі плівка виходить в результаті поступового зменшення товщини за рахунок контрольованого розпилення плівки, отриманої стандартним способом. При другому методі наноплівка утворюється при осадженні атомів металів з газової фази в процесі розпилення джерела металу. Перший метод дозволяє отримувати плівки завтовшки від товщини вихідної плівки до моношару. Другий метод (механізм газофазного перенесення) дозволяє отримувати плівки завтовшки від моношару до ~ 10 нм.

Таким чином, використання технологічної операції обробки атомарним воднем дозволяє створювати контрольовані за параметрами і товщиною наноплівки металів.

### Список літератури

1. В. М. Матюшин, С. Л. Жавжаров Радикалорекombінаційна обробка мікроструктур. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2011. – 196 с.

УДК 538.9

Коротун А.В.<sup>1</sup>, Погосов В.В.<sup>2</sup>, Рева В.І.<sup>3</sup>

### ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ МОДЕЛІ ДРУДЕ НА ІНФРАЧЕРВОНЕ ПОГЛИНАННЯ КОМПОЗИТІВ ІЗ ЗОЛОТИМИ НАНОЧАСТИНКАМИ

Відомо, що оптичні властивості, зокрема, поглинання металевих наноструктур істотно відрізняються від властивостей 3D-металу. Поглинання світла металевими наночастинками є наслідком збудження

---

<sup>1</sup> Доцент ЗНТУ

<sup>2</sup> Професор ЗНТУ

<sup>3</sup> Аспірант ЗНТУ

когерентних коливань електронів у зоні провідності під дією світла. Ці коливання відомі як поверхневі плазмони, що спостерігаються у наночастинках з великою питомою площею [1]. Згідно теорії Мі, коефіцієнт поглинання металевих частинок є сумою за всіма електричними і магнітними мультипольними коливаннями, які визначають поглинання і розсіяння електромагнітних хвиль.

У квазістатичному режимі коефіцієнт поглинання  $\eta(\omega)$  для  $N$  частинок, що містяться в об'ємі  $V$ , має вигляд:

$$\eta(\omega) = \frac{9\omega}{c} \beta \epsilon_m^{\frac{3}{2}} \frac{\epsilon_2}{(\epsilon_1 + 2\epsilon_m)^2 + \epsilon_2^2}, \quad (1)$$

де  $\omega$  – частота;  $\beta$  – коефіцієнт заповнення композиту наночастинками ( $\beta \ll 1$ );  $\epsilon_m$  – діелектрична проникність матриці;  $\epsilon_1$  та  $\epsilon_2$  – дійсна та уявна частини діелектричної функції матеріалу включень (металу) [2]:

$$\epsilon(\omega) = \epsilon_1(\omega) + i\epsilon_2(\omega) = \epsilon_\infty - \frac{\omega_p^2}{\omega^2 + \omega_\tau^2} + i \frac{\omega_p^2 \omega_\tau}{\omega(\omega^2 + \omega_\tau^2)}. \quad (2)$$

Тут  $\omega_p^2 \equiv e^2 \bar{n} / \epsilon_0 m^*$  – плазмова частота;  $\bar{n}$  – концентрація електронів у 3D-металі;  $m^*$  – ефективна маса електронів;  $\omega_\tau = \tau_{\text{eff}}^{-1}$ ,  $\tau_{\text{eff}}$  – час релаксації.

У рамках дифузійного наближення ефективну частоту зіткнень електронів у частинці можна представити як

$$\frac{1}{\tau_{\text{eff}}} = \frac{1}{\tau_0} + \mathcal{S} \frac{v_F}{R}, \quad (3)$$

де  $\tau_0$  – час вільного пробігу і швидкість ферміївських електронів у 3D-металі;  $R$  – радіус наночастинки;  $\mathcal{S}$  – ефективний параметр, що описує ступінь втрати когерентності.

На рис. 1 наведені частотні залежності коефіцієнта поглинання наночастинок Au радіусом  $R = 5$  нм із різними значеннями коефіцієнта заповнення, впроваджених у КСІ ( $\epsilon_m = 4,64$ ). Як видно з вигляду кривих  $\eta(\omega)$ , частотні залежності коефіцієнта поглинання апроксимуються виразом  $\eta(\omega) \propto \omega^2$ . Результати розрахунків свідчать про необхідність врахування внеску іонної підсистеми у коефіцієнт поглинання та коректного врахування зонної структури металу (заміни  $m_e \rightarrow m^*$ ).

Оскільки величина розбіжності між значеннями коефіцієнта поглинання збільшується зі збільшенням вмісту наночастинок.

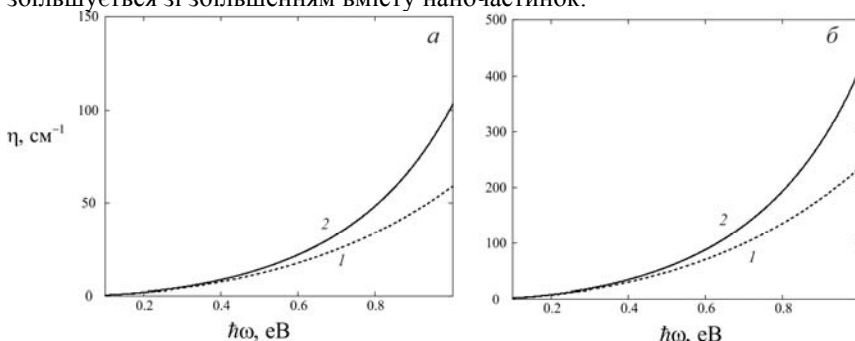


Рис. 1. Частотні залежності  $\eta(\omega)$  нанокompозиту із частинками Au в KCl при  $\beta = 0,004$  (а) та  $\beta = 0,016$  (б): 1 –  $\epsilon_\infty = 1$ ,  $m^* = m_e$ ; 2 –  $\epsilon_\infty = 9,84$ ,  $m^* = 1,32m_e$ .

### Список літератури

1. Kreibig, U. Optical Properties of Metal Clusters [Text] / U. Kreibig, M. Vollmer. – Berlin: Springer, 1995.
2. Olmon, R. L. Optical dielectric function of gold [Text] / R.L. Olmon, B. Slovick, T.W. Johnson, D. Shelton, S.-H. Oh, G.D. Boreman, M.B. Raschke, // Phys. Rev. B. 2012. – V. 86. – No 23. – id. 235147.

УДК 538.9

Коротун А.В.<sup>1</sup>, Курбацкий В.П.<sup>2</sup>, Погосов В.В.<sup>3</sup>

### РАСЧЕТ ДИАГОНАЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТЕНЗОРА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ НАНОПРОВОЛОЧКИ

Исследованию металлических нанопроволочек в настоящее время уделяется большое внимание в связи с широкими перспективами их применения в нанoeлектронике.

<sup>1</sup> Доцент ЗНТУ

<sup>2</sup> Доцент ЗНТУ

<sup>3</sup> Професор ЗНТУ

Характерной чертой таких систем является анизотропия их оптических свойств, обусловленная эффектами размерного квантования. В связи с этим, такие величины как оптическая проводимость или диэлектрическая функция приобретают тензорный характер [1].

Вследствие анизотропии оптических свойств металлических систем пониженной размерности связь между компонентами индукции  $\mathcal{D}_\alpha$  и напряженности  $\mathcal{E}_\beta$  электрического поля носит нелокальный характер [2]:

$$\mathcal{D}_\alpha(\mathbf{r}, \omega) = \int \epsilon_{\alpha\beta}(\mathbf{r}, \mathbf{r}', \omega) \mathcal{E}_\beta(\mathbf{r}', \omega) d\mathbf{r}'. \quad (1)$$

Для вычисления диагональных компонент диэлектрического тензора  $\epsilon_{\alpha\alpha}$  воспользуемся результатами [3], обобщенными на случай анизотропных систем:

$$\epsilon_{\alpha\alpha} = 1 - \frac{8\pi e^2 \hbar^2}{m_e^2 \Omega} \sum_{i,j} \frac{f_i (\epsilon_{ij}^2 - \hbar^2 \omega^2 + \hbar^2 / \tau^2 + i 2\hbar^2 \omega / \tau)}{\epsilon_{ij} \left[ (\epsilon_{ij}^2 - \hbar^2 \omega^2 + \hbar^2 / \tau^2)^2 + 4\hbar^4 \omega^2 / \tau^2 \right]} \left| \langle j | \hat{p}_\alpha | i \rangle \right|^2, \quad (2)$$

где  $m_e$  – масса свободного электрона;  $\Omega$  – объем системы;  $|i\rangle$  и  $|j\rangle$  – вектора начального и конечного состояний, соответственно,  $\epsilon_{ij} \equiv \epsilon_i - \epsilon_j$ ;  $\tau$  – время релаксации;  $T$  – температура. В дальнейшем будем считать  $T = 0$ ;  $f_i$  – коэффициент заполнения состояний с энергией  $\epsilon_i$ .

Для проведения численных расчетов выражение (2) необходимо дополнить соотношением, определяющим уровень Ферми металлической нанопроволочки [1]:

$$\bar{n} = \frac{2}{\pi^2 \rho_0^2} \sum_{m,n} \sqrt{k_F^2 - k_{mn}^2}, \quad (3)$$

Здесь  $\bar{n}$  – концентрация электронов в 3D-металле, а суммирование происходит по всем значениям  $m$  и  $n$ , для которых  $k_{mn} < k_F$ .

На рис. 1 изображены зависимости  $\text{Im} \epsilon_{xx}(\hbar\omega)$  для проволочек различных металлов диаметром  $d = 3$  нм. Для Al диэлектрическая функция имеет один максимум и осцилляции отсутствуют. С увеличением частоты осцилляции затухают как для Cu, так и для Au. Такое поведение диэлектрической функции объясняется малым значением времени релаксации электронов алюминия, так что ширина пиков примерно составляет  $\hbar / \tau = 0,082$  эВ по сравнению с двумя другими металлами.



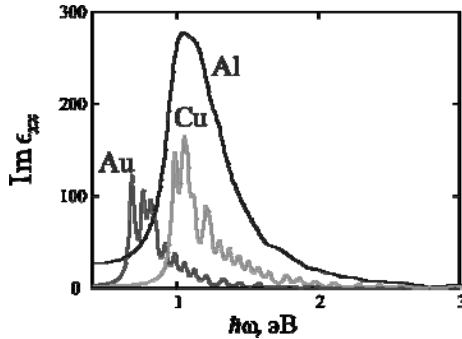


Рис. 1. Частотная зависимость мнимой части диэлектрической функции проволок различных металлов

### Список литературы

1. Курбацкий, В. П. Энергия Ферми и оптическая проводимость квантовых металлических нитей [Текст] / В. П. Курбацкий, А. В. Коротун, А. В. Бабич, В. В. Погосов // ФТТ. – 2009. – Т. 51, № 12. – С. 2371–2378.
2. Kurbatsky V.P. Optical conductivity of metal nanofilms and nanowires: the rectangular-box model [Текст] /V.P.Kurbatsky, V.V.Pogosov //Phys. Rev. B.– 2010.– id. 155404.
3. Wood, D.M. Quantum size effects in the optical properties of small metallic particles [Текст] / D.M. Wood, N.W. Ashcroft // Phys. Rev. B. – 1982. – V. 25. – № 10. – P. 6255–6273.

УДК 539.2

Погосов В.В.<sup>1</sup>, Бабич А.В.<sup>2</sup>, Рева В.И.<sup>3</sup>

### ВАКАНСИОННЫЙ ВКЛАД В РАБОТУ ВЫХОДА ЭЛЕКТРОНОВ И ПОЗИТРОНОВ ИЗ МЕТАЛЛА

Одним из весьма чувствительных методов диагностики объемных дефектов и состояния поверхности материалов является метод аннигиляции позитронов. Позитроны эммитируются в металл каким-либо радиоактивным изотопом, который испускает позитроны высоких

<sup>1</sup> Профессор ЗНТУ

<sup>2</sup> Postdoc and Research Positions at Max Planck Institute for Solid State Research

<sup>3</sup> Аспирант ЗНТУ

энергий. На его пути устанавливают модератор-образец, в котором позитроны значительную часть энергии теряют в неупругих соударениях с атомами, а затем с энергией  $\sim 50$  кэВ поступает уже в исследуемый образец. Далее, всего за несколько пикосекунд позитрон термализуется. Являясь античастицами, электрон металла и позитрон могут попарно аннигилировать с испусканием  $\gamma$ -квантов. Спектр аннигиляции позитронов является источником информации об электронной структуре материалов. Для некоторых металлов с отрицательной работой выхода позитрона (Al, Ti, Cr, Fe, Ni) наблюдается интенсивная обратная эмиссия позитронов. Поэтому, помимо измеряемых времени жизни и углового распределения фотонов аннигиляции, для этих металлов по измеренному энергетическому распределению позитронов обратной эмиссии устанавливается работа выхода  $W_p \leq 0$ . Работа выхода электронов  $W_e$  из металла всегда положительна (металл для электронов является потенциальной ямой). Для электронов проводимости вакансии в металле представляет собой потенциальный барьер, а для инжектированных в металл позитронов – потенциальную яму.

В настоящей работе учтены особенности рассеяния позитронов обратной эмиссии на пустых вакансиях и вакансиях уже заряженных локализованными позитронами. Полагая распределение вакансий однородным, мы моделируем его 3D сверхрешеткой. Эта решетка заряженных вакансий приводит к сдвигу энергии основного состояния позитронов обратной эмиссии. Проведена оценка вакансионного вклада в работу выхода позитронов для массивных металлов и нанокластеров.

Концентрация вакансий, образующихся в результате радиационных повреждений в металлах, может составлять десятки процентов. Используя формулы в качестве оценочных для значений концентрации вакансий 3%, сдвиги работ выхода составляют значительные величины:  $\delta W^e \approx -0.5$  eV и  $\delta W^p \approx -1.77$  eV. Таким образом показано, что вакансионный эффект дает значительно больший вклад в энергетику позитронов, чем электронов.

Потенциал ионизации IP свободного кластера атомов металла или островка на подложке может быть представлен в виде двух слагаемых

$$IP = W^e + e^2/2C,$$

где  $e^2/2C$  – электростатическая энергия зарядки,  $C$  – электрическая емкость кластера. Ток эмиссии  $I \sim e^{-IP/k_B T^e}$ ,  $T^e$  – температура электронного газа. Если включить зависимость  $W^e$  от концентрации вакан-

сий, то эффект эмиссии будет усилен в  $e^{-\delta W_v^e / k_B T^e}$  раз. Оценена температурная зависимость работы выхода электронов и позитронов для граней 3D – алюминия и наносферы, содержащей примерно  $10^3$  атомов. Обсуждается также влияние вакансий на электронные эмиссионные свойства островковых пленок на диэлектрических подложках.

### Список литературы

1. Бабич А.В. Оценка вакансионного вклада в работу выхода электронов и позитронов из металлов [Text] / А.В. Бабич, В.В. Погосов, В.И. Рева // Письма в Журнал технической физики 2016, Т. 86 (в печати).

УДК 539.2

Погосов В.В.<sup>1</sup>, Бабич А.В.<sup>2</sup>, Рева В.И.<sup>3</sup>

### РАСЧЕТ ВЕРОЯТНОСТИ ЗАХВАТА И СКОРОСТИ АННИГИЛЯЦИИ ПОЗИТРОНА В ВАКАНСИИ МЕТАЛЛА

Позитроны инжектируются в образец и, рассеиваясь на фонах, быстро термализуются. Измеряемыми характеристиками являются время жизни и угловое распределение фотонов аннигиляции. Для некоторых металлов с отрицательной работой выхода позитрона (в частности, Al и Cu) наблюдается интенсивная обратная эмиссия позитронов, и дополнительной измеряемой характеристикой является минимальная кинетическая энергия позитронов обратной эмиссии. Спектр аннигиляции позитронов является источником информации об электронной структуре, точечных дефектах материалов и их окислов, а также наноструктур.

В позитронной дефектоскопии анализируется временное распределение аннигиляционных фотонов. Временной спектр состоит из компонент с соответствующими интенсивностями и характерными временами. Подразумевается, что одна часть позитронов аннигилирует в объеме образца вне вакансий, другая – локализуется в вакансиях, а затем аннигилирует в них. Такому приближению соответствуют следующие управляющие уравнения

---

<sup>1</sup> Профессор ЗНТУ

<sup>2</sup> Postdoc and Research Positions at Max Planck Institute for Solid State Research

<sup>3</sup> Аспирант ЗНТУ

$$\begin{aligned}\dot{N}_b &= (-\lambda_b - \nu_v c_v) N_b + \nu_{inj}, \\ \dot{N}_v &= -\lambda_v N_v + \nu_v c_v N_b,\end{aligned}$$

где  $N_b$  и  $N_v$  – число свободных позитронов в объеме  $\Omega$  металла и локализованных в вакансиях в момент времени  $t$ , соответственно;  $\nu_{inj}$  – количество инжектируемых в металл позитронов в единицу времени;  $c_v = n_v / n_a$  – относительная концентрация вакансий по отношению к атомной концентрации;  $\lambda_b$  и  $\lambda_v$  – соответствующие скорости аннигиляции ( $\lambda_{b,v} = 1 / \tau_{b,v}$ ,  $\tau$  – время жизни);  $\nu_v$  – скорость локализации на единичную концентрацию вакансий. Из эксперимента находится произведение  $\nu_v c_v$ . Одну из величин  $\nu_v$  или  $c_v$  приходится рассчитывать теоретически.

В соответствии с «золотым» правилом Ферми-Дирака полную вероятность перехода позитрона в локализованное состояние в единицу времени определялась в виде

$$\nu = \frac{2\pi}{\hbar} \sum_{i,f} P_i P_f |M_{i,f}|^2 \delta(E_i - E_f),$$

где  $P_i$  и  $P_f$  – вероятности начального и конечного состояния системы,  $M_{i,f}$  – матричный элемент перехода,  $E_i$  и  $E_f$  – полные энергии системы [1].

Выполнен самосогласованный расчет методом Кона-Шема вероятности локализации позитронов в моновакансиях Al и Cu как функции энергии и температуры. Вакансия моделировалась полостью радиуса ячейки Вигнера-Зейтца в модели стабильного желе. Получена формула скорости захвата вакансией позитрона как функции его энергии. Для термализованных позитронов скорость локализации вблизи тройной точки оказалась по порядку величины близкой к скорости аннигиляции. Моделируя поверхностную концентрацию вакансий 2D сверхрешеткой, дано объяснение аномалии в обратной эмиссии позитронов.

### Список литературы

1. Бабич А.В. О локализации позитронов в вакансиях металла [Text] / А.В. Бабич, В.В. Погосов, В.И. Рева // Физика твердого тела 2015, Т.57, № 11, С. 2081–2089.

## ЭНЕРГЕТИКА МЕТАЛЛИЧЕСКОГО КЛАСТЕРА, СОДЕРЖАЩЕГО ВАКАНСИИ

Фазовый переход из твердого в жидкое состояние в 3D образцах связан с конфигурационным возбуждением – образованием пустот-вакансий. Равновесная концентрация вакансий вычисляется из термодинамических соображений при наличии энергии образования вакансии. Эта величина может быть извлечена из спектра аннигиляции позитронов, локализованных в вакансии. Концентрация вакансий при этом остается свободным параметром.

Экспериментально установлено, что температура плавления свободных кластеров уменьшается с уменьшением их размеров. В процессе плавления диффузия поверхностных вакансий в объем более выгодна для кластеров с незаполненными электронными оболочками, чем для магических кластеров. Существует точка зрения, что вблизи температуры плавления энергия образования вакансий тем меньше, чем меньше кластер, а концентрация вакансий не зависит от его размера. Тем не менее, несмотря на детальные масс-спектрометрические и calorиметрические исследования процесса предплавления и плавления кластеров, вопрос о размерной зависимости энергии образования вакансий, их концентрации и связи с процессом плавления остается открытым.

В данной работе предлагается последовательная процедура нахождения потенциала ионизации большого металлического кластера радиуса  $R_{N,v}$ , состоящего из  $N$  атомов и содержащего  $N_v$  вакансий. В приближении эффективной среды для энергии основного состояния электронов построена теория возмущения по малым параметрам  $R_v / R_{N,v}$  и  $L_v / R_v$  ( $R_v$  и  $L_v$  – среднее расстояние между вакансиями и длина рассеяния электрона на вакансии, соответственно). Профиль эффективного потенциала вакансии, фазы и длина рассеяния электрона предварительно вычислены методом Кона-Шема для макроскопического металла в модели стабильного желе. Предполагается, что потенциальное поле подсистемы вакансий (0D сверхрешетка) обладает «сферической периодичностью».

---

<sup>1</sup> Профессор ЗНТУ

<sup>2</sup> Аспирант ЗНТУ

В результате получено оригинальное выражение для потенциала ионизации кластера [1]

$$IP_{N,v} = W_v^{3D} - \frac{\mu_1}{R_{N,v}} - \frac{\mu_2}{R_{N,v}^2} + \frac{e^2}{2C_{N,v}} - \frac{\hbar^2 \pi^2}{2mR_{N,v}^2} \left( 1 - \frac{12}{\pi} B\xi \right),$$

где  $W_v^{3D}$  – работа выхода электрона из 3D металла,  $\mu_{1,2}$  – первая и вторая размерные поправки химического потенциала электронов,  $R_{N,v}$  – радиус кластера,  $C_{N,v}$  – емкость кластера,  $B = 0,709$ ,  $\xi = L_v/R_v \ll 1$ ,  $L_v$  – длина рассеяния электрона на вакансии. Определены границы применимости данного разложения по степеням обратного радиуса  $R^{-1}$ :  $R > 4.5$  nm и  $R > 6$  nm для Na и Al, соответственно.

Представленный подход представляется перспективным для экспериментального определения концентраций точечных дефектов или примесей в кластерах металлов. Для этого предварительно нужно рассчитать длину рассеяния электронов на соответствующем дефекте в 3D металле. Полученные аналитические выражения удобны для анализа результатов фотоионизационных экспериментов. С их помощью, в частности, может быть определена концентрация вакансий в кластере вблизи температуры плавления. При попадании экспериментального значения потенциала ионизации IP (или энергии прилипания EA) на одну из рассчитанных размерных и концентрационных зависимостей IP (или EA), автоматически фиксируется размер кластера и концентрация вакансий при заданной температуре.

### Список литературы

1. Погосов В.В. Потенциал ионизации металлического кластера, содержащего точечные дефекты или примеси. Вакансии [Text] / В.В. Погосов, В.И. Рева // Физика твердого тела (в печати)

## ОПТИЧЕСКИЕ НЕКОНДУКТИВНЫЕ СВЯЗИ НА МАЛО- /МИКРОМОЩНЫХ ОПТРОНАХ И ИХ КОМПОНЕНТОВ ДЛЯ ИНТЕРФЕЙСОВ ЦИФРОВЫХ СХЕМ

Использование структурированных потоков оптической информации получило широкое применение в технике: в приборах передачи данных, в устройствах управления (УУ) технологическим и бортовым оборудованием, медицинской аппаратуре, видеонаблюдении, др.[1].

Известно, что динамика изменения параметров цифровых ИС, связи между каскадами которых осуществляются по направляющим средам (НС) на основе металлических (Ме) связей, указывает на приближение их к определенному частотному пределу (граничная частота переключения  $F_{гр}$ ). Его граница отличается для логических элементов (ЛЭ) разных типов логики ИС ( $T^2L$ , ЭСЛ,  $T^2ЛШ$ , МОП, К-МОП, др.), но она связана с рядом факторов, основные из которых: **физические свойства выбранных** основных носителей заряда (НЗ) – квазисвязанные электроны (значения: подвижности  $\mu$  в полупроводниковой структуре – ППС, ширина зон, др.), НС в виде проводников и связанные с ними  $R$ ,  $L$ ,  $C$  параметры (например, задержка переключения  $t \sim RC$ , др.); **технологические ограничения** (топологические: минимальный размер элементов, количество выводов корпуса ИС и внутренних связей, их длина, др.); **свойства ППС** (величины: работа переключения из «1»/»0» в «0»/«1», рассеиваемая мощность  $P_{ис}$ , шумы тепловые  $P_{шт} \sim kT$ , др.). Известна высокая восприимчивость ИС, плат, блоков, устройств (токоведущие дорожки, внутренние/внешние интерфейсы, кабели, шлейфы, др.), к электромагнитным помехам (ЭМП) суть явления которых заключается в наведении в проводнике длиной  $l$  ложных импульсов в виде «0» и «1». Это определяет **недостатки таких** НС: двупроводная организация передачи, сложности передачи множества сигналов по 1-й цепи, наличие паразитных обратных связей, восприимчивость к ЭМП, ограничения длины  $l$  сетей и ЛС, параметры частот переключения  $F_{гр}$ , др.

**Анализ излучателей** «коротких» и «длинных» оптронов (схем с источником мало- и микромощного оптического излучения в виде: модуляторов, приемопередатчиков, переключательных устройств, др.) указывает, что подходящими для расстояний  $0,001 \text{ км} \cdot 10^3 \text{ м}$  являются некоге-

<sup>1</sup> Проскурін Микола Петрович, к.т.н., ЗНТУ, доцент каф. КСС.

<sup>2</sup> Щекотихін Олег Вячеславович, к.т.н., ЗНТУ, доцент каф. ЗІ.

рентные излучатели типа ИК СД (на основе GaAs). Они обладают приемлемым набором качеств и характеристик: малой потребляемой мощностью, высоким быстродействием (около  $10^{-9}$  с), достаточным КПД преобразования  $E \rightarrow L$ , длительным временем функционирования ( $\geq 10^6$  ч) преобразования  $E \rightarrow L$ , длительным временем функционирования ( $\geq 10^6$  ч) и производятся по современным планарным технологиям [2,3].

**Обзор фотоприемников (ФП)** оптронов указал перспективность применения схемы ФП в виде р-і-п ФД и ВЧ транзистора (Тр.) с быстродействием более  $10^{-9}$  с [3]; среди них оригинальным КТР является «Интегральный фотоприемный пристрій» [4] (ИФУ) одного из авторов<sup>1</sup>, в котором р-і-п ФД интегрирован в п-р-п ВЧ Тр. (обеспечило: приемлемый уровень генерации ФД, коэффициент усиления Тр., возможность его подстройки, др.), а также технологичность этапов его производства по планарной технологии. Объединение ИК СД и ИФУ в КТР в виде микромощного оптрона, разработка, расчет его элементов и компьютерное моделирование (КМ) на основе схем оптоэлектронных ЛЭ (типа п-ИЛИ-НЕ: базис Пирса) показало их возможности, перспективы для создания ИС с оптическими связями (ОС) [5].

В начале этапа использования дискретных оптронов, их элементов (при реализации преимуществ ОС) предложено было применить их в различных экспериментальных конструкциях, например, в виде блока из ряда плат с ИС и межплатных ОС (с открытым и/или закрытым ВОК). В одной из них использованы ОС по закрытому ВОК в виде волоконнооптических пластин (ВОП) между горизонтальными платами «этажерки» блока на основе излучателей (ИК СД) и ФП (на основе р-і-п ФД) с рабочей частотой  $F_p$  до нескольких десятков МГц. Предложенное КТР одним из авторов<sup>2</sup> тезисов [6] позволяло входные/выходные сигналы ИС одной горизонтальной платы преобразовать в оптические/электрические (типа  $E \rightarrow L$ ,  $L \rightarrow E$ ) и перенаправить на другую горизонтальную плату по ВОП. Однако предложенное КТР далеко от оптимального по ряду причин: а – использование ИС и Ме связей между ними на і-той плате; б – выполнение оптронов, их элементов (СД, ФП) и ВОК, связей между ними и ИС по гибридной (немонолитной) технологии; в – сложность юстирования слоев ВОП (для повышения КПД передачи оптических цифровых сигналов от СД к ФП); г – отсутствие системного подхода к снижению габаритов, мощности потребления дискретных оптронов (их элементов) и повышения частоты их переключения  $F_{Гр}$ ; др.. Указанные недостатки были преодолены в КТР, предложенных одним из авторов<sup>1</sup>: патент «Цифровой пристрій з оптоелектронним блоком» [7] и патент на полезную модель «Оптоелектронна інтегральна схема для цифрових автоматів» [8], которая



состоит из рядов «склеек» ИСОС, оптически связанных между собой, как и каждая «склейка». Разработчики фирм Intel и Apple, др., применили **сходные подходы** с авторами<sup>1,2</sup> в реализации ИСОС: организация разделения входных/выходных оптических потоков цифровых данных; **однако особые подходы** (гибридная технология- навесные элементы) для излучателей/фотоприемников ИС [9].

**Анализ приведенных КТР** [5–9] и указанные подходы авторов<sup>1,2</sup> настоящей статьи показали возможные направления интеграции оптронов и их элементов в ИС, но в вопросе реализации оптических интерфейсов ИС они мало что внесли обнадеживающего. Однако позже автором<sup>1</sup> для решения этого вопроса предложено направление реализации КТР оптического интерфейса ИС в статье [10] (на основе ранее проведенных исследований и разработок российских [11] и украинских ученых [12]). Первые предложили технологию получения и использование ОС на основе технологии окисления пористого кремния (Si); вторые указали на возможность создания оптронов (типа СД-ФД) по планарным технологиям (GaAs мезы на Si подложках). Совместное использование указанных подходов может привести к созданию планарных оптических интерфейсов ИС (частично схожих с проводными интерфейсами ИС).

**Выводы.** Приведенный анализ подводит авторов к следующим выводам:

1. Объективные тенденции повышения производительности после достижения предела  $F_{гр}$  для металлических ИС в традиционных цифровых ИС (10...12 ГГц) **могут быть обеспечены переходом на ОС.**

2. Обзор современных КТР с использованием ОС **показал начало их промышленного применения** (в экспериментальных устройствах) как на уровне межпластных связей, так и между/внутри ИС и/или ее частями.

3. Рассмотренные КТР характеризуются как применением гибридных технологий получения ППС (в экспериментальных ИС с ОС), так и **тенденциями их унификации и сближения с современными планарными технологиями** получения ППС, характерными для ИС.

4. Для внутренних/внешних ОС, интерфейсов перспективным направлением может быть использование элементов **микромощных оптронов УВЧ диапазона** (ИК СД-р-и-п ФД) на Si подложках.

### Список литературы

1. Р. Фриман. Волоконно-оптические системы связи.– М.: Техносфера, 2003.–450 с.
2. А. Берг, П. Дин. Светодиоды. Пер.с англ. под ред.А.Э. Юновича.–М.: Мир, 1979.– 688 с.

3. С.М. Зи. Физика полупроводниковых приборов: В 2 т. / Мир.– М., 1984.– 912 с.

4. Декл. Пат. №68540А. Україна, МКИ G02F 3/00. Интегральный фото-приёмальный пристрой / Білявська О.С., Костенко В.Л., Проскурін М.П. – № 20033076496; Заявл.11.07.2003; Опубл. 16.08.2004, Бюл.№ 8.–3 с.

УДК 669.1; 53.082.7

Сніжної Г.В.<sup>1</sup>, Сніжної В.Л.<sup>2</sup>

## **ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ВИЗНАЧЕННЯ НИЗЬКОГО ВМІСТУ ФЕРОМАГНІТНОЇ АЛЬФА-ФАЗИ В АУСТЕНІТНИХ СТАЛЯХ**

Одним із основних проблемних напрямків науки і техніки є всебічне дослідження аустенітних сталей з метою широкого їх впровадження в космічній техніці, ракетобудуванні, атомній і тепловій енергетиці, авіаційній, хімічній, машинобудівній промисловостях і ін.

Аустенітні хромонікелеві сталі є найбільш широка поширена група корозійностійких сталей, які також володіють жаростійкістю і жароміцністю при помірних температурах. При дослідженні аустенітних сталей приділяється значна увага визначенню кількості  $\alpha$ -фази у зв'язку з її впливом на корозійні і механічні властивості. Присутність навіть незначної кількості цієї фази в сталі протистоїть розвитку процесу міжкристалітної корозії, унаслідок якої виникає падіння пластичності. Тому визначення низького вмісту  $\alpha$ -фази має велике практичне значення.

Існує багато різних методів визначення кількості  $\alpha$ -фази сталей, що фіксують її присутність починаючи з 1–2%. При цьому проблематично контролювати вельми низький вміст  $\alpha$ -фази в межах 0.005...3.0%. Перспективним методом регулювання структури і властивостей сталей може бути метод визначення низької кількості феритної  $\alpha$ -фази, яка може існувати як в початковому стані, так і в процесі виготовлення або експлуатації виробів з аустенітних сталей під час температурних і силових впливах.

Слід зазначити, що існуючі в даний час методи визначення вельми низького вмісту альфа-фази не враховують намагніченість парамагнітного аустеніту, що призводить до значних похибок при визначенні такої

---

<sup>1</sup> Доцент ЗНТУ

<sup>2</sup> Доцент ЗНУ

кількості  $\alpha$ -фази. Наприклад, помилка складає більше 1000% при вмісті  $\alpha$ -фази 0.005%; 80% – при 0.1%  $\alpha$ -фази і лише  $\sim 3\%$  – при 2.5–3.0%  $\alpha$ -фази.

Для визначення кількості феромагнітної альфа-фази в об'ємних процентах експериментально визначалась магнітна сприйнятливості  $\chi$  за допомогою автоматизованої установки на базі мікроконтролера AVR фірми ATMEL [1]. Установка дозволяє отримати залежність струму компенсації зрушення зразка від струму силового поля у вигляді текстового файлу на комп'ютері (рис. 1).

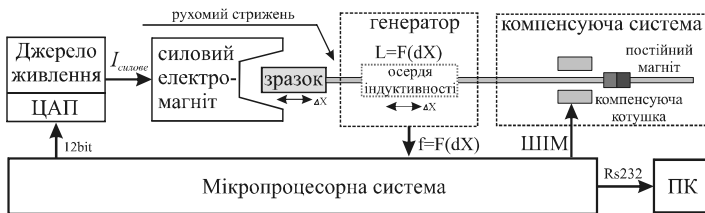


Рис. 1. Функціональна блок-схема установки для автоматичного управління процесом вимірювання магнітної сприйнятливості [1]

Експорт експериментальних даних і подальша обробка (інтерполяція, екстраполяція, лінійна апроксимація і т.д.) здійснювався програмою, реалізованої на мові Visual Basic. Відповідний програмний модуль формує залежність  $\chi(1/H)$ , де  $H$  – зовнішнє магнітне поле. За допомогою лінійної апроксимації визначали рівняння прямої. Наявність нахилу прямої залежності  $\chi$  від  $1/H$  свідчить о присутності феромагнітної  $\alpha$ -фази. За експериментальними лінійними залежностями  $\chi(1/H)$  визначали  $\chi_\infty$  методом екстраполяції ( $H \rightarrow \infty, 1/H \rightarrow 0$ ) і за формулою  $P_\alpha = \frac{[\chi - \chi_\infty] \cdot H}{\sigma_\alpha} \cdot 100\%$  знаходили кількість  $\alpha$ -фази в об'ємних процентах.

Питома намагніченість насичення зразка  $\sigma_\alpha$  є таблично-розрахунковою величиною.

Інформаційна система була використана для дослідження аустенітних хромонікелевих та високомарганцевистих сталей [2].

### Список літератури

1. Сніжної Г.В. Автоматизована установка для визначення магнетної сприйнятливості криць та стопів [Текст] / Г.В. Сніжної, Є.Л. Жавжаров // збірник наукових праць «Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія «Радіотехніка. Радіоапаратобудування». – 2012. – №49. – С.136–141.

2. Ольшанецкий В.Е. О структурной и магнитной стабильности аустенита в хромоникелевых и марганцевых сталях при холодной деформации [Текст] / В.Е. Ольшанецкий, Г.В. Снежной, В.Н. Сажнев // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2016. – №6(732). – С.3–10. Режим доступа: <http://mitom.folium.ru/contents/2016/2016-06.php>

УДК 538.971

Ширококоряд Д.В.<sup>1</sup>, Корнич Г.В.<sup>2</sup>

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СВОБОДНЫХ КЛАСТЕРОВ CuVi И CuAu С НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ ЕДИНИЧНЫМИ АТОМАМИ И КЛАСТЕРАМИ АРГОНА**

В последние десятилетия наблюдается повышенный интерес к изучению малоразмерных металлических кластеров, которые находят активное применение при создании нанофункциональных материалов [1]. Среди рассматриваемых структур особое место занимают биметаллические кластеры, которые имеют широкий спектр применения, от катализа до оптики [2]. Кроме того, у таких кластеров могут проявляться свойства, нехарактерные ни для однокомпонентных кластеров составляющих материалов, ни для соответствующих макроскопических сплавов [3].

В настоящей работе исследуются двудольные биметаллические кластеры  $\text{Cu}_{195}\text{Vi}_{195}$  и  $\text{Cu}_{195}\text{Au}_{195}$  под действием низкоэнергетической бомбардировки иона Ar. Выбор компонентов кластеров обусловлен различной теплотой перемешивания между компонентами (15 кДж/моль для пары Cu-Vi и -9 кДж/моль для пары Cu-Au) при близкой массе Au и Vi. Бомбардировка проводилась частицами  $\text{Ar}_n$  ( $n=1, 2, 13$ ) с энергиями от 1 эВ до 1,4 кэВ. Для каждой начальной энергии проводилось два набора независимых экспериментов: 2000 испытаний длительностью 5 пс и 200 опытов длительностью 100 пс. В начале каждого эксперимента центр масс частицы аргона размещался в случайной точке пространства на одинаковом расстоянии от мишени, а вектор его скорости был направлен в центр масс биметаллического кластера. Моделирование проводилось в рамках классической молекулярной динамики с использованием потенциала Акланда для описания взаимодействия атомов металлов.

---

<sup>1</sup> аспирант кафедры СА и ВМ ЗНТУ

<sup>2</sup> проф., д. ф.-м. н., зав. каф. СА и ВМ ЗНТУ

Моделирование кластеров в течение 100 пс показало переход к термической стадии распыления после 5 пс эволюции системы, что наиболее ярко проявляется при бомбардировке кластерами Ag с высокими энергиями. При этом, на стадии каскадно-рекойлового распыления в распыленном материале преобладают более легкие атомы Cu, передача энергии от атомов Ag которым является более эффективной. После 5 пс эволюции системы, когда основной вклад в распыление вносят испаряющиеся с поверхности атомы, в распыленном материале преобладают более слабо связанные атомы висмута, который имеет меньшую температуру плавления и кипения. Было показано, что температура, до которой разогревается биметаллический кластер Cu-Vi в процессе бомбардировки кластерами аргона, значительно превышает температуру плавления висмута, а также температуру его кипения в случае бомбардировки с энергией 1,4 кэВ. Стоит отметить, что при всех энергиях бомбардировки кластер Cu-Au разогревается до более высокой температуры, чем кластер Cu-Vi, что согласуется с теплотами перемешивания соответствующих пар компонентов.

Исследование зависимости потенциальной энергии биметаллических кластеров от энергии и размера бомбардирующей частицы показало качественно иной характер этой зависимости в случае бомбардировки Ag<sub>13</sub> (рис. 1), что связано с меньшими значениями энергий в расчете на один атом бомбардирующего иона. Меньшая энергия атома Ag уменьшает глубину его проникновения в мишень, поэтому столкновительные процессы инициируются преимущественно в поверхностном слое. Резкий скачок потенциальной энергии при энергиях около 200 эВ соответствует активизации распылительных процессов. Также показано, что в области низких энергий для кластера Cu-Vi характерны меньшие отклонения от начальной потенциальной энергии по сравнению с кластером Cu-Au, что также связано с большей теплотой перемешивания Cu-Vi и, как следствие, меньшим нарушением исходной ГЦК структуры материалов.

В результате моделирования в течение 100 пс был показан постепенный переход от каскадно-рекойлового столкновительного механизма распыления к термическому к моменту времени 5 пс. Зависимости потенциальной энергии и температуры от энергии бомбардирующих частиц демонстрируют качественно иную форму при бомбардировке кластером Ag<sub>13</sub> по сравнению с Ag и Ar<sub>2</sub>.

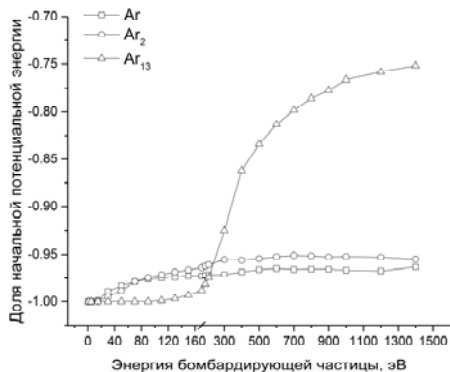


Рис. 1. Зависимость потенциальной энергии кластера Cu-Au от энергии и типа бомбардирующего кластера

### Список литературы

1. Li H. X., Gao J. E., Wu Y., et. al. // Sci. Rep. 2013. V. 3. P. 1983.
2. Rangel E., Sansores L. E. // Eur. Phys. J. D. 2013. V. 67. № 239. P. 40319.
3. Shibata T., Bunker B. A., Zhang Z., et. al. // J. Am. Chem. Soc. 2002. V. 124. №40. P. 11989.

## 7 СПЕЦІАЛЬНА СЕКЦІЯ ВБУДОВАНИХ СИСТЕМ ТА ІОТ (DESIRE)

UDC 004

Arras, P<sup>1</sup>., Kozik, T.<sup>2</sup>

### TEACHING APPROACHES FOR ENGINEERING STUDIES USING REMOTE CONTROLLED EXPERIMENTS.

The didactical process of teaching engineering is a complex combination of different learning methods. This originates from the definition of an engineer, which makes an engineer a person with a broad knowledge and many skills.

«A professional engineer is competent by virtue of his fundamental education and training to apply the scientific method and outlook to the analysis and solution of engineering problems. He is able to assume personal responsibility for the development and application of engineering science and knowledge, notably in research, design, construction, manufacturing, superintending, managing and in the education of the engineer. His work is predominantly intellectual and varied and not of a routine mental or physical character. It requires the exercise of original thought and judgment and the ability to supervise the technical and administrative work of others. « (definition as stated in 1960 on the Conference of Engineering Societies of Western Europe and the USA). Looking at the definition it is clear that an engineer needs a broad knowledge of different topics, but also that he needs a solid base of technical and practical skills. It is obvious that engineering studies are both strongly embedded in society on the one hand, and very strongly driven by (evolving) technology on the other. The necessity for engineering students to be able to design and conduct experiments to get professional and practical skills is an important factor when constructing curricula and learning materials.

Authors explored possibilities for new teaching approaches with the aid of computer supported tools: e-learning tools, virtual and remote controlled experiments (RCE) in which students can experiment on real physical experiments. In the teaching of different phenomena in the study field of material

---

<sup>1</sup> Dr Ing. Peter Arras, PhD, KU Leuven, Leuven, Belgium, faculty of engineering technology.

<sup>2</sup> Prof. Ing. Kozik Tomáš, DrSc. , University of Constantine the Philosopher, Nitra, Slovakia

sciences and natural sciences, remote labs/experiments were constructed and offered to engineering students as part of their curricula. Results of the knowledge test later with students showed no difference in obtained results, so the conclusion is that remote labs are useful as a learning tool [1][2].

Surveys with the teaching staff showed that they also believe that RCE and labs add to the efficiency of teaching and studying [3]. With these tools they have the opportunity to illustrate theoretical phenomena in their lectures, and can offer possibilities to students to experiment, where before this was impossible due to lack of resources.

We can expect that RCE in the future can fully replace some real experiments in education in situations where manual skills are less important for the outcome of the experiments and in situations where automatic industrial machines are available. At present RCE represent a useful supplement to real experiments in education, but cannot completely replace it.

Taking into consideration the information we have, teachers using remote experiments should take care not only of the technical and security issues for the application of RCE experiments but to achieve success they should prepare study materials (such as a theoretical base), which should be a part of each RCE experiment. Study materials in electronic form have to be in harmony with strict didactic rules involving limited personal contact of the teacher with the students. The material has to provide all necessary information for students needed to master their study. Developers cannot avoid the development of hypertext forms for the presentation of their learning content.

The use of RCE in education is an opportunity, but only when didactic and pedagogy are implemented with the same expertise as the technical solutions. Without an educational use, an operational RCE is no more than a technical solved problem.

## References

1. Arras, P., Kozík, T., Kuna, P., Ölvecký, M., Šimon, M. (2016), Remote Controlled Laboratories., PF UKF v Nitre, 2016, Slovakia,
2. Arras, P., Tabunshchyk, G., Kolot, Y., & Tanghe, B. (2014). Architectural Characteristics and Educational Possibilities of the Remote Laboratory in Materials Properties. 2014 11th Int. Conf. on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REVPorto, Portugal: Polytechnic of Porto (ISEP) in Porto, pp. 94–97.
3. Kozík, T., & Šimon, M. (2012). Preparing and managing the remote experiment in education. ICL 2012 : 15th International Conference on Interactive Collaborative Learning (pp. 1–4). Villach, Austria: CORDIS.



## GOLDI USAGE FOR TEACHING THE EMBEDDED SYSTEMS COURSES

Remote Laboratories (RL) have been successfully developed and implemented in university education worldwide. The availability and flexibility of the remote lab usage in comparison with hands-on labs can significantly contribute to the overall knowledge and boost the creativity of students. Within the framework of two Tempus projects, 530278-TEMPUS-1-2012-1-DE-TEMPUS-JPHES «Industrial Cooperation and Creative Engineering Education based on Remote Engineering and Virtual Instrumentation» [ICo-op] [1] and 543722-TEMPUS-1-2013-1-BE-TEMPUS-SMGR, «Development of Embedded System Courses with implementation of Innovative Virtual approaches for integration of Research, Education and Production in UA, GE, AM» [DESIRE]» [2] at the Software Tools Department was created Laboratory of Virtual and Remote Engineering and remote laboratory GOLDI (fig.1) was implemented for teaching different courses in Embedded Systems [3].

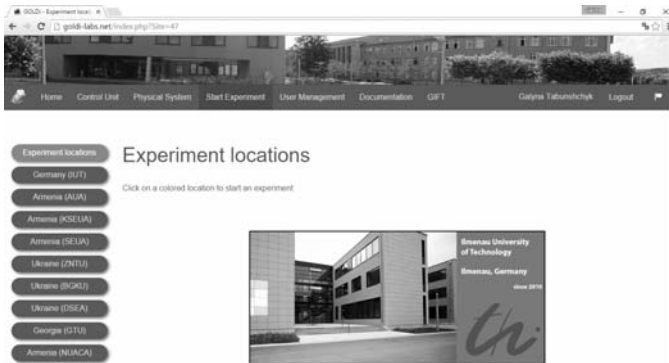


Fig. 1. GOLDi interface

The concept and the architecture as well as different fields of application of the (GOLDi) were presented in various publications during the last years in detail. It has great variety of modes (fig.2). A special rapid prototyping board

<sup>1</sup> Dr.-Ing., Ilmenau University of Technology - Integrated Communication Systems Group, Germany, karsten.henke@tu-ilmenau.de

<sup>2</sup> Prof. of Software Tools Department, ZNTU

<sup>3</sup> Associative professor of Software Tools Department, ZNTU

for digital systems was developed for the new operation mode of the Ilmenau Interactive Hybrid Online Lab, presented to fulfill the mentioned design tasks.

For adjusting facilities of GOLDi was implemented iterative pattern [3] and it was involved in 5 different courses in embedded systems.

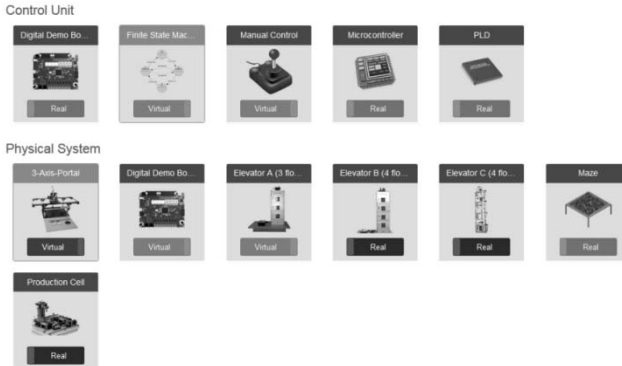


Fig. 9.2. GOLDi operating modes

One of the modules was «Quality of Informational Systems» in which students learn how to develop test cases based on Finite State Machine (FSM). In the course is included conformance testing, transition testing and coverage testing. GOLDI includes a Graphical Interactive FSM tool which allows to teach basics of FSM models and to develop up to very complicated FSM models, but it doesn't has tools for connecting models and test cases.

For the basics of functional testing the rapid prototype board mode of the GOLDI can be used. The advantage of this board is that it uses free software Quartus II by Altera for Hardware Description Language (VHDL) tests. The disadvantages: there is no possibility to check the logic and correctness of test-cases, no possibilities to save results and no possibilities to simulate faults. The results of pilot teaching of the course showed that GOLDI is a reliable system, but for students from Software Engineering specialties it has too many constraints, not allowing students to program much themselves. So now we are working on integration GOLDi and remote laboratory in reliability study [4].

## References

1. ICo-op project Website: <http://www.ICo-op.eu>.
2. DesIRE Project website – <http://tempus-/desire.eu/>
3. Remote and virtual tools in engineering: student textbook /general editorship Dr.Ing.Karsten Henke. – Zaporizhzhya: Dike Pole, 2016. – pp. 250.

4. Tabunshchyk G. Remote Experiments For Reliability Studies Of Embedded Systems/ G. Tabunshchyk, D. Van Merode, P. Arras, K. Henke // Proceedings of XIII Intern. Conf. on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV2016) (24–26 February, 2016, Madrid, Spain) UNED: pp. 68–71.

UDC 004

Merode D. Van<sup>1</sup>, Tabunshchyk G.<sup>2</sup>,  
Goncharov Y.<sup>3</sup>, Patrakhalko K., Staroverov V.

### **INTERACTIVE UNIVERSITY PLATFORM**

The Smart Campus is an indoor wireless network to deliver location and user based dynamic information to the different visitors, teacher or students of a university campus, both for day-to-day use as for specific events. This interactive Smart Campus for universities is talks to you, through your smart phone. Individual information for all stakeholders is delivered, depending on their profile, their location and time of day [1].

This work is a result of common efforts of EMSys Group of Thomas-More Mechelen-Antwerpen and Software Tools Department of Zaporizhzhya National Technical University within the framework of the European Tempus-project 544091-TEMPUS-1-2013-1-BE-TEMPUS-JPCR «Development of Embedded System Courses with implementation of Innovative Virtual approaches for integration of Research, Education and Production in UA, GE, AM» [DesIRE] [2].

Smart Campus Application consists from three main parts: Mobile application for different operational systems iOS, Android; CMS for updating advertisement information, administration system, which consists from different components aimed to adjust hardware characteristics.

Mobile Applications provides users a variety of functionality, allowing working both in on-line mode as in off-line mode detecting buzz from the beacons [3]. For managing the beacon information there are developed the content management system Beacon-CMS. It provides wide range of functionality: the control of user access based on roles (RBAC); administration user information; managing beacons groups; managing advertisement information for each beacon or a group; multilanguage support; interactive map.

---

<sup>1</sup> Ing, Msc, Thomas More Mechelen-Antwerpen, Belgium,  
dirk.vanmerode@thomasmore.be

<sup>2</sup> Prof. of Software Tools Department, ZNTU

<sup>3</sup> Ms. Students of Software Tools Department, ZNTU

CMS provides services for mobile applications for uploading upgraded advertisement information. Application also allows to collect statistics on most used beacons, time of usage, number of users which detect beacon, users hardware which is received from mobile application. Multilanguage adjustment of the user interface makes Beacon-CMS more flexible as can be easily adjusted to any language.

Nowadays Smart Campus Application is passing open-testing period at Zaporizhzhya National Technical University as Interactive University Initiative.

First beacons are located at the administration room with the photos and short information about university managers (figure 1), which can help visitors to get breath information and show the distance and location on the map.



Fig. 1. Interactive university example



Fig. 2. CMS system

Next step to place beacon in each building which will send information from students trade-union (the same as eu student club) and one information from student employment center. Applications are possible to download from university website (zntu.edu.ua).

### References

1. Tabunshchik G. D. Van Merode, Y. Goncharov, K. Patrakhalko Smart-campus infrastructure development based on BLE 4.0. Journal of Electrotechnic and Computer Systems No. 18 (94), 2015 17 – 20

2. Desire project Website. Available: <http://www.tempus-desire.eu/>

3. D. Van Merode, Tabunshchik G., K. Patrakhalko, Y. Goncharov Flexible Technologies for Smart Campus. Proc. of XIII International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV2016) (24–26 February, 2016, Madrid, Spain) UNED: pp. 58–62.

УДК 004.41(075.8)

Petrova O.<sup>1</sup>, Tabunshchik G.<sup>2</sup>

## INVESTIGATION OF REAL-TIME SYSTEMS RELIABILITY CHARACTERISTICS

### Introduction

In the modern education interactive learning tools are playing an important role. This fact enables them to be successfully used as in f2f learning as in distance learning. The usage of remote laboratories are extremely efficient for the experiments with unique or expensive equipment.

One of the important tasks is to study the properties and characteristics of the reliability of embedded systems. Such systems include indoor systems for positioning and navigation.

Under the reliability of the system we will understand the property continue to operate in the specified operating conditions. The low level of reliability of the system can lead to significant repair costs, a simple accident. Improving of reliability is possible by additional and more standing equipment. But in the current economic conditions it is an important task is to reduce the cost and

---

<sup>1</sup> PhD student of Software Tools Department of Zaporizhzhya National Technical University, Head of Laboratory of GRID-technologies and Cloud Computing

<sup>2</sup> PhD, Prof of Software Tool Department of Zaporizhzhya National Technical University.

size of the modern equipment, so it's actual task to transfer solution from hardware to the software.

Therefore, the aim is to develop a remote experiments on the reliability of positioning and navigation systems.

### **Problem definition**

In real conditions users are often facing with the fact that GPS / GLONASS systems are not working indoor. This is due to the fact that their correct operation requires line of sight of the transmitter and the signal receiver, so in large buildings there are used other technologies for indoor-positioning [1]. These systems are used on the basis of the decision: Wi-Fi (IWAY, Wi-farer, Walkbase, Qubulus, Horus), Bluetooth (Place Lab, iBeacon), Zigbee («smart House»), mobile networks, radio frequency RFID tags (Smart museum, RADAR). As positioning and navigation systems are real-time systems So it's an actual task to analysis the characteristics of these systems.

In the presented work there are solving following tasks:

- identification the main parameters of the reliability for real-time systems;
- development a system for the diagnosis of embedded systems.

For the development of diagnostic methods for embedded systems, in order to improve it was decided to construct a remote lab that will examine the reliability problems in real time.

### **The solution of the problem**

The research of the reliability and means of positioning and navigation systems is based on distant laboratory iLab project which was implemented within the premises.

Usage of the remote access laboratories [2] give us such advantages as:

- improving the efficiency of student learning using collective remote access to the same experimental setup;
- savings in duplication of the same experimental setup;
- working with expensive unique equipment;
- experimentation with radioactive and other hazardous substances;
- simplifying and reducing the cost of real scientific experiments;

For the implementation, we are using Server Broker, which will carry out the client's connection to the server. For proper functioning of the System is fulfilled next requirements: Windows Server 2003 or 2008 Enterprise Edition, SQL Server 2005 or SQL server 2008, Visual Studio.NET 2005 Professional.

In the remote lab students will have possibility to examine the reliability characteristics such as: reliability parameters (probability of failure-free opera-

tion), durability parameters (average life, the average life span), maintainability parameters, persistence parameters (average storage time).

For reliability indicators can be used as real hardware (for example SMT Discovery) as hardware-software.

### **Conclusion**

For investigation reliability parameters of the embedded systems there were developed remote laboratory for studying the reliability of navigation systems inside the building.

### **References**

1. Навигация внутри помещения без GPS [Electronic resource]. – 2014. – access mode: <http://robotosha.ru/technologies/indoor-navigation-without-gps.html>
2. i-Lab, Massachusetts Institute of Technology [Electronic resource]. – 2016. – access mode: <https://wikis.mit.edu/confluence/display/ILAB2/Home>.

УДК 004.9

Алтухов А.В.<sup>1</sup>, Павенко Д.Е.<sup>2</sup>

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ УСТРОЙСТВА НА БАЗЕ ОС ANDROID С ARDUINO ПОСРЕДСТВОМ ПРОТОКОЛА BLUETOOTH**

В современном обществе большое распространение получили системы удаленного управления основанные на микроконтроллерах. Системы климатического контроля, управления бытовыми приборами широко используются в жилых и промышленных помещениях. Для управления такими системами необходимо дистанционное воздействие на основе стандартных беспроводных технологий Bluetooth, Wifi и других. Дальность более 10 м в таких системах не требуется, что ограничивает эти технологии областью персональной вычислительной сети (ПВС). Интерфейс управления может быть реализован через web-интерфейс или приложения для мобильных устройств.

---

<sup>1</sup> К.т.н., старший преподаватель кафедры компьютерных информационных технологий Донбасской государственной машиностроительной академии (г. Краматорск).

<sup>2</sup> Студент специальности информационные технологии проектирования Донбасской государственной машиностроительной академии (г. Краматорск)

В качестве подключаемых к микроконтроллеру периферийных устройств могут выступать элементы освещения помещением, разнообразные бытовые приборы, охранные системы, управление транспортными средствами, контроль температуры, влажности, освещенности, кормушки применяемые в аквариумах, террариумах, вольерах, в принципе, все что можно электрическим путем включать/выключать. Выбор микроконтроллера позволяет подобрать наиболее подходящий для разрабатываемой системы. Семейства микроконтроллеров Arduino, Raspberry Pi являются недорогой альтернативой при создании систем управления. Готовые промышленные решения не всегда могут устроить потребителя по цене или набору функций [1].

Системы построенные на микроконтроллерах семейства Arduino имеют хорошие перспективы для создания управляющих модулей для различных областей использования. Применение микроконтроллеров Arduino при создании системы «Умный дом» актуально и находит применение на практике [2].

Разработанная система предназначена для дистанционного управления периферийными устройствами через беспроводную связь. В качестве основы использован микроконтроллер Arduino Nano v3 Микроконтроллер подключен к питанию с помощью блока мощностью 300 мА.

Выполнен выбор периферийных устройств, таких как реле (бытовые выключатели/выключатели), светодиоды (бытовые осветительные приборы), которые смонтированы на стенде. При расширении перечня периферийных устройств, на стенд могут быть добавлены датчики, видеокамеры и другое оборудование. В данном стенде применялись светодиоды с питанием 3,3 V. Подключение 4-х светодиодов выполнено к пинам D2, D3, D4, D5 [2, 3]. Рассмотренная аппаратная часть, включающая микроконтроллер Arduino Nano 3, модуль Bluetooth HC-05 и стенд могут управлять 10 светодиодами или другими устройствами.

Для управления включением/выключением периферийных устройств, подключенных к микроконтроллеру Arduino, разработан модуль для Android устройства на языке Java [4].

Для создания таких систем разработана методика приобретения теоретических знаний и практических навыков, которые студент может получить при изучения дисциплин «Объектно-ориентированное программирование», «Операционные системы», «Компьютерные сети», «Высшая математика» и «Электроника и электротехника».

Разработана методика и программные модули для Android устройства и микроконтроллера Arduino, которые реализуют дистанционное управление подключенными.



Разработанная система дистанционного управления на базе микроконтроллера Arduino и Android устройства может быть использована для создания актуальной системы управления типа «Умный дом».

### Список литературы

1. Arduino by Example / Adith Jagadish Bolor. – Packt Publishing, 2015. – 242 p. ISBN 978-1-78528-908-8
2. C Programming for Arduino / Julien Bayle. – Packt Publishing, 2013. – 512 p. ISBN 978-1-84951-758-4
3. Python Programming for Arduino / Pratik Desai. – Packt Publishing, 2015. – 400 p. ISBN 978-1-78328-593-8
4. Professional Android™ Open Accessory Programming with Arduino™ / Andreas Göransson, David Cuartielles Ruiz. – John Wiley & Sons, Inc., 2013. – 408 p. ISBN 978-1-118-45476-3

УДК 004.74

Баркалов А.А.<sup>1</sup>, Зеленева И.Я.<sup>2</sup>, Грушко С.С.<sup>3</sup>, Михайлютенко Д.А.<sup>4</sup>

### СПОСОБЫ ОПТИМИЗАЦИИ СХЕМ СОВМЕЩЕННЫХ МИКРОПРОГРАММНЫХ АВТОМАТОВ В БАЗИСЕ FPGA

Оптимизация характеристик схемы устройства управления (УУ) составляет актуальную практическую задачу, поскольку УУ является одной из основных частей любой цифровой системы. На улучшение таких важных показателей, как время распространения сигнала, потребляемая мощность и выделяемая энергия, влияет уменьшение площади кристалла, занимаемой схемой устройства при реализации в современном высокотехнологичном базисе ПЛИС. В практике проектирования цифровых систем часто используется модель совмещенного микропрограммного автомата (СМПА), совмещающего выходные сигналы автоматов Мили и Мура, поэтому именно эта модель выбрана для исследования. В качестве элементного базиса предлагается использовать ПЛИС FPGA, что обусловлено его высокой популярностью. Для реализации схемы СМПА можно использовать три компонента FPGA: элементы табличного типа LUT, встроенные блоки памяти ЕМВ, программируемые межсоединения.

---

<sup>1</sup> профессор, Зеленогурский Университет, Польша

<sup>2</sup> к.т.н., доцент кафедры «Компьютерные системы и сети», ЗНТУ

<sup>3</sup> ассистент кафедры «Компьютерные системы и сети», ЗНТУ

<sup>4</sup> магистр кафедры «Компьютерные системы и сети», ЗНТУ

Элементы LUT представляют собой ОЗУ, имеющее  $s$  входов и один выход. Блоки ЕМВ представляют собой ОЗУ, имеющее  $S_A$  входов и  $t_F$  выходов. Общая емкость блоков является константой и определяется следующей формулой:

$$V_0 = 2^{S_A} * t_F. \quad (1)$$

При тривиальной реализации совмещенного автомата в базе FPGA структура СМПА представляется в виде двух комбинационных схем КС1, КС2 и регистра. КС1 формирует выходные сигналы автомата Мили, а КС2 – автомата Мура. Если для схемы СМПА выполняются условия:

$$2^{L+A} * (N_1 + R) \leq V_0; \quad (2)$$

$$2^{L+A} * (N + R) > V_0; \quad (3)$$

$$R \leq S, \quad (4)$$

где  $L$  – число входных сигналов,  $R$  – количество разрядов кода внутренних состояний автомата,  $N$  – общее число выходных сигналов СМПА,  $N_1$  – число выходных сигналов автомата Мили, то целесообразно использовать ЕМВ для реализации схемы КС1 и LUT для КС2 [1].

При нарушении (2) предлагается использовать метод замены логических условий, который позволяет уменьшить показатели степеней в (2), но тогда структура СМПА дополняется еще одним блоком LUT, выполняющим замену логических условий [1]. Разработка методов уменьшения числа LUT элементов является актуальной при нарушении условия (4), и как показывает анализ библиотеки [2], условие (4) нарушается для 78% всех стандартных примеров.

Еще одним методом при невыполнении (2) является использование псевдоэквивалентности состояний в СМПА. Его смысл состоит в уменьшении разрядности кода внутренних состояний до  $R_1 < R$ . Метод целесообразно использовать, если условие (2) не выполняется, но

$$2^{L+A} * (N_1 + R) \leq V_0. \quad (5)$$

Анализ библиотеки [2] показывает, что условие (5) выполняется для 86% стандартных примеров.

Для уменьшения числа блоков ЕМВ в схеме СМПА также предлагается совместно использовать два метода структурной редукции, такие как кодирование кодов псевдоэквивалентных состояний и замены ЛУ. При этом блок замены ЛУ реализуется на элементах LUT, как и блок формирования выходных переменных автомата Мура. Встроенные блоки памяти ЕМВ используются для реализации функций возбуждения памяти и выходных переменных автомата Мили. Такой подход позволил уменьшить аппаратные затраты в 23% схем, синтезированных для стандартных примеров из библиотеки [2].

Подтверждение предлагаемых методов планируется получить в результате исследований, проводимых на микросхеме Xilinx Spartan III.

### Список литературы

1. Баркалов А.А., Зеленева И.Я., Грушко С.С. «Оптимизация схемы совмещенного автомата в базе FPGA способом замены входных переменных». Науковий вісник Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича. Серія: Комп'ютерні системи та компоненти. Том 6, Випуск 2. – Чернівці: ЧНУ, 2015. – с. 49–54.

2. Chu P. FPGA Prototyping by VHDL Examples: Xilinx Spartan-3 Version/ P. Chu. – Wiley-Interscience, 2008. – 468 pp.

УДК 004.9

Ивченков Н.В.<sup>1</sup>, Филатов С.Ю.,<sup>2</sup> Тимошенко Б.О.<sup>3</sup>

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВСТРАИВАЕМЫХ СИСТЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ БЕСПРОВОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ СОЗДАНИИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ УДАЛЕННЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

Современный учебный процесс предъявляет новые требования к организации лабораторного практикума, когда все большее распространение получают удаленные лаборатории. Такие лабораторные установки базируются на основе встраиваемых систем, с подключением к сети интернет путем проводной или беспроводной технологии, причем последняя вызывает все больший интерес у специалистов. Использование беспроводных технологий коммуникации для сбора информации или управления встраиваемыми системами в настоящее время стало возможным благодаря разработке новых компактных, энергоэффективных и недорогих устройств Wi-Fi/Bluetooth/Rf коммуникации.

Одним из таких устройств, предлагаемых к использованию в процессе выполнения удаленных лабораторных работ, является Wi-Fi модуль

---

<sup>1</sup> к.т.н., доцент кафедры Электромеханических систем автоматизации Донбасской государственной машиностроительной академии (г. Краматорск).

<sup>2</sup> магистрант группы ЭСА11-м кафедры Электромеханических систем автоматизации Донбасской государственной машиностроительной академии (г. Краматорск)

<sup>3</sup> магистрант группы ЭСА11-м кафедры Электромеханических систем автоматизации Донбасской государственной машиностроительной академии (г. Краматорск)

ESP8266 (от компании Espressif Systems) [1]. Основной отличительной чертой такого модуля, является факт, что он представляет собой систему на чипе, включающую микроконтроллер с несколькими выводами GPIO (до 16) и радио-модуль Wi-Fi. Высокая степень интеграции чипа позволяет использовать минимум внешних компонентов, необходимых для создания готовой встраиваемой системы (всего 7), с возможностью подключения до 8 Мбит flash-памяти. ESP8266EX включает 32-битный микроконтроллер Tensilica L106 отличающийся сверхнизким энергопотреблением и 16-битным RSIC ядром, с максимальной частотой 160 МГц. С включенной операционной системой реального времени (RTOS) и функционирующим стекком Wi-Fi, еще около 80% процессорных ресурсов доступны пользователю. К преимуществам также можно отнести широкий температурный диапазон (от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+125^{\circ}\text{C}$ ) позволяющий использовать устройство в индустриальном окружении, малые габариты и широкий выбор готовых решений от разных производителей (ESP-01 – ESP14 от AI-Thinker и др.).

С точки зрения программного обеспечения, устройства на базе ESP8266 программируются в доступной для понимания и широко распространенной бесплатной среде Arduino IDE, с установкой необходимых библиотек. Это позволяет, с небольшими затратами на обучение и установку оборудования, использовать подобные устройства в процессе реализации образовательных программ специальных дисциплин, связанных с микропроцессорной техникой и встраиваемыми системами.

Общая структура встраиваемой системы, реализованной с применением беспроводных технологий, на примере лабораторного стенда управления электроприводом мостового крана, представлена на рисунке 1.

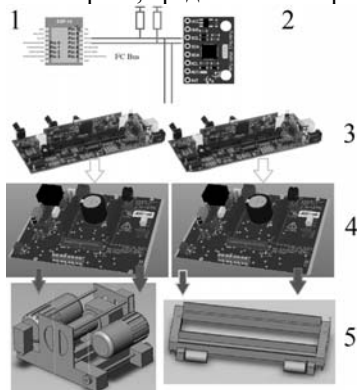


Рис. 1. Общая структура встраиваемой системы с использованием беспроводного модуля ESP8266

На рисунке 1 обозначены: модуль ESP8266 Wi-Fi (1), система датчиков на примере акселерометра-гироскопа MPU6050 (2) [2], микропроцессорные комплекты для управления преобразовательной техникой (3), силовые модули преобразователей частоты (4) для управления асинхронными двигателями механизмов передвижения мостового крана (5).

### Список литературы

1. ESP8266EX Datasheet / Espressif Inc, 2016. – 27 p.
2. MPU-6000 and MPU-6050 Product Specification, Revision 3.4. / InvenSense, Inc., 2013. – 53 p.

УДК 628.9

Коваль К. О.<sup>1</sup>, Шевчук О. В., Майстер О. В.<sup>2</sup>

### ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ СВІТЛОДІОДНОГО ГОДИННИКА НА МІКРОКОНТРОЛЕРІ PIC

Схеми більшості сучасних пристроїв спроектовані на мікроконтролерах. Актуальним завданням є розробка світлодіодного годинника на базі мікроконтролера, які досі серійно не випускаються. Схожі годинники використовуються в місцях великого скупчення людей, а саме в аеропортах, на вокзалах тощо. Перевагами таких годинників: висока точність ходу; можливість автономної роботи при відключення живлення мережі; кращий кут оглядовості; легка реалізація додаткової функції вимірювача температури навколишнього середовища; реалізація на сучасній елементній базі. Розроблено структурну схему електронного годинника (рис. 1).

Блок керування реалізовано з використанням дільника частоти, лічильника годинних інтервалів, схеми установки внутрішнього стану лічильника годинних інтервалів й дешифратор. Для реалізації схеми годинника мікроконтролер необхідно доповнити кварцовим резонатором, елементами управління (кнопками) й світлодіодними індикаторами. Світлодіодні індикатори підключені до виводів мікроконтролера. В годиннику реалізовано функцію термометра, який виконує виміри температури від  $-55^{\circ}\text{C}$  до  $+127^{\circ}\text{C}$  з точністю  $\pm 0,4^{\circ}\text{C}$ . Блок виміру

---

<sup>1</sup> доцент ВНТУ

<sup>2</sup> студенти ВНТУ

температури складається з мікроконтролера і трьох розрядного світлодіодного індикатора.

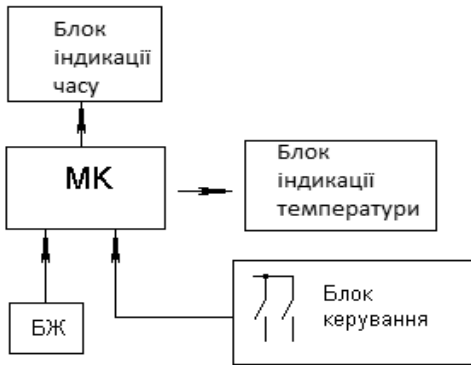


Рис. 1. Структурна схема світлодіодного годинника

Настройка термометра відбувається автоматично відразу після ввімкнення годинника. Електронний годинник через перетворювач живиться від загальної мережі. При відсутності напруги мережі годинник працюватиме від акумуляторної батареї.

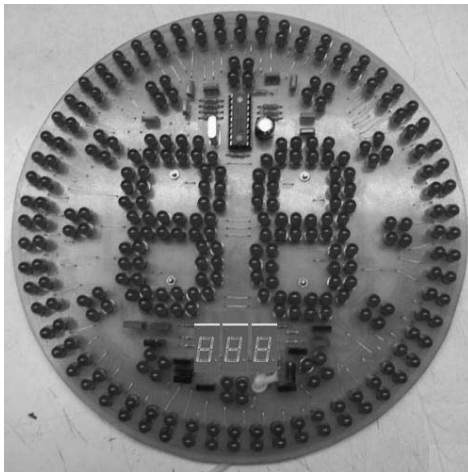


Рис. 2. Зовнішній вигляд світлодіодного годинника

В обраному для реалізації мікроконтролері PIC16F84A два виводи OSC1 і OSC2, через які проводять запуск мікроконтролера. Введення інформації для управління електронними годинами здійснюється через дві кнопки підключених до портів RB5 і RB6 мікроконтролера. Опір резисторів вибирається з розрахунку протікання найменшого струму необхідного для фіксації логічної «1» на входах мікрокантролера і в цій реалізації становлять 3 кОм. Два семисегментних індикатора, зібраних на світлодіодах, розміщені в центрі плати, показують хвилини. Кожний сегмент складається з 8 світлодіодів. Дванадцять сегментів розташованих по колу – це індикація годин, по 4 світлодіода на кожен сегмент. Індикація відбувається наступним чином до 12 години світиться тільки той сегмент, який вказує на теперішню годину, після 12 годин світяться всі сегменти, окрім того який вказує вірну годину. Секунди ж заповнюються по черзі, спочатку відбувається почергове загоряння всіх секунд, потім коли значення секунд досягає 60 відбувається почергове згасання.

УДК 621.313

Квашнин В.В.<sup>1</sup>, Бабаш А.В.<sup>2</sup>, Клименко Г.П.<sup>3</sup>

### **ПРОГРАММИРОВАНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ STM32F4DISCOVERY В MATLAB SIMULINK**

В последние годы в университетских и инженерно-технических кругах мира наблюдается интенсивное распространение новой компьютерной системы осуществления математических расчетов – системы MatLAB.

Новые версии Matlab позволяют при помощи специальных библиотек программировать различные микроконтроллеры, такие как Texas Instrument, STM32, Arduino [1,2]. Данные библиотеки необходимо корректно установить в среде Matlab Simulink. Далее их можно найти в общей библиотеке Matlab Simulink. Использование специальных библиотек

---

<sup>1</sup> Аспирант кафедры автоматизации производственных процессов Донбасской государственной машиностроительной академии (г. Краматорск, Украина).

<sup>2</sup> Аспирант кафедры электромеханических систем автоматизации Донбасской государственной машиностроительной академии (г. Краматорск, Украина).

<sup>3</sup> Д.т.н., проф., зав. кафедрой автоматизации производственных процессов Донбасской государственной машиностроительной академии (г. Краматорск, Украина).

для программирования микроконтроллера позволяет значительно облегчить процесс программирования. Т.е. программирование становится наглядным и визуальным, что очень удобно для инженера.

Объектом исследования является программная среда Matlab Simulink. Предметом исследования является определение программных инструментов Matlab Simulink для программирования микроконтроллера STM32F4discovery. Цель работы – разработка алгоритма настройки программной среды для программирования микроконтроллера STM32F4discovery.

Для достижения поставленной цели был определен ряд задач:

- формулирование минимальных требований по расширению функциональных возможностей для программирования контроллера;
- разработка алгоритма методики установки и настройки дополнительных библиотек позволяющих осуществлять программирование контроллера STM32F4discovery;
- проведение тестов программных настроек и работоспособности приложений на конкретном примере. После компиляции собранной модели генерируется программный код на языке программирования C.

Общий вид алгоритма настройки среды моделирования Matlab Simulink представлен на рис. 1

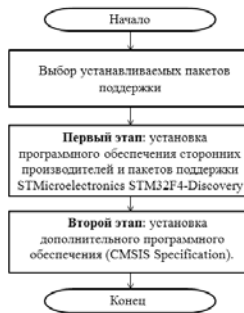


Рис. 1. Алгоритм настройки Matlab Simulink для программирования микроконтроллера STM32F4discovery

В качестве примера демонстрации возможности программирования микроконтроллера STM32F4-Discovery в программной среде Matlab Simulink приведены графики формирования заданного сигнала на выходе PA4 ЦАП микроконтроллера (рис. 2)



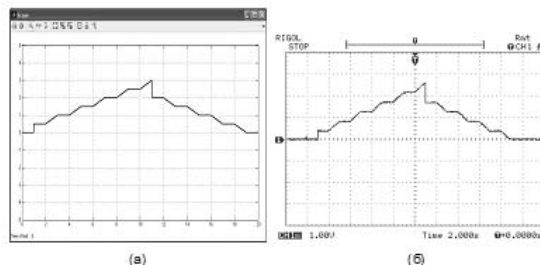


Рис. 2. График сформированного сигнала на выходе цифроаналогового преобразователя в Matlab Simulink (а), осциллограмма сформированного сигнала на выходе PA4 микроконтроллера STM32F4Discovery (б)

### Список литературы

1. Лазарев Ю. Ф. Начала программирования в среде MatLAB: Учебное пособие. – К.: НТУУ «КПИ», 2003. – 424 с.
2. Гаспарян О.Н. Система математических расчетов MATLAB, Государственный инженерный университет Армении, 2005, с.143 url: <http://cinref.ru/razdel/02200informatika/19/395656.htm>

УДК 621.313

Наливайко А.М.<sup>1</sup>, Нестеренко Н.С.<sup>2</sup>

## ПРИМЕНЕНИЕ ОДНОПЛАТНОГО КОМПЬЮТЕРА RASPBERRY PI ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ

Raspberry Pi – это одноплатный компьютер немногим больше кредитной карты, основанный на процессоре архитектуры ARM11, из-за этого на него нельзя установить обычные операционные системы, типа windows или linux. Но существуют специальные сборки linux для Raspberry Pi, в которой можно воспользоваться всеми возможностями платы.

В данной модели используется компактный слот для карт памяти, micro SD. В Pi 2 в качестве видео разъема используется HDMI имеются также 4 USB слота. Порты могут выдавать ток силой до 1,2 А, для этого устройство необходимо подключать к блоку питания 2А. Однако для

<sup>1</sup>Канд. техн. наук, доцент кафедры электромеханические системы автоматизации Донбасской государственной машиностроительной академии (г. Краматорск).

<sup>2</sup> Студент кафедры электромеханические системы автоматизации Донбасской государственной машиностроительной академии (г. Краматорск)

обычной работы Pi2B блок питания требованием не является, и мини-компьютер запускается даже от обычного USB порта мощностью 2,5 Вт ( $5В * 0,5А$ ).Общий вид платы представлен на рисунке 1.

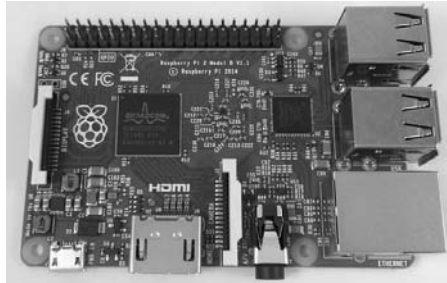


Рис. 1. Общий вид Raspberry Pi.

Для работы с RPi требуется версия MatLab R2013a + и только в ОС Windows 32/64 bit. Кроме самого MatLab потребуются Simulink, SD карта памяти как минимум на 4 Gb, Ethernet connection, Power cable. На карте памяти находится ОС и пользовательские данные.

Создадим новую модель для RPi добавим в нее блок источник который выдает синусоиду Sine Wave. Организуем работу синусоиды по семплам Sample based частота дискретизации 100 раз в секунду, один период будет включать в себя 50 семплов. Эта синусоида подается на блок приемник осциллограф Scope. Во время работы модели необходимо изменять амплитуду синусоиды поэтому возьмем блок Slider Gain. Модель в рабочем окне Matlab Simulink показана на рисунке 2.

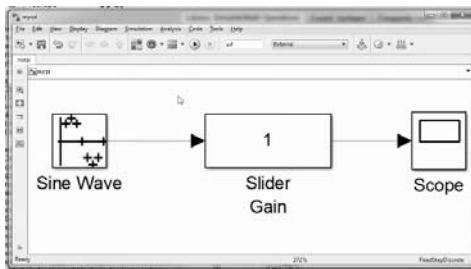


Рис. 2. Модель в рабочем окне Matlab Simulink

Для того чтобы запустить модель на RPi необходимо зайти в меню Tools → Run on Target Hardware → Prepare to Run... открывается конфи-

гурація моделі где пропонується вибір цільового обладнання, необхідно вибрати RPi після натиснути кнопку застосувати буде відкрито вікно в якому відображаються дані Host name по якому буде доступна плата імя користувача, пароль і дирекція де зберігаються тимчасові файли. Після цього необхідно в меню Solver в вікні Stop time написати inf це означає що модель буде працювати нескінченно і включимо режим симуляції External цей режим дозволяє з моделі Simulink керувати виконанням алгоритму на RPi. Для запуску моделі на RPi достатньо натиснути кнопку Run. При зміні параметрів Slider Gain вони автоматично відображаються на роботі одноплатного комп'ютера Raspberry Pi.

### Список літератури

1. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах: Навчальний посібник. – К.: Вид-во «Ліра-К», 2011. – 522 с...
2. Dr. V.D. Підключення периферії к середі розробки систем управління MatLAB // Портал науко-практичних публікацій [Електронний ресурс]. URL: <http://portalnp.ru/2014/03/1783> (дата звернення: 25.02.2016).
3. Dr. V.D. Комп'ютерні засоби систем управління. Raspberry Pi // Портал науко-практичних публікацій [Електронний ресурс]. URL: <http://portalnp.ru/2013/12/1691> (дата звернення: 25.02.2016)

УДК 004.031.43

Пархоменко А.В.<sup>1</sup>, Гладкова О.М.<sup>2</sup> Соколянський О.В.<sup>3</sup>

### ПІДСИСТЕМА ДІАГНОСТИКИ ВІДМОВ ВІДДАЛЕНОЇ ЛАБОРАТОРІЇ REIDES

Спеціалізована віддалена лабораторія проектування вбудованих систем **REIDES** (REmote Laboratory for Embedded Systems Design) орієнтована на допомогу розробнику у швидкому та ефективному виборі типових проектних рішень на основі готових апаратно-програмних платформ Arduino [1,2].

Для ефективної та надійної роботи віддаленої лабораторії (ВЛ) необхідно проводити постійний контроль стану її апаратного та програмного забезпечення. Під час дослідної експлуатації ВЛ REIDES було виявлено

---

<sup>1</sup> К.т.н., доц. кафедри програмних засобів ЗНТУ

<sup>2</sup> Аспірантка кафедри програмних засобів ЗНТУ

<sup>3</sup> Аспірант кафедри програмних засобів ЗНТУ

ні деякі проблеми в її роботі, що спричинило розробку підсистеми діагностики відмов.

Розробка методів діагностування відмов ВЛ є нетривіальною задачею, оскільки це складний апаратно-програмний комплекс, до якого треба застосовувати як методи діагностики технічних об'єктів, так і методи тестування програмного забезпечення. Тому, розробка методів діагностування відмов віддаленої лабораторії є актуальною.

Метою роботи є розробка програмного та апаратного забезпечення для підвищення надійності та безвідмовності функціонування віддаленої лабораторії RELDES.

Для отримання даних про стан ВЛ, як системи, що складається з великої кількості окремих елементів, можна використовувати різні методи. Перший, та найпростіший спосіб – це опитування периферійних пристроїв через певний проміжок часу. Наступним методом збору інформації щодо стану системи є спостереження в реальному часі. Одним із різновидів спостереження за системою в реальному часі є програмування периферійних пристроїв таким чином, щоб кожен з них сам надсилав інформацію про свої несправності. Проте, не всі пристрої можна запрограмувати на такий випадок, а при виході з ладу не завжди пристрій взагалі здатен надсилати сигнали.

Тому, найбільш ефективним є використання комбінованого методу, який полягає в тому, що через певні задані проміжки часу відбувається сканування системи на наявність відмов, а кожен периферійний пристрій, що має можливість повідомляти про свої відмови, програмується відповідним чином. В такому випадку інформація про більшість відмов отримується в реальному часі, а дані, отримані з системи, легко систематизувати.

Отримана з такої системи інформація зберігається для подальшого аналізу, оскільки діагностика передбачає не лише пошук відмов, а й прогнозування можливих відмов у майбутньому, а отже, існує необхідність аналізу отриманих даних.

В створеній підсистемі діагностики відмов ВЛ реалізовано чотири методи: метод діагностики відмов для експерименту «Світлодіодний світлофор», метод керування рівнем освітленості лабораторного стенду, метод діагностики дефектної плати, метод контролю працездатності системи.

Підсистема виконує наступні функції: перевірка Інтернет з'єднання кожні 30 секунд; перевірка працездатності відео-трансляції; перевірка рівня освітленості стенду з лабораторним обладнанням згідно з встановленим пороговим значенням; ініціалізація плат; перевірка на наявність дефектних світлодіодів.

Програмне забезпечення для підсистеми було розроблено за допомогою середовища програмування Arduino IDE на мові програмування C, а також у вигляді скриптів для ОС Ubuntu.

Підсистема призначена для контролю функціонування апаратного та програмного забезпечення ВЛ RELED, швидкого виявлення та усунення відмов з відповідним інформуванням користувачів та адміністратора системи.

Практична цінність розробки полягає в тому, що створене програмне та апаратне забезпечення дозволяє забезпечити ефективне використання лабораторії та підтримувати її працездатність в нештатних ситуаціях.

### Список літератури

1. RELED. <http://swed.zntu.edu.ua>, <http://youtu.be/u2anq-UYFg>
2. Parkhomenko, A. Development and Application of Remote Laboratory for Embedded Systems Design /A. Parkhomenko, O. Gladkova, E. Ivanov, A. Sokolyanskiy, and S. Kurson // International Journal of Online Engineering (iJOE), vol.11, no. 3, pp.27–31, 2015.

УДК 004.418

Пархоменко А.В.<sup>1</sup>, Кравченко О.П.<sup>2</sup>

## МОДЕРНІЗАЦІЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПУЛЬТУ УПРАВЛІННЯ СИСТЕМИ FPV AUTO

Система управління рухомими об'єктами FPV Auto складається з рухомого об'єкта – машинки, центрального пульта управління (ЦПУ), відео-окулярів та пульта управління (джойстика) гравця. За допомогою центрального пульта управління здійснюється керування системою, а саме: налаштування параметрів заїзду, обробка значень із джойстика гравця та відправка команд керування [1].

Раніше було проведено модернізацію центрального пульта управління проекту FPV Auto на двох платформах Arduino і Raspberry Pi (див.рис.1) .

---

<sup>1</sup> К.т.н., доц. кафедри програмних засобів ЗНТУ

<sup>2</sup> Студент гр. КНТ-722м

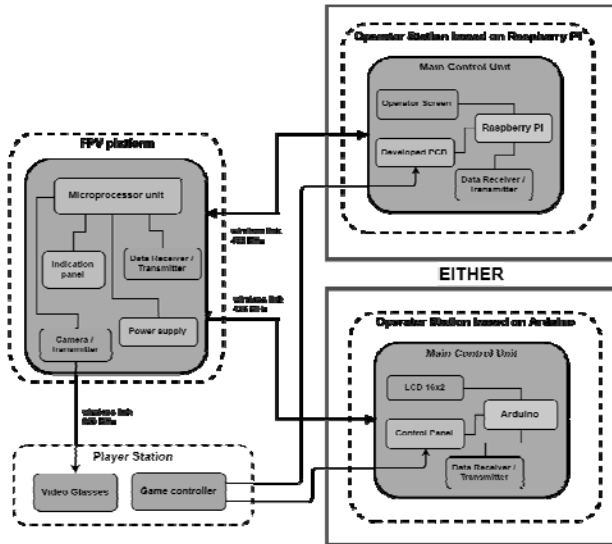


Рис. 1. Архітектура системи

ЦПУ, побудований на основі Arduino потребує використання макетної плати для збільшення кількості виводів землі і живлення та макетних з'єднань для взаємодії з платформу Arduino, що знижує надійність та компактність системи. Для усунення цих недоліків було вирішено спроектувати оригінальну плату. Таке рішення дозволить уникнути використання макетної плати та використовувати необхідні розніми. Виконавши аналіз існуючих мікроконтролерів (МК), у якості основи було обрано мікроконтролер Atmega 16. Цей мікроконтролер має 16Кб пам'яті для програм, 32 порти вводу\виводу, низьке енергоспоживання та дозволить зменшити вартість ЦПУ порівняно із використанням платформи Arduino [2].

Проаналізувавши вимоги до роботи системи, були прийняті наступні проєктні рішення: для збільшення стабільності роботи МК та зменшення впливу коливань напруги від джерела живлення в схемі використано лінійний стабілізатор напруги NCP1117 із низьким падінням напруги [3], аналогічний тим, що встановлюються на платах Arduino. Використання зсувного регістру 74HC165 дозволяє збільшити кількість виводів. Також усі резистори підтяжки розташовані на платі, що дозволяє уникнути використання зайвого навісного монтажу.

На цей час проєкт знаходиться на етапі виготовлення реального прототипу. Оскільки програми мікроконтролерів є апаратно залежними,

після виготовлення прототипу, у середовищі Atmel Studio 7.0 буде розроблено програму центрального пульта управління для МК Atmega 16, що дозволить взаємодіяти із рухомим об'єктом.

### Список літератури

1. Parkhomenko, A.V. – Gladkova, O.N.: Virtual Tools and Collaborative Working Environment in Embedded System Design. In: Proceedings of XI International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV2014) (26–28 February, 2014, Porto, Portugal) Porto: Polytechnic, 2014, pp. 91–93.

2. Atmel 8-bit ATmega16A Datasheet [Електронний ресурс] / Atmel Corporation, 2014. – 335 с. – Мова англ. – Режим доступу: [http://www.atmel.com/Images/Atmel-8154-8-bit-AVR-ATmega16A\\_Datasheet.pdf](http://www.atmel.com/Images/Atmel-8154-8-bit-AVR-ATmega16A_Datasheet.pdf)

3. NCP1117 Low-Dropout Positive Fixed and Adjustable Voltage Regulators [Електронний ресурс] / ON Semiconductor, 2014. – 17 с. – Мова англ. – Режим доступу: [http://www.onsemi.com/pub\\_link/Collateral/NCP1117-D.PDF](http://www.onsemi.com/pub_link/Collateral/NCP1117-D.PDF)

УДК 004.418

Пархоменко А.В.<sup>1</sup>, Кравченко Д.П.<sup>2</sup>, Слизинов Д. А.<sup>3</sup>

### АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЕМ В ОФИСЕ

Основная цель проекта – создание системы Умный офис, которая будет выполнять функции управления освещением, контроля доступа в помещения с помощью RFID меток, с оповещением в случае затопления, реакцией на исключительные ситуации и сетевым взаимодействием.

Система позволит по GSM модулю или по сети TCP/IP передавать сообщения при затоплении или попытке взлома, получать текущие показания с датчиков и считывателей, управлять освещением и дверными замками.

После анализа функциональных требований, была разработана общая архитектура системы (рис. 1).

---

<sup>1</sup> К.т.н., доц. кафедры программных средств ЗНТУ

<sup>2</sup> Студент гр. КНТ-722м

<sup>3</sup> Директор компании ВАНДЕРСЛАБ, Запорожье, Украина

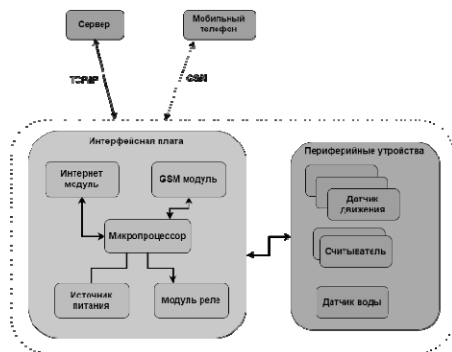


Рис. 1. Общая архитектура системы

Общая архитектура системы включает в себя интерфейсную плату, к которой подключаются периферийные устройства: датчики движения, датчик воды и считыватели RFID меток. К модулю реле, расположенному на интерфейсной плате, подключается управляемое оборудование (лампы, замки), также на интерфейсной плате расположены Интернет модуль, который отображает данные с датчиков на сервере, и GSM модуль, отправляющий сообщения на заданный номер при возникновении исключительных ситуаций (взлом, потоп).

На основании общей архитектуры было проведено исследование рынка компонентов для реализации данной задачи и разработана архитектура прототипа системы (рис. 2).

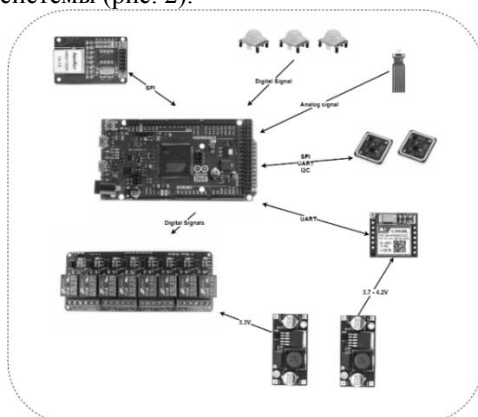


Рис. 2. Архитектура прототипа



Основой прототипа разрабатываемой системы является плата Arduino Due, выполняющая роль главного управляющего устройства. В состав входит Интернет-модуль, использующий SPI протокол и работающий как HTTP сервер, а также GSM модуль SIM800L, подключаемый по UART протоколу и передающий сообщения на заданный номер телефона. К прототипу подключены цифровые датчики движения и аналоговый датчик воды. В качестве считывателей используются модули PN532, которые имеют возможность подключения по протоколам I2C, UART, SPI. Для обеспечения питания платы используется отдельный преобразователь напряжения. Чтобы обеспечить нестандартное питание GSM модуля (3.7 – 4.2В) используется дополнительный преобразователь напряжения.

Система может работать в двух основных режимах. Обычный режим – в этом режиме система обрабатывает данные с периферийных устройств и на основе этих данных передает управляющие сигналы устройствам. Режим сигнализации – после перехода в этот режим, система обрабатывает данные с датчиков и в случае обнаружения движения в помещении передает GSM сообщение о взломе.

В результате выполнения проекта был создан прототип системы, который в настоящее время проходит тестирование на реальном объекте.

УДК 004.031.43

Пархоменко А.В.<sup>1</sup>, Туленков А.В.<sup>2</sup>, Поздняков О.А.<sup>3</sup>, Залюбовский Я.И.<sup>4</sup>

## **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЯМ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ И УСТРОЙСТВ**

Сегодня технологии IoT (Internet of Things, Интернет вещей), меняют пути взаимодействия мира с вещами и устройствами. Согласно исследованиям компании Ericsson, количество подключенных устройств до 2021 года возрастет до \$16 млрд. с \$4,6 млрд. в 2015 году. Растет влияние IoT на операционную деятельность компаний, а также на их организационную структуру. Компании хотят сегодня быстро проектировать, создавать и внедрять новые способы эффективного взаимодействия заказчиков с «вещами» и устройствами [1].

---

<sup>1</sup> К.т.н., доц. кафедры программных средств ЗНТУ

<sup>2</sup> Студент гр. КНТ-721м

<sup>3</sup> Директор компании БРИГ РИТЕЙЛ, Киев, Украина

<sup>4</sup> Аспирант кафедры программных средств ЗНТУ

По прогнозам аналитиков, финансовый потенциал IoT составляет 8,9 трлн. долларов США. Поэтому, исследование этого направления важно не только для IT-индустрии: детальное изучение IoT позволит вооружить студентов знаниями, навыками для повышения их конкурентоспособности в быстро меняющемся рынке труда [2].

Именно поэтому, работа по разработке новых курсов и внедрению их в учебный процесс подготовки IT-специалистов уже успешно ведется на кафедре программных средств Запорожского национального технического университета [3]. Разрабатываемая на сегодняшний день программно-аппаратная платформа для исследования и обучения технологиям IoT (см.рис.1), будет объединять несколько экспериментов и интегрироваться с удаленной лабораторией RELDES [4], что расширит возможности дистанционного обучения. Разработка выполняется на основе программно-аппаратных платформ Arduino и Raspberry Pi и предоставляет основной функционал Умного Дома.

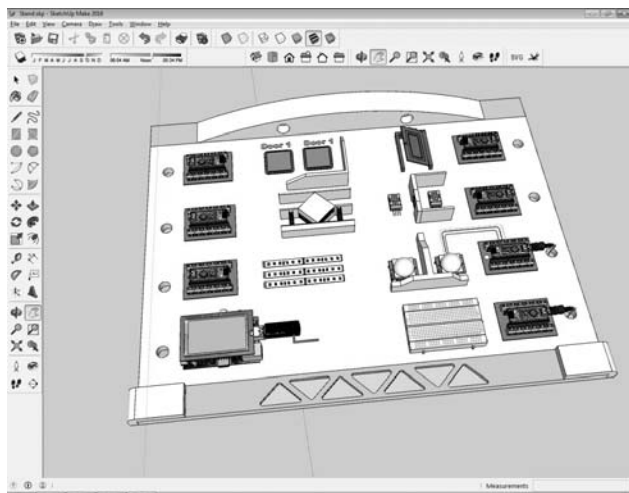


Рис. 1. Трехмерная модель проектируемой платформы

Сегодня активно ведется работа по реализации следующих подсистем: авторизации; управления рекуператором или приточно-вытяжной системой; управления освещением; контроля датчиков дверей; контроля температуры; контроля датчиков движения. Планируется также дополнительная панель для прототипирования прямо на стенде, а также дополнительные датчики для считывания и отправки команд кондиционерам или другим устройствам.

Практически-ориентированные методы обучения и применение разрабатываемой платформы дадут студентам необходимые знания и навыки для реализации собственных проектов, а также для успешного применения технологий IoT в будущей профессиональной деятельности.

### Список литературы

1. Michael Porter of the Harvard Business School and Jim Heppelmann. How Smart, Connected Products Are Transforming Companies [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ptc.com/internet-of-things/harvard-business-review/download-article-2#sthash.fyHFE0IE.dpuf>

2. Украинские ВУЗы выиграли грант ЕС EUR817 тыс. на проект в сфере «Интернета вещей» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://interfax.com.ua/news/general/362930.html>

3. Пархоменко А. Интеграція технологій Internet of Things в процес підготовки IT фахівців. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://zntu.edu.ua/integraciya-tehnologiy-internet-things-v-proces-pidgotovky-it-fahivciv>

4. RELDES. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://swed.zntu.edu.ua>, <http://youtu.be/u2anq--UYFg>

УДК 004.031.43

Пархоменко А.В.<sup>1</sup>, Шепеленко В.Р.<sup>2</sup>, Соколянский А.В.<sup>3</sup>

### ОЦЕНКА КАЧЕСТВА САЙТА УДАЛЕННОЙ ЛАБОРАТОРИИ RELDES

Удаленная лаборатория RELDES представляет собой сложный программно-аппаратный комплекс на основе платформы Ардуино. Веб-сервис реализован на основе серверного языка программирования PHP, с применением фреймворка PHP MVC CodeIgniter. Для адаптивной верстки HTML был выбран Bootstrap, который включает в себя HTML и CSS шаблоны для оформления веб-страниц. Для обработки данных на стороне клиента используется JavaScript (jQuery) [1,2].

Для оценки качества сайта лаборатории необходимо выполнить его тестирование. Тестирование веб-сайтов имеет ряд своих особенностей, основанных на специфике предметной области, и включает в себя: функциональное тестирование, юзабилити тестирование; нагрузочное тестиро-

---

<sup>1</sup> К.т.н., доц. кафедры программных средств ЗНТУ

<sup>2</sup> Студент гр. КНТ-421м

<sup>3</sup> Аспирант кафедры программных средств ЗНТУ

вание; тестирование пользовательского интерфейса; тестирование на уязвимости [3]. В результате исследований было запланировано пять этапов процесса тестирования. Первый этап заключается в анализе ТЗ, составлении тест-плана, а также частичном прогоне функциональных тестов. Второй этап посвящен детальному прогону функциональных тестов с выявлением и описанием дефектов. На третьем этапе будет проведено тестирование кроссбраузерности с описанием выявленных дефектов. Четвертым этапом является проверка устраненных дефектов и проведение регрессионного тестирования. Пятый этап заключается в тестировании дизайна продукта с описанием обнаруженных дефектов.

В последние годы появился ряд сервисов, позволяющих программно протестировать веб-сайт по многим критериям. Тестирование сайта лаборатории RELDES было выполнено с применением нескольких ресурсов.

Test my site with Google – тестирование с помощью данного ресурса показало высокий уровень адаптации сайта лаборатории к мобильным платформам (97/100), однако была выявлена такая проблема, как посредственная скорость загрузки ресурсов сайта на desktop (75/100) и мобильных платформах (68/100).

LoadImpact – данный ресурс предназначен для нагрузочного тестирования сайтов. Было проведено нагрузочное тестирование с 25 пользователями, которое продемонстрировало способность сайта выдержать подобную нагрузку.

WebAIM Wave – этот тестировщик позволяет наглядно оценить юзабилити сайта, отображая на нем пояснения к правильности применения структурных элементов. Единственной существенной проблемой, по версии тестировщика, является использование тегов <div> из HTML4 вместо <nav>, которые появились в HTML5, и других подобных элементов.

SeoSiteCheckup – тестировщик, позволяющий определить, насколько сайт оптимизирован под работу с поисковыми системами. Было выявлено, что оптимизация реализована посредственно, т.е. было получено 59 баллов из 100. Были предложены следующие пути исправления данной проблемы: добавить мета-тег; использовать семантические теги; добавить карту сайта; оптимизировать работу стилей и др.

Таким образом, можно выделить очевидные достоинства сайта удаленной лаборатории RELDES – его эргономичность и кроссбраузерность, а также высокий уровень адаптивности дизайна. Однако, имеется ряд существенных недостатков, над которыми следует поработать. Так, сразу двумя тестировщиками была отмечена нестабильная скорость загрузки сайта. Одной из причин является слишком большой размер изображений, которые следует

переконвертировать и сжать. Так же можно добавить некоторые скрипты на саму страницу, с целью ускорения ее загрузки.

В целом же, сайт лаборатории выполнен на достаточно хорошем уровне и соответствует поставленным перед ним задачам.

### **Список литературы**

1. RELDES. <http://swed.zntu.edu.ua>, <http://youtu.be/u2anq-UYFg>
2. Parkhomenko, A. Development and Application of Remote Laboratory for Embedded Systems Design/A. Parkhomenko, O. Gladkova, E. Ivanov, A. Sokolyanskii, and S. Kurson//International Journal of Online Engineering (iJOE),vol.11,no.3,pp.27–31, 2015.
3. Правильное тестирование сайта или как обеспечить себе здоровый сон. Freshdesign – Режим доступа: <http://fresh-design.com.ua/blog/technology/website-testing>

УДК 519.86:681.51

Поляков М.А.<sup>1</sup>

## **КИБЕР-ФИЗИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ОБЪЕКТОВ ИЗУЧЕНИЯ ДЛЯ УДАЛЕННЫХ ЛАБОРАТОРИЙ**

Уровень удаленных лабораторий в области инженерного образования в значительной степени определяется уровнем моделей объектов изучения, которые они используют. Эволюция этих моделей идет по пути увеличения степени адекватности модели объекту изучения, повышения наглядности проводимых экспериментов, моделирования более сложных объектов. В течение ряда лет развивается направление обучения с использованием «живых картинок» физических моделей объектов изучения. Обучающиеся дали положительную оценку такой форме обучения. Вместе с тем, использование физических моделей в удаленных лабораториях выявило ряд проблем для создателей и эксплуатационников: необходимость технического обслуживания для поддержания работоспособности и принятия мер для обеспечения безопасности; ограниченная номенклатура с физической моделью, сложность модернизации, высокая стоимость новых моделей и другие.

Цель настоящей работы: повысить уровень, расширить область применения существующих физических моделей. Поставленную цель

---

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доц., Запорожский национальный технический университет, Запорожье, Украина

предполагается достичь путем построения моделей объектов изучения как кибер-физических систем.

Физический уровень моделей объектов изучения, как правило, представляет собой техническую систему с датчиками, исполнительными механизмами и управляющим устройством в виде узла с вычислительным ресурсом – микроконтроллера, промышленного контроллера, компьютера. Свойства кибернетической системы модель приобретает в результате интеграции с программными компонентами, которые реализуют иерархию управлений на основе принципа однородности знаний в информационно-управляющей системе.

Теоретико-множественное описание кибер-физической системы модели объекта изучения представим в виде кортежа  $X, Y, S, \mu, \lambda, T$ , где  $X, Y, S$  – множество входов, выходов и состояний системы, соответственно;  $\mu, \lambda$  – функции выходов и переходов конечного автомата системы, соответственно;  $T$  – масштаб модельного времени. Практически все элементы кортежа могут быть использованы для расширения функциональности модели.

Например, множество  $Y$  включает видеовыход, через который на монитор удаленного студента передается «живая» картинка физической модели. Для расширения функциональности можно увеличить количество видеокамер, ввести удаленное управление ракурсом и параметрами съемки объекта изучения, добавить реальность или визуальность в изображение на мониторе удаленного студента. Это могут быть графические элементы для выделения фрагментов изображения, диагностические сообщения, анимационные вставки и другое. Возможно использование других форм передачи информации об объекте изучения. Например, добавленное аудио может быть полезно в тех случаях, когда одновременно с принципами работы объекта изучается терминология на иностранном для студента языке. В перспективе возможны и другие формы, что позволяет говорить о «добавленном медиа».

В существующую практику использования входов  $X$  для ввода студентом одиночных команд управления моделью объекта можно добавить генерацию входных сигналов по истечению заданного интервала времени, обратные связи объекта (например, руль, который моделирует сопротивление автомашины резкому повороту), входы событий внешней среды (например, для ввода тренда температуры), ввод событий управления в потоке, мониторинг потоков значений  $X$  и  $Y$  с сохранением трендов на машинном носителе.

Расширение множества состояний  $S$  и соответствующие модификации функций  $\mu$  и  $\lambda$  можно выполнять для моделирования поведения объекта в нештатных ситуациях, диагностирования неисправностей физиче-

ської моделі, діагностування проекту студента по управленню об'єктом, переходу від логічного управління к гібридному і к недермінованому автомату. Операції с модифікацією мно́жества  $S$  обозначим терміном «добавленне поведіння».

Масштаб  $T$  определяє можливості змінення модельного часу з метою проведення прискорених випробувань, аналізу швидкозмінюваних значень параметрів на критических інтервалах роботи моделі.

Робота проводилась в рамках міжнародного проекту DesIRE, грант No.544091-TEMPUS-1-2013-1-BE-TEMPUS-JPCR. Отримані результати передбачається використовувати для розширення функціональних можливостей віддалених лабораторій GOLDi в університеті Ільменау (Германія) і Запорізькому національному технічному університеті (Україна).

УДК 517.911.958(072) : 004

Сітак І. В.<sup>1</sup>, Власенко К. В.<sup>2</sup>

### **ДИДАКТИЧНЕ ПРИЗНАЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРНО-ОРІЄНТОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НАВЧАННЯ БАКАЛАВРІВ З ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Аналіз праць провідних науковців М. І. Жалдака [1], С. А. Ракова [2], Ю. В. Триуса [3] свідчить про незаперечні переваги використання комп'ютерно-орієнтованих технологій (КОТ) під час навчання різних розділів вищої математики та дає змогу визначитись із основним дидактичними можливостями означених технологій, а саме: забезпечення раціональної організації навчально-професійної діяльності студентів під час навчання через відповідне структурування навчального матеріалу його перебудову за певною схемою чи процедурою; залучення усіх видів чуттєвої перцепції студентів під час опанування навчального матеріалу через синергійність поєднання їх візуального і слухового сприйняття; забезпечення відкритості системи тренувальних вправ, що уможливають індивідуалізацію навчального процесу для студентів, побудову їх власної траєкторії навчання через дотримання самостійності у пізнанні; використання

---

<sup>1</sup> аспірант, старший викладач кафедри вищої математики та комп'ютерних технологій Інституту хімічних технологій (м. Рубіжне) Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля

<sup>2</sup> доктор педагогічних наук, професор кафедри вищої математики Донбаської державної машинобудівної академії

змодельованих проблемних ситуацій під час ознайомлення студентів із уміньми, що є необхідними для майбутньої професійної діяльності фахівця, через різнобічне подання смислу навчального матеріалу та комп'ютерне моделювання.

Розглянемо, чи є необхідним залучення вказаних можливостей під час навчання диференціальних рівнянь (ДР) бакалаврів з інформаційних технологій (ІТ). До особливостей подання змісту навчальної дисципліни «Диференціальні рівняння», відноситься стійка взаємозалежність і наступність викладання навчального матеріалу. Наприклад, деякі рівняння другого порядку шляхом певної заміни зводяться до рівнянь першого порядку, а більшість ДР першого порядку, в свою чергу, через певні перетворення можуть бути зведені до рівнянь з відокремленими змінними. Маючи незначну кількість часу, що надано на навчання дисципліни, та значний обсяг навчального матеріалу, майбутньому фахівцю з ІТ для результативного опанування ДР дуже важливо отримати уявлення о загальній структурі курсу та навчитись швидко орієнтуватися у навчальних повідомленнях. Для цього навчальний матеріал, що пропонується студентам має бути чітко структурованим, а теоретичні дані та приклади розв'язування завдань – згруповані за певними типами та ознаками. Такої мети можна досягти через комп'ютерно-орієнтований супровід навчання.

Вказаний супровід може забезпечити сприйняття студентом важливої складової досліджуваного курсу, математичного моделювання. З досвіду викладання дисципліни можна зазначити, що чуттєва перцепція та побудова диференціальних моделей викликає труднощі у студентів, оскільки потребує багато додаткових «нематематичних» знань про фізичний або хімічний стан об'єкту дослідження, фізичні, економічні, біологічні та інші закони, тощо. КОТ навчання дозволяють створити мультисенсорне інтерактивне навчальне середовище, що може супроводжувати усвідомлене сприйняття й розуміння досліджуваного процесу, здійснення його математичного опису. Крім того, досліджувані технології через комп'ютерне моделювання можуть допомогти викладачу в організації супроводу проблемних ситуацій та управлінні діяльністю студентів, що забезпечує їх усвідомлення смислу навчального матеріалу, його різних змістових і знакових інтерпретацій.

Вміння розв'язування диференціальних моделей формується шляхом застосування відповідних процедур розв'язування рівнянь різного типу. Для формування відповідних дій у студентів важливо неодноразово здійснювати реалізацію кожної процедури. КОТ можуть супроводжувати процес розв'язування тренувальних вправ із врахуванням диференціації навчання й індивідуальних можливостей бакалаврів.



Таким чином, ми пропонуємо використання КОТ навчання як систематизованих технологій супроводу процесу передачі та засвоєння знань і вмінь студентів, що узгоджується з основними вимогами освітньо-професійної характеристики фахівців, майбутня професійна діяльність яких безпосередньо пов'язана із залученням комп'ютера для розробки, застосування та дослідження математичних моделей різноманітних процесів.

### Список літератури

1. Жалдак М. И. Система подготовки учителя к использованию информационной технологии в учебном процессе : дис. в форме науч. доклада доктора пед. наук : 13.00.02 / М. И. Жалдак; АПН СССР; НИИ содержания и методов обучения. – М., 1989. – 48 с.
2. Раков С. А. Математична освіта: компетентнісний підхід з використанням ІКТ: Монографія /С. А. Раков. – Х.:Факт, 2005. – 360с.
3. Триус Ю. В. Комп'ютерно-орієнтовані методичні системи навчання математики : Монографія / Ю. В. Триус. – Черкаси : Брама-Україна, 2005. – 400 с.

УДК 004.9

Тарасов А.Ф.<sup>1</sup>, Беш А.Н.<sup>2</sup>

## ВСТРОЕННАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ АППАРАТОМ РАЗМОРАЖИВАНИЯ ПЛАЗМЫ

### Постановка задачи

В современной медицине имеет место использование плазмы крови. На практике часто плазма используется свежемороженая [1]. Перед переливанием ее необходимо разморозить и нагреть до 36°C. С целью уменьшения времени разморозки пластиковые мешки помещают в теплую воду и вручную размягчают твердые сгустки. Для интенсификации процесса оттаивания применяются специальные приборы – размораживатели. Данные устройства, как правило, снабжены громоздкой автоматизированной системой управления с элементами контроля и сигнализации. Применение встроенных одноплатных микроконтроллеров (МК) позволяет упростить построение систем управления и обеспечить более широкий спектр вариативных функций размораживателей.

---

<sup>1</sup> Д.т.н., проф., зав. кафедрой компьютерных информационных технологий Донбасской государственной машиностроительной академии (г. Краматорск).

<sup>2</sup> Старший преподаватель кафедры электромеханических систем автоматизации ДГМА.

## **Цель работы**

Разработка системы автоматизированного управления и контроля (АСУК) аппарата разморозки плазмы крови на базе одноплатной платы формы Arduino MEGA 2560. Основная концепция управления направлена на снижение времени разморозки, упрощение приемов общения медицинского персонала с АСУК, снижение затрат на изготовление и эксплуатацию устройства.

## **Базовые положения**

Программно-аппаратный комплекс (ПАК) обеспечивает:

- измерение текущих параметров датчиками АСУК температур, уровня и наличия потока жидкости;
- определяет количество пакетов с плазмой;
- реализует оптимальные алгоритмы процесса разморозки;
- фиксирует результаты текущего процесса;
- оповещает сигналами тревоги аварийные режимы работы;
- интуитивно-понятное управление и индикацию.

Логическая программная модель имеет ряд UML-диаграмм: прецедентов, классов последовательности [2]. Диаграмма прецедентов специфицирует и документирует поведение элемента разморозки, производится фиксация показаний. В ходе процесса АСУК определяет необходимые условия технологического процесса, проверяет целостность пакета плазмы. Режимы и параметры выводятся на пульт управления. Диаграмма классов представляет собой множества классов, интерфейсов, коопераций и отношений между ними. Данные датчиков считываются и обрабатываются в МК для выработки модели поведения термостата. Пульт имеет необходимый минимум кнопок управления, индикаторов на которые одновременно выводится информация о температуре и таймера обратного отсчета времени работы, а так же о состоянии АСУК. В качестве датчиков температуры применены DS18B20 фирмы Dallas Semiconductor. Наличие развитой структуры интерфейсов платформы Arduino MEGA 2560 позволяет упростить процесс обмена информацией с внешними устройствами.

Проведен информационно-аналитический обзор уже существующих аналогов прибора для выбора наиболее подходящей структуры АСУК и оптимизации концепции управления.

## **Основной результат**

В результате работы модернизирован модуль управления размораживателя. Применение платформы Arduino MEGA 2560 позволило сократить процесс проектирования за счет использования готовых библиотек и построить АСУК с улучшенными функциями и оптимальными алгорит-

мами работы с уменьшением времени без потери качества выходного продукта.

### Список литературы

1. Chairman J. Duguid, Maggs P. Bolton, Murphy M., Thomas D., Yates S., Williamson L. M. Guidelines for the use of fresh frozen plasma. Transfusion Medicine – 2004 The British Society for Haematology

2. Грейдли Буч. Язык UML. Руководство пользователя. The Unified Modeling Language user guide. – 2-е изд./Грейди Буч, Джеймс Рамбо, Айвар Джекобсон – М., СПб.: ДМК Пресс, Питер, 2004. – 432 с

УДК 004.9

Тарасов А.Ф.<sup>1</sup>, Сагайда П.И.<sup>2</sup>

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ ЭЛЕМЕНТОВ ИОТ В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ АКАДЕМИИ

В настоящее время является актуальным решение задач сбора данных, получаемых от узлов Internet of Things (IoT), в облачных хранилищах, т.к. накопление данных в локальных сетях или на выделенных накопителях связано с организационными сложностями и большими затратами ресурсов [1]. Кроме того, нет возможности оперативного доступа к накапливаемым данным. Организация централизованных хранилищ данных от IoT в облаках позволяет обеспечить сервисную архитектуру для эффективного доступа групп пользователей к устройствам и данным, настройки процесса включения устройств в сеть и отключения. Появляется также возможность осуществлять многоаспектную обработку накопленных Big Data для извлечения из данных нетривиальных и скрытых знаний.

Обработка данных от IoT с использованием технологий Data Mining и Machine Learning позволяет получить общие и частные модели функционирования типов устройств, отраслей деятельности, различных предметных областей, фрагментов окружающей среды [2]. Такое извлечение новых знаний для пользователей IoT и заинтересованных лиц позво-

---

<sup>1</sup> Д.т.н., проф., зав. кафедрой компьютерных информационных технологий Донбасской государственной машиностроительной академии (г. Краматорск).

<sup>2</sup> К.т.н., доц., доцент кафедры компьютерных информационных технологий ДГМА, докторант Донецкого национального технического университета (г. Покровск, Украина)

лит получить существенную прибыль за счет применения знаний в маркетинговой и производственной деятельности.

Необходима интеллектуализация IoT на основе онтологического подхода, методов инженерии знаний, которые позволят программному обеспечению узлов IoT осуществлять транзакции друг с другом для активного взаимодействия на основе баз правил и моделей поведения, уточнять и менять модели в зависимости от опыта работы. Такой режим работы узлов IoT позволит внедрять их не только в «умные дома», системы контроля окружающей среды, но и на предприятиях, в транспортных и логистических сетях, в системах образования и т.д.

Внедрение IoT на производственных предприятиях позволяет перейти к концепции «умной индустрии» [3]. Для исследований в этой области необходимо объединение усилий специалистов по исполнительным устройствам и приводам, специалистов в области автоматизации управления и информационно-коммуникационных технологий и систем автоматизированного проектирования. Для создания устройств IoT требуются навыки и умения в инженерной механике, обработке материалов, разработке исполнительных устройств и электроники, так как мехатронные устройства являются глубоко интегрированными системами с подсистемами различного принципа действия. Кроме того, такая интеграция позволяет разрабатывать различные учебные стенды для проведения удаленных лабораторных работ, и в состав этих стендов могут входить также все такие подсистемы. В ДГМА на факультете ФАМИТ как раз и располагается база таких специалистов с опытом работы и взаимодействия с крупными машиностроительными предприятиями и европейскими техническими вузами. В ближайшее время, при поддержке международной программы TEMPUS DESIRE, предполагается решать следующие конкретные задачи:

- обработка данных от датчиков и измерительных систем приводов и станков для автоматизации и оптимизации управления, компенсация помех и возмущающих воздействий к измерительным каналам;

- автоматизация проектирования электромеханических и электронных компонентов IoT с использованием современных CAD-CAM-CAE систем;

- обработка изображений и распознавание образов в автономных микропроцессорных устройствах;

- применение методов Machine Learning для извлечения скрытых паттернов поведения объектов сбора данных в IoT и моделей функционирования предметных областей;

– тория и практика разработки хранилищ данных и баз знаний для накапливаемых результатов измерений и данных о предметных областях.

### Список литературы

1. Big Data and Internet of Things: A Roadmap for Smart Environments. / [By edit. Nik Bessis, Ciprian Dobre]. – Heidelberg: Springer International Publishing, 2014. – 470 p. ISBN 978-3-319-05028-7.

2. Architecting the Internet of Things / [By edit. Dieter Uckelmann, Mark Harrison, Florian Michahelles]. – Berlin: Springer-Verlag, 2011.–353p. ISBN 978-3-642-19156-5.

3. Behmann, F. Collaborative Internet of Things (C-IoT): for Future Smart Connected Life and Business / F. Behmann, K. Wu. – Weinheim: Wiley IEEE, 2015. – 280 p. ISBN 978-1-118-91374-1.

УДК 004.9

Тарасов А.Ф.<sup>1</sup>, Сагайда П.И.<sup>2</sup>, Васильева Л.В.<sup>3</sup>

### ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ VIRTUAL LAB В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ АКАДЕМИИ

В высшей школе происходит быстрое расширение применения веб-ориентированного дистанционного образования, основанного на использовании информационных технологий (ИТ). Особенно это важно для технических специальностей, где требуется доступ студентов к физическим объектам: устройствам, датчикам, приборам для контроля параметров изучаемых процессов. Одним из перспективных направлений совершенствования учебного процесса является применение технологий virtual lab (V-LAB) при программировании embedded system (ES) и применении их к управлению техническими объектами [1,2].

Виртуальная лаборатория представляет собой программно-аппаратный комплекс, который позволяет проводить исследования без непосредственного контакта с реальным производственным или учебным оборудованием, или в условиях ее полного отсутствия [1]. Задачи по эму-

---

<sup>1</sup> Д.т.н., проф., зав. кафедрой компьютерных информационных технологий Донбасской государственной машиностроительной академии (г. Краматорск).

<sup>2</sup> К.т.н., доц., доцент кафедры компьютерных информационных технологий ДГМА, докторант Донецкого национального технического университета (г. Покровск, Украина)

<sup>3</sup> К.т.н., доц., доцент кафедры компьютерных информационных технологий Донбасской государственной машиностроительной академии (г. Краматорск)

ляции лабораторного оборудования за счет использования релевантных математических моделей, задачи управления и генерации сигналов обратной связи реализуются программно, в том числе обеспечивается визуализация внешнего вида лабораторной установки для учащегося (V-LAB). Естественно, что и поведение виртуальной лабораторной установки, и ее внешний вид будут существенно отличаться от реального оборудования.

Для освоения ЕС в учебном процессе требуется его адаптация с учетом содержания базовой подготовки по специальностям. Одновременно необходимо совершенствование и технологий учебного процесса, основанных на применении ИТ. Поэтому в основе работы по модернизации учебного процесса может лежать разработка технологий V-LAB силами студентов специальностей, изучающих ИТ, для своих коллег и студентов других технических специальностей.

Существует ряд задач, в которых затруднено автоматическое восстановление объекта после выполнения исследования. Например, при изучении методов разрушающего контроля механических свойств материалов после каждого эксперимента требуется замена образца. В этом случае целесообразно применять технологию V-Lab. Такой ПМК строится на основе интеграции с персональным компьютером, при этом эффективно применение специализированного программного обеспечения для построения 3D-моделей физических устройств и моделирования их поведения. Для реализации V-Lab можно использовать технологии игровых систем (game engine technology), в том числе Unity3D [3,4]. С помощью такого программного обеспечения выполняется построение модели объекта, 3D-визуализация и управление объектом через Интернет. На кафедре КИТ ДГМА был разработан ПМК для выполнения виртуальной лабораторной работы по растяжению образца. Разработанная система позволяет имитировать процесс установки и растяжения образца, показывает запись зависимости усилия от степени деформации, масштабирует изображение, меняет точку зрения на испытательную машину в процессе исследования. Тестирование ПМК проведено на лабораторных работах дисциплины «Сопротивление материалов».

Анализ показал, что предложенная методология кооперативной работы студентов в процессе разработки программно-методических комплексов для организации V-Lab, алгоритмов управления, интеграции с ПК и удаленного доступа с применением веб-ориентированных технологий является основой для кооперативной работы студентов различных специальностей.

## Список литературы

1. Viddaleny ta virtual'nyyinstrumentariy v inzhynirynhu: monohrafiya [The remote and virtual tools in engineering] / By ed. K. Henke. Zaporizhzhya: Dyke pole, 2015. ISBN 978-966-2752-74-8.

2. Sancristobal, E. – Martin, S. – Gil, R. – Orduna, P. – Tawfik, M. – Pesquera, A. – Diaz, G. Colmenar, A. – Garcia-Zubia, J. – Castro, M.: State of art, Initiatives and New challenges for Virtual and Remote Labs. In: 2012 12th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, 2012, pp. 714–715. ISBN 978-0-7695-4702-2

3. Berger, M. – Cristie V.: CFD post-processing in Unity3D. In: Procedia Computer Science, vol. 51, 2015, pp. 2913–2922. ISSN 1877-0509

4. Wikipedia: Unity. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Unity\\_%28game\\_engine%29](https://en.wikipedia.org/wiki/Unity_%28game_engine%29)

УДК 621.6 : 681.5

Шитикова Е.В.<sup>1</sup>, Табунщик Г.В.<sup>2</sup>

### **МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ МНОЖЕСТВА КОНТРОЛИРУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ПРОГРАММ ИСПЫТАНИЙ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Эффективное управление процессом испытаний сложных технических систем, таких как газотурбинные установки наземного применения (ГТУ НП), в первую очередь зависит от рационального планирования всех работ и оптимального распределения ресурсов [1].

Проведение испытаний ГТУ НП и их узлов сопряжено с очень большими затратами, поэтому особое внимание необходимо уделить этапу планирования испытаний и созданию программ испытаний. При этом одной из основных задач является определение оптимального объема работ и формирование множества контролируемых параметров.

Поэтому целью данной работы является разработка метода формирования множества контролируемых параметров для программ испытаний ГТУ НП.

Наипростейший способ – включить в данное множество все измеряемые и контролируемые САУ параметры (сигналы от контрольно-измерительной аппаратуры), которые используются для управления работой ГТУ НП. Однако полученное в результате множество будет избы-

---

<sup>1</sup>младший научный сотрудник кафедры программных средств ЗНТУ

<sup>2</sup>кандидат технических наук, профессор кафедры программных средств ЗНТУ

точным, что в конечном счете приведет к излишним трудозатратам при проведении испытаний.

Поэтому для ГТУ НП был разработан метод, включающий нижеперечисленные этапы.

1 Формируется множество информативных (значимых) параметров работы ГТУ НП  $CV$  (сокращенно от *controlled variable*), которое будет включать как измеряемые, так и расчетные параметры работы ГТУ НП.

2 Определяется перечень работ, которые необходимо выполнить в процессе испытаний ГТУ НП, для чего сформировать множество  $Ver$  (сокращенно от *verification*):  $Ver = \langle work; cost; time \rangle$ ,

где  $work = \{work_1, \dots, work_n\}$  – подмножество, содержащее перечень (наименование) проверок (работ), где  $n$  – число работ;

$cost = \{cost_1, \dots, cost_n\}$  – затраты на проведение работ;

$time = \{time_1, \dots, time_n\}$  – трудозатраты на проведение работ.

3 Используя систему логического вывода (правило вывода *modus ponens*) для каждой из работ  $work_i$  подмножества  $work$  поставить в соответствие подмножество  $CV_i^* \in CV$ , которое бы включало достаточное количество контролируемых параметров, характеризующих эффективность работы исследуемого объекта (системы, агрегата, процесса и т.д.) во время испытаний [2]. Например, для определения эффективности работы системы вентиляции ГТУ НП такие параметры как «Давление масла на входе в ГТП» или «Расход топливного газа» не являются информативными в отличие от параметров «Температура воздуха в контейнере отсека ГТП» и «Температура наружного воздуха».

В результате будет сформировано отношение

$$R_{work \rightarrow CV} = \begin{array}{c|ccc} & CV_1 & \dots & CV_m \\ work_1 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ work_n & 0 & \dots & 1 \end{array},$$

где 0 и 1 в теле матрицы свидетельствуют о соответствии параметра рассматриваемой работе.

4 Обобщенное множество  $CV^* = CV_1^* + CV_2^* + \dots + CV_n^*$ , будет содержать повторяющиеся элементы, т.к. для различных работ могут быть использованы одни и те же параметры. Поэтому на данном этапе решается задача уменьшения размерности множества  $CV^*$  путем исключения повторяющихся элементов.

5 Определить элементы каких из подмножеств  $CV_i^*$  приблизительно равны друг другу, что может свидетельствовать о целесообразности совместного проведения данных работ за один запуск ГТУ НП. Композиция работ с условием минимизации количества запусков в конечном сче-



те приведет к уменьшению материальных и нематериальных затрат на проведение испытаний.

В ходе работы был разработан метод, основанный на системе логического вывода, который формирует множество контролируемых параметров в процессе испытаний ГТУ НП и осуществляет композицию (компоновку) работ, которые целесообразно проводить совместно. Данный метод позволяет минимизировать материальные и трудовые затраты на проведение испытаний.

### Список литературы

1. Шитикова Е.В. Метод управления неопределенностью в условиях ограниченных ресурсов / Шитикова Е.В., Табунщик Г.В // *Радиоелектроніка, інформатика, управління*. – 2015. – № 2(33). – С. 87–95. DOI: 10.15588/1607-3274-2015-2-11.

2. Стрелец В.Е. Метод синтеза множества контролируемых переменных для диагностирования отказов турбореактивных двигателей в условиях неопределенности входных данных / В.Е. Стрелец, М.Л. Угрюмов, Е.М. Угрюмова, И.А. Трофимова // *Вісник двигунобудування*. – 2015. – №2. – С. 120–124.

УДК 004.8

Шеремет А.И.<sup>1</sup>

## СИСТЕМА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА БАЗЕ RASPBERRY PI 2 С ПРИМЕНЕНИЕМ АЛГОРИТМА SVM

Машинное обучение (англ. Machine Learning) – обширный подраздел теории искусственного интеллекта, математическая дисциплина, использующая разделы математической статистики, численных методов оптимизации, теории вероятностей, дискретного анализа, и извлекающая знания из данных.

Часто в алгоритмах машинного обучения возникает необходимость классифицировать данные. Каждый фактор представляется при этом как вектор (точка) в  $n$ -мерном пространстве (последовательность из  $n$  чисел). Каждая из таких точек принадлежит только одному из двух (или нескольких) классов. Если векторы в  $n$ -мерном пространстве являются separable на два класса с помощью  $(n-1)$ -мерной гиперплоскости, то говорят

---

<sup>1</sup> К.т.н., доц., доцент кафедры электромеханических систем автоматизации Донбасской государственной машиностроительной академии (г. Краматорск, Украина), докторант Днепродзержинского государственного технического университета (г. Каменское, Украина)

о линейной разделимости факторов. Разделяющих гиперплоскостей может быть множество. Поэтому вполне логично ввести предположение, что максимизация зазора между классами способствует более точной классификации факторов. Если такая гиперплоскость существует, то ее можно называть оптимальной разделяющей гиперплоскостью, а соответствующий ей линейный классификатор будет оптимально разделяющим классификатором [1].

Алгоритм построения оптимальной разделяющей гиперплоскости, окончательно сформировавшийся в 1995 году в американской корпорации AT&T Bell Laboratories получил название опорно-векторной машины (англ. Support Vector Machine) [1] и широко известен в настоящее время под аббревиатурой SVM. Алгоритм SVM реализован в библиотеке Scikit-Learn для языка программирования Python [2].

Библиотека Scikit-Learn позволяет создавать программное обеспечение для одноплатного компьютера Raspberry Pi 2, которое может стать основой для функционирования интеллектуальной системы диагностирования технических объектов на базе опорно-векторной классификационной машины. Система диагностирования технических объектов, построенная на базе Raspberry Pi 2 с применением алгоритма SVM, получает возможность выполнять оценку состояния объекта по текущим значениям измеряемых факторов (например, по значениям тока, напряжения, скорости, угла поворота и т. п.), а также производить предсказание возможных поломок и аварийных ситуаций, которые могут возникнуть в течение заданного промежутка времени [3]. В качестве входных данных для такой системы диагностирования следует использовать экспериментально полученную информацию о значениях диагностируемых параметров объекта, как в штатных режимах функционирования, так и в предаварийных.

В качестве операционной системы для Raspberry Pi 2 целесообразно использовать дистрибутив Linux Ubuntu MATE. После установки Ubuntu MATE на карту памяти Raspberry Pi 2, следует через Linux-консоль создать виртуальную среду разработки (virtualenv) и установить необходимые программные пакеты: Fortran, Cython, Matplotlib, NumPy, Scipy, Scikit-Learn, IPywidgets, IPython и др. Затем из полученной виртуальной среды, содержащей все необходимые пакеты и библиотеки, можно выполнить запуск интерактивной оболочки для Python, широко известной под названием Jupyter Notebook (прежнее название – IPython Notebook). Jupyter Notebook позволяет объединять программный код, текст и графические построения, а также распространять их для других пользователей через сеть. Таким образом, Jupyter Notebook предоставляет удобный web-интерфейс для построения системы диагностирования.

#### Выводы:

– алгоритмы машинного обучения, подобные SVM, могут успешно применяться для построения систем диагностирования и мониторинга технических объектов;

– Raspberry Pi 2 предоставляет все необходимые аппаратные возможности для построения системы диагностирования технических объектов с применением алгоритма SVM;

– программное обеспечение, необходимое для построения системы диагностирования технических объектов, является бесплатным и свободно распространяется через серверы компании Canonical.

#### Список литературы

1. Burges C. J. C. A tutorial on support vector machines for pattern recognition // *Data mining and knowledge discovery*. 1998. Volume 2, Issue 2. pp. 121–167.

2. Vapnik V. N. *The nature of statistical learning theory (information science and statistics)*. – 2nd ed. – New York: Springer-Verlag, 2000. – 314 p.

3. Вьюгин В. В. *Математические основы теории машинного обучения и прогнозирования*. – М.: Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН, 2013. – 387 с.

## 8 МІЖНАРОДНА ЛІТНЯ ШКОЛА СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ В ОСВІТІ МОЛОДІ

УДК 004.93

Благодарев А.Ю.<sup>1</sup>, Субботин С.А.<sup>2</sup>

### АНАЛИЗ АРХИТЕКТУР И МЕТОДОВ «ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ» НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Известные методы обучения распознаванию образов характеризуются такими недостатками как чувствительность к шуму и подверженность переобучению, что связано с недостаточным обобщением данных. Решить данные проблемы призвано «глубокое обучение» («Deep Learning») – разновидность машинного обучения, способная представлять внутреннюю корреляцию, автоматически выявлять абстракции высокого уровня и лучше осуществлять обобщение. Глубокое обучение реализуется с помощью нейронных сетей с глубокой архитектурой, отличающихся подходом к выявлению скрытых особенностей из данных. Поэтому для обоснованного выбора необходимо проанализировать известные архитектуры и методы построения глубоких сетей.

Сверточная нейросеть (Convolutional neural network, CNN) чередует сверточные слои, субдискретизирующие слои и использует на выходе полносвязный слой нейронов. Структура сети – однонаправленная без обратных связей, многослойная. Для обучения используются метод обратного распространения ошибки. Последовательное применение свертки и подвыборки позволяет составлять карты признаков из карт признаков предшествующего слоя [1].

Автоассоциатор (Autoencoder) – сеть прямого распространения без обратных связей, содержащая входной слой, один или более промежуточных (скрытых) слоев и выходной слой, содержащий столько же нейронов, сколько и входной слой. Автоассоциатор обучается с использованием обратного распространения ошибки. Целевым выходом автоассоциатора является его вход [2].

Глубокая сеть доверия (Deep Belief Network, DBN) – вероятностная модель, состоящая из нескольких слоев стохастических скрытых пере-

---

<sup>1</sup> аспирант кафедры программных средств Запорожского национального технического университета (ЗНТУ), г. Запорожье, Украина.

<sup>2</sup> д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой программных средств ЗНТУ, г. Запорожье, Украина..

менных, каждый из которых захватывает корреляции высокого порядка между деятельностью скрытых особенностей в расположенном ниже слое. Основным строительным блоком DBN является ограниченная машина Больцмана (RBM), содержащая слой видимых элементов (данные) и слой скрытых элементов, которые обучаются представлять особенности данных, захватывая связи более высокого порядка. Процедура обучения DBN состоит из предварительной подготовки (жадное обучение стека RBM) и этапа тонкой настройки на основе обратного распространения ошибки [3].

Рассмотренные сети обладают следующими преимуществами. CNN имеет: меньшее число настраиваемых весов по сравнению с полносвязной сетью; обладает устойчивостью к искажениям; универсальностью в задачах распознавания; инвариантностью к шуму. Автоассоциатор более просто реализуется, чем RBM, автоассоциатор учится «сжимать» и «реконструировать» входные данные, т.е. при необходимости может их восстановить, имеет широкую сферу применения. DBN способна обеспечить более абстрактные пространства свойств для классификации, обладает устойчивостью к искажениям входных данных.

Рассмотренные сети характеризуются следующими недостатками. Архитектура CNN пригодна только для распознавания изображений; содержит слишком много варьируемых параметров; многие параметры существенно влияют на результат, но выбираются эмпирически. Автоассоциатор имеет проблему переобучения. RBM имеет низкую эффективность из-за очень большой емкости.

Для оптимизации работы CNN предлагается использовать классический генетический алгоритм для обучения весов в фильтрах сети, что позволит избежать заикливания в локальных минимумах и повысит среднюю вероятность успешного решения задачи распознавания.

Поскольку автоассоциаторы являются более простыми и легко реализуемыми чем CNN и DBN, их целесообразно рекомендовать для использования на практике, однако если необходима большая универсальность, то следует предпочесть DBN.

### Список литературы

1. Salakhutdinov R. Deep Boltzmann machines / R. Salakhutdinov, G. E. Hinton // Proceedings of The Twelfth International Conference on Artificial Intelligence and Statistics (AISTATS'09). – 2009. – Vol. 5. – P. 448–455.
2. Le Cun Y. Backpropagation applied to handwritten zip code recognition / [Y. Le Cun, B. Boser, J.S. Denker et al. ] // Neural Computation.–1989. – Vol. 1, № 4. – P. 541–551.
3. Liou C.-Y. Autoencoder for Words / C.-Y. Liou [et al.] // Neurocomputing vol. 139. – 2014. – P. 84–96.

## **ПІДТРИМКА ПРОЦЕСУ ВИБОРУ КОНКУРУЮЧИХ АГЕНТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ВЕБ-ОРІЄНТОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ**

В роботі розглянуто проблему вибору одного з можливих рішень з множини існуючих варіантів у практичних задачах. Часто можливі рішення є взаємовиключними, а виконання обраного рішення має суттєвий вплив на стан проблемного середовища [1], тобто ідентифікація найкращого рішення (агента) серед інших конкуруючих агентів є актуальною науково-практичною задачею.

Для вирішення завдання підтримки процесу вибору конкуруючих агентів в роботі було розв'язано такі задачі: проведено аналіз існуючих підходів до оцінювання агентів, запропоновано декомпозиційну модель процесу вибору конкуруючих агентів, удосконалено метод отримання та формалізації індивідуальних оцінок експерта, удосконалено метод визначення групової оцінки на основі індивідуальних оцінок експертів з урахуванням їх компетентності, розроблено метод оптимізації розподілу обсягу замовлення між конкуруючими агентами, що враховує відносні коефіцієнти важливості критеріїв. Запропоновані моделі і методи підтримки процесу вибору конкуруючих агентів реалізовані у вигляді інформаційної технології, втіленої у відповідній інформаційній системі.

Програмне забезпечення інформаційної системи розроблено на основі клієнт-серверної архітектури з широким використанням web-технологій. Завдяки цьому клієнтські програми функціонують за принципом «тонкий клієнт» і можуть використовуватися на будь-якому пристрої з доступом до мережі Інтернет незалежно від програмної платформи [2]. Використання в роботі системи web-технологій забезпечує централізоване управління всіма поточними та минулими задачами, зберігання всіх поточних даних, а також дозволяє учасникам детально ознайомитися з доступними матеріалами в будь-який зручний для них час.

На рис. 1 в загальному вигляді наведено схему взаємодії між користувачами різних рівнів доступу і функціональними підсистемами.

---

<sup>1</sup> старший викладач кафедри програмних засобів ЗНТУ

<sup>2</sup> к.т.н. доцент кафедри програмних засобів ЗНТУ

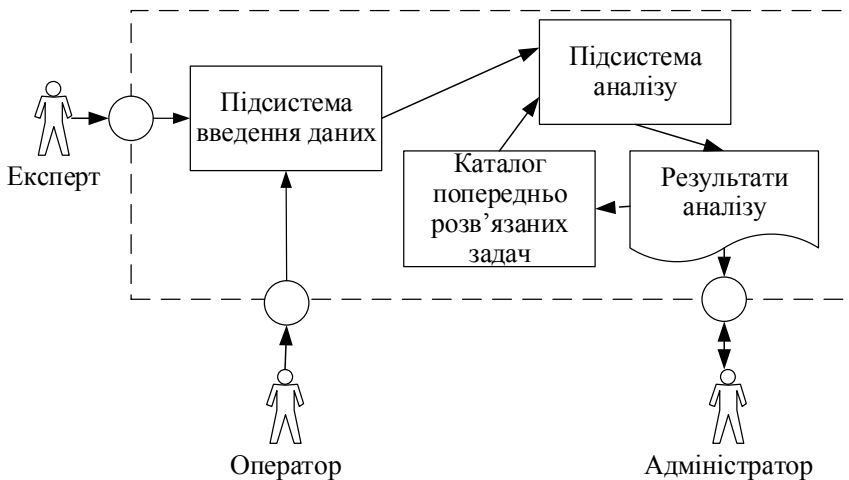


Рис. 1. Схема взаємодії підсистем інформаційної системи

Проблеми вибору конкуруючих агентів найчастіше виникають при вирішенні практичних завдань, пов'язаних з тендерами – процесами вибору найкращого рішення серед множини потенційних виконавців в умовах невизначеності і обмежених ресурсів. Розроблена інформаційна система орієнтована в першу чергу на рішення такого класу задач. Однак завдяки універсальності її архітектури та використанню сучасних технологій вона може бути адаптована до будь-якої області, що вимагає експертного оцінювання множини конкуруючих рішень.

Роботу виконано в рамках НДР «Методи і засоби обчислювального інтелекту та паралельного комп'ютерного оброблення великих даних в системах діагностування» ЗНТУ.

### Список літератури

1. Hashim Fatimah. Information and communication technology for participatory based decision-making-E-management for administrative efficiency in Higher Education / Fatimah Hashim, Gazi Mahabubul Alam, Saedah Siraj // International Journal of Physical Sciences. – 2010. – Vol. 5 (4). – P. 383–392.
2. Kumar U. Current Trends in Reliability, Availability, Maintainability and Safety / U. Kumar, A. Ahmadi, A.K. Verma, P. Varde. – Springer International Publishing. – 2016. – 738 p.

## **ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДОГОЛІЇ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ В ПРОЦЕСІ РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

Згідно з керівництвом [1] метою управління ризиками є підвищення ймовірності виникнення і підсилення впливу сприятливих подій та зниження ймовірності виникнення і послаблення впливу несприятливих подій у процесі реалізації проекту. Таким чином, управління ризиками є актуальним процесом для досягнення необхідних результатів проекту. У даній роботі розглянуто методологію управління ризиками, яка направлена на всі етапи управління проектами.

Управління ризиками загалом охоплює етапи ідентифікації, аналізу ризиків, вибору способів управління ризиками та їх моніторингу, що необхідно враховувати, не обмежуючись на практиці в процесі виконання професійної діяльності управління ризиками тільки одним або декількома етапами.

Управління ризиками є важливим аспектом управління проектами, який також необхідно розглядати окремо від безпосередньо процесів управління проектами, що зазвичай охоплює проблеми календарного планування, плинності кадрів, продуктивності роботи тощо.

Необхідно розуміти, що управління ризиками стосується будь-яких процесів, що відбуваються в межах проекту. Під час виконання проектів з розроблення програмного забезпечення – це не тільки ідентифікація впливу різних факторів, їх якісний і кількісний аналіз, моніторинг та визначення альтернативних шляхів розвитку, але й визначення відхилення строків і показників проекту (насамперед витрат і прибутків) від запланованих, застосування практичних методик, серед яких у роботі зокрема розглянуто:

- прийняття проектних рішень, пов'язаних з вибором шаблонів, паттернів проектування, вибором та використанням компонентних технологій;
- реалізація вимог до написання якісного коду (зокрема в межах рефакторингу);
- використання відповідних парадигм для реалізації окремої функціональності програмного забезпечення, використовуючи зокрема можливість мультипарадигмального підходу.

---

<sup>1</sup> к.т.н., доцент кафедри програмних засобів Запорізького національного технічного університету



Безпосередньо використання шаблонів, рушіїв, розроблення програмних компонентів розглянуто в якості способів управління ризиками, оскільки вони дозволяють використовувати готові проектні рішення, готові рішення з реалізації, не вимагаючи розробляти програмне забезпечення з самого початку, що несе в собі більш вимоги до професійного складу.

Неякісна реалізація даних процесів може призвести до того, що весь проект виявиться під загрозою або реалізовані програмні компоненти виявляться непридатними для повторного використання, що у випадку розглядання програмного забезпечення як продукції, що бере участь у контрактах на поставку [2], може призвести до невиконання підприємством власних обов'язків перед партнерами, які планували за допомогою даного програмного забезпечення реалізувати власний проект.

Виходячи з цього, можна зазначити важливість реалізації даних методик під час підготовки фахівців з інженерії програмного забезпечення, комп'ютерних наук та інформаційних технологій.

Окремою проблемою, розглянутою в роботі, є прогнозування реальних результатів проектів з проблема розроблення програмного забезпечення, описана вище. Для її розв'язання запропоновано інтегрувати засоби штучного інтелекту в даний процес. У такому випадку штучні нейронні мережі дозволяють прогнозувати відхилення фактичних показників проекту з розроблення програмного забезпечення від запланованих наперед [3], що ґрунтуються на основі стандартних результатів планування, наприклад, з використанням методу аналогій.

Таким чином, в даній роботі використано системний підхід для виконання управління ризиками як цілісної методології на практиці.

### **Список літератури**

1. A Guide to the Project Management Body of Knowledge [Текст] : PMBOK(R) Guide / Project Management Institute ; 5th edition. – 2013. – 589 p.
2. ДСТУ ISO/IEC 90003:2006. Програмна інженерія. Настанови щодо застосування ISO 9001:2000 до програмного забезпечення (ISO/IEC 90003:2004, IDT) [Текст] – К. : Держстандарт України, 2006. – 54 с.
3. Lovkin, V. Risk-Oriented Decision Making During Integrated Investment Management under Uncertainty / Valerii Lovkin // Central European Researchers Journal. – 2015. – Vol. 1, No. 2. – Pp. 40–45.

## МЕТОД ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ МОДЕЛІ КОЛЕКТИВНОГО ЕКСПЕРТНОГО ОЦІНЮВАННЯ

Аналіз модифікацій методів аналізу ієрархій (МАІ) свідчить, що більша частина методів призначена для вирішення задач індивідуального прийняття рішень, які можна адаптувати для вирішення задач колективного експертного оцінювання (КЕО). Позначимо, що  $AHP = \{ahp_i\}$ ,  $i = 1, 2, \dots, 18$  – множина ідентифікаторів найбільш використовуваних модифікацій МАІ,  $|AHP| = 18$ , які сформували базу моделей КЕО на основі підходу аналізу ієрархій.

Результати проведеного аналізу дозволили узагальнити та структурувати модифікації МАІ в процесі КЕО, а також формалізувати опис моделей наступною множиною векторів ідентифікаторів

$$CL\_P = \{cl\_p \mid cl\_p = (tsp, th, m, \theta, wpo, \xi, oa)\},$$

де  $tsp \in TSP$ ,  $th \in TH$ ,  $m \in M$ ,  $\theta \in \Theta$ ,  $wpo \in WPO$ ,  $\xi \in \Xi$ ,  $oa \in OA$ ,  $AHP \subset CL\_P$ .

Розглянемо опис кожної компоненти вектора  $cl\_p \in CL\_P$ .

$TSP = \{tsp_1, tsp_2\}$  – множина ідентифікаторів класів МАІ:  $tsp_1$  – методи прийняття індивідуальних рішень;  $tsp_2$  – методи прийняття колективних рішень.

$TH = \{th_1, th_2, th_3\}$  – множина ідентифікаторів типів ієрархій:  $th_1$  – перший тип,  $th_2$  – другий тип,  $th_3$  – третій тип.

$\Theta = \{\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4\}$  – множина способів вимірювання оцінок експертів:  $\theta_1$  – точкова;  $\theta_2$  – стохастична;  $\theta_3$  – нечітка;  $\theta_4$  – інтервальна.

$M = \{m_1, m_2, m_3, m_4, m_5\}$  – множина ідентифікаторів методів формування матриць попарних порівнянь (МПП):  $m_1$  – метод Сааті;  $m_2$  – метод порівняння об'єктів щодо стандартів;  $m_3$  – метод копіюванням;  $m_4$  – скорочена процедура формування МПП;  $m_5$  – модифікація методу Сааті для випадків з великою кількістю оцінюваних об'єктів.

<sup>1</sup> старший викладач кафедри програмних засобів ЗНТУ

<sup>2</sup> к.т.н., доцент кафедри програмних засобів ЗНТУ

$WPO = \{wpo_1, wpo_2, wpo_3, wpo_4\}$  – множина ідентифікаторів методів формування вектора пріоритетів з відповідних МПП:  $wpo_1$  – точкові;  $wpo_2$  – стохастичні;  $wpo_3$  – нечіткі;  $wpo_4$  – інтервальні.

$\Xi = \{\xi_1, \xi_2, \xi_3\}$  – множина ідентифікаторів методів оцінки узгодженості МПП:  $\xi_1$  – за структурою методу,  $\xi_2$  – за типом оцінок;  $\xi_3$  – за способом перегляду.

$OA = \{oa_1, oa_2, oa_3\}$  – множина ідентифікаторів методів формування підсумкового рішення:  $oa_1$  – спосіб згортки критеріїв;  $oa_2$  – тип моделі;  $oa_3$  – тип оцінок.

Для визначення параметрів моделі КЕО на основі підходу аналізу ієрархій був розроблений метод, який складається з наступних етапів.

**Етап 1. Підготовчий.** Формування множини альтернатив  $X$  та множини критеріїв оцінювання альтернатив  $S$ . Побудова ієрархічної структури задачі. Визначення типу ієрархій  $TH$ .

**Етап 2. Вибір методу формування МПП.** Експерти вибирають тип шкали для переведення вербальної оцінки в кількісну. Метод формування МПП залежить від типу ієрархій  $TH$  та кількості об'єктів в ієрархії, а саме: кількості критеріїв та альтернатив. Експерти заповнюють МПП вербальними оцінками, які переводяться за шкалою в необхідну оцінку з множини  $\Theta$ . Далі формуються відповідні МПП згідно обраного методу з множини  $M$ .

**Етап 3. Вибір методу формування вектора пріоритетів.** Різноманіття способів вимірювання переваг експертів спричинило появу багатьох методів обробки МПП для формування вектору пріоритетів  $WPO$ . Після формування вектору пріоритетів виконується оцінка узгодженості МПП та здійснюється коригування оцінок експертів. В залежності від типу оцінок, способу перегляду, структури методу коригування оцінок експертів обирається метод з множини  $\Xi$ .

**Етап 4. Вибір методу формування підсумкового рішення.** Вибір методу формування підсумкового рішення  $OA$  залежить від типу ієрархії, способу згортки критеріїв та шкали вимірювання оцінок експертів.

**Етап 5. Отримання колективного рішення.** Отримання колективної оцінки та оцінювання узгодженості індивідуальних оцінок експертів.

Запропонований метод дозволяє ідентифікувати параметри нової моделі КЕО та побудувати множину моделей КЕО на основі підходу аналізу ієрархій.

## **ИЗВЛЕЧЕНИЕ ПРОДУКЦИОННЫХ ПРАВИЛ НА ОСНОВЕ ГИБРИДНЫХ МЕТОДОВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

Процесс синтеза нейро-нечетких моделей [1] связан с необходимостью извлечения правил на основе заданных выборок данных. Однако выборки данных, описывающие результаты измерений характеристик реальных технических объектов и процессов могут содержать дублиаж информации, в частности, избыточные для принятия решений признаки и экземпляры. Следовательно, применение известных методов извлечения продукционных правил для синтеза моделей контроля качества на основе нейро-нечетких сетей в некоторых случаях является нецелесообразным.

Поэтому в настоящей работе предлагается на основе заданных выборок данных синтезировать деревья решений и извлекать на их основе продукционные правила, что позволит выделять наиболее ценные экземпляры, ранжировать признаки по значимости и, следовательно, устранить некоторую избыточность информации, также сократить пространство поиска и время синтеза нейро-нечетких моделей контроля качества. Однако известные методы синтеза деревьев решений предусматривают использование «жадного» подхода, не позволяющего в процессе построения таких моделей повторно рассматривать признаки, по которым уже было выполнено разбиение. Это может привести к низким обобщающим способностям синтезированной модели, вследствие ее сложности, а, следовательно, к избыточному числу правил, извлеченных из нее, что сделает систему правил более громоздкой и менее интерпретабельной. Поэтому для построения деревьев решений предлагается использовать интеллектуальный стохастический поиск [2], позволяющий исследовать различные области поискового пространства и не использующий жадную стратегию. В предложенном стохастическом методе синтеза деревьев решений используется информация об информативности признаков, сложности синтезируемого дерева, а также точности его распознавания, что позволяет на начальном этапе формировать множество древовидных структур, характеризующихся простой иерархией и невысокой ошибкой распознавания, в процессе поиска создавать новые множества решений с учетом информации о значимости признаков и интерпретабельности генерируемых деревьев, что, в свою очередь, обеспечивает возможность построения дерева решений с

---

<sup>1</sup> к.т.н., доцент кафедры программных средств ЗНТУ

небольшим числом элементов (узлов и связей между ними) и приемлемой точностью распознавания.

При выборе признака-проверки в процессе синтеза дерева решений для узла будем использовать априорную информацию о значимости признаков. Поскольку деревья решений эффективно применяются, как правило, для решения задач распознавания, характеризующихся конечным числом классов выходного параметра  $T$ , для оценивания информативности признаков целесообразно использовать характеристики, позволяющие оценивать значимость признака по отношению к выходному параметру, принимающему дискретные значения из конечного множества. В качестве таких характеристик могут быть использованы энтропия признака и теоретико-информационный критерий.

После оценивания информативности каждого признака выборки  $S$  происходит формирование деревьев в виде соответствующих структур данных. Признаки с высокими оценками индивидуальной информативности являются более значимыми (существенно влияют на выходной параметр  $T$ ), следовательно, в предложенном методе такие признаки будут иметь большую вероятность отбора в качестве признаков-проверок для соответствующего узла. Результаты экспериментального анализа показали, что предложенный стохастический метод синтеза деревьев решений не уступает по качеству построения древовидных моделей принятия решений известным методам, и обеспечивает возможность построения дерева решений с небольшим количеством структурных элементов и приемлемой точностью распознавания.

Работа выполнена в рамках НИР «Методи і засоби обчислювального інтелекту та паралельного комп'ютерингу для оброблення великих даних в системах діагностування» ЗНТУ. Работа выполнена при частичной поддержке международного проекта «Centers of Excellence for young RE-Searchers» (CERES) программы «Tempus» Европейской Комиссии (регистрационный номер 544137-TEMPUS-1-2013-1-SK-TEMPUS-JPHES).

### Список литературы

1. Бодянский Е. В. Нейро-фаззи сети Петри в задачах моделирования сложных систем / Е. В. Бодянский, Е. И. Кучеренко, А. И. Михалев. – Днепропетровск: Системные технологии. – 2005. – 311 с.
2. Oliinyk A. The decision tree construction based on a stochastic search for the neuro-fuzzy network synthesis / A. Oliinyk, S. A. Subbotin // Optical Memory and Neural Networks (Information Optics). – 2015. – Vol. 24, № 1. – P. 18–27.

## ТЕХНОЛОГИИ DATA MINING & KNOWLEDGE DISCOVERY В ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ В ОБЛАСТИ МАРКЕТИНГА, МЕНЕДЖМЕНТА И ЛОГИСТИКИ

**Предпосылки использования Data Mining & Knowledge Discovery (DM&KD) в бизнесе.** Применение методологии DM&KD в сфере бизнеса имеет не только понятную и естественную мотивацию, но и уже относительно давнюю историю. Предпосылкой здесь стали большие объемы данных (Big Data), фиксируемых в процессе хозяйственных операций – например, о поведении покупателей, фиксируемые как оффлайн (например, в розничных магазинах с помощью сканирования штрих-кодов, которыми маркируются товары), так и онлайн (при покупке товаров в интернет-магазинах). Присущая бизнесу ориентация на максимальную прибыль позволила сформировать устойчивый спрос на интеллектуальную обработку подобных больших объемов данных с целью принятия наилучших управленческих решений по уровню цен, товарному ассортименту, промо-акциям, каналам доставки и т.п.

**Автоматическое принятие бизнес-решений.** Особенностью современного этапа использования формальных количественных методов в бизнесе является ориентация не просто на решение прикладных задач, но и построение алгоритмов, позволяющих сократить участие человека в процессе анализа информации и принятия управленческих решений, т.е. построение систем алгоритмического бизнеса (Algorithmic Business) [1].

**Процедура DM&KD.** Общая процедура применения технологий DM&KD к проблемам в области маркетинга, менеджмента и логистики включает в себя, по мнению авторов, четыре этапа [2]:

– определение управленческой проблемы и формальную постановку задачи, т.е. сведение прикладной (управленческой) проблемы из предметной области (маркетинга, менеджмента, логистики) к одной из типовых задач DM&KD, которые будут описаны ниже;

– сбор и подготовку данных, т.е. формирование наборов данных (datasets) в том виде, который требуется для корректной работы методов DM&KD и получения значимых результатов. В первую очередь речь идет о таких процедурах, как нормализация данных и взвешивание признаков;

---

<sup>1</sup> Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, заведующий кафедрой экономики, к.э.н., доцент

<sup>2</sup> Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, профессор кафедры ЭВМ, д.т.н., профессор

<sup>3</sup> Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, проректор по учебной работе и менеджменту качества, к.т.н., доцент

– процессинг, или DM&KD как таковой, т.е. использование одного из существующих многочисленных алгоритмов для непосредственного анализа данных (например, алгоритма *k*-средних для кластеризации);

– оценку и интерпретацию результатов, т.е. проверку валидности результатов и их «перевод» на управленческий язык для принятия решения в рамках той маркетинговой (управленческой, логистической) проблемы, которая послужила исходной причиной для проведения анализа.

**Типовые задачи DM&KD.** В научной литературе существуют разные подходы к выделению типов задач, решаемых с помощью методов и алгоритмов DM&KD. Авторы полагают, что к числу основных таких задач следует отнести: кластеризацию (clustering), т.е. группировку объектов по схожести; ранжирование (ranking), т.е. упорядочение, выстраивание объектов по определенным (заданным) критериям; регрессию (regression), т.е. количественную оценку статистической связи между признаками объектов; классификацию (classification), т.е. построение алгоритма отнесения объекта к тому или иному классу; поиск ассоциативных правил (association rules learning), т.е. поиск всех значимых зависимостей между признаками объектов; прогнозирование (forecasting), т.е. определение будущих состояний анализируемого объекта или процесса.

**Категоризация объектов DM&KD в сфере бизнеса.** Указанные типовые задачи подразумевают выполнение определенных вычислительных операций над некоторыми объектами, составляющими набор данных (dataset). В маркетинге, менеджменте и логистике такими объектами, по мнению авторов, выступают:

– продукты (услуги, работы), т.е. предоставляемые рынку ценности;

– потребители, т.е. субъекты (в том числе целые рынки или их сегменты), которые покупают и потребляют продукты и услуги компании;

– экономические системы, т.е. субъекты хозяйствования, например, конкуренты, посредники, подразделения самой компании или даже ее сотрудники (менеджеры), а также взаимосвязь этих субъектов, организационных механизмов, технологий, оборудования и т.п., например, в виде логистических информационных систем [3].

**Примеры задач DM&KD в сфере маркетинга.** В качестве иллюстрации рассмотрим некоторые примеры указанных выше типовых задач DM&KD.

**Кластеризация.** Одной из традиционно решаемых задач в маркетинге является задача сегментирования рынка (market segmentation), т.е. задача разбиения всей массы потенциальных и фактических покупателей на ряд сегментов (групп), схожих по своему поведению, в том числе реакции на маркетинговые стимулы, демографическим, психологическим и иным характеристикам. Каждому из выделенных сегментов (кластеров) далее предлагается индивидуальный маркетинговый подход (например, иной ассортимент продукции, особая цена, персонализированная реклама, «свой» метод доставки и т.п.). С позиций DM&KD речь здесь идет о задаче кластеризации.

**Ранжирование.** Естественным продолжением задачи сегментирования рынка является задача выбора (отбора) целевых сегментов (targeting), в рамках которой все выделенные сегменты расставляются по приоритету, т.е. ранжируются от лучшего к худшему на основании ряда критериев. Как правило, такие критерии включают в себя емкость (размер) сегмента, темп его роста, уровень конку-

ренции, отсутствие законодательных ограничений и т.д. В терминологии DM&KD речь здесь идет о задаче ранжирования.

**Регрессия.** Популярной задачей является задача динамического ценообразования (dynamic pricing) в электронной коммерции. В этом случае регулярно ищется такое значение цены, которое максимизирует прибыль (или объем продаж). По сути, речь идет о моделировании спроса в виде уравнения множественной регрессии, которое затем используется для решения оптимизационной задачи и нахождения оптимальной цены.

**Классификация.** Для вновь привлеченного клиента (нового покупателя) компания (интернет-магазин) всегда хочет осуществить его однозначное отнесение к тому или иному рыночному сегменту, чтобы использовать уже наработанные маркетинговые схемы. В рамках DM&KD это будет сведено к типовой задаче классификации на основе уже выделенных сегментов рынка (кластеров) и построения классификаторов, учитывающих поведенческие, демографические, географические и психологические признаки потребителей. Такой подход, например, активно используется для рекомендательных систем (recommender systems) в интернет-магазинах, когда решается задача классификации нового посетителя относительно типовых классов прошлых покупателей с целью рекомендации товаров, которые будут для него интересны.

**Поиск ассоциативных правил.** В этом направлении наиболее заметна задача так называемого анализа рыночной корзины (market basket analysis), в рамках которой осуществляется поиск шаблонных, наиболее типичных комбинаций покупок продуктов в гипер- и супермаркетах на основе нахождения ассоциативных правил. В результате такого анализа магазины могут изменять выкладку товаров на полках, предлагать наборы товаров со скидкой и т.п.

**Прогнозирование.** Еще одна из интересных менеджеров по маркетингу классических задач – это предсказание лояльности или, наоборот, ухода потребителей (customer churn prediction) на основании истории его поведения (частота обращения к сайту, интерес к определенным товарам и др.) и покупок (частота, размер и т.д.). Результаты подобного анализа используются в дальнейшем для профилактической работы с покупателем (например, посредством специальной скидки или отправки персонализированного email с благодарностью от компании) еще до того, как он сам задумается об уходе. С точки зрения DM&KD речь может идти о построении логистической регрессии.

### Список литературы

1. The Arrival of Algorithmic Business // Gartner.com [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.gartner.com/smarterwithgartner/the-arrival-of-algorithmic-business/>
2. Пархименко В.А., Татур М.М. Типовые задачи и процедура data mining в маркетинге // Коммуникация в социально-гуманитарном знании, экономике, образовании : материалы IV Международ. науч.-практ. конф., Минск, 7–9 апр. 2016 г. – Минск : Изд. центр БГУ, 2016. – С. 361–363.
3. Логистические информационные системы: монография / Е.Н. Живицкая. – Минск: БГУИР, 2013. – 362 с.



## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОГРАММНЫХ БИБЛИОТЕК ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ

В задачах построения моделей по прецедентам возникает проблема обработки больших объемов данных в режиме реального времени. Для решения этой проблемы целесообразно использовать нейронные сети глубокого обучения. В настоящее время разработан ряд программных библиотек для построения глубоких сетей, которые представляется целесообразным экспериментально исследовать.

Для исследования были выбраны активно развивающиеся библиотеки для различных языков программирования. Среди них: TensorFlow (разработка Google, язык Python), Chainer (язык Python), Torch (язык Lua) и Synaptic (язык JavaScript). В качестве конфигурации нейронных сетей в исследовании был выбран многослойный персептрон, как наиболее простая и распространенная сеть.

Исходными данными были выбраны два набора для классификации из публичного репозитория Калифорнийского университета в Ирвайне. Первый набор – данные о животных в зоопарке [1] (101 значение, по 16 полезных атрибутов в каждом). Задача состоит в классификации животных в 7 различных классов. Второй набор – данные о классификации людей по цвету кожи [2] (45057 значений по 3 атрибута). Задача состоит в определении, является ли представленный цвет цветом человеческой кожи. В тестах использовались одинаковые конфигурации нейронных сетей для всех библиотек.

На диаграмме (рис. 1) показана средняя нагрузка на ЦП 4-ядерного компьютера при обучении нейронной сети каждой из рассматриваемых библиотек, причем тест проводился несколько раз, каждый раз предоставляя библиотеке ограниченное количество ядер (1, 2 и 4 соответственно). По ней видно, что большинство библиотек способно задействовать лишь часть предоставленных им системных ресурсов и производит в среднем одинаковую нагрузку на ПК, независимо от задачи.

---

<sup>1</sup> магистр, соискатель каф. программных средств Запорожского национального технического университета, г Запорожье, Украина

<sup>2</sup> канд. техн. наук, доцент, доцент каф. программных средств Запорожского национального технического университета, г Запорожье, Украина

<sup>3</sup> д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой программных средств Запорожского национального технического университета, г Запорожье, Украина.

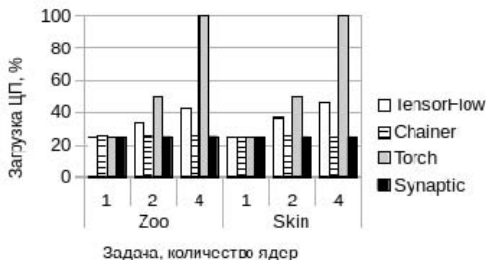


Рис. 1. Использование ресурсов ЦП библиотеками

В результате проведения исследований библиотек по другим параметрам (использование памяти, скорость обучения) и рассмотрения поддерживаемого ими функционала были получены следующие выводы.

Достоинствами библиотеки TensorFlow являются оптимальная скорость обучения и возможность работы в кластере. К недостаткам можно отнести более сложный (по сравнению с другими рассмотренными библиотеками) процесс описания архитектур нейронных сетей.

Фреймворк Chainer имеет достаточный набор функций для работы с нейронными сетями и простой подход к описанию структур нейронных сетей, а также затрачивает минимальное количество памяти среди рассмотренных библиотек, но не использует все ресурсы ЦП и работает в однопоточном режиме.

Фреймворк Torch содержит богатый набор возможностей для научных расчетов и имеет большое сообщество. Недостаток – медленная работа на ЦП, по сравнению с остальными рассмотренными библиотеками.

Библиотека Synaptic позволяет простое описание различных архитектур нейронных сетей и имеет высокую скорость работы вследствие простоты своей реализации. Среди недостатков – наличие лишь базового набора функций для построения нейронных сетей, однопоточная архитектура (ограничение node.js) и отсутствие поддержки работы на ГП.

### Список литературы

1. UCI Machine Learning Repository: Zoo Data Set. – Access mode: <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Zoo>
2. UCI Machine Learning Repository: Skin Segmentation Data Set. – Access mode: <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Skin+Segmentation>

## МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВРЕМЕНИ ВЫПОЛНЕНИЯ МЕТОДА СИНТЕЗА НЕЙРО-НЕЧЕТКИХ СЕТЕЙ В ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЕ

Синтез нейро-нечетких сетей актуален при решении ряда задач, например, индивидуального прогнозирования состояния больного гипертонической болезнью [1]. Это требует больших затрат временных и вычислительных ресурсов. Поэтому в данной сфере нашли применение методы параллельных вычислений, реализуемые при помощи кластеров вычислительных узлов и графических процессоров CUDA. Поскольку использование кластерных ресурсов является дорогостоящим, то важно рационально планировать выбор вычислительных ресурсов для достижения желаемой производительности. Целью данной работы является повышение эффективности применения параллельных компьютерных систем для синтеза нейро-нечетких сетей.

Основными характеристиками параллельной системы, влияющими на время выполнения метода синтеза нейро-нечетких сетей, являются тип системы (кластер CPU или GPU), число процессов, на которых выполняется задача, и пропускная способность сети. Число возможных решений [1] как параметр исследуемого метода так же оказывает существенное влияние на затраченное системой время. Метод [1] был применен на кластере CPU и на GPU, в результате чего была сформирована обучающая выборка, где каждый из результатов характеризовался четырьмя признаками:

$$D = \langle X, Y \rangle,$$

где  $X = \{x_1, x_2, x_3, x_4\}$ ,  $x_i = \{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iN}\}$ ,  $N = 174$ ,  $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_N\}$ .

В результате обучающая выборка представляла собой таблицу, содержащую значения четырех входных признаков и одного выходного для каждого применения метода [1] в параллельной системе.

Моделирование решения задачи индивидуального прогнозирования состояния больного гипертонической болезнью в параллельной системе осуществлялось на основе построенной обучающей выборки с помощью трехслойного персептрона, первый слой которого содержал четыре нейрона, второй слой – три нейрона, третий слой – один нейрон. Все нейроны имели сигмоидную функцию активации. В качестве дискриминантной функции использовалась взвешенная сумма:

---

<sup>1</sup> к.т.н., доцент кафедры КСС ЗНТУ

$$\phi(w; x) = w_0 + \sum_{i=1}^{|x|} w_i x_i,$$

где  $w_i$  определяет вес  $i$ -го входного параметра  $x_i$  в функции  $\phi(w; x)$ .

Для построения нейромодели и определения значений ее параметров на ее входы подавались значения пронормированных признаков, на выход – значение времени выполнения метода синтеза нейро-нечетких сетей в параллельной системе. В результате была получена следующая нелинейная модель:

$$\left\{ \begin{array}{l} Y_{NN} = \Psi_{(3,1)} = \left( 1 + e^{-(-2,873 + 5,42\Psi_{(2,1)} - 10,94\Psi_{(2,2)} + 28,35\Psi_{(2,3)})} \right)^{-1}; \\ \Psi_{(2,1)} = \left( 1 + e^{-(-8,65 - 5,2\Psi_{(1,1)} - 4,17\Psi_{(1,2)} - 4,95\Psi_{(1,3)} - 1,74\Psi_{(1,4)})} \right)^{-1}; \\ \Psi_{(2,2)} = \left( 1 + e^{-(-0,43 - 3,63\Psi_{(1,1)} + 1,57\Psi_{(1,2)} - 4,44\Psi_{(1,3)} - 2,46\Psi_{(1,4)})} \right)^{-1}; \\ \Psi_{(2,3)} = \left( 1 + e^{-(-5,37 - 9,56\Psi_{(1,1)} - 24,6\Psi_{(1,2)} + 2,94\Psi_{(1,3)} + 33,79\Psi_{(1,4)})} \right)^{-1}; \\ \Psi_{(1,1)} = \left( 1 + e^{-(-2,38 + 7,7x_1 - 5,1x_2 + 2,2x_3 - 6,85x_4)} \right)^{-1}; \\ \Psi_{(1,2)} = \left( 1 + e^{-(-6,22 - 5,06x_1 + 22,21x_2 + 18,14x_3 + 6,49x_4)} \right)^{-1}; \\ \Psi_{(1,3)} = \left( 1 + e^{-(-10,35 - 0,07x_1 + 11,12x_2 - 1,84x_3 + 9,29x_4)} \right)^{-1}; \\ \Psi_{(1,4)} = \left( 1 + e^{-(-2,07 + 5,13x_1 - 35,66x_2 + 4,49x_3 + 2,06x_4)} \right)^{-1}. \end{array} \right.$$

Таким образом, построенная нейросетевая модель позволяет прогнозировать время, необходимое параллельной компьютерной системе для выполнения метода синтеза нейро-нечетких сетей. При этом значение среднеквадратичной ошибки модели составило  $2,95 \cdot 10^{-5}$ , что является приемлемым для подобного рода задач.

Работа выполнена в рамках НИР «Методи і засоби обчислювально-го інтелекту та паралельного комп'ютерингу для оброблення великих даних в системах діагностування» ЗНТУ.

## Список литературы

1. Individual prediction of the hypertensive patient condition based on computational intelligence / Sergey Subbotin, Andrii Oliinyuk, Stepan Skrupsky – Information and Digital Technologies 2015 ISBN 978-1-4673-7185-8, 7–9 july 2015, Zilina, Slovakia, pp. 336–344

УДК 001.8:002.01

Субботін С.О.<sup>1</sup>

### ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ НАУКОВИХ ПУБЛІКАЦІЙ

Постійно зростаючий обсяг наукових публікацій робить практично неможливим їхній аналіз людьми вручну і, відповідно, викликає необхідність автоматизації аналізу властивостей наукових публікацій.

Державні структури та редакції наукових видань, окремі науковці зацікавлені у математичному забезпеченні, яке дозволяє аналізувати значимість публікацій, їхніх авторів, організацій авторів, видань, що у єдиній системі критеріїв дає можливість оцінити і порівняти різні дослідження і дослідників, не затрачаючи значних засобів і часу на проведення їхньої спеціальної експертизи людьми.

На даний час відома низка показників оцінювання якості публікацій [1–4], що дозволяють аналізувати публікації, які вийшли, їхніх авторів, журнали, а також організації за числом посилань на них в інших публікаціях.. Недоліком відомих засобів [1–4] є те, що вони не дозволяють оцінити характеристики наукових праць до їхньої публікації на стадії розгляду редакцією наукового журналу й обмежуються тільки посиланнями на статті / авторів / організації / журнали, не приділяючи уваги структурі, лексичі і формі подання матеріалу публікацій. Тобто оцінюють статті на зовнішньому по відношенню до їхнього вмісту рівні, що не дозволяє явно судити про якість подання матеріалу статті.

З іншого боку, недоліком відомих метрик якості на рівні статей є те, що вони характеризують властивості окремих статей без урахування їхнього зв'язку з іншими публікаціям, недоліком метрик на рівні авторів – те, що вони не враховують взаємозв'язки публікацій різних авторів, а ме-

---

<sup>1</sup> д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри програмних засобів Запорізького національного технічного університету, м. Запоріжжя, Україна.

трик на рівні журналів – те, що вони незастосовні для окремих статей і для окремих учених.

Метою даної роботи є створення інформаційної технології оцінювання якості наукових публікацій, вільної від зазначених недоліків.

Визначено набір метрик, що дозволяють кількісно оцінювати індивідуальні властивості матеріалу і автоматизувати аналіз наукових публікацій. Запропонований набір містить показники статті: потенціал охоплення читацької аудиторії, структурованість, різноманітність географії, мов та видів джерел бібліографії, якість бібліографії, насиченість тексту посиланнями на джерела, число і цитованість рисунків і таблиць, ілюстрованість, обсяг і використання математичного апарату, ефективність абстрактів, показники лексики статті (відповідність назви тексту, назви та авторської анотації, авторської анотації і тексту, ключових слів і анотації, ключових слів і назви, ключових слів і тексту, ключових і характеристичних слів, назви і характеристичних слів, назви і характеристичних слів, УДК та лексики статті, опису таблиць та рисунків тексту, відповідності лексики абзаців, назв літературних джерел і тексту), самоцитовання авторами статті, якість авторського колективу, гібридні та інтегральні показники якості статті.

Запропоновано комплекс міжстатейних метрик наукових публікацій, які дозволяють кількісно оцінювати властивості наукових публікацій, що містить метрики, які враховують взаємозв'язок статей і їхню лексику, метрики, що враховують цитованість і лексику статей, а також метрики на рівні авторів і метрики на рівні журналів, що дозволяють усунути недоліки відомих метрик.

Наведено приклади, що підтверджують практичну застосовність запропонованих показників.

Комплекс розроблених показників дозволяє кількісно характеризувати властивості наукових праць з погляду на їхню структуру, лексику і форму подання матеріалу, а також враховуватимуть бібліографію статей і посилання на неї в опублікованих джерелах.

Використання запропонованих метрик дозволяє автоматизувати аналіз і порівняння наукових публікацій і періодичних видань.

### **Список літератури**

1. Moed H. F. Measuring contextual citation impact of scientific journals / H. F. Moed // *Journal of Informetrics*. – 2010. – Vol. 4, № 3. – P. 265–277.

2. Игра в цифирь, или как теперь оценивают труд ученого (сборник статей о библиометрике). – М.: МЦНМО, 2011. – 72 с.

3. Цыганов А. В. Краткое описание наукометрических показателей, основанных на цитируемости / А. В. Цыганов // *Управление большими системами* : сб.

тр. Спец. вып. 44 – Наукометрия и экспертиза в управлении наукой. – М.: ИПУ РАН, 2013. – С.248–261.

4. Штовба С. Д. Обзор наукометрических показателей для оценки публикационной деятельности ученого / С. Д. Штовба, Е. В. Штовба // Управление большими системами : сб. тр. Спец. вып. 44 – Наукометрия и экспертиза в управлении наукой. – М.: ИПУ РАН, 2013. – С. 262–278.

УДК 004.93

Субботін С.О.<sup>1</sup>

## **ПОБУДОВА ДІАГНОСТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВІ ПОВНІСТЮ ВИЗНАЧЕНИХ НЕЙРО-НЕЧІТКИХ МЕРЕЖ**

Нейро-нечіткі мережі [1–4] широко використовуються в технічному діагностуванні завдяки їх здатностям до навчання за прецедентами, інтерпретабельності та масованому паралелізму обчислень. Проте більшість відомих методів синтезу нейро-нечітких мереж [1–4] вимагають завантаження всієї навчальної вибірки до пам'яті ЕОМ, є повільними, призводять до отримання моделей, що недостатньо добре проявляють узагальнювальні й апроксимаційні властивості, що обмежує застосування таких моделей на практиці.

Метою роботи є автоматизація синтезу діагностичних моделей на основі нейро-нечітких мереж, вільних від зазначених недоліків.

Запропоновано метод синтезу нейро-нечітких моделей за прецедентами, здатний одержувати цілком визначені нейромоделі на основі регулярного розбиття ознак.

Для забезпечення швидкості розбиття простору ознак та його незалежності від людини пропонується використовувати регулярне розбиття діапазонів значень ознак на інтервали. Число інтервалів для розбиття діапазонів значень ознак доцільно обирати таким чином, щоб забезпечити узагальнення даних.

Метод розраховує координати центрів кластерів як координати центрів прямокутних блоків у просторі інтервалів ознак, а належності кластерів до класів визначає за навчальною вибіркою: для кластерів, покритих спостереженнями, належність визначається за максимумом частоти екземплярів відповідних класів у кластері, а для кластерів, не покритих

---

<sup>1</sup> д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри програмних засобів Запорізького національного технічного університету, м. Запоріжжя, Україна.

спостереженнями, належність визначається за максимальним потенціалом, що наводиться на даний кластер кластерами з відомою належністю до класів.

Отриманий набір кластерів-правил відображається у структуру нейро-нечіткої мережі Мамдани (рис. 1), а її параметри налаштовуються на основі параметрів розбиття ознак і центрів кластерів. На вхідний шар мережі надходять вхідні сигнали – значення ознак розпізнаваного екземпляра, які далі надходять на другий шар, який виконує фаззифікацію. Виходи нейронів другого шару являють собою значення функцій належності розпізнаваного екземпляра до термів ознак. Нейроелементи третього шару мережі комбінують належності до термів у належності до еталонів кластерів, на основі яких нейрони четвертого шару визначають належність до класів. Єдиний нейрон п'ятого (вихідного) шару здійснює дефаззифікацію та видає на виході розрахункове значення номера класу розпізнаваного екземпляра.

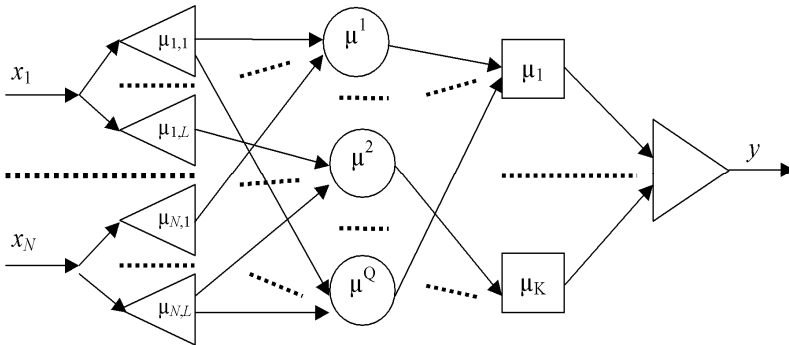


Рис. 1. Схема нейро-нечіткої мережі

Запропонований метод не вимагає завантаження всієї навчальної вибірки в пам'ять ЕОМ та істотно прискорює процес синтезу моделей, забезпечуючи при цьому прийнятний рівень узагальнення даних одержуваною нейромоделлю.

Розроблено програмне забезпечення, що реалізує запропонований метод, а також проведені експерименти, що підтвердили працездатність розробленого математичного забезпечення і що дозволяють рекомендувати його для побудови нейро-нечітких моделей на основі вибірок великого обсягу.



## Список літератури

1. Buckleya J. J. Fuzzy neural networks: a survey / J. J. Buckleya, Y. Hayashi // Fuzzy sets and systems. – 1994. –Vol. 66, Issue 1. – P. 1–13.
2. Дли М. И. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети / М. И. Дли. – М.: Физматлит, 2003. – 225 с.
3. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский ; пер. с польск. И. Д. Рудинского. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 452 с.
4. Яхьяева Г. Э. Нечеткие множества и нейронные сети : учеб. пособие / Г. Э. Яхьяева. – М.: Интуит, 2006. – 316 с.

УДК 004.6

Татур М.М.<sup>1</sup>, Пархименко В.А.<sup>2</sup>

### РАНЖИРОВАНИЕ КАК ЗАДАЧА DATA MINING & KNOWLEDGE DISCOVERY

В научной литературе выделяют следующие типовые задачи Data Mining & Knowledge Discovery (DM&KD): кластеризацию (clustering), т.е. группировку объектов по схожести, регрессию (regression), т.е. количественную оценку статистической связи между зависимыми и независимыми признаками объектов, классификацию (classification), т.е. отнесение объекта к тому или иному классу, поиск ассоциативных правил (association rules learning), т.е. поиск всех значимых зависимостей между признаками объектов, прогнозирование (forecasting), т.е. определение будущих состояний анализируемого объекта или процесса.

Авторы полагают, что к числу таких задач следует отнести и задачу ранжирования (ranking), т.е. упорядочение, «сортировку», выстраивание объектов по определенным (заданным) критериям.

В литературе по Data Mining иногда упоминается задача обучения ранжированию (learning to rank), которая решается в рамках классической проблемы извлечения информации (information retrieval) [1–3]. Например, в поисковых интернет-системах (Google, Yandex и др.) эта задача сводится к ранжированию веб-документов (страниц) по степени их релевантности запросу пользователя, при этом используется обучение на выборке.

Общеизвестно, что ранжирование рассматривается не только в рамках указанной задачи, но и для более широкого круга случаев, в том числе без наличия

---

<sup>1</sup> Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, профессор кафедры ЭВМ, д.т.н., профессор

<sup>2</sup> Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, заведующий кафедрой экономики, к.э.н., доцент

обучающей выборки. Например, руководство компании хочет осуществить ранжирование своих менеджеров по продажам в зависимости от объема заключенных ими сделок за месяц с целью премировать лучших и депремировать худших. В таком, простейшем, варианте постановки задачи ранжирования критерий сортировки осуществляется только по одному признаку, сводится, по сути, к простой сортировке и может быть действительно осуществлен даже без расчетов. В более сложных случаях критерии ранжирования включают ряд признаков. Скажем, в упомянутой ситуации менеджеры по продажам ранжируются, не только исходя из объемов сделок, но и условию оплаты (отсрочка, предоплата и т.п.), рентабельности сделки, стратегической значимости клиента для компании, интенсивности допродажных усилий (количество звонков потенциальным клиентом, число проведенных выездных торговых презентаций, объем подготовленных «продающих» текстов) и др. Проблема еще больше усложняется, когда некоторые признаки являются не количественными, а качественными.

Математически речь идет о том, что ранжирование осуществляется по некоторой целевой функции (функции ранжирования, функция скоринга), выражающей предпочтения лица, принимающего решение, относительно важности тех или иных признаков (критериев). В простейшем случае это функция вида  $R(X_i) = \sum w_j \cdot x_{ij}$ , где  $R(X_i)$  – скоринговая оценка объекта  $i$ ,  $w_j$  – вес признака  $j$ ,  $x_{ij}$  – значение признака  $j$  у объекта  $i$ .

Использование более сложных функций, а также большее число признаков (в том числе разновесомых, разнонаправленных), наличие качественных, а не только количественных признаков, – все это делает задачу ранжирования совершенно не тривиальной. Неудивительно, что на большом объеме данных даже при наличии понятных критериев ранжирования (функции) человек уже не в состоянии (тем более оперативно) проанжировать рассматриваемые объекты, возникает необходимость в использовании алгоритмов и вычислительных средств. Все это подтверждает необходимость отнесения задачи ранжирования к типовым задачам DM&KD.

В общем виде процедуру ранжирования можно представить, по мнению авторов, в виде следующего обобщенного алгоритма:

1. Определение управленческой проблемы и постановка цели DM&KD.
2. Выбрать параметры (информативные признаки).
3. Получить данные (произвести измерения).
4. Нормализовать данные.
5. «Взвесить» данные.
6. Выбрать метрику (целевую функцию).
7. Провести ранжирование.
8. Оценить, интерпретировать полученный результат.

Названные этапы характерны для других типовых задач DM, следовательно, и ранжирование должно занимать соседствующее с ними место в ряду задач интеллектуального анализа данных.

## Список литературы

1. Воронцов К.В. Методы обучения ранжированию (лекция в ШАД Яндекс). URL: <http://www.machinelearning.ru/wiki/images/8/89/Voron-ML-Ranking-slides.pdf>
2. Pareek H., Ravikumar P. A Representation Theory for Ranking Functions // Neural Information Processing Systems (NIPS). December 2014. URL: <https://papers.nips.cc/paper/5250-a-representation-theory-for-ranking-functions.pdf>
2. Kevin G. Jamieson , Robert D. Nowak. Active Ranking in Practice: General Ranking Functions with Sample Complexity Bounds. URL: [http://nowak.ece.wisc.edu/active\\_ranking\\_practice.pdf](http://nowak.ece.wisc.edu/active_ranking_practice.pdf)
3. Jonathan L. Elsas Vitor R. Carvalho Jaime G. Carbonel Fast Learning of Document Ranking Functions with the Committee Perceptron // Proceedings of WSDM2008, February 11–12, 2008, Palo Alto, California, USA. URL: [https://www.cs.cmu.edu/~jgc/publication/Fast\\_Learning\\_ACM\\_2008.pdf](https://www.cs.cmu.edu/~jgc/publication/Fast_Learning_ACM_2008.pdf)

УДК 004.67:004.9

Юр Т.В.<sup>1</sup>

## АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ DATA MINING ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ВЕЙВЛЕТ-ПЕРЕТВОРЕННЯ

У базах даних, які накопичуються в усьому світі, заховано величезну кількість потенційно важливих, але ще не виявлених знань. Технології інтелектуального аналізу даних або Data mining (DM) застосовуються для відшукування шаблонів, трендів, асоціацій, аномалій, важливих атрибутів та структур в неопрацьованих даних для подальшого прийняття рішень на основі виявлених знань. Вони з успіхом знаходять своє застосування в різних прикладних областях: в маркетингу, торгівлі, банківській справі, біоінформації, в системах діагностування тощо.

Вейвлет-перетворення (ВП) є математичним апаратом, що дозволяє отримати компактне і інформативне багаторівневе представлення досліджуваних об'єктів. Як показали проведені дослідження, ВП може стати ядром багатьох технологій DM і дозволить отримати значно більш ефективні рішення багатьох вирішуваних проблем завдяки таким сприятливим властивостям як: нульові моменти, компактний носій, ієрархічна і багатомасштабна структура декомпозиції, лінійна часова і

---

<sup>1</sup> доцент кафедри програмних средств ЗНТУ, к.т.н., доц.

просторова складність перетворення, декореляція коефіцієнтів та велике різноманіття базисних функцій.

Процес ДМ для його структуризації можна розбити на наступні етапи: зберігання даних, попередня обробка та підготовка даних до аналізу, безпосередній аналіз даних і вилучення знань, оцінка та інтерпретація отриманих результатів аналітиком.

На етапі зберігання даних задаються механізми і структури для організації доступу до даних, що є вкрай важливими в практичних застосуваннях при аналізі великих обсягів накопиченої інформації.

Завдяки тому, що ВП надає ієрархічну багатомасштабну структуру подання даних, його можна застосувати для ефективного зберігання та швидкого доступу до стиснених даних. ВП дозволяє отримати високе співвідношення стиснення в поєднанні з гарною якістю відновленого сигналу. Так ВП широко використовується для аудіо і відео даних, часових рядів, його було обрано для стандартів стиснення зображень JPEG2000 і ICER. Застосування ВП в TSA-деревах і 2D TSA-деревах надає ефективні структури зберігання часових і просторово-часових сигналів, які підтримують запити на різних рівнях абстракції про тренд в даних і раптові зміни їхньої поведінки.

Попередня обробка даних є важливим етапом, що забезпечує якість даних і підвищує ефективність і якість наступного процесу аналізу. Підготовка даних для аналізу включає очищення для видалення шуму і викидів, інтеграцію даних з різних інформаційних джерел, проріджування даних для зменшення розмірності і складності, перетворення даних у відповідний формат для аналізу.

Завдяки властивості нульових моментів вейвлетів, зазвичай тільки деякі з коефіцієнтів ВП є значущими і несуть корисну інформацію, а велика частина з них нехтовно малі і можуть бути віднесені до шуму. Зберігаючи певні вейвлет-коефіцієнти можна очистити дані від шуму або зменшити їхню розмірність, виділити значущі атрибути в даних.

На основному етапі безпосереднього аналізу застосовуються різні інтелектуальні методи та технології вилучення знань з даних, такі як, наприклад: нейронні мережі, нечітка логіка, дерева рішень, генетичні алгоритми, статистичні методи тощо.

Основна ідея застосування ВП на даному етапі полягає в наступному. Як відомо, ВП має властивість зменшувати часову кореляцію даних, тобто кореляція вейвлет-коефіцієнтів набагато менше, ніж кореляція відповідного вихідного часового ряду. Завдяки цій властивості прості традиційні моделі ДМ, які не можуть бути застосовані на складних вихідних даних, можуть бути досить точні в області вейвлетів. Крім того,

ВП надає засоби виділення характерних особливостей в даних, які можуть бути використані в якості ознак в існуючих традиційних методах DM.

ВП в такому вигляді застосовується для вирішення задач класифікації, регресії, кластеризації даних, сегментації зображень, передбачення числових рядів, виявлення аномалій і викидів в даних, пошуку схожих об'єктів за зразком, візуалізації даних.

Серед проаналізованих методів DM, необхідно відзначити найцікавіший метод кластеризації WaveCluster. Даний метод розглядає всю сукупність даних як сигнал в N-вимірному просторі атрибутів і намагається на підставі ВП виділити в цьому сигналі низькочастотні піддіапазони частот, в яких пов'язані компоненти і будуть кластерами. Експерименти показали, що метод WaveCluster за своєю ефективністю перевершує такі методи Birch і CLARANS.

Для кожного етапу процесу DM в проведено огляд можливостей застосування вейвлет-перетворення, показані характеристики вейвлетів, які можуть допомогти привнести поліпшення в існуючі методи.

Роботу виконано в рамках НДР «Методи і засоби обчислювального інтелекту та паралельного комп'ютерингу для оброблення великих даних в системах діагностування» ЗНТУ.

УДК 004.6

Юхо С.А.<sup>1</sup>

## **КЛАССИФИКАЦИЯ И КЛАСТЕРИЗАЦИЯ – ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ В DATA MINING**

*Введение.* Постоянное увеличение объема информации в современном мире диктует необходимость использования аналитических систем вместо человеческих ресурсов для извлечения знаний из накопленной информации, делая актуальной задачу разработки специализированных методик и программных инструментов.

Для исследования информации используются различные методы. В Data Mining это классификация, регрессия, кластеризация, выявление ассоциаций, выявление последовательностей, прогнозирование.

*Цель.* Целью данной работы является освещение двух основных методов – классификации и кластеризации.

---

<sup>1</sup> Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, студент 2 курса, гр. 443201

*Основная часть.* Классификация – это распределение объектов по определенно заданным группам исходя из какого-либо признака, который может быть как качественным, так и количественным. Данная задача относится к стратегии обучения с учителем, которое также именуют контролируемым или управляемым обучением.

При проведении классификации необходимо придерживаться следующих правил:

- деление должно быть последовательным;
- при каждом делении используется лишь один признак;
- при делении объекты должны взаимно исключать друг друга.

Для классификации используются такие модели как: нейронные сети, деревья решений, метод k-ближайшего соседа, алгоритмы покрытия и другие.

Классификация применяется в самых различных областях: бизнесе, маркетинге, медицине, социологии, космических исследованиях.

Вторым основным методом является кластеризация. Это распределение объектов по принципу схожести, но в отличие от классификации группы не predetermined. Таким образом, данная задача относится к типу «обучение без учителя». Кластерный анализ полезен, когда нужно обработать большое количество информации, например, для анализа клиентов компании. При этом все клиенты группируются в кластеры и для каждого кластера создается своя индивидуальная политика.

Потребность в кластеризации возникает там, где есть необходимость в разбиении объектов (ситуаций) на непересекающиеся подмножества, называемыми кластерами, так, чтобы каждый кластер состоял из схожих объектов, а объекты разных кластеров существенно отличались.

Четкое разделение на кластеры возможно только в идеальных условиях и при сильно различающихся параметрах объектов кластеризации. Поэтому для решения реальных задач все чаще применяются нечеткие методы, в которых разбиение объектов (ситуаций) выполняется на частично пересекающиеся подмножества. Важной предпосылкой применения нечетких методик кластеризации в реальных условиях является то, что характеристики объектов не всегда являются измеримыми и поэтому в ряде случаев присутствуют экспертные оценки характеристик объектов, которые являются субъективными и могут быть противоречивыми.

Задача кластеризации актуальна в различных сферах и предметных областях, например: формирование потребительской корзины; принятие решения о выдаче потребительского кредита; сегментирование сферы деятельности с целью повышения эффективности производительности; обработка изображений; тематический анализ библиотеки документов;

оптимизация использования складских помещений; выявление транзакций, проведенных по поддельным кредитным картам; выявление потенциальных болезней пациентов; построение показательной (репрезентативной) выборки и т.д.

*Вывод.* Несмотря на кажущуюся похожесть этих задач, решаются они разными способами и при помощи разных методов. Классификация, являясь наиболее простой задачей Data Mining, относится к стратегии «обучение с учителем», для ее решения обучающая выборка должна содержать значения как входных переменных, так и выходных (целевых) переменных. Кластеризация, напротив, является задачей Data Mining, относящейся к стратегии «обучение без учителя», т.е. не требует наличия значения целевых переменных в обучающей выборке. Задача классификации решается при помощи различных методов, наиболее простой – линейная регрессия. Выбор метода должен базироваться на исследовании исходного набора данных. Наиболее распространенные методы решения задачи кластеризации: метод k-средних (работает только с числовыми атрибутами), иерархический кластерный анализ (работает также с символьными атрибутами). Сложностью кластеризации является необходимость ее оценки.

### Список литературы

1. Технологии управления знаниями [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://sites.google.com/site/upravlenieznaniami/tehnologii-upravlenia-znaniami/data-mining>
2. Чубукова И.А. Data Mining в экономике
3. Нейский, И.М., Филиппович, А.Ю. Интеграция дивизимных и итерационных методов для адаптивной кластеризации фактографических данных / И.М. Нейский, А.Ю. Филиппович // Труды конференции «Телематика`2009» – М.: 2009.

Наукове видання

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ І ДОСЯГНЕННЯ В ГАЛУЗІ  
РАДІОТЕХНІКИ, ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ  
ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Тези доповідей

VIII МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

Технічні редактори Д. М. Піза, С. В. Морщавка  
Комп'ютерне верстання С. В. Морщавка, С. В. Зуб  
Відповідальний за випуск С. В. Морщавка

Оригінал-макет підготовлено  
в редакційно-видавничому відділі ЗНТУ

Підписано до друку 22.09.2016. Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 19,99.  
Тираж 14 прим. Зам. № 874.

Запорізький національний технічний університет  
Україна, 69063, м. Запоріжжя, вул. Жуковського, 64  
Тел.: (061) 769–82–96, 220–12–14

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2394 від 27.12.2005