

Наукові праці

Видається з грудня 2001 року

Науково-методичний журнал



Серія

«КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ»

Випуск 271, 2016

Том 283

Наказом МОН України від 06.03.2015 року № 261
цей журнал включено до переліку наукових фахових видань
з комп'ютерних наук, у яких можуть публікуватися результати
дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук.

Засновник видання –
Національний університет
«Києво-Могилянська
академія».
Видання засноване у 2001 р.
Свідоцтво КВ № 5817 від 30.01.2002 р.

Перереєстрація:
Засновник видання –
Миколаївський державний
гуманітарний університет
ім. Петра Могили
Свідоцтво КВ № 9506 від 14.01.2005 р.

Перереєстрація:
Засновник видання –
Чорноморський державний
університет ім. Петра Могили
Свідоцтво КВ № 15281-3853ПР
від 10.04.2009 р.

Рекомендовано до друку та поширення
мережею Інтернет
рішенням вченої ради
Чорноморського національного
університету ім. Петра Могили
(протокол № 11 від 01.07.2016)

РЕДАКЦІЙНО-ВИДАВНИЧА РАДА

| | |
|-------------------------|---|
| Клименко Л. П. | голова редакційно-видавничої ради, головний редактор журналу «Наукові праці», доктор технічних наук, професор, ректор ЧНУ імені Петра Могили |
| Беглиця В. П. | заступник голови редакційно-видавничої ради, заступник головного редактора журналу «Наукові праці», доктор наук з державного управління, доцент, проректор з наукової роботи ЧНУ імені Петра Могили |
| Смельянов В. М. | голова редколегії серії «Державне управління», доктор наук з державного управління, професор |
| Іванов М. С. | голова редколегії серії «Політологія», доктор політичних наук, професор |
| Мещанинов О. П. | голова редколегії серії «Педагогіка», доктор педагогічних наук, професор |
| Горлачук В. В. | голова редколегії серії «Економіка», доктор економічних наук, професор |
| Грабак Н. Х. | голова редколегії серії «Екологія», доктор сільськогосподарських наук, професор, старший науковий співробітник |
| Матвєєва Н. П. | голова редколегії серії «Філологія. Мовознавство», доктор філологічних наук, професор |
| Григор'єва Л. І. | голова редколегії серії «Техногенна безпека. Радіобіологія», доктор біологічних наук, професор |
| Пронкевич О. В. | голова редколегії серії «Філологія. Літературознавство», доктор філологічних наук, професор |
| Тригуб П. М. | голова редколегії серії «Історія», доктор історичних наук, професор, академік УАІН |
| Гавеля В. Л. | голова редколегії серії «Соціологія», доктор філософських наук, професор |
| Січко Д. С. | голова редколегії серії «Юриспруденція», кандидат юридичних наук, доцент |
| Фісун М. Т. | голова редколегії серії «Комп'ютерні технології», доктор технічних наук, професор, старший науковий співробітник, дійсний член УАІН |
| Андрєєв В. І. | відповідальний секретар журналу «Наукові праці», кандидат технічних наук, доцент |

Н 34

Наукові праці : Науково-методичний журнал. – Вип. 271. Т. 283. Комп'ютерні технології. – Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2016. – 124 с.

У журналі представлено результати наукових робіт дослідників з різних регіонів України. Проблематика статей досить широка і торкається різноманітних теоретичних та прикладних аспектів сучасних комп'ютерних технологій.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ СЕРІЇ

- Фісун Микола Тихонович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інтелектуальних інформаційних систем Чорноморського національного університету імені Петра Могили (м. Миколаїв) – *голова редакційної колегії серії «Комп'ютерні технології»*;
- Бідюк Петро Іванович** – доктор технічних наук, професор Інституту прикладного системного аналізу (ННК ПСА) (м. Київ) – *заступник голови редакційної колегії серії «Комп'ютерні технології»*;
- Гожий Олександр Петрович** – доктор технічних наук, доцент, в.о. професора кафедри комп'ютерної інженерії Чорноморського національного університету ім. Петра Могили (м. Миколаїв) – *відповідальний секретар редакційної колегії серії «Комп'ютерні технології»*;
- Глибовець Микола Миколайович** – доктор фізико-математичних наук, професор, декан факультету інформатики НаУКМА (м. Київ);
- Данилов Валерій Якович** – доктор технічних наук, професор кафедри математичних методів системного аналізу Інституту прикладного системного аналізу (ННК ПСА НТУУ «КПІ») (м. Київ);
- Дихта Леонід Михайлович** – доктор технічних наук, професор кафедри прикладної та вищої математики Чорноморського національного університету імені Петра Могили (м. Миколаїв);
- Коваленко Ігор Іванович** – доктор технічних наук, професор, професор кафедри програмного забезпечення автоматизованих систем Національного університету кораблебудування імені адм. Макарова (м. Миколаїв);
- Кондратенко Юрій Пантелійович** – доктор технічних наук, професор, професор кафедри інтелектуальних інформаційних систем Чорноморського національного університету імені Петра Могили (м. Миколаїв);
- Кутковецький Валентин Якович** – доктор технічних наук, професор, професор кафедри комп'ютерної інженерії Чорноморського національного університету імені Петра Могили (м. Миколаїв);
- Малахов Євген Валерійович** – доктор технічних наук, професор, професор кафедри математичного забезпечення комп'ютерних наук Одеського національного університету імені І. І. Мечникова (м. Одеса);
- Мещанинов Олександр Павлович** – доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри інтелектуальних інформаційних систем Чорноморського національного університету імені Петра Могили (м. Миколаїв);
- Мусієнко Максим Павлович** – доктор технічних наук, професор, декан факультету комп'ютерних наук Чорноморського національного університету імені Петра Могили (м. Миколаїв);
- Приходько Сергій Борисович** – доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедри програмного забезпечення автоматизованих систем Національного університету кораблебудування імені адм. Макарова (м. Миколаїв);
- Хомченко Анатолій Никифорович** – доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри прикладної та вищої математики Чорноморського національного університету імені Петра Могили (м. Миколаїв).

ISSN 2311-1682

Включено до Міжнародної науково-метричної бази даних Ulrichsweb (Ulrich's Periodicals Directory)

© Чорноморський національний університет імені Петра Могили, 2016

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ:

54003, м. Миколаїв,
вул. 68 Десантників, 10
Тел.: (0512) 76-55-99, 76-55-81,
факс: 50-00-69, 50-03-33,
E-mail: avi@chmnu.edu.ua

ЗМІСТ

| | |
|--|-----|
| <i>Кутковецький В. Я., Турти М. Ю., Гриза О. В.</i> Гранульований геометричний образ хвороби в n-вимірному просторі..... | 9 |
| <i>Сандлер А. К., Цюпко Ю. М.</i> Судновий волоконно-оптичний гідрофон..... | 16 |
| <i>Швед А. В.</i> Алгоритм вибору правила комбінування експертних свідочств..... | 21 |
| <i>Левенець Т. В., Кравець І. О.</i> Дослідження методів розпізнавання облич при використанні мобільних технологій..... | 28 |
| <i>Фісун М. Т., Дворецький М. Л., Юхатов А. В.</i> Порівняльний аналіз методів побудови OLAP-систем із використанням засобів MS SQL SERVER та ORACLE..... | 36 |
| <i>Коваленко І. І., Антіпова К. О., Кучара Ю. П.</i> Модель інформаційних потоків лінійно-функціональної організаційної структури управління великим наукомістким підприємством..... | 43 |
| <i>Кулик Я. А., Гармаш В. В., Маслій Р. В.</i> Реалізація та моделювання швидкої медіанної фільтрації..... | 50 |
| <i>Лифар В. О.</i> Інформаційне забезпечення системи управління техногенним ризиком..... | 57 |
| <i>Мельник Р. П., Мельник О. Г., Чепурний Г. П.</i> Підвищення інформаційної безпеки телекомунікаційної системи ДСНС України шляхом моніторингу інцидентів та оцінки ризику реалізації загроз безпеки..... | 65 |
| <i>Нікольський В. В., Нікольський М. В., Накул Ю. А.</i> Система підтримки прийняття рішення по навантаженню великотонажного контейнеровоза..... | 70 |
| <i>Рудницький В. М., Шувалова Л. А., Нестеренко О. Б.</i> Аналіз дворозрядних операцій криптографічного кодування по критерію строгого лавинного ефекту..... | 74 |
| <i>Кутковецький В. Я., Турти М. Ю., Гриза О. В.</i> Узагальнений медичний датчик для інтелектуальних систем..... | 78 |
| <i>Солобута Л. В., Солобута М. Є.</i> Логістичні моделі вантажоперевезень в мережі магазинів..... | 83 |
| <i>Цюпко Ю. М.</i> Волоконно-оптичний датчик метану..... | 87 |
| <i>Горшеньова К. Ю., Кравець І. О.</i> Розробка динамічних моделей вітряних електростанцій системою GPSS..... | 92 |
| <i>Давиденко Є. О.</i> Вибір модулів програмного забезпечення для реінжинірингу шляхом комбінування SWOT-аналізу та теорії ігор..... | 98 |
| <i>Максименко Ю. А.</i> Вплив перехідних процесів при підслідкуванні системою технічних засобів розвідки на процес зміни ефективності..... | 102 |

| | |
|--|-----|
| <i>Бурлаченко І. С.</i> Метод організації процесу обробки даних під час адаптивної потокової передачі на основі мультиагентного підходу..... | 106 |
| <i>Хнюнін С. Г.</i> Створення системи реєстрації виникнення ефекту відхилення потоку рідини | 113 |

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| <i>Кутковецкий В. Я., Турты М. Ю., Грыза А. В.</i> Гранулированный геометрический образ болезни в n-мерном пространстве..... | 9 |
| <i>Сандлер А. К., Цюпко Ю. М.,</i> Судовой волоконно-оптический гидрофон | 16 |
| <i>Швед А. В.</i> Алгоритм выбора правила комбинирования экспертных свидетельств | 21 |
| <i>Левенец Т. В., Кравец И. А.</i> Исследование методов распознавания лиц при использовании мобильных технологий | 28 |
| <i>Фисун М. Т., Дворецкий М. Л. Юхатов А. В.</i> Сравнительный анализ методов построения OLAP-систем с использованием средств MS SQL SERVER и ORACLE | 36 |
| <i>Коваленко И. И., Антипова Е. А., Кучара Ю. П.</i> Модель информационных потоков линейно-функциональной организационной структуры управления крупным наукоемким предприятием | 43 |
| <i>Кулик Я. А., Гармаш В. В., Маслий Р. В.</i> Реализация и моделирование быстрой медианной фильтрации | 50 |
| <i>Лыфарь В. А.</i> Информационное обеспечение системы управления техногенным риском | 57 |
| <i>Мельник Р. П., Мельник О. Г., Чепурной Г. П.</i> Повышение информационной безопасности телекоммуникационной системы ГСЧС Украины путем мониторинга инцидентов и оценки рисков реализации угроз безопасности | 65 |
| <i>Никольский В. В., Никольский М. В., Накул Ю. А.</i> Система поддержки принятия решения по погрузке крупнотоннажного контейнеровоза | 70 |
| <i>Рудницкий В. М., Шувалова Л. А., Нестеренко О. Б.</i> Анализ дворовозрядных операций криптографического кодирования по критерию строгого лавинного эффекта..... | 74 |
| <i>Кутковецкий В. Я., Турты М. Ю., Грыза А. В.</i> Обобщенный медицинский датчик для интеллектуальных систем | 78 |
| <i>Солобута Л. В., Солобута М. Е.</i> Логистические модели грузоперевозок в сети магазинов..... | 83 |
| <i>Цюпко Ю.М.</i> Волоконно-оптический датчик метана | 87 |
| <i>Горшеньова Е. Ю., Кравец И. А.</i> Разработка динамических моделей ветряных электростанций системой GPSS | 92 |
| <i>Давыденко Е. А.</i> Выбор модулей программного обеспечения для реинжиниринга путем комбинирования SWOT-анализа и теории игр | 98 |
| <i>Максименко Ю. А.</i> Влияние переходных процессов, в случае подслеживания | |

| | |
|--|-----|
| системой управления технических средств разведки за примененными противником средствами противодействия, на процесс изменения эффективности | 102 |
| Бурлаченко И. С. Метод организации процесса обработки данных во время адаптивной поточковой передачи на основе мультиагентного похода..... | 106 |
| Хнюнин С. Г. Создание системы регистрации возникновения эффекта отклонения потока жидкости | 113 |

CONTENTS

| | |
|---|-----|
| <i>Kutkovetskiy V. Y., Turty M. Y., Hryza O. V.</i> The geometric image of the disease in n-dimensional space..... | 9 |
| <i>Sandler A. K., Tsupko Y. M.</i> Shipboard fiber optic hydrophone | 16 |
| <i>Shved A.V.</i> The algorithm of selection of the combination rules | 21 |
| <i>Levenets T. V., Kravets I. O.</i> The analysis of faces' recognition methods suitable mobile technologies | 28 |
| <i>Fisun M. T., Dvoretzkiy M. L., Yuhatov A. V.</i> Comparative analysis of OLAP-systems building methods using MS SQL SERVER and ORACLE..... | 36 |
| <i>Kovalenko I. I., Antipova K. A., Kuchara Y. P.</i> An information flow model of linear-functional organizational management structures of high-technology enterprises | 43 |
| <i>Kulik Y. A., Garmash V. V., Masliy R. V.</i> Implementation and modelling of fast median filtering..... | 50 |
| <i>Lyfar V. O.</i> Information support of management system by the technogenic risk..... | 57 |
| <i>Melnyk R. P., Melnyk O. G., Chepurnyj G. P.</i> Increase of informative safety of the telecommunication system of the state emergency service of Ukraine by monitoring of incidents and estimation of risks of realization of threats safety | 65 |
| <i>Nikolskiy V. V., Nikolskiy M. V., Nakul Y. A.</i> Decision support system for loading bulk container carriers..... | 70 |
| <i>Rudnitsky V. M., Shuvalova L. A., Nesterenko O. B.</i> Analysis dorasdaddy operations of cryptographic encoding according to the criterion of the strict avalanche effect..... | 74 |
| <i>Kutkovetskiy V. Y., Turty M. Y., Hryza O. V.</i> Consolidated medical sensor systems for intelligent systems | 78 |
| <i>Solobuto L. V., Solobuto M. E.</i> Logistic models of transportations are in the network of shops | 83 |
| <i>Tsupko Y. M.</i> Fiber-optical sensor of methane..... | 87 |
| <i>Gorshenjova K. Y. , Kravets I. O.</i> Dynamic modelling of wind electrical power station in GPSS system | 92 |
| <i>Davydenko Y. O.</i> Choice of software modules for reengineering by combining SWOT-analysis and game theory | 98 |
| <i>Maksymenko Y. A.</i> Impact of transients on the effectiveness changes in case of pursuit of contraction used by the enemy's technical reconnaissance equipments system | 102 |

Burlachenko I. S. The method of data processing control during adaptive streaming based on multi-agent approach 106

Khniunin S. H. The establishment of a registration system the effect of deflection of the fluid flow..... 113

Кутковецький В. Я.,

д-р техн. наук, професор кафедри комп'ютерної інженерії,
ЧНУ ім. Петра Могили,
м. Миколаїв, Україна,
valentin.kutkovetsky@gmail.com

Турти М. Ю.,

студент кафедри захисту інформації,
Національний кораблебудівний університет ім. Адмірала Макарова,
м. Миколаїв, Україна,
turty@ua.com

Гриза О. В.,

магістрант кафедри комп'ютерної інженерії,
ЧНУ ім. П. Могили,
м. Миколаїв, Україна,
hryza7@gmail.com

ГРАНУЛЬОВАНИЙ ГЕОМЕТРИЧНИЙ ОБРАЗ ХВОРОБИ В N-ВИМІРНОМУ ПРОСТОРИ

Розглянутий спосіб відображення у візуальному вигляді показників медичного датчика контролю стану здоров'я пацієнта, який спрямований на узагальнення даних різних датчиків. Система попереджає про перехід одного з параметрів визначеної межі, а також про небезпечне наближення кількох параметрів до значень, які у сукупності складають загрозу для здоров'я людини (хоча жоден з параметрів не перейшов визначену межу). Розглянутий спосіб візуальної інформації може бути застосованим також для будь-якої складної n-вимірної інтелектуальної системи з метою її захисту, керування роботою, прогнозування аварійних ситуацій, проектування ремонтних робіт тощо. На його основі можна оцінювати загальний стан системи без розгляду окремих її параметрів.

Ключові слова: інтелектуальний медичний датчик; грануляція; рівень небезпеки стану здоров'я.

Постановка проблеми. При нагляді за допомогою інтелектуальної системи з використанням медичних датчиків за даними спортсменів, старих чи хворих дорослих людей та дітей стосовно їх поточного фізичного стану, які сигналізують про їх фізичні дані, обслуговуючий персонал найліпшим чином сприймає візуальну геометричну інформацію.

Тому для підвищення якості обслуговування пацієнта за допомогою інтелектуальної системи бажано на додаток до світлової, звукової та мовної інформації ввести візуальну геометричну інформацію про поточний стан хворого і ступень наближення його стану до небезпечних загроз.

Проблему відображення на площині поточної інформації стосовно геометричного образу хвороби у n-вимірному просторі можна розв'язати на основі аналітичної геометрії в n-вимірних тілесних кутах [1].

Питання відображення геометрії n-вимірного простору інтелектуальних систем спочатку розглянемо на прикладах одно-, дво- та трьох-вимірних систем.

Визначення рівня небезпеки для пацієнта суб'єктивно оцінює експерт. Небезпека і її рівень може залежати від багатьох чинників, включаючи стан здоров'я пацієнта і тому наведені нижче приклади приз-

начені лише для пояснення принципів аналізу процесів та експлуатації інтелектуальної системи.

Метою роботи є розгляд питань, потрібних для створення візуального геометричного відображення показників стану здоров'я пацієнту на моніторі, при наданні ієрархічного аварійного сигналу загрози у випадках:

- перевищення одним з параметрів дозволеної межі;
- зміни декількох параметрів, які, не переходячи заборонені границі, загрозово наближаються до цих границь;
- перевищення дозволених границь декількома параметрами з небезпечним зростанням інших параметрів.

Аналіз досліджень і публікацій. Гранульовані розрахунки (Granular Computing, GrC по даним не метричної природи (гуманітарних наук, хімії, біології, геології тощо) широко розповсюджені в системах штучного інтелекту [2-10].

Під гранулою розуміють: частка цілого, інтервал, кластер, множина (лінгвістична, нечітка, наближена, вкладена), підзадача, заданий діапазон значень змінних (у сенсі Л. Заде), одиниця знання. Гранули ді-

ляться на одно- і багато-вимірні; гранули знань; гранули даних; часові та просторові тощо. Рівень грануляції можна розглядати як число об'єктів універсуму, поділене на загальну кількість атомарних гранул. Гранули можуть об'єднуватись у більші гранули та роз'єднуватись на дрібніші гранули.

Множина гранул може утворювати універсум.

Засновником теорії грануляції інформації та гранульованих розрахунків є Л. Заде [7, 8].

По Л. Заде грануляційні розрахунки описуються засобами обмеженої природної мови на основі узагальнених обмежень. Основними задачами гранульованих розрахунків є будівництво, інтерпретація, використання гранул у візуально відображених образах. Л. Заде пропонує при роботі з неточною інформацією обирати найбільший рівень грануляції, який відповідає припустимому рівню неточності. Гранульовані розрахунки по Л. Заде – це новий напрямок обробки інформації, який охоплює методології, теорії, методи та інструментальні засоби по використанню гранул при розв'язку складних проблем на основі засобів обмеженої природної мови.

Окрема група об'єктів універсуму складають кластер (гранулу), якщо ці об'єкти мають ближчу відстань до центроїду кластера (до серединної точки даної групи, до «центру її тяжіння»), ніж до центроїду будь-якої іншої групи.

Грануляція на базі математичної оцінки сутності та взаємних зв'язків ознак призначена для поліпшення розуміння і наочного уявлення образів, якщо аналізуються неупорядковані, неформалізовані неметричні дані та дані з великим об'ємом інформації [2–10].

Наприклад, для отриманих з космосу даних по розподілу морського біопланктону необхідні математи-

чні моделі розвитку їх *геометричних форм* [6] та розв'язання задач збору, зберігання, передачі, обробки і аналізу багатовимірних даних. Ця задача може бути розв'язана на основі ідей розробленої Л. Заде теорії інформаційної грануляції [7, 8], яка дозволяє в десятки разів скоротити отриману інформацію. Для цього універсум розділяється на ряд *інформаційних гранул* з власними мірами схожості. *Складна гранула* може складатись з кількох *атомарних гранул*. Для деякої довільної гранули А на двовимірній мапі (на площині) визначаються проекції (координати) $rg_x A$ та $rg_y A$ і на цій базі задають інкапсулюючу декартову гранулу.

Виклад основного матеріалу. Припустимо, що у пацієнта вимірюється лише один параметр – температура t . У цьому випадку інформаційна система видає *графічний образ* розміщення параметра пацієнта у вигляді чорної точки на осі температури t з розмежуванням значень температури по степені їх небезпеки (рис. 1).

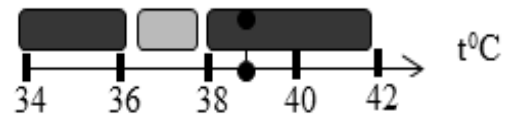


Рис. 1. Стан здоров'я пацієнта в одновимірному просторі

Якщо у пацієнта вимірюються два параметри (температура t та тиск p), то геометричний образ хвороби в двовимірному просторі має вигляд рис. 2,а при роздільному аналізі параметрів та рис. 2,б при урахуванні їх сумісного впливу на здоров'я пацієнта.

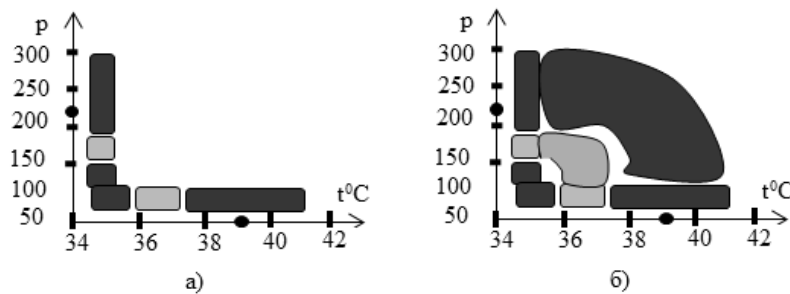


Рис. 2. Стан здоров'я пацієнта в двовимірному просторі

Якщо у пацієнта вимірюються три параметри (температура t , тиск p та серцебиття f), то поверхня гіперсфери геометричного образу хвороби в трьохвимірному просторі може бути відображена згідно аналітичної геометрії в n -вимірних тілесних кутах [1] у вигляді 8-ми октантів рис. 3,а для $n=3$. При будь-яких параметрах пацієнта, його стан може поточно аналізуватись лише в одному активованому тілесному куті

на поверхні гіперсфери заданого радіусу (як це показано на рис. 3,а,б,в). Тілесні кути активуються по одному, по черзі, а всі інші тілесні кути не активовані. Методом зміни початку координат можна перевести всі процеси і стани, лише в один кут у вигляді рис. 3,в, на якій показані «гіперповерхні», як частки гіперсфер, для різних радіусів порожнистих «гіперкуль», що вкладені одна в одну [1].

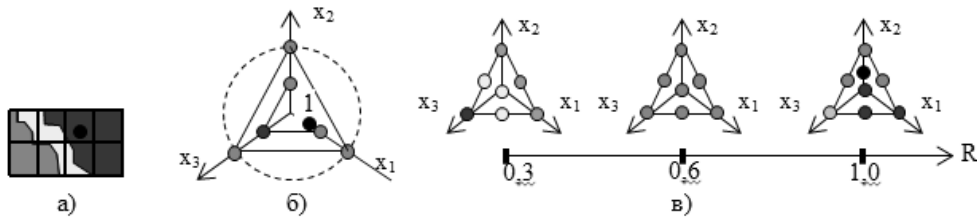


Рис. 3. Умовний стан здоров'я пацієнта в трьохвимірному просторі (кольором показаний рівень загрози; чорна куля – стан пацієнта): а) – наведені всі тілесні кути при $g=3$ і одному радіусі гіперсфери; б) – наведений один тілесний кут при двох радіусах «гіперсфери» (цифрою «1» вказаний поточний номер радіуса «гіперсфери»); в) – наведений один тілесний кут при трьох радіусах «гіперсфери».

Аналогічним чином наочну геометричну інформацію на поверхнях гіперсфер різних за радіусом R Т-кутів у 3-х вимірному «гіперпросторі» зобразимо на площинах трикутників рис. 3,в. Її зображено зміною кольорів кольорових кульок (прямокутників, трикутників чи інших фігур), розміщених по осях (x_1, x_2, x_3), а також по площині. Форма фігур може свідчити про вимірювані дані, а колір – про ступень небезпеки для пацієнта.

З математичної точки зору змінні (t, p, f, v) теж можна уявити незалежними і розміщеними по взаємно перпендикулярним осям. При відомих максимальних значеннях змінних (t, p, f, v) всі практично можливі точки координат, які характеризують стан людини у вигляді деякої складної функції $Q(t,p,f,v)$, розміщуються всередині Т-кута з позитивними (у цьому випадку) значеннями координат всередині деякої кулі.

Геометричну наочну інформацію можна фіксувати у різному вигляді:

- ізолініями (гранулами) на поверхні гіперсфери;

- годографом вектора поточного стану пацієнта;
- розміщенням паралельно осей координат з вказівкою реальних параметрів і стану пацієнта з додаванням текстової та голосної інформації;
- положення окремих векторів та центроїда їх кластерів;
- положення стану пацієнта на кількох мапах при різних радіусах гіперкулі;
- текстових повідомлень та повідомлень голосом [1].

Розглянемо графічну геометричну інформацію у n-вимірному просторі. Порядковий номер Т-кута 5-вимірного простору у двоїстому значенні визначається в результаті призначення коду «1» позитивній частці осі x_j і коду «0» – негативній частці x_j (табл. 1) [1]. Цей двоїстий номер переводиться у десятинний номер K_i . Позначення осей у цьому випадку приведена у зворотному напрямку.

Таблиця 1

Нумерація Т-кутів у 5-вимірному просторі [1]

| Номер $T_g^{n=5}$ -кута | | | | | | Сусіди 4 (мають 4 збіжні біти) | ... | Сусід 0 (всі біти незбіжні) |
|-------------------------|----------------|-------|-------|-------|-------|--------------------------------|-----|-----------------------------|
| Десятинний номер K_i | Двоїстий номер | | | | | | | |
| | x_5 | x_4 | x_3 | x_2 | x_1 | | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1, 2, 4, 8, 16 | ... | 31 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0, 3, 5, 9, 17 | ... | 30 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0, 3, 6, 10, 18 | ... | 29 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 30 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 14, 22, 26, 28, 31 | ... | 1 |
| 31 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 15, 23, 27, 29, 30 | ... | 0 |

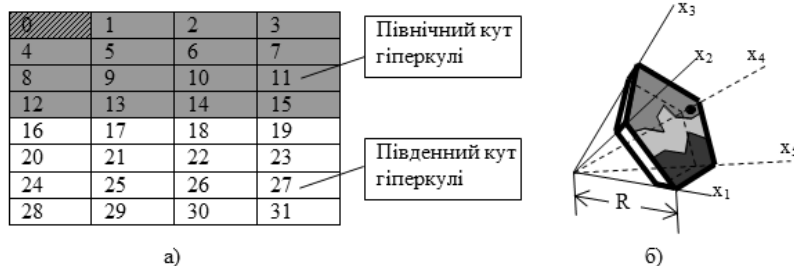


Рис. 4. Геометрична інформація про рівень небезпеки у 5-вимірному просторі

На рис. 4,а наведена порядкова нумерація Т-кутів з виділенням на рис. 4,б графічного образу поверхні гіперсфери відповідного радіуса R .

На поверхні гіперсфери рис. 4,б показаний у вигляді чорного кола стан об'єкта, а ступінь загрози для

об'єкта позначений зеленим, жовтим та червоним кольором.

На рис. 5 наведений приклад надання геометричної інформації про рівень небезпеки у n-вимірному просторі.

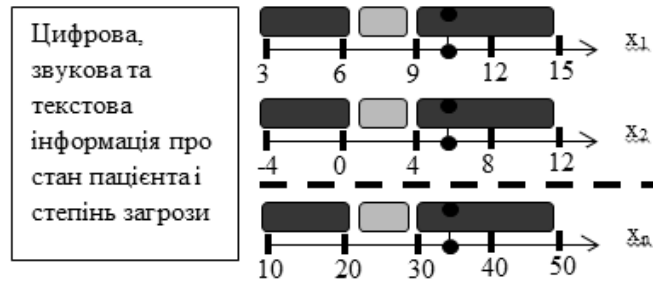


Рис. 5. Геометрична інформація про рівень небезпеки у n-вимірному просторі

Якщо у пацієнта вимірюються чотири параметри (температура t , тиск p , серцевиття f та вологість v), то геометричний образ хвороби в чотирьохвимірному

просторі зображується на поверхні гіперсфери заданого радіусу [1] і може мати вигляд рис. 4.

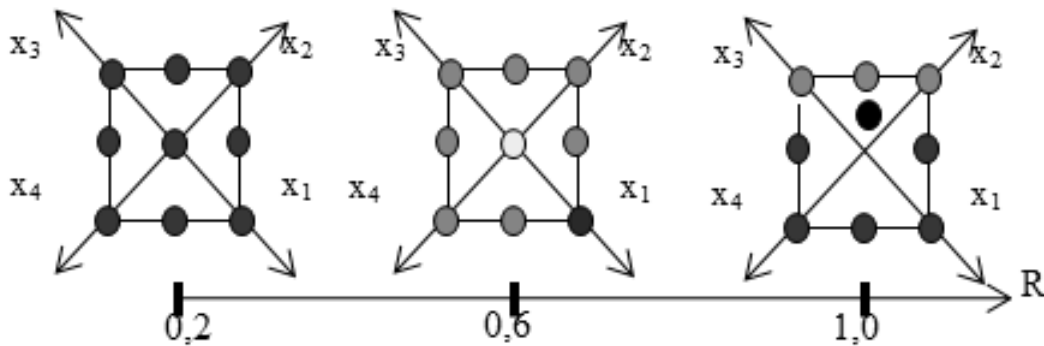


Рис. 6. Стан здоров'я пацієнта в чотирьохвимірному просторі

На цих Т-кутах можна відобразити поточне положення медичного стану пацієнта. Цей стан відображується на поверхнях порожнистих гіперкуль, вставлених одна в одну. Самі поверхні гіперкуль можуть вказувати кольором чи іншим заповненням ступень небезпеки для здоров'я людини. В історію хвороби поряд з іншими даними можуть записуватись числові значення координат змінних, які описують стан пацієнта, з позначенням кольором стану загрози.

Гіперкулею n-вимірного простору зветься геометричне тіло, всі точки якого з координатами $X=(x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$ знаходяться від центру на відстані, не більшої за гіперрадіус (рис. 7)

$$R_1 = \sqrt{\sum_{j=1}^n x_j^2} \Rightarrow R_2 = \sqrt{t^2 + p^2 + f^2 + v^2} \quad (1)$$

де R_1, R_2 – радіуси – вектори в n-вимірному просторі; x_j – змінна, яка характеризує стан хворої людини; $j=1, 2, \dots, n$ – порядковий номер змінної x_j .

Тут змінні x_j [або (t, p, f, v)] з метою запобігання неоднакового впливу на рішення малих і великих цифр параметрів представлені у відносних одиницях по відношенню до нормальних або деяких граничних значень.

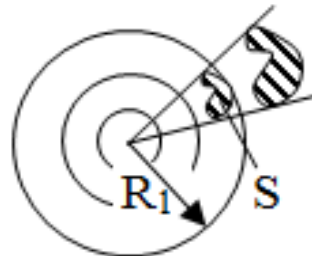


Рис. 7. Гіперкуля із зовнішнім радіусом R_1 з вкладеними одна в одну порожнистими гіперкулями та тілесним гіперкутом, що спирається на площу S гіперсфери радіусом R_1 .

В інтелектуальних системах ми розглядаємо деяку складну залежність $Q(R)$, де $R_1(x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$ – радіус гіперкулі. З формули (1) випливає, що при нормалізації всіх змінних максимальні значення всіх параметрів тіла людини (t, p, f, v) можуть бути обме-

жені значенням граничного радіусу R_n відповідної гіперкулі, де $g_i = 1, 2, 3$ – порядковий номер радіусу.

Подібна інформація має ту перевагу, що вона є чутливішою до випадків, коли одночасно кілька змінних наближуються до недозволеної границі, бо в існуючих інформаційних системах звичайно не розгляда-

ється небезпека здоров'ю людини у випадках, коли граничний рівень не перевищується, але разом з тим ряд параметрів може наближуватись до граничних рівнів.

Формула (1) встановлює загальний вигляд граничної геометричної залежності між змінними. Для більшої зручності у визначенні інформаційної функціональної залежності бажано, щоб параметри людини (t, p, f, v) у нормальному стані давали інформацію у вигляді

$$R_3 = k_R \sqrt{\sum_{j=1}^n k_j x_j^2} \Rightarrow R_4 = k_R \sqrt{(k_t t)^2 + (k_p p)^2 + (k_f f)^2 + (k_v v)^2}, \quad (2)$$

де $k_R = 0 \dots 1$ – коефіцієнт зведення радіусів R_3 та R_4 до 1 при нормальних параметрах (t, p, f, v) здорової людини; k_t, k_p, k_f, k_v – коефіцієнти впливу, які змінюються у межах $0 \dots 1$, для урахування того, що різні координати - параметри (t, p, f, v) по різному впливають на загрозу здоров'ю; (t, p, f, v) – параметри, які представлені у відносних одиницях по відношенню до номінальних значень здорової людини. Відносні одиниці використані з метою запобігання неоднакового впливу на рішення малих і великих цифр параметрів.

Якщо $R > R_i^{\max}$ (або $R < R_i^{\min}$), $i = 1, 2, 3$, то використовують наступні найбільш розповсюджені три рівня аварійної сигналізації:

- R_{r1}^{\max} (R_{r1}^{\min}) – наближення до аварійної ситуації (постійний жовтий світловий сигнал);
- R_{r2}^{\max} (R_{r2}^{\min}) – аварійна ситуація (червоний світловий сигнал, звуковий сигнал);
- R_{r3}^{\max} (R_{r3}^{\min}) – аварійна ситуація підвищеного ризику (блискаючий червоний світловий сигнал, перериваний звуковий сигнал);
- R_{r4}^{\max} (R_{r4}^{\min}) – сигнал про аварійну ситуацію прийнятий обслуговуючим персоналом, але аварійний стан ще не усунений (червоний світловий сигнал без звукового сигналу).

Внаслідок складності обмежуючої функції (2), її коефіцієнти нелінійно залежать від змінних. Використання згідно аналітичної геометрії n -вимірних тілесних кутів двовимірної мапи для відображення процесів $Q(R)$ в n -вимірному просторі підвищує наочність аналізу; дозволяє перевести всі процеси в один тілесний кут з відповідним графічним зображенням.

Хоча пропонується напрямком може бути розширеним на n -вимірний простір з довільною кількістю змінних і довільним характером інформації, нижче для спрощення ми будемо розглядати хвору людину, у якій контролюється лише температура тіла t , тиск крові p , ритм серця f та зволоження v .

ді радіуса R , рівного 1, зі збільшенням $R_{при}$ подальшому зростанні (t, p, f, v).

У формулі (1) потрібно урахувати:

- змінні (t, p, f, v) у хворого є взаємно залежними: якщо $t > T_{\max}$, то інші змінні (p, f, v) теж можуть збільшуватись;
- різні змінні по-різному впливають на рівень загрози щодо пацієнта.

Для аналізу пропонується використовувати модифіковану формулу (1), наприклад, у вигляді

Звичайно ці параметри контролюються окремими датчиками, які сигналізують про перевищення деякого граничного рівня ($t > T_{\max}, p > P_{\max}, f > F_{\max}, v > V_{\max}$), або про не дозволене зниження числових значень параметрів ($t < T_{\min}, p < P_{\min}, f < F_{\min}, v < V_{\min}$).

В подібних інтелектуальних системах виникає додаткова потреба у наявності загального сигналу із загальною характеристикою рівня безпеки одночасно по всім параметрам при довільному їх значенні, бо обслуговуючому персоналу насамперед потрібно знати загальний рівень безпеки і рівень потреби у допомозі у випадку одночасної появи аварійних сигналів від кількох пацієнтів.

Висновки.

1. Розглянута інтелектуальна система поряд з іншими сигналами видає **візуальний** ієрархічний аварійний сигнал загрози з вказівкою пріоритету надання медичної допомоги: якщо один з параметрів перевищив дозволує межу; якщо декілька параметрів, не переходячи заборонені границі, загрозово наближаються до вказаних границь n -вимірного простору; якщо перевищення декількох параметрів супроводжується небезпечним зростанням інших параметрів.

2. Розглянута система спрямована на збереження здоров'я пацієнтів, поліпшення умов його обслуговування і полегшення умов роботи обслуговуючого персоналу за рахунок надання йому інформації про ієрархічність обслуговування пацієнтів. Система може бути пристосованою для використання бездротового зв'язку і для автоматизованого запису в історію хвороби.

3. Розглянутий спосіб візуальної інформації може бути застосованим також для будь-якої складної n -вимірної інтелектуальної системи з метою її захисту, керування роботою, прогнозування аварійних ситуацій, проектування ремонтних робіт тощо. На його основі можна оцінювати загальний стан системи без розгляду окремих її параметрів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кутковецький В.Я. Аналітична геометрія в n – вимірних тілесних кутах // Наукові праці: Науково-методичний журнал. – Вип. 254. – Т. 266. Комп'ютерні технології. – Миколаїв: Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2015. – С. 30 – 41.
2. Bargiela A., Pedrich W. Granular Computing: an Introduction/ - Dordrecht: Kluwer Academic Publisher, 2003. – P 425.
3. Pedrich W., Skowron A., Kreinovich V. Handbook of Granular Computing – New York: Wiley InterScience, 2008. – P 1116.
4. Kuznetsov, S.O., Ślęzak, D., Hepting, D.H., Mirkin, B.G. Rough Sets, Fuzzy Sets, Data Mining, and Granular Computing: 13th International Conference, RSFDGrC 2011, Moscow, Russia, June 25–27, 2011. – P 370.

5. Lin, T.Y.: Granular computing I: the concept of granulation and its formal model. International Journal of Granular Computing, Rough Sets and Intelligent Systems – P. 220.
6. Baltavias E., Hahn M. Integration Of Image Analysis And Gis //ISPS Comission IVS ymposium «GIS – between Visionand Application». – Stuttgart (Germany), 1999. – P. 669–676.
7. Zadeh L.A. Fuzzy Sets and Information Granularity // Advances in Fuzzy Set Theory and Applications, M. Gupta, R. Ragade, and R. Yager, Eds. Amsterdam, The Netherlands: North-Holland. – 1979. P. 3–18.
8. Zadeh L.A. Toward a Theory of Fuzzy Information Granulation and its centrality in human reasoning and fuzzy logic // Fuzzy Sets Syst. – Vol. 90.–1997. – P. 111–127.
9. Бутенков С. А. Грануляция и инкапсуляция в системах эффективной обработки многомерной информации // Искусственный интеллект. 2005. №4. – С. 106–115.
10. Klein F. Elementarmathematik vorn Hoheren Standpunkte Aus Ester Band. – Berlin : Verlag von Julius Springer, 1924. – P. 322.

В. Я. Кутковецкий,
Черноморский национальный университет
им. Петра Могилы,
М. Ю. Турты,
Национальный университет
кораблестроения им. Адм. Макарова,
А. В. Грыза,
Черноморский национальный университет
им. Петра Могилы,
г. Николаев, Украина

ГРАНУЛИРОВАННЫЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ ОБРАЗ БОЛЕЗНИ В N-МЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Рассмотрен способ отображения в визуальном виде показателей медицинского датчика для контроля состояния здоровья пациента, который обобщает данные различных датчиков. Система предупреждает о переходе одного из параметров определенной границы, а также об опасном приближении нескольких параметров до значений, которые в совокупности представляют угрозу для здоровья человека (хотя ни один из параметров не перешел запрещенную грань). Рассмотренный способ отображения визуальной информации может быть применен также для любой сложной n-мерной интеллектуальной системы с целью ее защиты, управления работой, прогнозирования аварийных ситуаций, проектирование ремонтных работ и тому подобное. Данный способ позволяет оценить общее состояние системы без рассмотрения отдельных ее параметров.

Ключевые слова: интеллектуальный медицинский датчик; грануляция; уровень опасности для здоровья.

V. Y. Kutkovetskiy,
Petro Mohyla Black Sea
National University,
M. Y. Turty,
The Admiral Makarov National University
of Shipbuilding,
Mykolaiv, Ukraine
O. V. Hryza,
Petro Mohyla Black Sea
National University,
Mykolaiv, Ukraine

THE GEOMETRIC IMAGE OF THE DISEASE IN N-DIMENSIONAL SPACE

It is considered the way of patients' medical visual health monitoring by the sensor, which summarizes the data from various another sensors. The system warns the transition of one of the parameters a certain limit, as well as the dangerous approach of several parameters to val-

ues, which together represent a threat to human health (although none of the parameters are not passed forbidden limit).

The problem of display on the plane of the current information about the geometric form of the disease in the n -dimensional space can be solved on the basis of analytic geometry in the n -dimensional solid angles.

Granulation based on mathematical evaluation of the nature and mutual relations of variables is designed for visual presentation of images when is analyzed disordered, not formalized metric data and the data from the large amount of information.

It is considered a way to display the visual information, that can also be applied to any complex n -dimensional intellectual system with goal: to protect it, for performance of management, for forecasting of emergency situations, for the design of repairs and the like. This method makes it possible to assess the overall state of the system without consideration of its individual parameters.

Key words: intelligent medical sensors; granulation; the level of danger to health.

Рецензенти: д. п. н. проф. **О. П. Мещанінов;**
д. т. н. проф. **М. П. Мусієнко.**

© Кутковецький В. Я., Турти М. Ю., Гриза О. В., 2016

Дата надходження статті до редколегії 28.03.16

Сандлер А. К.,доцент,
Національний університет «Одеська морська академія»,
м. Одеса, Україна
sa@onma.edu.ua**Цюпко Ю. М.,**канд. техн. наук, професор,
Національний університет «Одеська морська академія»,
м. Одеса, Україна,
tym11@ukr.net

СУДНОВИЙ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИЙ ГІДРОФОН

Для побудови системи навігаційної безпеки руху надводних та підводних суден та апаратів необхідно здійснювати достовірний контроль гідроакустичних полів. Існуючі засоби контролю не у повній мірі за своїми метрологічними та технічними характеристиками відповідають задачам гідроакустичного контролю у цивільному судноплаванні. Можливості існуючих відомих пристроїв мають обмеження по глибині використання або по компенсації впливу температурних та гідростатичних неконтрольованих експлуатаційних факторів. Запропоновано нове схемотехнічне рішення волоконно-оптичного гідрофону.

У розробленому гідрофоні реалізована інваріантність до впливу дестабілізуючих неконтрольованих факторів на вимірювальний канал гідрофону. Одночасно забезпечена можливість залучення приладу до складі гідрофонів антенного типу, які використовуються для контролю акустичного поля на глибинах до 300 метрів. Використання гідрофону дозволить адекватно і достовірно оцінювати кількісні показники гідроакустичних полів водного середовища.

Ключові слова: гідроакустичне поле; гідрофон; волоконний світловід; пульсації тиску швидкісного напору; пульсації акустичного поля; флуктуації температурного поля.

Останнім часом все більш широке поширення набувають гідроакустичні системи, побудовані на основі волоконно-оптичних датчиків. Ця тенденція обумовлена низкою переваг волоконно-оптичних датчиків над традиційними – вони мають високу чутливість, стійкі до електромагнітних завад, електрично пасивні, мають малу вагу і габарити, легко мультиплекуються і мають низьку вартість виготовлення чутливих елементів [1].

У той же час, застосування існуючих волоконно-оптичних пристроїв виявило їх неповну відповідність сучасним задачам контролю гідроакустичних полів водного середовища [1, 2, 3]. Для пошуку шляхів поліпшення метрологічних характеристик пристроїв гідроакустичного контролю проаналізовані конструкції найпоширеніших типів гідрофонів [3, 4, 5].

Відомий волоконно-оптичний гідрофон, що містить напівпрозорі дзеркала, предметну і опорну волоконні котушки, оптично узгоджені з джерелом когерентного світла і фотоприймачем, причому предметна волоконна котушка інтерферометра намотана з натягом на бічну поверхню циліндричного біметалевого корпусу, а опорна розташована поруч з бічною поверхнею корпусу (рис.1) [4]. Недоліки пристрою, які обумовлені використанням двох оптичних котушок та циліндричного біметалевого корпусу:

– необхідність постійного корегування метрологічних характеристик гідрофону через вплив пульсацій швидкісного напору потоку на предметну котушку;

– непридатність застосування приладу у складі гідрофонів антенного типу, які використовуються для контролю акустичного поля на глибинах до 300 метрів, тому що відсутня можливість врахування та компенсації впливу температурних та гідростатичних неконтрольованих експлуатаційних факторів;

– необхідність обробки поверхні біметалевого циліндру з прецизійною точністю та якістю для уникнення створення умов для появи паразитної модуляції інформаційного сигналу.

У меншій мірі експлуатаційні та конструктивні фактори впливають на характеристики волоконно-оптичного гідрофону який містить предметну і опорну волоконні котушки, джерело когерентного світла, фотоприймач, оптичний розгалужувач, підсилювач, фільтр високих частот, реєстратор, фільтр низьких частот, блок зворотного зв'язку, джерело струму (рис. 2) [5].

Предметна волоконна котушка інтерферометра намотана з натягом на бічну поверхню циліндричного корпусу, виконаного біметалевим і встановленого на

тримачі. Опорна волоконна котушка встановлена поруч з предметної, але не закріплена на корпусі.

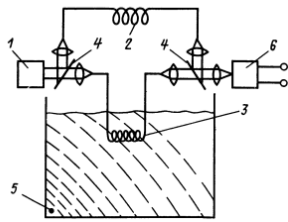


Рис. 1. Волоконно-оптичний гідрофон: 1 – джерело когерентного світла; 2 – опорна волоконна котушка; 3 – предметна волоконна котушка з циліндричним біметалевим корпусом; 4 – напівпрозорі дзеркала; 5 – джерело звукових коливань; 6 – фотоприймач

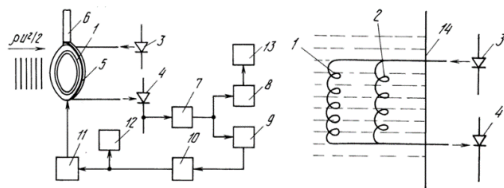


Рис. 2. Волоконно-оптичний гідрофон: 1 – предметна котушка; 2 – опорна котушка; 3 – джерело когерентного світла; 4 – фотоприймач; 5 – корпус; 6 – тримач; 7 – підсилювач; 8 – фільтр високих частот; 9 – фільтр низьких частот; 10 – блок зворотного зв'язку; 11 – джерело струму; 12, 13 – реєстратори.

Недоліки пристрою, які обумовлені використанням двох оптичних котушок, циліндричного біметалевого корпусу та контролю тільки одного діапазону низьких частот інформаційного сигналу:

- непридатність застосування приладу у складі гідрофонів антенного типу, які використовуються для контролю акустичного поля на глибинах до 300 метрів, тому що відсутня можливість врахування та компенсації впливу температурного неконтрольованого експлуатаційного фактору, який носить низькочастотний характер;

- необхідність обробки поверхні біметалевого циліндру з прецизійною точністю та якістю для уникнення створення умов для появи паразитної модуляції інформаційного сигналу;

- необхідність врахування та компенсації нелінійних деформацій біметалевого циліндру під впливом електричного струму на температури неконтрольованої величини.

В умовах, що склалися, доцільною стала розробка нового схематехнічного рішення волоконно-оптичного інваріантного гідрофону. Передбачалося, що конструктивне виконання на основі волоконно-оптичних елементів повинне забезпечити виміральному пристрою:

- відсутність необхідності корекційних дій з підтримки геометрії всіх елементів пристрою;
- можливість контролю та врахування температурного неконтрольованого експлуатаційного фактору;
- збереженість високого рівню чутливості та

швидкодія пристроїв відомих типів.

Для розв'язування поставленої задачі запропонована схема волоконно-оптичного інваріантного гідрофону.

Суть запропонованого схематехнічного рішення пояснюється кресленням (рис. 3), де зображено металевий трос з оптичним світловодом (на кресленні не показаний) 1, на якому розташовані опорна котушка предметна 4, опорна 6 та для фіксації температурного впливу 2.

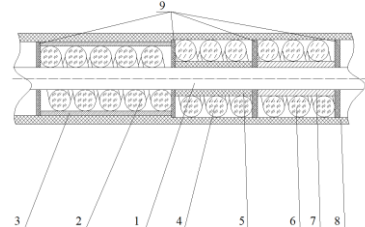


Рис. 3. Чутливий елемент волоконно-оптичного інваріантного гідрофону: 1 – металевий трос з оптичним світловодом (на кресленні не показаний); 2 – волоконна котушка для фіксації температурного впливу; 3 – біметалевий циліндр; 4 – предметна волоконна котушка; 5 – циліндр зі сплаву $Fe - Ni$; 6 – опорна волоконна котушка; 7 – циліндр з термоізоляційного матеріалу; 8 – зовнішня оболонка; 9 – термоізоляційні шайби.

Котушка 2 внутрішнім боком розташована на поверхні тросу, а з зовнішнього стиснута біметалевим циліндром. Котушка 6, відокремлена від тросу циліндром з термоізоляційного матеріалу 7. Котушка 4 створена на поверхні циліндру зі сплаву $Fe - Ni$ (42 % Ni), який закріплений на тросі. Котушки відокремлені одна від другої термоізоляційним шайбами 9. Весь чутливий елемент вкритий зовнішньою оболонкою 8.

При включенні гідрофона світло від блоку джерела оптичного випромінювання 10, крізь оптичний розгалужувач 11 та вихідні оптичні фільтри 12 розподіляється й надходить до усіх котушок з різними довжинами хвиль (рис. 4).

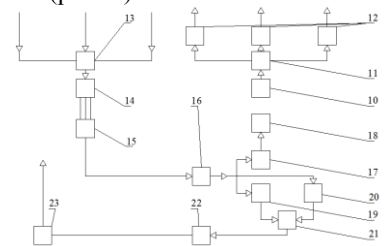


Рис. 4. Схема система обробки сигналу та корегування волоконно-оптичного інваріантного гідрофону: 10 – блок джерела оптичного випромінювання; 11 – оптичний розгалужувач; 12 – вихідні оптичні фільтри; 13 – оптичний розгалужувач; 14 – оптичні входні фільтри; 15 – фотоприймальний блок; 16 – підсилювач; 17 – фільтр високих частот; 18 – реєстратор; 19, 20 – фільтр низьких частот; 21 – суматор; 22 – блок зворотного зв'язку; 23 – джерело струму.

Після перетворення у котушках під впливом акустичного та температурного полів, випромінювання крізь оптичний розгалужувач 13 вхідні оптичні фільтри 14 надходить до фотоприймального блоку 15. Випромінювання від кожної котушки надходить зі своєю довжиною хвилі. Отриманий електричний сигнал під-

силується у підсилювачі 16 та надходить до фільтрів. У фільтрі високих частот 17 виділяється частка сигналу що відповідає акустичній компоненті і фіксується реєстратором 18. Одночасно сигнал надходить до фільтру низьких частот 19, де отримується сигнал пропорційний пульсаціям гідрофізичній природи. У фільтрі низьких частот 20 отримується сигнал пропорційний температурному впливу. У суматорі 21 обидва низькочастотні сигнали складаються на надходять до блоку зворотного зв'язку 22 й джерела струму 23. Струм від джерела струму надходить до циліндру зі сплаву $Fe - Ni$ 5. При проходженні струму змінюються лінійні розміри циліндру та розташованої на ньому предметної котушки. Таким чином відбувається корегування інформаційного сигналу з врахуванням та компенсацією впливу дестабілізуючих неконтрольованих факторів [6, 7, 8, 9].

Для здійснення винаходу застосовано комбінацію циліндрів біметалевих, зі сплаву $Fe - Ni$ та волоконно-оптичних елементів.

У статичному режимі розташовують підводну частину гідрофону у заданому діапазоні глибин. При цьому в потоці рідини на предметну волоконну котушку будуть додатково впливати три види факторів: пульсації тиску швидкісного напору, пульсації акустичного поля та флуктуації температурного поля.

Налаштовують початкову різницю фаз інтерферуючих променів за допомогою джерела струму що дорівнює 90° (для швидкості потоку або заданої швидкості буксирування). Необхідна зміна зсуву фаз відбувається через те, що при подачі струму на циліндр зі сплаву $Fe - Ni$ останній змінює свої лінійні розміри. Заміна біметалевого циліндру на циліндр зі сплаву обумовлена майже лінійною залежністю зміни лінійних розмірів останнього від величини електроструму, що проходить крізь циліндр. Це призводить до додаткового натягу волокна в предметної волоконної котушці і зміни оптичного шляху для одного з інтерферуючих променів. Біметалевий циліндр, з причини невеликого градієнту температурної флуктуації, використовується в парі з волоконна котушка для фіксації температурного впливу.

Після попереднього налаштування гідрофону, пульсації гідрофізичної природи та температурного

поля (низькочастотного характеру) та пульсації акустичної природи (високочастотного характеру) виділяються за допомогою фільтрів високих і низьких частот.

Блок зворотного зв'язку відпрацьовує відповідну керуючий сигнал (за рівнем пульсацій низькочастотного характеру, що подається на суматор та керуючий вхід джерела струму, який в свою чергу направляє на циліндр зі сплаву $Fe - Ni$ струм. При цьому відбувається додатковий натяг або ослаблення волокна предметної волоконної котушки до тих пір, поки робоча точка на робочій кривій інтерферометра поки вернулася на своє колишнє місце.

Пульсації акустичного поля також виділяються на виході фотоприймального блоку у вигляді високочастотних пульсацій імпульсів струму. Після посилення в підсилювачі ці пульсації селектується фільтром високих частот і фіксуються реєстратором. Таким чином, відбувається інваріантний, по відношенню до неконтрольованих експлуатаційних факторів, контроль акустичної складової сигналу.

Запропоноване схемотехнічне рішення відрізняється тим, що чутливий елемент гідрофону змонтовано на несучому металевому тросі з волоконним світловодом, застосовані волоконна котушка для фіксації температурного впливу, який передається через біметалевий циліндр, оптичні вхідні та вихідні фільтри, додатковий фільтр низьких частот та суматор, для управління предметною котушкою застосовано циліндр зі сплаву $Fe - Ni$, котушки одна від одної відокремлені термоізоляційним шайбами.

Таким чином, у розробленому гідрофоні комбінація оптичних елементів забезпечує:

більш адекватне перетворення параметрів акустичного поля у зміни інформаційного сигналу;

врахування й компенсацію впливу дестабілізуючих неконтрольованих факторів на вимірювальний канал гідрофону;

придатність застосування приладу у складі гідрофонів антенного типу, які використовуються для контролю акустичного поля на глибинах до 300 метрів.

Використання пристрою [10], що пропонується, дозволить адекватно і достовірно оцінювати кількісні показники гідроакустичних полів водного середовища.

ЛІТЕРАТУРА

1. Плотников М. Ю. Волоконно-оптический гидрофон : автореф. дис. ... канд. тех. наук : 05.11.01 / М. Ю. Плотников. – Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики. – СПб., 2014. – 16 с.
2. Интеллектуализация гибкой протяженной буксируемой гидроакустической антенны / М. Я. Андреев и др. // Датчики и системы. – 2007. – № 10. – С. 30–33.
3. Волоконно-оптические гидрофоны с малыми оптическими потерями / М. И. Беловолов и др. // Фотон-Экспресс. – 2011. – № 6(94). – С. 228–229.
4. Пат. Канады 1124384, кл. 349 57 (G01V1/38), 1982.
5. Пат. 2105961 Российская Федерация, G01L11/02. Волоконно-оптический гидрофон с компенсацией гидрофизических помех / Ю. Н. Власов; В. К. Маслов; С. В. Сильвестров; А. Д. Толстоухов; заявитель и патентообладатель Государственное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений». – № 96101621/28; заявл. 29.01.1996; опубл. 27.02.1998.
6. Болтачев Г. Ш., Волков Н. Б., Паранин С. Н., Спирин А. В. Динамика цилиндрических проводящих оболочек в продольном импульсном магнитном поле / Г. Ш. Болтачев, Н. Б. Волков и др. // Журнал технической физики. – 2010. – № 6. – Том 80. – С. 1–9.

7. Гуляев Ю. В., Меш МЯ., Проклов ВВ. Модуляционные эффекты в волоконных световодах и их применение. – М. : Радио и связь, 1991. – 150 с.
8. Снайдер А., Лав Д. Теория оптических волноводов. – М. : Радио и связь, 1987. – 656 с.
9. Удд, Э. Волоконно-оптические датчики. – М. : Техносфера, 2008. – 520 с.
10. Декларацийний патент України № 109930. Волоконно-оптичний інваріантний гідрофон. МПК (2016.01), G01L 11/02 (2006.01), H04R 1/44 (2006.01), G01M 11/00, G02B 6/00. Заявники та власники: Сандлер А. К., Цюпко Ю. М. – заявл. 04.07.2016. // Опубл. 12.09.2016, бюл. № 17/2016.

**А. К. Сандлер,
Ю. М. Цюпко,**
Национальный университет
«Одесская морская академия»,
г. Одесса, Украина

СУДОВОЙ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЙ ГИДРОФОН

Для построения системы навигационной безопасности движения надводных и подводных судов и аппаратов необходимо осуществлять достоверный контроль гидроакустических полей. Существующие средства контроля не в полной мере по своим метрологическим и техническим характеристикам соответствуют задачам гидроакустического контроля в гражданском судоходстве. Возможности существующих известных устройств имеют ограничения по глубине использования или по компенсации влияния температурных и гидростатических неконтролируемых эксплуатационных факторов. Предложено новое схемотехническое решение волоконно-оптического гидрофона.

В разработанном гидрофоне реализована инвариантность к воздействию дестабилизирующих неконтролируемых факторов на измерительный канал гидрофона. Одновременно обеспечена возможность включения прибора в состав гидрофонов антенного типа, которые используются для контроля акустического поля на глубинах до 300 метров. Использование гидрофона позволит адекватно и достоверно оценивать количественные показатели гидроакустических полей водной среды.

Ключевые слова: гидроакустическое поле; гидрофон; волоконный световод; пульсации давления скоростного напора; пульсации акустического поля; флуктуации температурного поля.

**A. K. Sandler,
Y. M. Tsupko,**
National University
«Odessa Maritime Academy»,
Odessa, Ukraine

SHIPBOARD FIBER OPTIC HYDROPHONE

To build traffic safety navigation systems and submarine vessels and apparatus necessary to implement reliable control of hydroacoustic fields. Existing controls are not fully in its metrological and technical characteristics adequate for hydroacoustic monitoring in civil navigation. Possibilities existing known devices are limited by the depth of the use of or compensate for the effect of temperature and hydrostatic uncontrolled operational factors. Proposed new circuit solution fiber optic hydrophone.

In the developed hydrophone implemented invariant to destabilizing uncontrollable factors on measuring channel hydrophone. Simultaneously capable of operation of the antenna device type hydrophones are used to control the acoustic field at depths down to 300 meters. Using hydrophones allow adequately and fairly assess the quantitative hydroacoustic fields aquatic environment.

Key words: hydroacoustic field; hydrophone; optical fiber; the pulse-tion velocity head pressure pulsation of the acoustic field fluctuations pace-temperature-field.

Рецензенти: д. т. н., проф. *М. П. Мусієнко*;
к. т. н., доц. *І. М. Журавська*.

© Сандлер А. К., Цюпко Ю. М., 2016

Дата надходження статті до редколегії 17.05.16

АЛГОРИТМ ВИБОРУ ПРАВИЛА КОМБІНУВАННЯ ЕКСПЕРТНИХ СВІДОЦТВ

У статті запропоновано адаптивний алгоритм вибору оптимального правила комбінування. Адаптивність алгоритму полягає в тому, що в залежності від сформованого набору критеріїв і структури експертних суджень обирається одне із запропонованих правил комбінування для кожної пари експертних суджень, які комбінуються. Алгоритм дозволяє отримувати комбіновані експертні судження з найменшим досяжним рівнем невизначеності. У статті дається огляд мір в основі яких лежить ентропійний підхід і використання функцій довіри, правдоподібності або пігністичної ймовірності для оцінювання рівня невизначеності. Наведено ряд прикладів вибору правила комбінування.

Ключові слова: правило комбінування; теорія свідочств; ентропія; конфлікт; невизначеність.

Вступ. За останні роки значно зріс інтерес до методів аналізу експертних оцінок в умовах невизначеності і ризику. Одним із інструментів, що дозволяє виконувати аналіз експертних оцінок, враховуючи різні види НЕ-фактори (неповнота, неточність, невизначеність, неузгодженість), є математична теорія свідочств [1, 2, 3].

Для агрегування експертних оцінок, які були одержані за різними критеріями або формування групового рішення в теорії свідочств використовується операція комбінування експертних оцінок на основі правила комбінування Демпстера. Однак застосування зазначеного правила в деяких ситуаціях призводить до отримання некоректних результатів комбінування – інформація, яка отримується з конфлікуючих джерел ігнорується.

Спроба позбутися цього недоліку призвела до розвитку альтернативних правил комбінування свідочств [4, 5]. Нині в рамках теорії свідочств запропоновано велику кількість правил комбінування [5], кожне з яких має ряд переваг, але і має певні недоліки. Порівняльний аналіз розглянутих правил комбінування є достатньо важкою задачею, тому що не існує уніфікованих критеріїв, за допомогою яких можна обґрунтовано оцінити кожне правило.

При виборі правила необхідно враховувати ряд факторів, таких як модель аналізу, інформація про конфлікти і консенсус між окремими судженнями експертів (свідочствами), інформація про джерела да-

них (експертів), інформація про ступінь взаємодії і структуру суджень експертів (свідочств).

Цілі і задачі дослідження. Метою роботи є розробка процедури вибору правила комбінування експертних оцінок, що дозволяє врахувати фактори, в умовах яких виконується збір і аналіз експертної інформації.

Виклад основного матеріалу дослідження. Припустимо, що є основа аналізу $\Omega = \{\omega_i \mid i = \overline{1, n}\}$, що являє собою множину вихідних даних (вичерпних та взаємовиключних) [1,2]. На основі аналізу Ω може бути сформована система підмножин $P = \{B_j \mid j = \overline{1, s}\}$, $s = 2^\Omega$, кожне з яких являє собою фокальний елемент і задовольняє умовам:

1. $B_j = \{\emptyset\}$;
 2. $B_j = \{\omega_i\}$;
 3. $B_j = \{\omega_i \mid i = \overline{1, p}\}$, $p < n$;
 4. $B_j = \Omega = \{\omega_i \mid i = \overline{1, n}\}$.
- (1)

Для кожного виділеного фокального елементу задана оцінка (основна маса ймовірності – *basic belief assignment, bba*), що відображає суб'єктивну міру впевненості, що шуканий елемент множини Ω знаходиться у підмножині $B_j \subseteq \Omega$

$$0 \leq m(B_j) \leq 1, \forall (B_j \in 2^\Omega), m(\emptyset) = 0, \sum_{B_j \in 2^\Omega} m(B_j) = 1; \quad (2)$$

Для вираження мінімального та максимального (потенційного) ступеню довіри до підмножини $B_j \subseteq \Omega$, в теорії свідочств визначені функції:

– функція довіри (*belief function*) $Bel: 2^\Omega \rightarrow [0,1]$:

$$Bel(A) = \sum_{B_j \subseteq A, B_j \in 2^\Omega} m(B_j) \quad (3)$$

– функція правдоподібності (*plausibility function*) $Pl: 2^\Omega \rightarrow [0,1]$:

$$Pl(A) = \sum_{B_j \cap A \neq \emptyset, B_j \in 2^\Omega} m(B_j) \quad (4)$$

$$N(m) = \sum_{B_j \subseteq \Omega, B_j \neq \emptyset} m(B_j) \log_2(|B_j|), \quad 0 \leq N(m) \leq \log_2(|\Omega|) \quad (6)$$

У [9] введено поняття «ступінь специфічності» $\delta_S(m) \in [0,1]$:

$$\delta_S(m) = 1 - d(m, m_S), \quad \forall m \quad d(m, m_X) = d(m, m_Y), \quad m(X) = m(Y) \quad (7)$$

У виразі (7) у якості метрики $d(m, m_S)$ може бути застосована будь-яка міра, що характеризує відстань між виділеними групами свідочств, наприклад міра *Jousselme* [10]:

$$d_J(m_1, m_2) = \sqrt{\frac{1}{2} (m_1 - m_2)^T D (m_1 - m_2)} \quad (8)$$

де $m_i - 2^\Omega$ -мірний вектор-стовпчик, елементами якого є основні маси ймовірності фокальних елементів, сформованих на основі i -ої групи свідочств; $(m_i)^T$ – транспонований вектор m_i (вектор-рядок); значення $(m_1 - m_2)$ – різниця відповідних векторів;

$$m_S(X_{\max}) = 1, \quad X_{\max} = \arg \max \left(\frac{m(X)}{|X|} \right), \quad X \in 2^A, \quad X \neq \emptyset$$

Інший тип невизначеності – конфлікт (*conflict*), характеризується розбіжністю у виборі і оцінюванні елементів основи аналізу, і може бути описаний виразом:

$$Conf(m) = - \sum_{B_j \in 2^\Omega} m(B_j) \log_2(f(B_j)), \quad (10)$$

де функція $f(B_j)$ може приймати значення функцій $Bel(B_j)$, $Pl(B_j)$, $BetP(B_j)$ або

$$Con(B_j) = \sum_{B_i \in 2^\Omega} m(B_i) \frac{|B_j - B_i|}{|B_j|}, \quad \text{в залежності від міри}$$

конфлікту, що оцінюється [11, 12, 13].

У [12] запропонована міра для визначення сумарної невизначеності (*global uncertainty*) як сума її складових: конфлікту та не специфічності

$$T(m) = Conf(m) + N(m), \quad (11)$$

де $N(m)$ – зважена ентропія Хартлі (6); $Conf(m)$ – міра конфлікту (10).

У [9] введено поняття суперечливості (*contradiction*). Необхідно розрізняти конфлікт (*conflict*) і суперечливість (*contradiction*). Під суперечливістю в теорії свідочств розуміють кількісне вира-

ження того, наскільки значення bba суперечить самому собі.

У роботі [6] введена функція пігністичної ймовірності:

$$betP(A) = \sum_{B_j \in 2^\Omega, B_j \neq \emptyset} \frac{|A \cap B_j|}{|B_j|} m(B_j) \quad (5)$$

У теорії свідочств виділено два основних типа невизначеності: не специфічність (*non-specificity*) або неточність (*imprecision*), та конфлікт (*conflict*) [7].

Зважена ентропія Хартлі (*Weighted Hartley entropy*) дозволяє оцінити у кількісному показнику міру не специфічності [8].

D – матриця розмірністю $2^\Omega \times 2^\Omega$, елементи якої визначаються як:

$$D(B_i, B_j) = \begin{cases} 1, & \text{если } B_i = B_j; \\ S(B_i, B_j), & \forall B_i, B_j \in \Omega. \end{cases} \quad (9)$$

Функція $S(B_i, B_j)$ відповідає коефіцієнту Жаккарда $S(B_i, B_j) = |B_i \cap B_j| / |B_i \cup B_j|$, де $|\cdot|$ – кардинальність відповідних підмножин.

Значення вектору m_S задовольняють умовам:

Суперечливість фокального елементу B_j визначається як відстань між $m(\cdot)$ фокальних елементів групи свідочств і значенням m_{B_j}

$$Contr_m(B_j) = d(m, m_{B_j}), \quad (12)$$

де $\forall B_i, B_j \subseteq \Omega$

$$m_{B_j}(B_i) = \begin{cases} 1, & i = j, i = \overline{1, s}; \\ 0, & i \neq j. \end{cases}$$

Суперечливість групи свідочств розраховується як зважена суперечливість всіх фокальних елементів групи, $Contr_m \in [0,1]$:

$$Contr_m = \sum_{B_j \in 2^\Omega} m(B_j) d(m, m_{B_j}) \quad (13)$$

Для отримання агрегованих (узагальнених) експертних оцінок в теорії свідочств використовується правило комбінування Демпстера [2]. Однак вказане правило має істотний недолік – воно повністю ігнорує інформацію, отриману при комбінуванні конфліктуючих свідочств ($A_i \cap B_j = \emptyset$), що в свою чергу приводить до некоректних результатів комбінування. Нині

запропоновано значну кількість альтернативних правил комбінування, здатних, в тому числі, обробляти конфліктуючі експертні свідчення [14–16]. Розглянемо деякі з таких правил.

Правило комбінування Демпстера [14]
 $(m_{DS}(\emptyset) = 0, \forall(C \neq \emptyset) \in 2^{\Omega})$

$$m_{DS}(C) = \frac{1}{1 - k_{12}} \cdot \sum_{\substack{X_1, X_2 \in 2^{\Omega} \\ X_1 \cap \bar{X}_2 = C}} m_1(X_1)m_2(X_2), \quad (14)$$

де X_1, X_2 – виділені експертами 1 і 2 підмножини альтернатив;

k_{12} – ступінь конфліктності

$$k_{12} = \sum_{\substack{X_1, X_2 \in 2^{\Omega} \\ X_1 \cap \bar{X}_2 = \emptyset}} m_1(X_1)m_2(X_2).$$

На відміну від правила комбінування Демпстера, Ягер [14] не відносить комбіновані маси ймовірності при отриманні порожніх перетинів фокальних елементів до порожньої множини і не проводить їх нормалізацію, а використовує для відображення ступеня

$$m_{PCR5}(C) = m_{12}(C) + \sum_{\substack{Y \in D^{\Omega} \setminus \{X\} \\ X \cap Y = \emptyset}} \left[\frac{m_1(X)^2 \cdot m_2(Y)}{m_1(X) + m_2(Y)} + \frac{m_2(X)^2 \cdot m_1(Y)}{m_2(X) + m_1(Y)} \right]. \quad (17)$$

де $m_{12}(C)$ – комбінована маса ймовірності для підмножини $C = X \cap Y$, яка розрахована на основі кон'юнктивного консенсусу.

У літературних джерелах зазначається, що порівняльний аналіз цих правил досить складний, тому що не існує уніфікованих критеріїв їх вибору. В роботі [11] Ягер зазначає, що якість одержуваних експертних свідчень поліпшується по мірі того, як значення міри специфічності прагне до одиниці, а значення ентропії – до нуля.

У роботі запропоновано процедуру вибору правила комбінування, що базується на принципі мінімальної невизначеності.

Припустимо, що маємо групу експертів $E = \{E_j \mid j = \overline{1, t}\}$, яка оцінюючи деяку множину альтернатив $A = \{A_i \mid i = \overline{1, n}\}$, сформувала множину індивідуальних ранжувань (впорядкувань) $V = \{V_j \mid j = \overline{1, t}\}$, де V_j являє собою 2^A -мірний вектор, що відображає вподобання (вибір) експерта E_j . Кожний елемент множини V побудований на основі правил (1). Для кожної підмножини $V_j, j = \overline{1, t}$ буде сформовано вектор $m_j = \{m_i \mid i = \overline{1, s}\}, s = 2^A$, елементи якого задовольняють умовам (2).

Припустимо, що сформовано множину правил комбінування $P = \{P_i \mid i = \overline{1, k}\}$. Грунтуючись на принципі мінімальної невизначеності (мінімальної ентропії) необхідно обрати правило $P \in P, m_{combP} = m_i P m_j$, що мінімізує значення функції сумарної невизначеності комбінованої маси ймовірності $\min(T(m_{combP}))$.

незнання. Комбінована маса ймовірності $m_Y(X)$ за правилом Ягера може бути виражена наступним чином:

$$m_Y(X) = \sum_{\substack{X_1, X_2 \in 2^{\Omega} \\ X_1 \cap \bar{X}_2 = X}} m_1(X_1)m_2(X_2), \quad (15)$$

за умови, що $m_Y(\emptyset) = 0, \forall X \in 2^{\Omega}, X \neq \emptyset$ и $X \neq \Omega$.

Правило комбінування Дюбуа і Прада
 $(m_{DP}(\emptyset) = 0, \forall(C \neq \emptyset) \in 2^{\Omega})$ [15]

$$m_{DP}(C) = \sum_{\substack{X_1, X_2 \in 2^{\Omega} \\ X_1 \cap \bar{X}_2 = C}} m_1(X_1)m_2(X_2) + \sum_{\substack{X_1, X_2 \in 2^{\Omega} \\ X_1 \cap \bar{X}_2 = \emptyset \\ X_1 \cap X_2 = C}} m_1(X_1)m_2(X_2) \quad (16)$$

Правило перерозподілу конфліктів PCR5
 $(\forall C \subset D^{\Omega} \setminus \{\emptyset\})$ [16]

Формально процедуру вибору правила комбінування можна представити у вигляді двох послідовних етапів.

На першому етапі із множини доступних правил комбінування $P = \{P_i \mid i = \overline{1, k}\}$, обирається підмножина $P' \subseteq P$, що задовольняє набору визначених критеріїв $C = \{c_i \mid i = \overline{1, q}\}$.

Попередньо необхідно виділити ряд критеріїв, щодо яких буде оцінено то чи інше правило комбінування. В якості критеріїв вибору правила комбінування можуть бути розглянуті модель аналізу (модель Демпстера, модель Дезера-Смарандаке), інформація про джерела даних (експертів), їх компетентність, характер аналізованих даних (інформація про конфлікти і консенсуси; інформація про ступінь взаємодії і структуру експертних суджень та ін.). Наприклад, правило Демпстера не може бути застосовано в умовах наявності значного конфлікту, відповідно виключається із подальшого розгляду. Рекомендації щодо вибору правила комбінування на основі аналізу ряду критеріїв наведені в роботах [17, 18].

У результаті буде сформована множина $P' = \{P_i \mid i = \overline{1, z}\}, z \leq k$, яка отримана шляхом виключення із множини $P = \{P_i \mid i = \overline{1, k}\}$, правил що не задовольняють сформованому набору критеріїв вибору правил комбінування.

Другий етап полягає у виборі правила комбінування на основі аналізу кількісних характеристик невизначеності.

Правило вибирається виходячи із рекомендацій:

1. Виходячи із принципу максимальної специфічності, обирається правило комбінування $P_i \in P'$, що

максимізує значення коефіцієнту специфічності (7) результату комбінування $\max(\delta_S(m_i P_l, m_j))$, $\delta_S(m_i P_l, m_j) \neq 1$.

2. Виходячи із принципу мінімального конфлікту, обирається правило комбінування $P_r \in P'$, що мінімізує значення міри суперечливості (13) результату комбінування $\min(Contr(m_i P_r, m_j)), Contr(m_i P_r, m_j) \neq 0$.

3. Якщо $P_l \neq P_r$, то обирається правило, що задовольняє умові

$$P = \begin{cases} P_l, & T(m_i P_l, m_j) < T(m_i P_r, m_j) \\ P_r, & T(m_i P_l, m_j) > T(m_i P_r, m_j) \end{cases} \quad (18)$$

Розглянемо приклади практичного застосування запропонованої методики вибору правила комбіну-

вання, в умовах різних структур експертних суджень (рис.1).

Припустимо, що задана основа аналізу $A = \{A_i \mid i = \overline{1,4}\}$ і множина експертів $E = \{E_k \mid k = \overline{1,m}\}$. Множина $X = \{B_j \mid j = \overline{1,s}\}$, $s = 2^A$, являє собою сукупність фокальних елементів $B_j \subseteq A$, $\forall j: |B_j| = 1$, які виділені на основі однієї групи свідощів E_k . У роботі проаналізовані основні види структур експертних свідощів: узгоджені – $\forall(B_i, B_j) \subseteq X, |B_i| \leq |B_j|: B_i \subseteq B_j$; сумісні – $\forall(B_i, B_j) \subseteq X: B_i \cap B_j \neq \emptyset$; довільні – $\exists(B_i, B_j) \subseteq X: B_i \cap B_j \neq \emptyset$; роздільні – $\forall(B_i, B_j) \subseteq X: B_i \cap B_j = \emptyset$.

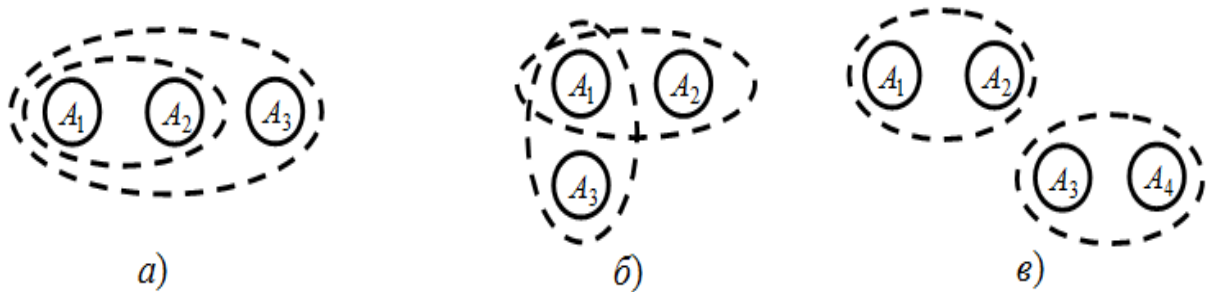


Рис. 1. Структура експертних свідощів: а) – узгоджені; б) – сумісні; в) – довільні

1. Узгоджені експертні свідоща

$$B_1 \subseteq B_2 \subseteq \dots \subseteq B_i \subseteq \dots \subseteq B_s \subseteq X \quad (19)$$

У таблиці 1 наведені оцінки основних мас ймовірності експертних свідощів із узгодженою структурою.

Таблиця 1

Основні маси ймовірності експертних суджень із узгодженою структурою

| | 1.a | | 1.b | | 1.c | | 1.d | | 1.e | | 1.f | |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|
| | E1 | E2 | E1 | E2 | E1 | E2 | E1 | E2 | E1 | E2 | E1 | E2 |
| $m_1(A_1)$ | 0.5 | 1/3 | 0.1 | 1/3 | 0.5 | 0.1 | 0.4 | 0.6 | 0.1 | 0.9 | 0.3 | 0.25 |
| $m_1(A_2)$ | 0.5 | 1/3 | 0.9 | 1/3 | 0.5 | 0.1 | 0.6 | 0.2 | 0.9 | 0.05 | 0.7 | 0.65 |
| $m_1(A_3)$ | - | 1/3 | - | 1/3 | - | 0.8 | - | 0.2 | - | 0.05 | - | 0.1 |

У таблиці 2 наведено розрахункові значення міри специфічності (7) і міри суперечливості (13) для вихідних основних мас ймовірності експертних суджень, і

комбіновані маси ймовірності, які були отримані на основі застосування правил Демпстера, Ягера, Дюбуа і Прада та правила перерозподілу конфліктів PCR5.

Таблиця 2

Розрахункові значення мір невизначеності для свідощів із узгодженою структурою

| | 1.a | | 1.b | | 1.c | | 1.d | | 1.e | | 1.f | |
|----------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|
| | $\delta_s(\cdot)$ | $Contr_m$ | $\delta_s(\cdot)$ | $Contr_m$ | $\delta_s(\cdot)$ | $Contr_m$ | $\delta_s(\cdot)$ | $Contr_m$ | $\delta_s(\cdot)$ | $Contr_m$ | $\delta_s(\cdot)$ | $Contr_m$ |
| $m_1()$ | 0,5 | 0,5 | 0,9 | 0,18 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,48 | 0,9 | 0,18 | 0,7 | 0,42 |
| $m_2()$ | 0,42 | 0,58 | 0,42 | 0,58 | 0,83 | 0,31 | 0,714 | 0,5 | 0,91 | 0,17 | 0,69 | 0,46 |
| $m_{rezDS}()$ | 0,5 | 0,5 | 0,9 | 0,18 | 0,5 | 0,5 | 0,67 | 0,44 | 0,7 | 0,44 | 0,86 | 0,24 |
| $m_{rezY}()$ | 0,31 | 0,39 | 0,40 | 0,39 | 0,93 | 0,14 | 0,37 | 0,40 | 0,90 | 0,19 | 0,55 | 0,46 |
| $m_{rezDP}()$ | 0,43 | 0,5 | 0,59 | 0,45 | 0,57 | 0,47 | 0,48 | 0,45 | 0,91 | 0,20 | 0,64 | 0,42 |
| $m_{rezPCR}()$ | 0,49 | 0,54 | 0,79 | 0,36 | 0,56 | 0,54 | 0,56 | 0,52 | 0,50 | 0,49 | 0,79 | 0,34 |

Із результатів наведених у таблиці 2 видно, що для випадків 1.b і 1.f для правила Демпстера виконуються умови

$$\max(\delta_S(m_1 P_{DS} m_2)) \text{ та } \min(\text{Contr}(m_1 P_{DS} m_2));$$

для випадків 1.c ці ж умови виконуються для правила Ягера. Вибір правил комбінування для випадків 1.a,

1.d та 1.e здійснюється на основі аналізу міри сумарної невизначеності (11), виходячи із умови (18).

2. Сумісні експертні судження

$$B_1 \cap B_2 \cap \dots \cap B_i \cap \dots \cap B_s \neq \emptyset \quad (20)$$

В таблиці 3 наведені оцінки основних мас ймовірності експертних свідочств із сумісною структурою.

Таблиця 3

Основні маси ймовірності експертних суджень із сумісною структурою

| | 1.a | | 1.b | | 1.c | | 1.d | | 1.e | |
|-------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | E ₁ | E ₂ | E ₁ | E ₂ | E ₁ | E ₂ | E ₁ | E ₂ | E ₁ | E ₂ |
| m₁(A₁) | 0.5 | 0.5 | 0.1 | 0.9 | 0.1 | 0.1 | 0.9 | 0.9 | 0.4 | 0.6 |
| m₁(A₂) | 0.5 | | 0.9 | | 0.9 | | 0.1 | | 0.6 | |
| m₁(A₃) | | 0.5 | | 0.1 | | 0.9 | | 0.1 | | 0.4 |

У таблиці 4 наведені розрахункові значення мір специфічності (7) та суперечливості (13).

Таблиця 4

Розрахункові значення мір невизначеності для свідочств із сумісною структурою

| | 1.a | | 1.b | | 1.c | | 1.d | | 1.e | |
|----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | δ _s (·) | Contr _m | δ _s (·) | Contr _m | δ _s (·) | Contr _m | δ _s (·) | Contr _m | δ _s (·) | Contr _m |
| m ₁ (·) | 0,5 | 0,5 | 0,9 | 0,18 | 0,9 | 0,18 | 0,9 | 0,18 | 0,6 | 0,48 |
| m ₂ (·) | 0,5 | 0,5 | 0,9 | 0,18 | 0,9 | 0,18 | 0,9 | 0,18 | 0,6 | 0,48 |
| m _{rezDS} (·) | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| m_{rezY}(·) | 0,78 | 0,33 | 0,92 | 0,14 | 0,99 | 0,02 | 0,84 | 0,26 | 0,79 | 0,32 |
| m _{rezDP} (·) | 0,52 | 0,52 | 0,89 | 0,22 | 0,84 | 0,28 | 0,89 | 0,21 | 0,50 | 0,49 |
| m _{rezPCR} (·) | 0,57 | 0,55 | 0,51 | 0,50 | 0,5 | 0,51 | 0,98 | 0,051 | 0,56 | 0,54 |
| | 1.a2 | | 1.d2 | | 1.d3 | | 1.d4 | | 1.e2 | |
| | δ _s (·) | Contr _m | δ _s (·) | Contr _m | δ _s (·) | Contr _m | δ _s (·) | Contr _m | δ _s (·) | Contr _m |
| m ₁ (·) | 0,5 | 0,5 | 0,9 | 0,18 | 0,9 | 0,18 | 0,9 | 0,18 | 0,6 | |
| m ₂ (·) | 0,42 | 0,58 | 0,83 | 0,31 | 0,83 | 0,31 | 0,83 | 0,31 | 0,48 | 0,57 |
| m _{rezDS} (·) | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| m_{rezY}(·) | 0,86 | 0,24 | 0,76 | 0,35 | 0,92 | 0,14 | 0,99 | 0,018 | 0,9 | 0,18 |
| m _{rezDP} (·) | 0,47 | 0,55 | 0,85 | 0,28 | 0,84 | 0,30 | 0,82 | 0,33 | 0,41 | 0,55 |
| m _{rezPCR} (·) | 0,53 | 0,58 | 0,96 | 0,082 | 0,57 | 0,50 | 0,57 | 0,51 | 0,43 | 0,59 |

На основі даних таблиці 4 можна зробити наступні висновки, що виходячи із рекомендацій запропонованої процедури вибору правила комбінування, для випадків 1.a, 1.b, 1.c, 1.e, 1.a2, 1.d3, 1.d4 та 1.e2 найбільш прийнятним є правило Ягера; для випадків 1.d та 1.d2 – правило перерозподілу конфліктів PCR5.

3. Роздільні експертні судження

$$\forall B_i, B_j \subseteq X : B_i \cap B_j = \emptyset,$$

$$B_1 = \{A_1\}, B_2 = \{A_2\}, B_3 = \{A_3\}, B_4 = \{A_4\} \quad (21)$$

В таблиці 5 наведені оцінки основних мас ймовірності експертних свідочств із роздільною структурою.

Таблиця 5

Основні маси ймовірності експертних суджень із роздільною структурою

| | 1.a | | 1.b | | 1.c | |
|-------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | E ₁ | E ₂ | E ₁ | E ₂ | E ₁ | E ₂ |
| m₁(A₁) | 0.5 | | 0.1 | | 0.4 | |
| m₁(A₂) | 0.5 | | 0.9 | | 0.6 | |
| m₁(A₃) | - | 0.5 | | 0.9 | | 0.6 |
| m₁(A₄) | | 0.5 | | 0.1 | | 0.4 |

У таблиці 6 наведені розрахункові значення мір специфічності (7) та суперечливості (13).

Таблиця 6

Розрахункові значення мір невизначеності для свідочств із роздільною структурою

| | 1.a | | 1.b | | 1.c | |
|----------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|
| | $\delta_s(\cdot)$ | $Contr_m$ | $\delta_s(\cdot)$ | $Contr_m$ | $\delta_s(\cdot)$ | $Contr_m$ |
| $m_1()$ | 0,5 | 0,5 | 0,9 | 0,18 | 0,6 | 0,48 |
| $m_2()$ | 0,5 | 0,5 | 0,9 | 0,18 | 0,6 | 0,48 |
| $m_{rezDS}()$ | - | - | - | - | - | - |
| $m_{rezY}()$ | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| $m_{rezDP}()$ | 0,46 | 0,54 | 0,88 | 0,24 | 0,55 | 0,41 |
| $m_{rezPCR}()$ | 0,39 | 0,61 | 0,5 | 0,51 | 0,44 | 0,60 |

Для всіх розглянутих прикладів для правила Дюбуа і Прада виконуються умови $\max(\delta_S(m_1 P_{DP} m_2))$ та $\min(Contr(m_1 P_{DP} m_2))$.

Висновки. В роботі запропонована процедура вибору оптимального правила комбінування експертних свідочств в залежності від характеру вихідних даних, що отримані з різних джерел. Запропонована процедура забезпечує отримання комбінованої маси ймовірності з найменшим досяжним рівнем невизначеності. Алгоритм забезпечує відсікання ряду правил, які не задовольняють заданому набору критеріїв вибору

правил комбінування. Ґрунтуючись на принципі мінімальної невизначеності, в роботі запропоновано вибрати правило, яке мінімізує значення міри суперечливості і максимізує значення міри специфічності результату комбінування. В якості критеріїв вибору правил можуть бути рекомендовані: модель аналізу (модель Демпстера, модель Дезера-Смарандаке), інформація про джерела даних (експертів), їх компетентність, характер аналізованих даних (інформація про конфлікти і консенсус; інформація про ступінь взаємодії і структуру експертних суджень та ін.).

ЛІТЕРАТУРА

1. A. P. Dempster, «A generalization of Bayesian inference» Journal of the Royal Statistical Society, Ser. B, no. 30, pp. 205–247, 1968.
2. G. Shafer, A Mathematical Theory of Evidence. Princeton, NJ, USA: Princeton University Press, 1976.
3. M. J. Beynon, B. Curry, P. Morgan, «The Dempster-Shafer theory of evidence: an alternative approach to multicriteria decision modeling» Omega, vol. – 28. – no. – 1. – pp. 37–50, 2000.
4. K. Sentz and S.Ferson, Combination of Evidence in Dempster-Shafer Theory. SAND2002-0835 Technical Report. Albuquerque, New Mexico: Sandia National Laboratories, 2002.
5. Ph. Smets, «Analyzing the combination of conflicting belief functions» Information Fusion, vol. 8 – pp. 387–412, 2007.
6. Ph. Smets, «Constructing the pignistic probability function in a context of uncertainty», Uncertainty in AI, vol. 5. – pp. 29–39, 1990.
7. G.J. Klir, «Measures of uncertainty in the Dempster-Shafer theory of evidence», Advances in the Dempster-Shafer Theory of Evidence, John Wiley and Sons, New York, R.R. Yager and M. Fedrizzi and J. Kacprzyk edition, pp. 35–49, 1994.
8. D. Dubois and H. Prade, «A note on measures of specificity for fuzzy sets», International Journal of General Systems, vol. – 10, no. – 4, pp. 279–283, 1985
9. F. Smarandache, A. Martin, and C. Osswald, «Contradiction measures and specificity degrees of basic belief assignments», Proc. of 14th International Conference on Information Fusion, Chicago, USA, pp. 475–482, 2011.
10. A.L. Jousselme, D. Grenier, and E. Boss'e, «A new distance between two bodies of evidence,» Information Fusion, vol. – 2. – pp. 91–101, 2001.
11. R. R. Yager, «Entropy and specificity in a mathematical theory of evidence,» International Journal of General Systems, vol. 9, no. – 4, pp. 249–260, 1983.
12. G. J. Klir and B. Parviz, «A note on measure of discord» San Mateo, CA. : Morgan Kaufmann, pp. 138–141, 1992.
13. U. Hohle, «Entropy with respect to plausibility measures» Proceedings of 12th IEEE International Symposium on Multiple-Valued Logic, pp. 167-169, 1982.
14. R. Yager, «On the Dempster-Shafer framework and new combination rules,» Information Sciences, vol. – 41. – pp 93–137, 1987.
15. D. Dubois, and H. Prade, «Representation and combination of uncertainty with belief functions and possibility measures,» Computational Intelligence, vol.4. – pp. 244–264, 1988.
16. F. Smarandache and J. Dezert, Advances and applications of DSMT for Information Fusion. vol.2. Rehoboth: American Research Press, 2006.
17. K. K. Annamdas, Evidence Based Uncertainty Models and Particles Swarm Optimization for Multiobjective Optimization of Engineering Systems. Open Access Dissertations, 2009.
18. F. Smarandache, «Unification of Fusion Theories (UFT),» Intern.J. of Applied Math. & Statistics, vol. 2. – pp. 1–14, 2004.

А. В. Швед,
Черноморский национальный университет
им. Петра Могила,
г. Николаев, Украина

АЛГОРИТМ ВЫБОРА ПРАВИЛА КОМБИНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРТНЫХ СВИДЕТЕЛЬСТВ

В статье предложен адаптивный алгоритм выбора оптимального правила комбинирования. Адаптивность алгоритма заключается в том, что в зависимости от сформированного набора критериев и структуры экспертных суждений выбирается одно из рассматриваемых правил комбинирования для каждой пары экспертных суждений, которые комбинируются. Алгоритм позволяет получать комбинированные экспертные суждения с наименьшим достижимым уровнем неопределенности. В статье дается обзор мер в основе которых лежит энтропийный подход и использование функций доверия, правдоподобия или пигнистической вероятности для оценивания уровня неопределенности. Приведен ряд примеров выбора правила комбинирования.

Ключевые слова: правило комбинирования; теория свидетельств; энтропия; конфликт; неопределенность.

A. V. Shved,
Petro Mohyla Black Sea
National University,
Mykolaiv, Ukraine

THE ALGORITHM OF SELECTION OF THE COMBINATION RULES

The adaptive algorithm for selecting of combination of rule was proposed in this paper. The adaptivity of this algorithm consists in that depending on the set of formed criteria and the structure of experts' judgments one of the considered combination rules are selected for each pair of expert judgments. The proposed algorithm allows to obtain combined experts' opinion with the lowest possible level of uncertainty. The algorithm provides a cut-off of combination rules that do not satisfy a given set of criteria. Based on the principle of a minimum of uncertainty, we proposed to select the rule that minimizes the value of the contradiction measure and maximizing the value of the specificity measure of the result of combination. As a rule selection criteria could be recommended the analysis model (Dempster model, Dezer-Smarandache model), structure of individual expert judgments, experts' competence, the nature of the analyzed data (information about conflict and consensus, information about the degree of interaction and etc.) The overview of the measures based on Shannon entropy approach and plausibility, credibility or pignistic probability functions for estimation the level of uncertainty has done in this article. The set of numerical examples of selection the combination rules are given.

Key words: combination rule; the Dempster–Shafer theory (DST) of evidence; entropy; conflict; uncertainty.

Рецензенти: д. т. н., проф. **І. І. Коваленко;**
к. т. н., доц. **І. О. Кравець.**

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБЛИЧ ПРИ ВИКОРИСТАННІ МОБІЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Проведено дослідження методів розпізнавання облич, придатних для використання мобільних технологій. Розглянуті методи Віюли-Джонса, метод головних компонент та Eigenfaces, локальний бінарний шаблон та гістограма (LBPH). Розроблено інформаційно-аналітичний додаток до платформи iOS для розпізнавання людей по зображенню їх облич на мові Objective-C із застосуванням бібліотеки OpenCV.

Ключові слова: розпізнавання облич; ознаки Хаара; метод Віюли-Джонса; метод головних компонент; власні обличчя; eigenfaces; локальний бінарний шаблон, LBPH.

Вступ. У зв'язку з тим, що в усьому світі почастишали випадки тероризму, для забезпечення безпеки на транспорті і в офісних приміщеннях, ідентифікація людини, особливо по обличчю, набуває важливого значення. Рішення завдання розпізнавання обличчя включає в себе етапи отримання зображення, попередньої обробки, виявлення обличчя і ідентифікація з урахуванням виявлених особливостей. Особливо важлива задача виявлення обличчя отриманих з мобільних пристроїв та відео потоку даних. На сьогоднішній день область застосування алгоритмів виявлення обличчя динамічно розвивається. Дані алгоритми знаходять застосування в різних вбудованих (embedded) системах, а умови застосування даних систем обумовлюють істотні відмінності в якості зображень. Вимоги обробки в режимі реального часу унеможливають пост обробку зображень або залучення операторів. Задача пошуку ефективних методів розпізнавання обличчя набуває своєї актуальності разом з поширенням мобільних пристроїв які, з одного боку не мають високої обчислювальної здатності, а з іншого – є платформою для впровадження нових методів людино-машинної взаємодії, а саме розпізнавання мобільним пристроєм обличчя користувача. Проблема полягає ще в тому, що одне і теж обличчя може бути сфотографоване при різних зовнішніх факторах, таких як світло, поза, емоції.

Завдання розпізнавання людини по зображенню обличчя діляться на три великі класи: пошук у великих базах даних, контроль доступу та контроль фотографій в документах [1]. Вони розрізняються як за вимогами, що надаються до систем розпізнавання, так і щодо способів вирішення. Нині існують багато готових програмних рішень різного призначення, що використовують розпізнавання обличчя. Більшість з них є комерційними розробками і інформація про алгорит-

мічне забезпечення цих систем не розповсюджується. Найбільш відомі VOCORD FaceControl 3D та DeepFace. Обидва продукти являються комерційними розробками і не доступні ні у вигляді програмного коду ні у вигляді формального опису алгоритмів. Розпізнавання в системі VOCORD FaceControl 3D засноване на синхронних знімках стереокамерами з різних ракурсів, побудові 3D-моделі обличчя і порівнянні 3D-моделі з 3D-моделлю у базі або з звичайною фотографією. В основу DeepFace покладено Convolutional Neural Network (згорточна нейрона мережа), яка є логічним розвитком такої архітектури нейронних мереж як когнітрон і неокогнітрон. Заявлена точність DeepFace складає 97.25% розпізнаних образів(це лише на 0.28% менше ніж розпізнає людина). Обидві системи потребують складних пристроїв та великого обсягу пам'яті та неможливі для застосування у мобільному зв'язку.

Мета дослідження. Проаналізувати методи та алгоритми пошуку об'єктів на зображенні, методи та алгоритми виділення основних ознак зображення та інтелектуальні алгоритми класифікації зображень придатні для використання мобільних технологій

- Дослідити інтелектуальні алгоритми класифікації зображень;
- Розробити мобільний додаток для розпізнавання людини по зображенню обличчя.

Основний матеріал. Процес розпізнавання людини по зображенню обличчя наведено на рис.1 та містить такі кроки [1, 2]:

1. Локалізація обличчя на зображенні (знаходження ділянки зображення, що містить обличчя, її розмірів і положення)
2. Вирівнювання знайденого обличчя (по геометрії і по яскравості)
3. Витяг основних ознак обличчя із зображення

4. Розпізнавання шляхом порівняння вилучених ознак із закладеними у базу даних.

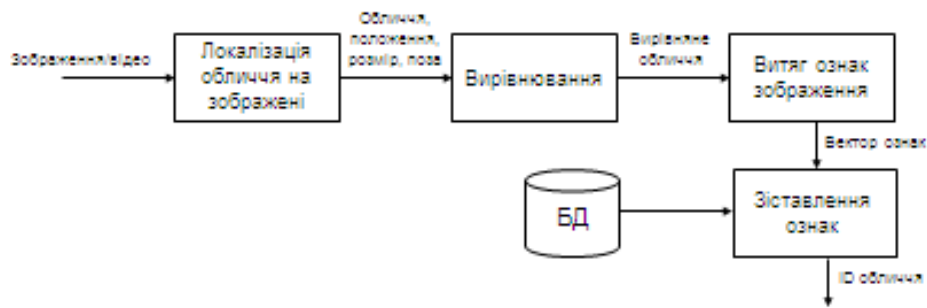


Рис. 1. Загальна схема процесу розпізнавання людини по зображенню обличчя

Нині існує величезна різноманітність підходів для виявлення облич. Найбільш досконалим методом розпізнавання на сьогоднішній день є згорточні нейронні мережі. Але вони досить складні у розробці, тому конкурентно спроможні рішення розробляються великими корпораціями (як, наприклад, розробка Facebook – DeepFace). У той же час існують алгоритми і рішення, які є сучасними і ефективними та можуть бути імплементовані без значних зусиль. У даній роботі досліджені ті методи, які можливо реалізувати у мобільних додатках при невеликих обсягах пам'яті. До них відносяться алгоритми Віюлі-Джонса для пошуку об'єктів на зображенні та алгоритми Eigenfaces і LBPn для розпізнавання облич на фотографіях.

Метод Віюлі-Джонса та ознаки Хаара. Метод, запропонований Віюлою і Джонсом в 2001 році, став справжнім проривом в цій області. Цей метод набув великої популярності завдяки високій точності і серйозній теоретичній основі [5, 11, 12]. Основні принципи, на яких базується метод:

- використовуються зображення в інтегральному уявленні, що дозволяє швидко обчислювати необхідні об'єкти;
- використовуються ознаки Хаара, за допомогою яких відбувається пошук потрібного об'єкта (в цьому контексті, обличчя і його рис);
- використовується бустінг для вибору найбільш підходящих ознак для шуканого об'єкта на цій частині зображення;
- всі ознаки надходять на вхід класифікатора, який дає результат «так» або «ні»;
- використовуються каскади ознак для швидкого відкидання вікон, де не знайдено обличчя.

$$L(x, y) = I(x, y) - L(x-1, y-1) + L(x, y-1) + L(x-1, y) \quad (2)$$

Інтегральне представлення зображення використовується для обчислення ознак Хаара. Ознаки Хаара – ознаки цифрового зображення, використовувані в розпізнаванні образів. Своєю назвою вони зобов'язані інтуїтивним схожістю з вейвлетами Хаара. Ознаки Хаара використовувалися в першому детекторі облич, що працював в реальному часі [9].

Ознака Хаара складається з суміжних прямокутних областей. Вони позиціонуються на зображенні,

Найбільш популярний цій метод для пошуку об'єктів у відео потоці. Також цей детектор має вкрай низьку ймовірність помилкового виявлення обличчя. Алгоритм навіть добре працює і розпізнає риси обличчя під невеликим кутом, приблизно до 30 градусів. При куті більше 30 градусів точність різко падає.

Для того, щоб проводити будь-які дії з даними в методі Віюлі-Джонса, використовується інтегральне представлення зображень. Однією з корисних особливостей інтегрального представлення є можливість дуже швидко вирахувати суму пікселів довільного прямокутника (або будь-який інший фігури, яку можна апроксимувати декількома прямокутниками). Інтегральне представлення зображення – це матриця, що збігається за розмірами з вихідним зображенням. У кожному елементі її зберігається сума інтенсивності яскравості всіх пікселів, що знаходяться лівіше і вище даного елемента. Елементи матриці розраховуються за формулою:

$$L(x, y) = \sum_{i=0, j=0}^{i \leq x, j \leq y} I(i, j), \quad (1)$$

де $I(i, j)$ – яскравість пікселя вихідного зображення.

Кожен елемент матриці $L(x, y)$ є сумою пікселів в прямокутнику від $(0,0)$ до (x,y) , тобто значення кожного пікселя (x, y) дорівнює сумі значень всіх пікселів лівіше і вище даного пікселя (x, y) . Розрахунок матриці займає лінійний час, пропорційне числу пікселів в зображенні, тому інтегральне зображення прораховується за один прохід.

Розрахунок матриці можливий за формулою:

далі сумуються інтенсивності пікселів в областях, після чого обчислюється різниця між сумами. Ця різниця і буде значенням певної ознаки, визначеного розміру, певним чином позиційованої на зображенні. Загальним для всіх зображень є те, що область в районі очей темніше, ніж область в районі щік. Отже загальною ознакою Хаара для облич є 2 суміжних прямокутних регіону, що лежать на очах і щоках (рис. 2.).



Рис. 2. Ознаки Хаара і приклад їх розташування на обличчі людини

Ключовою особливістю ознак Хаара є найбільша, в порівнянні з іншими ознаками, швидкість. Обчислюється значення такої ознаки за формулою: $F = X - Y$, де X – сума значень яскравості точок закриваються світлою частиною ознаки, Y – сума значень яскравості точок що закриваються темною частиною ознаки. Ознаки Хаара дають точкове значення перепаду яскравості по осі X і Y відповідно.

Алгоритм сканування вікна з ознаками виглядає так:

- обирається вікно сканування та використовуються ознаки для основних рис обличчя;
- вікно сканування послідовно просувається по зображенню з кроком в 1 клітинку вікна (припустимо, розмір самого вікна 24×24 клітинки);
- при скануванні зображення в кожному вікні обчислюється приблизно 200 000 варіантів розташування ознак, за рахунок зміни масштабу ознак і їх положення в вікні сканування;
- сканування проводиться послідовно для різних масштабів скануючого вікна;
- всі знайдені ознаки потрапляють до класифікатора, який фіксує наявність рота, носа, та іншої ознаки певної розмірності у певному регіоні і знаходить найближчий зразок у базі.

Класифікатор повинен реагувати тільки на певну, підмножину всіх ознак, якою він навчається з навча-

льної вибірки. У якості класифікатора може бути перцептрон, ієрархічні алгоритми та інші алгоритми класифікації. Вхідні дані: розмір та розташування очей, розмір та розташування рота, розмір та розташування інших головних рис. Для поліпшення точності використовується технологія бустинга. Бустинг – комплекс методів, що сприяють підвищенню точності аналітичних моделей [5]. В його основі лежить побудова каскада класифікаторів, кожен з яких (крім першого) навчається на помилках попереднього. Наприклад, один з перших алгоритмів бустинга використовував каскад з 3-х моделей, перша з яких навчалася на всьому наборі даних, друга – на вибірці прикладів, в половині з яких перша дала правильні відповіді, а третя – на прикладах, де «відповіді» перших двох розійшлися. Таким чином, має місце послідовна обробка прикладів каскадом класифікаторів, причому так, що завдання для кожного наступного стає важче. Результат визначається шляхом простого голосування: приклад відноситься до того класу, який виданий більшістю моделей каскаду.

Метод головних компонент та алгоритм eigenfaces (власних облич). Метод головних компонент (principal component analysis) [4] – застосовується для витягу з потрібної інформації з даних великої розмірності. Геометрична інтерпретація зображена на рис.3.

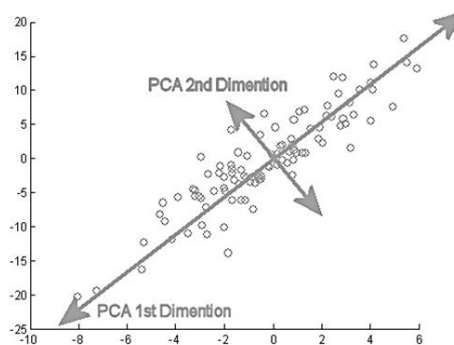


Рис. 3. Графічне представлення двовимірних даних

Мета методу головних компонент – це істотне зниження розмірності даних. Загалом, в багатовимірному випадку, процес виділення головних компонент відбувається так:

- шукається центр хмари з даними, і туди переноситься новий початок координат – це нульова головна компонента (PC0);

- обирається напрямок максимальної зміни даних – це перша головна компонента (PC1);
- якщо дані описані не в повному обсязі (шум великий), то вибирається ще один напрямок (PC2) – перпендикулярний до першого, так щоб описати зміни в даних що залишилися і т.д.

У результаті, ми переходимо до нового представлення, розмірність якого значно менше. Часто вдається спростити розмірність лише до двох. При розпізнаванні облич метод РСА дозволяє відобразити великий одновимірний вектор пікселів, побудований з двовимірного зображення одного обличчя у різних варіантах, в компактні основні компоненти простору ознак. Результат перетворення можна назвати підпростором проєкції. Підпростір розраховується шляхом визначення власних векторів коваріаційної матриці, отриманої з набору зображень об'єктів.

Алгоритм розпізнавання об'єктів при застосуванні РСА і вектора власних обличчя має наступний вигляд [9]:

Використовується набір зображень $I_1 \dots I_M$, що відображає варіації одного обличчя, представлені у вигляді векторів $I_1 \dots I_M$.

Обчислюється середнє зображення для кожного обличчя за формулою:

$$\vec{I}_{cp} = \frac{1}{M} * \sum_{i=1}^M \vec{I}_i \quad (3)$$

Нормалізується представлення обличчя, відняв середнє:

$$\vec{F}_i = \vec{I}_i - \vec{I}_{cp} \quad (4)$$

Обчислюється власні вектори (вони ж eigenfaces)

v_{ik} і ваги U_i для кожного обличчя в навчальній вибірці.

$$\vec{U}_i = \sum_{k=1}^M v_{ik} * \vec{F}_k \quad i = 1 \dots M \quad (5)$$

де v_{ik} – власні вектори матриці $W^T * W$, де $W = \{\vec{F}_1 \dots \vec{F}_M\}$

Процес розпізнавання об'єктів:

- Для кожного нового зображення невідомого об'єкта I_{ex} обчислюється проєкція ω в просторі власних об'єктів Vp . $\omega_i = U_i^T * (I_i - I_{cp_i})$

- Обчислюється відстань між вагами нового об'єкта і вагами об'єктів у базі. У якості міри відстані між даними у базі даних доцільно використовувати відстань Махаланабіса. Вона дозволяє розрахувати відстань між двома векторами не враховуючи масштабу, а враховуючи лише кореляцію між векторами

- Якщо відстань $d = |w_k - \omega|$ більше деякого визначеного порога ϵ_1 , то класифікувати зображення як «інший об'єкт». Якщо мінімальна відстань $d_k = |\omega_i - \omega_k|$ між проєкцією нового зображення і відомим представником набору об'єктів менше деякого заданого порогу ϵ_2 , то класифікувати зображення як «об'єкт номер k». У останньому випадку ($d < \epsilon_1$ і $d_k \geq \epsilon_2$) класифікувати зображення як «невідомий об'єкт» і якщо це необхідно, то додати нове зображення в БД і заново обчислити власні об'єкти.

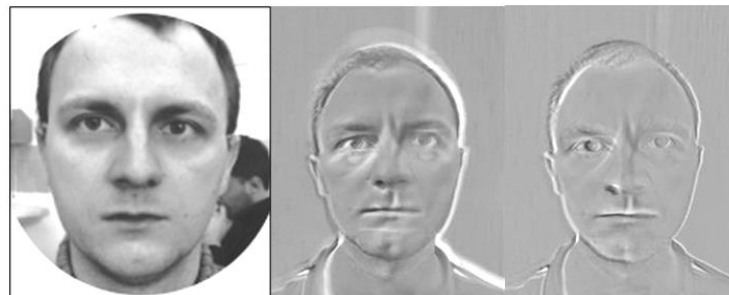


Рис. 4. Фото та власні обличчя зразка з бази розробленої системи

Локальний бінарний шаблон (ЛБШ). Локальний бінарний шаблон (ЛБШ) – це певний вид ознаки, що використовується для класифікації в комп'ютерному зорі, і представляє собою простий оператор. Локальні бінарні шаблони, як показали дослідження, є нечутливими до невеликих змін в умовах освітлення і невеликим поворотам зображення [3,4]. ЛБШ є описом околиці пікселя зображення в двійковому вигляді. Базовий оператор ЛБШ, застосовуваний

до пікселя зображення, використовує вісім пікселів околиці, приймаючи значення інтенсивності центрального пікселя в якості порогу. Пікселі зі значенням інтенсивності більшим чи рівним значенню інтенсивності центрального пікселя приймають значення рівні «1», інші приймають значення рівні «0». Таким чином, результатом застосування базового оператора ЛБШ до пікселя зображення є восьмибінарний код, який описує околицю цього пікселя [3,4].

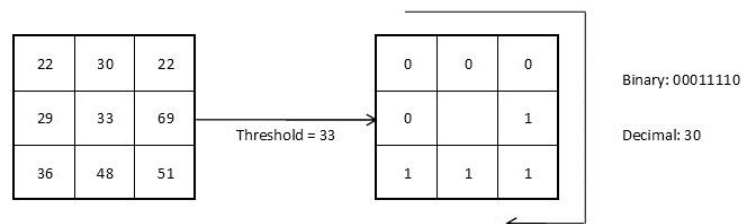


Рис. 5. Схема обчислення ЛБШ

Деякі бінарні коди несуть в собі більше інформації, ніж інші. Так, локальний бінарний шаблон називається рівномірним, якщо він містить не більше трьох

серій «0» і «1» (наприклад, 00000000, 001110000 і 11100001). По-перше, рівномірні ЛБШ визначають тільки важливі локальні особливості зображення, такі

як кінці ліній, межі, кути і плями (рис. 6). На рис. 7 наведено результат застосування оператора ЛБШ до

зображення обличчя. Обхід пікселів відбувався по годинниковій стрілці починаючи з «шостої години».

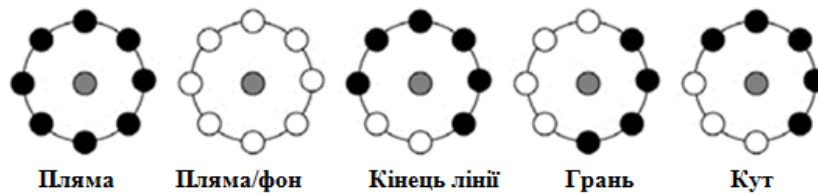


Рис. 6. Приклади локальних особливостей, визначених ЛБШ



Рис. 7. Результат застосування оператора ЛБШ

Гістограма ЛБШ. Застосовуючи оператор ЛБШ до кожного пікселя зображення, дозволяє побудувати гістограму, в якій кожному рівномірному коду ЛБШ відповідає окремий стовпець. Також є ще один додатковий стовпець, який містить інформацію про всі нерівномірні шаблони.

Зображення обличчя можуть розглядатися як набір всіляких локальних особливостей, які добре описуються за допомогою локальних бінарних шаблонів. Для врахування їх розташування на зображенні воно розбивається на підобласті, в кожній з яких обчислюється своя гістограма ЛБШ. Шляхом конкатенації цих гістограм може бути отримана загальна гістограма, що враховує як локальні, так і глобальні особливості зображення [3,4]. При такому підході для кращого вилучення ознак можна варіювати параметри оператора ЛБШ і число розбиття зображення на підобласті. Класифікація зображення зводиться до порівняння гістограм ЛБШ вхідного зразку з ЛБШ базових зразків.

Для реалізації та дослідження наведених вище методів була розроблено програмне забезпечення на мові програмування Objective-C, відомої також як ObjC або Obj-C. Це компільована об'єктно-орієнтована мова програмування корпорації Apple, побудована на основі мови C і парадигм Smalltalk. Мова використовується для програмування під платформи Mac OS X та iOS. Також була використана бібліотека OpenCV у розробці під iOS у середовищі XCode[13]. OpenCV – de facto найпопулярніша бібліотека комп'ютерного зору. Існують бібліотеки, більш удосконалені по функціональності, наприклад, Halcon. Є бібліотеки більш спеціалізовані, що роблять

акцент на будь-якої конкретній задачі, наприклад, libmv. OpenCV – найбільша бібліотека по широті тематики. Бібліотека розповсюджується за ліцензією BSD, що означає, що її можна вільно і безкоштовно використовувати як у відкритих проектах з відкритим кодом, так і в закритих, комерційних проектах. Бібліотеку не обов'язково копіювати цілком в свій проект, можна використовувати частини коду. Єдина вимога ліцензії – наявність в супроводжуючих матеріалах копії ліцензії OpenCV. Через ліберальності ліцензії бібліотека використовується багатьма компаніями, організаціями, університетами, наприклад, NVidia, Willow Garage, Intel, Google, Stanford University. Компанії NVidia і WillowGarage частково спонсорують її розробку.

Із застосуванням бібліотеки OpenCV було розроблено додаток для платформи iOS для розпізнавання людей по зображенню їх обличчя, який включає 8 класів: три з них це наслідники класу UIViewController (по одному на кожен екран додатку), 2 класи-обгортки для функцій OpenCV, один клас для роботи з базою даних (через фреймворк CoreData) та два entity-класи. UML схема класів розробленого ПЗ наведена нижче.

На рис. 9 наведено вигляд головного екрану ПЗ – екрану камери з результатами розпізнавання зображення. Зліва під видом з камери розміщується назва класу (ім'я особи) до якого було віднесене знайдене обличчя. Справа під видом камери розміщено обчислену відстань між векторами ознак вилучених із знайденого обличчя і вектором ознак, що зберігається у базі даних класифікатору.

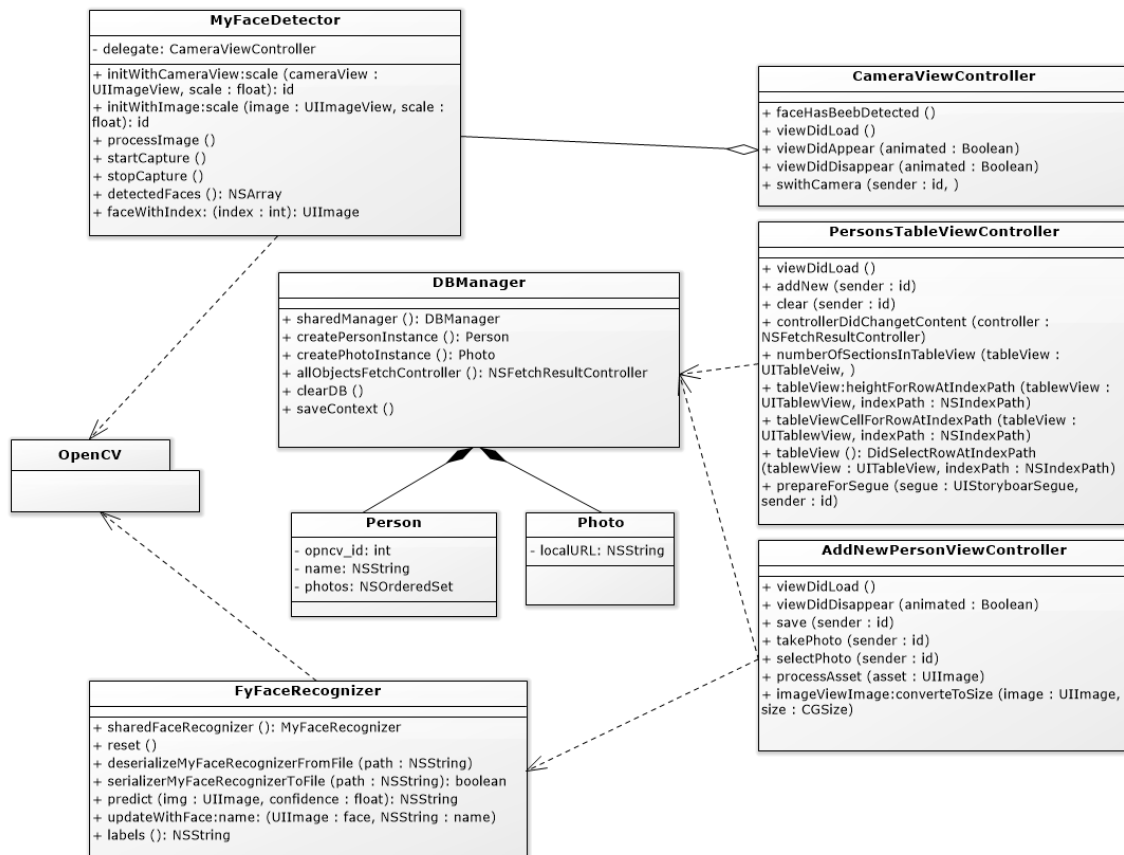


Рис. 8. UML схема класів розробленого додатку

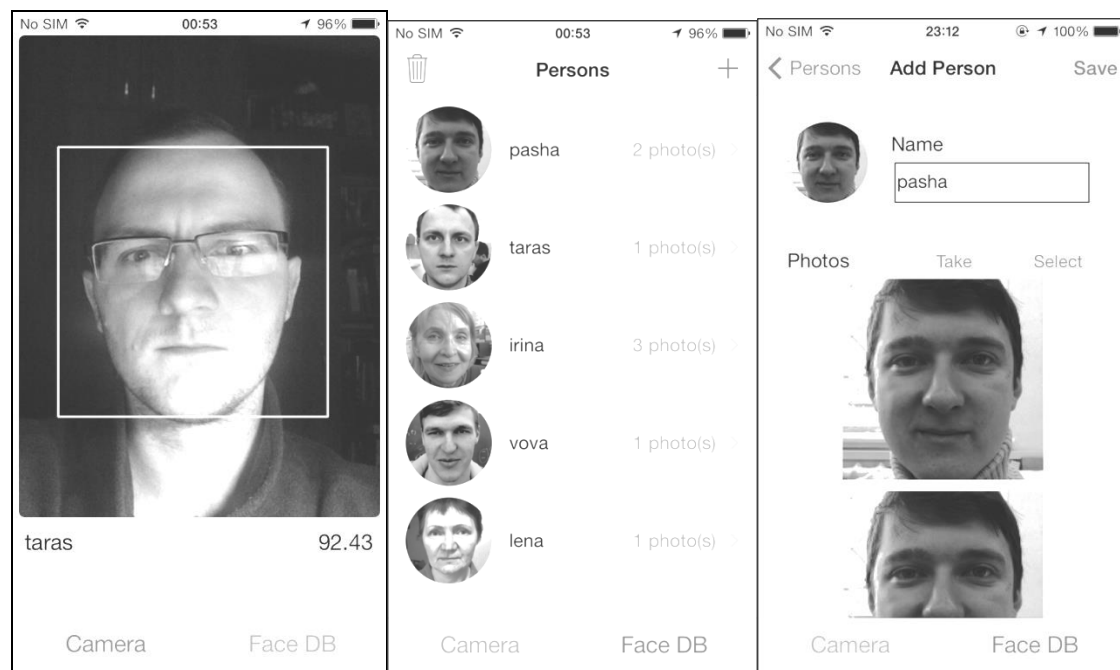


Рис. 9. Результати роботи розробленої інформаційної аналітичної системи розпізнавання облич (результат розпізнавання зразка, база класів, екран додавання нового зразка)

Фотографії можна як вибрати із галереї так і зробити безпосередньо у додатку. При натисненні кнопки Save у базу даних додатку додається новий запис, фотографії зберігаються у папці додатку, а класифікатор поповнюється новими еталонними зразками.

Було проведено дослідження алгоритмів Віолі-Джонса, Eigenfaces та LBPН та порівняно результати їх роботи з роботою перцептрону. Алгоритм Віолі-Джонса показав стабільно гарний результат пошуку об'єктів на зображенні (96%). Алгоритми Eigenfaces та LBPН мають точність розпізнавання близько 85%.

Перцептрон демонструє точність близько 65% навіть при незначному спотворенні вхідного образу і не практичний у використанні через необхідність довгого перенавчання при доданні кожного нового зразку.

Висновки. Для розпізнавання обличчя при використанні мобільних технологій найкращі результати показали наступні алгоритми і методи:

- Ознаки Хаара і алгоритм Віоли-Джонса, бустінг;
- Метод головних компонент та алгоритм eigenfaces (власних обличчя);
- Локальний бінарний шаблон (LBPН) та гістограма LBPН.

Було проведено дослідження алгоритмів Віоли-Джонса, Eigenfaces та LBPН. Алгоритм Віоли-Джонса показав стабільно гарний результат результатів пошуку об'єктів на зображенні. Алгоритми Eigenfaces та LBPН мають схожу точність і швидкість роботи. У той же час багатосаровий перцептрон демонструє погані результати навіть при незначному спотворенні вхідного образу

Інструментом для реалізації інформаційно-аналітичної системи для розпізнавання обличчя було обрано бібліотеку OpenCV з відкритим кодом, та мову Objective-C. Із застосуванням бібліотеки OpenCV було розроблено додаток для платформи iOS для розпізнавання людей по зображенню їх обличчя.

ЛІТЕРАТУРА

1. DeepFace: Closing the Gap to Human-Level Performance in Face Verification [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://research.facebook.com/publications/deepface-closing-the-gap-to-human-level-performance-in-face-verification/>
2. Bruce, V. Human Face Perception and Identification. Face Recognition: From Theory to Applications / V. Bruce, P.J.B. Hancock, A.M. Burton. H. Wechler, P.J. Phillips, F.F. Soulie, T. S. Huang (eds.) – Springer-Verlag, Berlin, 1998. – P. 51–72.
3. C. Shan, S. Gong, P.W. McOwan. Facial expression based on Local Binary Patterns: A comprehensive study. Image and Vision Computing, (27), 2009.
4. Mohammad, A.K. Face Recognition System Based on Principal Component Analysis (PCA) with Back Propagation Neural Networks (BPNN) / A.K. Mohammad, Md. Nasim Akhter, Shamim Ahmed, Md. Mahub Alam // Canadian Journal on Image Processing and Computer Vision, 2011. – Vol. 2. – Issue 6. – P. 1–10.
5. Ole, H.J. Implementing the Viola-Jones face detection algorithm: Master's thesis / H.J. Ole. – DTU, 2008. 94. OpenCV [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://old.kv.by/index2001513402.htm>. Дата звернення: 19.04.2012.
6. ORL Face Databases AT&T (Olivetti) Research Laboratories, Cambridge [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.uk.research.att.com/pub/data/orl_faces.zip. Дата звернення: 05.01.2016
7. Sochman, J. AdaBoost with totally corrective updates for fast face detection [Електронний ресурс]. / J. Sochman, J. Matas. – Center for Machine Perception, Czech Technical University, Prague, 2004. – Режим доступу: <http://cmp.felk.cvut.cz/~sochmj1/>. Дата звернення: 05.01.2016.
8. Spacek L. Description of the Collection of Facial Images [Електронний ресурс]. / L. Spacek. – 2008. – Режим доступу: <http://cswww.essex.ac.uk/mv/allfaces/index.html>. Дата звернення: 05.01.2016. 107. Stergiopoulou, E. Hand gesture recognition using a neural network shape fitting technique / E. Stergiopoulou, N. Papamarkos // Engineering Applications of Artificial Intelligence 22, 2009. – P.1141–1158.
9. Turk, M.A. Face Recognition Using Eigenfaces / M.A. Turk, A.P. Pentland // In: Proc. IEEE, 1991. – P. 586–591. 114. Vapnik, V. Support-vector networks / V. Vapnik, C. Cortes // Machine Learning, 1995. – Vol. 20. – Issue 3. – P. 273–297.
10. T. Maenpaa. The Local Binary Pattern Approach to Texture Analysis – Extensions and Applications. Oulu University Press, 2003.
11. Viola, P. Fast and Robust Classification Using Symmetric AdaBoost and a Detector Cascade / P. Viola, M. Jones. // In: Proc. Neural Information Processing Systems, Vancouver, 2001. – P. 1311–1318.
12. Viola, P. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features / P. Viola, M.J. Jones // IEEE Conf. On Computer Vision and Pattern Recognition, Kauai, Hawaii, USA, 2001. – V. 1. – P. 511–518.
13. Бовырин, А.В. Введение в разработку мультимедийных приложений с использованием библиотек OpenCV и IPP / А.В. Бовырин, А.В. Сысоев, А.Н. Половинкин, В.Д. Кустикова, В.Л. Ерухимов, В.Н. Писаревский, И.Б. Мееров, И.Д. Лысенков, Н.Ю. Золотых, П.Н. Дружков // Электронная книга.
14. Ole, H.J. Implementing the Viola-Jones face detection algorithm: Master's thesis / H.J. Ole. – DTU, 2008. 94. OpenCV [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://old.kv.by/index2001513402.htm>. Дата звернення: 19.04.2012.
15. ORL Face Databases AT&T (Olivetti) Research Laboratories, Cambridge [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.uk.research.att.com/pub/data/orl_faces.zip. Дата звернення: 05.01.2016.

Т. В. Левенец,

И. А. Кравец,

Черноморский национальный университет

им. П. Могилы,

г. Николаев, Украина

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МОБИЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Проведено исследование методов распознавания лиц, пригодных для использования мобильных технологий. Рассмотрены методы Виолы-Джонса, метод главных компонент и Eigenfaces, локальный бинарный шаблон гистограмма (LBPH). Разработано информационно-аналитическое приложение к платформе iOS для распознавания людей по изображению их лиц на языке Objective-C с применением библиотеки OpenCV.

Ключевые слова: распознавание лиц; признаки Хаара; метод Виолы-Джонса; метод главных компонент; собственные лица; eigenfaces; локальный бинарный шаблон; LBPH.

T. V. Levenets,

I. O. Kravets,

Petro Mohyla Black Sea National University,

Mykolaiv, Ukraine

THE ANALYSIS OF FACES' RECOGNITION METHODS SUITABLE FOR MOBILE TECHNOLOGIES

The analysis of faces' recognition methods suitable for mobile technology is done. There are examined the Viola-Jones method, the method of principal components and Eigenfaces, the local binary patterns histogram(LBPH). The information analytical application for the iOS platform for faces' recognition is developed. The program's environment is Objective-C and the OpenCV library.

Key words: face detection; Haar features; the Viola-Jones method; principal component method; eigenfaces; local binary patterns histogram; LBPH; computer vision.

Рецензенти: д. т. н., проф. **І. І. Коваленко;**

к. т. н., доц. **І. М. Журавська.**

© Левенець Т. В., Кравець І. О., 2016

Дата надходження статті до редколегії 20.04.16

Фісун М. Т.,

д-р техн. наук, професор,
завідувач кафедри інтелектуальних інформаційних систем,
mykola.fisun@gmail.com

Дворецький М. Л.,

старший. викладач кафедри інтелектуальних інформаційних систем,
m.dvoretzkiy@gmail.com

Юхатов А. В.,

магістр кафедри інтелектуальних інформаційних систем,
ЧНУ ім. Петра Могили,
м. Миколаїв, Україна,
yukhatov@gmail.com

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПОБУДОВИ OLAP-СИСТЕМ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ЗАСОБІВ MS SQL SERVER ТА ORACLE

У статті розглянуті проблеми збереження та обробки великих обсягів інформації, викладена концепція сховищ даних та методологія подальшого створення звітності із використанням технологій оперативно-аналітичного аналізу даних (OLAP).

Проведено аналіз методів і технологій створення OLAP-кубів, загальний огляд архітектури OLAP-систем, категорії OLAP-інструментів, багатомірної моделі даних, реалізація OLAP-систем в MS SQL SERVER. Розглянуто існуючі підходи при реалізації та використанні підсистем аналізу даних різними розробниками СКБД, такими як Microsoft, SAP, Oracle, SAS Institute, Microstrategy та ін. Проаналізовано методи і технології OLAP в Oracle Database 11g, EssBase та її компоненти. Виконано порівняльний аналіз методів і задач OLAP в СКБД SQL Server і Oracle та їх продуктивності та формулювання загальних рекомендацій щодо доцільності використання того чи іншого програмного продукту.

Ключові слова: сховище даних; багатовимірна модель; оперативно-аналітичний аналіз; оперативно-транзакційна обробка даних; SQL Server; Oracle; інформаційно-управляюча система; бізнес-аналіз.

Постановка проблеми. Великий обсяг інформації, з одного боку, дозволяє одержати більш точні розрахунки й аналіз, з іншого боку – перетворює пошук рішень у складну задачу. Робота аналітиків і керівників різних рівнів повинна бути організована так, щоб вони могли мати доступ до всієї інформації, що їх цікавить, у тому числі й агрегованою, і користуватися зручними і простими засобами подання та роботи з цією інформацією.

Проблеми збереження та обробки аналітичної інформації стають все більш актуальними і привертають увагу фахівців і фірм, які працюють в області інформаційних технологій, що призвело до формування повноцінного ринку технологій бізнес-аналізу. Актуальність проблеми зберігання і швидкого пошуку даних зумовлює підвищену увагу до сховищ даних (СД, Data Warehouse) та використання технологій статистичної обробки даних для їх попереднього аналізу. На основі сховища даних для складання подальшої звітності, як правило, використовуються механізми, що базуються на технології OLAP (On-Line Analytical

Processing, оперативна аналітична обробка). Концепція OLAP базується на удосконаленні технологій баз даних і передбачає спеціальні засоби керування процесами отримання, консолідації, зберігання та використання інформації. Вона була задумана як одна з технологій систем підтримки прийняття рішень. На рис.1 наведено узагальнену схему взаємозв'язку між OLTP- та OLAP- технологіями.

В основі концепції OLAP лежить багатомірне концептуальне подання даних (Multidimensional conceptual view). Головна ідея OLAP-системи полягає в побудові багатовимірних таблиць, які можуть бути доступні для запитів користувачів. Ці багатовимірні таблиці або так звані багатовимірні куби будуються на основі вихідних і агрегованих даних. І вихідні, і агреговані дані для багатовимірних таблиць можуть зберігатися як у реляційних, так і в багатовимірних базах даних [1, 2].

Взаємодіючи з OLAP-системою, користувач може здійснювати гнучкий перегляд інформації, одержувати різні зрізи даних, виконувати аналітичні операції деталізації, згортки, наскрізного розподілу, порівняння в часі.

Технологія OLAP орієнтована, головним чином, на обробку нерегламентованих запитів до сховищ даних. Таким чином, технологія OLAP є подальшим розвитком технологій баз даних або OLTP, і тому потребує нових методів обробки і відповідних програмних засобів або автономних, або в складі існуючих СКБД,

Крім того, впровадження OLAP-технологій вимагає більш глибокої підготовки її користувачів. Тому аналіз та порівняння програмних служб (модулів), що представлені на ринку програмних продуктів, є актуальним.

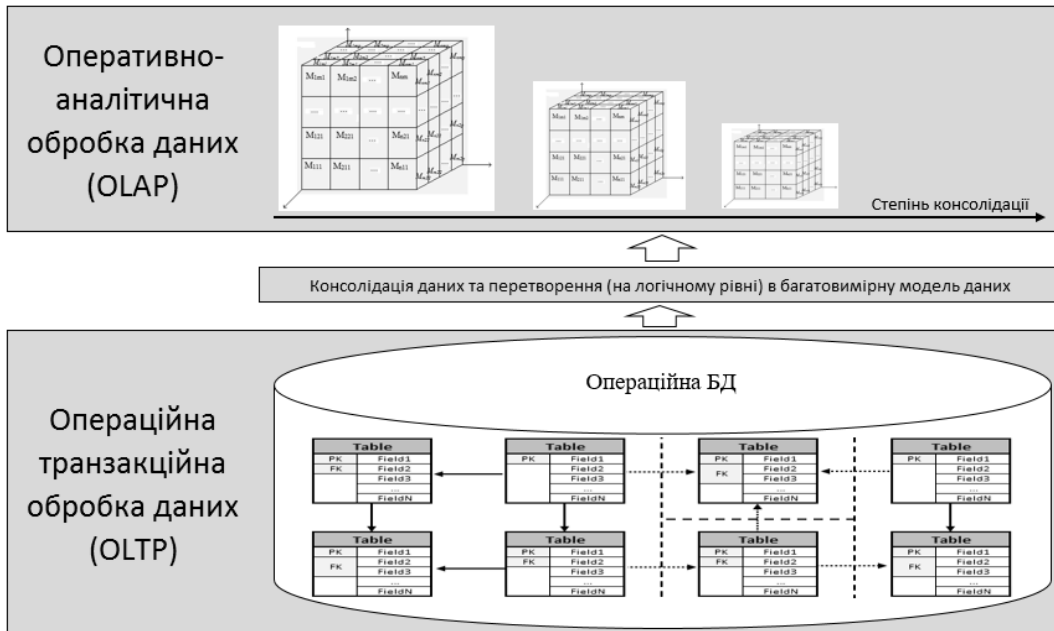


Рис. 1. Узагальнена схема взаємозв'язку між OLTP- та OLAP- технологіями

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При використанні підсистем аналізу значну увагу акцентовано на інтегрованих можливості ведення обліку компанії та оперативного і інтелектуального аналізу статистичних даних. В корпоративних системах управління для організації зберігання даних в переважній більшості використовуються реляційні та об'єктні СКБД, а також супутнє програмне забезпечення.

Майже кожна компанія (розробник СКБД) намагається надати засоби інтелектуального аналізу даних в рамках своїх програмних продуктів. Фірма Microsoft в рамках своєї СКБД Microsoft SQL Server 2008 R2 надає середовище для створення моделей інтелектуального аналізу даних Microsoft SQL Server Analysis Services, яка складається з Business Intelligence Development Studio, SQL Server Management Studio, Microsoft SQL Server 2008 Integration Services [3, 4]. Фірма SAP надає підсистему SAP Business Intelligence (SAP BI), призначену для використання в області бізнес-аналітики та підтримки прийняття стратегічних рішень. SAP BI підтримує концепцію сховища даних для інформації всієї платформи SAP Business Suite і дозволяє здійснювати її оперативний аналіз [2]. Найбільший постачальник СКБД Oracle надає багато продуктів в галузі аналізу даних, серед них Oracle Business Intelligence.

Нині серед комерційних продуктів OLAP можна виділити Microsoft Analysis Services, що входить до СКБД Microsoft SQL Server [5, 6, 7], Oracle OLAP Option, що є складовою частиною СКБД Oracle [8], а також SAS OLAP Server фірми SAS Institute [9],

icCube OLAP Server фірми MISConsulting SA [10], Microstrategy OLAP Services фірми Microstrategy [11], TM1 фірми IBM [12] та DeepSee фірми Intersystems [13].

Також існує декілька продуктів з відкритим вихідним кодом, наприклад, Mondrian OLAP Server фірми Pentaho [14] та Palo фірми Jedox [15].

Різноманітність виникаючих перед користувачами вищенаведених програмних продуктів задач, а також складності виявлення об'єктивних показників їх продуктивності із офіційних джерел [5-15] (враховуючи комерційну складову, більшість розробників наводять лише переваги, замовчуючи недоліки), зумовлює той факт, що вибір певного програмного продукту не завжди є очевидним.

Покладатись на попередніх користувачів також не завжди є доречним, оскільки у випадку позитивних відгуків може бути не враховано недостатнє навантаження вхідними даними, надлишок обчислювальних ресурсів, використання неліцензійного ПЗ, тощо. У випадку негативних відгуків можливі випадки використання програмного продукту не за прямим призначенням, недостатнім професіоналізмом користувачів, тощо.

Враховуючи вищенаведене, дослідження та порівняння характеристик вказаних систем, що підтримують та реалізують механізми OLAP-технологій, є актуальним.

Постановка завдання. Метою дослідження є проведення порівняльного аналізу найбільш популярних на даний момент програмних продуктів, а саме Microsoft SQL Server Analysis Services і Oracle OLAP

Option, виявлення переваг та недоліків кожного із них, формулювання загальних рекомендацій щодо доцільності використання того чи іншого програмного продукту. Отже об'єктом дослідження є моделі, методи і технології OLAP в SQL Server та Oracle Database, предметом – порівняльний аналіз моделей, методів і технологій оперативного-аналітичної обробки даних.

Виклад основного матеріалу. Слід зазначити, що розглянута технологія на обох продуктах реалізована якісно та обидва продукти постійно підтримуються і розвиваються. Найбільш помітною відмінністю стане те що SQL SERVER працює виключно на Windows, в той час як Oracle випускає версії під різні платформи, такі як (windows, linux, solaris, solaris sparc, aix, hp-ux itanium, hp-ux pa-risc, z/linux, z/os, mac os), що означає можливість використання безкоштовних ОС для серверів СКБД.

Обидві СКБД використовують свої діалекти мови запитів. І хоча вони засновані на одному і тому ж стандарті ANSI SQL, діалекти вийшли різні, а багато їх функцій – специфічними і несумісними. Слід зазначити, що PL / SQL дещо потужніше за T-SQL. Але обидві системи підтримують мову MDX. Для управління в SQL Server використовується management studio - повноцінний клієнт, достатній для виконання переважної більшості операцій - від простого користувача до адміністратора. Oracle, у свою чергу, пропонує веб-консолю для роботи і адміністрування СКБД. На відміну від Oracle, технологія OLAP повністю інтегрована в SQL Server, так що її розробка, управління, планування і розгортання здійснюються з використанням звичних інструментів SQL Server.

Регулятор ресурсів SQL Server забезпечує розподілення ресурсів та визнання пріоритети для різних робочих навантажень, щоб забезпечити постійний рівень продуктивності для кінцевих користувачів в умовах одночасного виконання багатьох різних завдань. Регулятор ресурсів дає SQL Server кілька важливих переваг в порівнянні з Oracle. Параметри мінімального використання процесора і пам'яті дозволяють поставити пріоритети для окремих завдань, щоб гарантувати необхідний рівень продуктивності для найбільш критичних задач бази даних. Регулятор ресурсів також дає можливість обмежити обсяг пам'яті для пулу ресурсів щоб уникнути монополізації ресурсів неконтрольованими запитом.

Користувач Oracle OLAP має можливість перегляду через OBI, BO, Excel та інші сервіси. Не передбачено використання SQL для запитів до кубів. SSAS має Crescent, Strategy Companion, CubePlayer або MS Excel. В SSAS також є можливість контролю додаткову обробку кубів, тобто процес тільки часткових змін. На користь Oracle OLAP той факт, що цей процес став автоматизованим і куби можуть бути частково оновлені після зчитування файлів логу.

Новий тип розрахунку агрегатів Cost-based aggregation згідно описання присутній в обох програмних продуктах. Його архітектура не розкривається, але вказано, що тепер проводиться автоматичне обчислення найважчих для розрахунку значень, і вони записуються на диск. Розробник куба повинен вказати

тільки відсоток обрахунку куба. За замовчуванням це 20–30 % в залежності від типу куба. 100 % означає що всі агрегати повинні зберігатися на диск.

Oracle OLAP дає можливість змішувати багатовимірні та SQL моделі в одному запиті. Ця технологія отримала назву Blend concept. Вона схожа на BISM concept в SQL Server. Різниця в тім що BISM – реляційна, а в Oracle – стиснута багатовимірна OLAP.

За допомогою індексованих представлень, можна більш ефективно створювати і управляти зведеними агрегатами в реляційному сховищі даних і застосовувати їх в таких сценаріях, в яких раніше використовувати їх ефективно було неможливо. Індексовані представлення підвищують продуктивність запитів.

Оболонка SQL Server PowerShell – це новий засіб для перегляду і управління базами даних, таблицями та іншими об'єктами в базах даних SQL Server. Інтерфейс командного рядка Windows PowerShell підтримує складнішу логіку, ніж сценарії Transact-SQL, підвищуючи надійність сценаріїв адміністрування. Сценарії PowerShell також можна використовувати для управління іншими серверними продуктами Microsoft, тобто адміністратори отримують єдину мову сценаріїв для різних серверів.

Управління на основі політик – нова система управління одним або декількома екземплярами SQL Server з використанням засобу SQL Server Management Studio. Цю можливість можна використовувати для створення політик управління об'єктами, такими як екземпляр SQL Server, бази даних та інші об'єкти SQL Server, на сервері бази даних. Адміністратори баз даних отримують повний контроль над серверами баз даних. За допомогою цього потужного засобу адміністратори баз даних можуть реалізовувати стандартні конфігурації в середовищі SQL Server.

Некомерційна організація Transaction Processing Performance Council (TPC), що займається визначенням тестів обробки транзакцій і продуктивності баз даних, публікує об'єктивні показники продуктивності, отримані в цих тестах. Тести TPC пред'являють надзвичайно суворі вимоги до надійності та відмовостійкості і проходять незалежний аудит. Новий масштабований тест продуктивності TPC-E покликаний представляти сучасні системи оперативної обробки транзакцій (OLTP). В цьому тесті, на відміну від його попередника TPC-C, використовується складна, але реалістична схема бази даних, і він вимагає таких базових можливостей, як забезпечення цілісності даних і RAID-сховище. Результати тесту TPC-E на продуктивність наведено на рис.2.

Наступний тест підтримки прийняття рішень TPC-H складається з ряду нерегламентованих запитів і одночасних змін даних, характерних для галузі в цілому. Результати TPC-H тестів для 100gb та 300gb наведено на рис. 3–4.

Компанія Oracle неодноразово заявляла про свої найкращі результати в тесті співвідношення ціни і продуктивності TPC-C, хоча тест TPC-E краще відображає потреби клієнтів. До цього всі 10 кращих результатів в тесті TPC-C по співвідношенню ціни і продуктивності належали SQL Server. Результат Oracle було досягнуто з використанням варіантів лі-

цензування і підтримки, які мало застосовні до реальної життя.

Зовсім інша ситуація з великими обсягами даних, SQL Server не дуже полюбляє великі навантаження.

Це можна побачити на результатах тесту. Результати TPC-H тесту для 1000gb та 3000gb наведено на рис.5-6.

| Rank | Company | System | Performance (tpcE) | Price/tpcE | Watts/tpcE | System Availability | Database | Operating System | Processors / Cores / Threads | Date Submitted |
|------|---------|-----------------------------|--------------------|------------|------------|---------------------|---|--|------------------------------|----------------|
| 1 | NEC | NEC Express5800/A1080a-E | 4,614.22 | 430.18 USD | NR | 04/02/12 | Microsoft SQL Server 2012 Enterprise Edition | Microsoft Windows Server 2008 R2 Enterprise Edition with SP1 | 8 / 80 / 160 | 03/27/12 |
| 2 | IBM | IBM System x3850 X5 | 4,593.17 | 140.56 USD | NR | 08/26/11 | Microsoft SQL Server 2008 R2 Enterprise Edition | Microsoft Windows Server 2008 R2 Enterprise Edition with SP1 | 8 / 80 / 160 | 08/26/11 |
| 3 | FUJITSU | PRIMERGY RX900 S2 | 4,555.54 | 217.27 USD | 1.00 | 07/01/11 | Microsoft SQL Server 2008 R2 Datacenter Edition | Microsoft Windows Server 2008 R2 Enterprise Edition with SP1 | 8 / 80 / 160 | 06/06/11 |
| 4 | FUJITSU | PRIMEQUEST 1800E2 | 4,414.79 | 226.19 USD | 1.09 | 07/01/11 | Microsoft SQL Server 2008 R2 Enterprise Edition | Microsoft Windows Server 2008 R2 Enterprise Edition with SP1 | 8 / 80 / 160 | 07/27/11 |
| 5 | NEC | NEC Express5800/A1080a-E | 4,200.61 | 287.42 USD | NR | 08/31/11 | Microsoft SQL Server 2008 R2 Enterprise Edition | Microsoft Windows Server 2008 R2 Enterprise Edition with SP1 | 8 / 80 / 160 | 04/28/11 |
| 6 | FUJITSU | PRIMERGY RX900 S1 | 3,800.00 | 245.82 USD | NR | 10/01/10 | Microsoft SQL Server 2008 R2 Datacenter Edition | Microsoft Windows Server 2008 R2 Datacenter Edition | 8 / 64 / 128 | 09/24/10 |
| 7 | FUJITSU | PRIMEQUEST 1800E | 3,800.00 | 283.03 USD | NR | 10/01/10 | Microsoft SQL Server 2008 R2 Datacenter Edition | Microsoft Windows Server 2008 R2 Datacenter Edition | 8 / 64 / 128 | 10/26/10 |
| 8 | NEC | NEC Express5800/A1080a-E | 3,141.76 | 748.92 USD | NR | 07/30/10 | Microsoft SQL Server 2008 R2 Datacenter Edition | Microsoft Windows Server 2008 R2 Datacenter Edition | 8 / 64 / 128 | 03/30/10 |
| 9 | IBM | IBM System x3850 X5 | 2,862.61 | 129.66 USD | NR | 06/27/11 | Microsoft SQL Server 2008 R2 Enterprise Edition | Microsoft Windows Server 2008 R2 Enterprise Edition | 4 / 40 / 80 | 06/27/11 |
| 10 | hp | HP ProLiant DL580 G7 Server | 2,454.51 | 291.00 USD | NR | 06/20/11 | Microsoft SQL Server 2008 R2 Enterprise x64 Edition | Microsoft Windows Server 2008 R2 SP1 Enterprise Edition | 4 / 40 / 80 | 04/03/11 |

Рис. 2. Результати тесту TPC-E на продуктивність.

| | | | | | | | | | | |
|---|----|----------------------|--------|---------|------|----------|---|---|----------|---|
| 8 | hp | HP ProLiant DL380 G7 | 73.974 | .58 USD | 5.93 | 07/02/10 | Microsoft SQL Server 2008 R2 Enterprise Edition | Microsoft Windows Server 2008 R2 Enterprise Edition | 07/02/10 | N |
| 9 | hp | HP ProLiant DL385 G7 | 71.438 | .51 USD | 6.48 | 07/14/10 | Microsoft SQL Server 2008 R2 Enterprise Edition | Microsoft Windows Server 2008 R2 Enterprise Edition | 07/14/10 | N |

Рис. 3. Результати TPC-H тесту (100gb)

| | | | | | | | | | | |
|----|-----|----------------------|---------|----------|-------|----------|---|---|----------|---|
| 6 | hp | HP ProLiant DL580 G7 | 121.345 | .65 USD | 10.33 | 09/14/10 | Microsoft SQL Server 2008 R2 Enterprise Edition | Microsoft Windows Server 2008 R2 Enterprise Edition | 09/14/10 | N |
| 7 | hp | HP ProLiant DL585 G7 | 107.561 | 1.08 USD | 9.58 | 06/21/10 | Microsoft SQL Server 2008 R2 Enterprise Edition | Microsoft Windows Server 2008 R2 Enterprise Edition | 06/21/10 | N |
| 8 | hp | HP ProLiant DL785 G6 | 91.558 | 1.94 USD | NR | 10/30/09 | Microsoft SQL Server 2008 Enterprise x64 Ent. SP1 | Microsoft Windows Server 2008 Enterprise x64 Ent. SP1 | 07/31/09 | N |
| 9 | hp | HP ProLiant DL785 | 57.684 | 3.24 USD | NR | 11/17/08 | Microsoft SQL Server 2008 Enterprise x64 Edition | Microsoft Windows Server 2008 Enterprise x64 Edition | 11/17/08 | N |
| 10 | IBM | IBM System x3950 M2 | 46.024 | 5.40 USD | NR | 03/07/08 | Microsoft SQL Server 2005 Enterprise Eit (x64) | Microsoft Windows Server 2003 Enterprise x64 Ent. R2 | 11/28/07 | N |

Рис. 4. Результати TPC-H тесту (300gb)

| 1,000 GB Results | | | | | | | | | | |
|------------------|-----------------|---|-----------|------------|------------|---------------------|---|---|----------------|---------|
| Rank | Company | System | QptE | Price/QptE | Watts/QptE | System Availability | Database | Operating System | Date Submitted | Cluster |
| 1 | DELL | Dell PowerEdge R710 using EXASolution 4.0 | 4,253,937 | .19 USD | NR | 10/01/11 | EXASOL EXASolution 4.0 | EXASOL EXACluster OS 4.0 | 04/05/11 | Y |
| 2 | DELL | Dell PowerEdge R710 using EXASolution 4.0 | 1,617,274 | .37 USD | NR | 10/01/11 | EXASOL EXASolution 4.0 | EXASOL EXACluster OS 4.0 | 04/05/11 | Y |
| 3 | WYVOR | VMware ESXi platform/HP DL380/ParAccel Analytic | 1,316,882 | .89 USD | NR | 06/30/10 | ParAccel Analytic Database 2.5 | ParAccel Standard Linux | 04/11/10 | Y |
| 4 | hp | HP BladeSystem c-Class 128P RAC | 1,166,976 | 5.42 USD | NR | 09/01/09 | Oracle Database 11g Release 2 Enterprise Edt. | Oracle Enterprise Linux | 06/03/09 | Y |
| 5 | FUJITSU | PRIMERGY RX300 S4 | 1,018,321 | 1.18 USD | NR | 08/01/08 | EXASOL EXASolution 2.1 | EXASOL EXACluster OS 2.1 | 06/02/08 | Y |
| 6 | FUJITSU SIEMENS | PRIMERGY RX300 S3 | 880,729 | 1.72 USD | NR | 12/10/07 | EXASOL EXASolution 2.0 | EXASOL EXACluster OS 1.3 | 12/10/07 | Y |
| 7 | DELL | Dell PowerEdge R910 using VectorWise 1.6 | 436,708 | .88 USD | NR | 06/30/11 | Actian VectorWise 1.6 | RedHat Enterprise Linux 6.0 | 05/03/11 | N |
| 8 | hp | HP ProLiant DL580 G7 | 219,887 | 1.86 USD | NR | 08/30/11 | Microsoft SQL Server 2008 R2 Enterprise Edition | Microsoft Windows Server 2008 R2 Enterprise Edition | 08/30/11 | N |

Рис. 5. Результати TPC-H тесту (1000gb)










| 3,000 GB Results | | | | | | | | | | |
|------------------|---|--|-----------|-----------|------------|---------------------|---|---|----------------|---------|
| Rank | Company | System | QpM | Price/QpM | Watts/KQpM | System Availability | Database | Operating System | Date Submitted | Cluster |
| 1 |  | Dell PowerEdge R710 using EXASolution 4.0 | 5,556,993 | .32 USD | NR | 10/01/11 | EXASOL EXASolution 4.0 | EXASOL EXACluster OS 4.0 | 04/05/11 | Y |
| 2 |  | PRIMERGY R1300 S4 | 1,608,820 | 1.36 USD | NR | 08/01/08 | EXASOL EXASolution 2.1 | EXASOL EXACluster OS 2.1 | 06/02/08 | Y |
| 3 |  | Sun SPARC Enterprise M9000 Server | 386,478 | 18.19 USD | NR | 09/22/11 | Oracle Database 11g R2 Enterprise Edition with Partitioning | Oracle Solaris 10 | 03/22/11 | N |
| 4 |  | SPARC T4-4 Server | 205,792 | 4.10 USD | NR | 05/31/12 | Oracle Database 11g R2 Enterprise Edition with Partitioning | Oracle Solaris 11.11/11 | 11/30/11 | N |
| 5 |  | Sun SPARC Enterprise M9000 Server | 198,907 | 15.27 USD | NR | 12/09/10 | Oracle Database 11g Release 2 Enterprise Edn. | Oracle Solaris 10 | 10/05/10 | N |
| 6 |  | IBM Power 780 Model 9179-MHB | 192,001 | 6.37 USD | NR | 11/30/11 | Sybase IQ Single Application Server Edition v.15.4 | ADX Version 7.1 | 10/14/11 | N |
| 7 |  | HP ProLiant DL380 G7 | 162,601 | 2.68 USD | NR | 10/13/10 | Microsoft SQL Server 2008 R2 Enterprise Edition | Microsoft Windows Server 2008 R2 Enterprise Edition | 06/21/10 | N |
| 8 |  | IBM Power 595 Model 9119-FHA | 156,537 | 20.60 USD | NR | 11/24/09 | Sybase IQ Single Application Server Edition v.15.1 ESD #1,2 | ADX Version 6.1 | 11/24/09 | N |
| 9 |  | HP BladeSystem ProLiant BL2Sp cluster 64p DC | 110,576 | 37.80 USD | NR | 06/08/06 | Oracle Database 10g R2 Enterprise Edt w/Partitioning | Red Hat Enterprise Linux 4 ES | 06/08/06 | Y |
| 10 |  | Unisys ES7000 Model 7600R Enterprise Server(16x) | 102,778 | 21.05 USD | NR | 05/06/10 | Microsoft SQL Server 2008 R2 Datacenter Edition | Microsoft Windows Server 2008 R2 Datacenter Edition | 11/02/09 | N |

Рис. 6. Результати TPC-H тесту (3000gb)

Як можна побачити, за результатами тесту, Oracle Database більш потужна із великими обсягами інформації. І це дуже важливий показник для сховищ даних.

У випадку Oracle була використана ліцензія на Oracle 11g, дійсна лише протягом трьох років, в той час як у випадку SQL Server – ліцензія з необмеженим терміном дії. Спочатку, підтримка Oracle безкоштовна, але схема ліцензування, використана в тесті, передбачає окрему оплату кожного звернення на підтримку. Крім того, компанія Oracle використовувала продукт Standard Edition One, на який практично відсутній попит з боку корпоративних клієнтів. У разі SQL Server, його кращі результати по співвідношенню ціни і продуктивності досягаються на редакції Enterprise Edition x64, типовою для корпоративного сегмента.

Висновки. Засоби OLAP дають можливість швидкого доступу до даних, можливість консолідувати найбільш імовірно використовувани значення, можливість розглядати дані с точки зору ієрархії та співвідношення з іншими параметрами за рахунок OLAP кубів, можливість зручної вибірки за часом.

Оперативний аналіз даних дозволяє здійснювати стратегічний огляд ситуації і в реальному часі отри-

мувати відповіді на питання, що цікавлять аналітика, призначений для швидкого складання звітності за консолідованими показниками процесів в різних розрізах і з довільною деталізацією в оперативні дані. При цьому, слід зазначити, що на відміну від інших методів підтримки прийняття рішень технологія OLAP володіє значно більш високим рівнем інтелектуальності і хорошою масштабованістю, дозволяючи значною мірою автоматизувати аналіз даних.

Зважаючи на результати аналізу інструментів та тестів, Oracle Database більш потужна із великими обсягами інформації, що є дуже важливим показником для реалізації концепції сховищ даних у компаніях з великим обсягом даних, що обробляються. Але у більшості областей, пов'язаних з управлінням даними, враховуючи можливість використовувати такі важливі інструменти як Cost-based aggregation, можливості SQL Server 2008 або відповідають можливостям Oracle 11g, або їх перевершують. Високий рівень безпеки і надійності, можливості інтеграції даних та ін. характеризують SQL Server як оптимальне рішення для БД обсягом до 500gb.

В подальшому планується як розширення порівняльних тестів для вказаних СКБД, так і порівняння з іншими реалізаціями методів і задач OLAP.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бергер А.Б., Горбач І.В., Меломед Э.Л. і др. Microsoft SQL Server Analysis Services. OLAP і многомерный анализ данных / А.Б. Бергера, И.В. Горбач. – СПб. : БХВ-Петербург, 2007. – 928 с.
2. Фісун М. Т. Аналіз та вибір моделей даних при створенні систем автоматизованого проектування / М. Т. Фісун, Є. О. Давиденко // Збірник наукових праць НУК. – Миколаїв : НУК, 2013 – №2(447). – С. 89–94.
3. Стулов А.В. Хранилища данных: основные архитектуры и принципы построения / А.В. Стулов. – Интуит, 2010. – 487 с.
4. Давиденко Є. О. Реінжиніринг програмного забезпечення модуля генерації керуючих програм в САПР ДЕЙМОС / М. Т. Фісун, Є. О. Давиденко // Сборник научных трудов SWorld. – Выпуск 4. Том 12. – Иваново : МАРКОВА АД, 2013 – С. 30–34.
5. Харинатх С., Куинн С. SQL Server 2005 Analysis Services и MDX для профессионалов.: Пер. с англ. – М. : ООО «И.Д. Вильямс», 2008.
6. Бергер А. Б. Microsoft SQL Server 2005 Analysis Services. OLAP и многомерный анализ данных. – СПб. : БХВ-Петербург, 2007 – 928 с: ил.
7. Ларсон Б. Разработка бизнес-аналитики в Microsoft SQL Server 2005. – СПб.: Питер, 2008. – 684 с.
8. Oracle Database Online Documentation 12c Release 1. OLAP User's Guide. Режим доступу : <http://docs.oracle.com/database/121/OLAUG/start.htm#OLAUG200>.
9. SAS® 9.3 OLAP Server: User's Guide. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, 2011. Режим доступу : <https://support.sas.com/documentation/cdl/en/olapug/63148/PDF/default/olapug.pdf>.
10. icCube OLAP Server User Guide. Режим доступу : http://www.iccube.com/support/documentation/user_guide/user_guide.php

11. Microstrategy 9. OLAP Services Guide. Sixth Edition, June 2011, Version 9.2.1. Режим доступу : <http://www2.microstrategy.com/producthelp/manuals/9.2.1/en/olapservicesguide.pdf>.
12. IBM Cognos TM1 Version 10.1.0. User Guide. IBM Corporation, 2012. Режим доступу : http://public.dhe.ibm.com/software/data/cognos/documentation/docs/en/10.1.0/tm1/tm1_ug.pdf.
13. Defining DeepSee Models. Version 2014.1. InterSystems Corporation, 2014. Режим доступу : <http://docs.intersystems.com/documentation/cache/20141/pdfs/D2MODEL.pdf>.
14. Mondrian Documentation. Режим доступу: <http://mondrian.pentaho.com/documentation/>
15. Palo Olap Server 3.0 Manual. Jedox AG, 2009. Режим доступу : http://teaching.csse.uwa.edu.au/units/CITS4243/labs/Palo_manual.pdf.

**М. Т. Фисун,
М. Л. Дворецкий,
А. В. Юхатов,**

Черноморский национальный университет им. П. Могилы,
г. Николаев, Украина

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОСТРОЕНИЯ OLAP-СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДСТВ MS SQL SERVER И ORACLE

В статье рассмотрены проблемы сохранения и обработки больших объемов информации, изложена концепция хранилищ данных и методология дальнейшего создания отчетности с использованием технологий оперативно-аналитического анализа данных (OLAP), определяется роль и место OLAP- технологий в информационно-управляющих системах, как стандартного инструмента бизнес-анализа.

Проведен анализ методов и технологий создания OLAP- кубов, общий обзор архитектуры OLAP- систем, категории OLAP- инструментов, многомерной модели данных, реализация OLAP- систем в MS SQL SERVER. Рассмотрены существующие подходы при реализации и использовании подсистем анализа данных разными разработчиками СКБД, такими как Microsoft, SAP, Oracle, SAS Institute, Microstrategy и др. Проанализированы методы и технологий OLAP в Oracle Database 11g, EssBase и ее компоненты. Выполнен сравнительный анализ методов и задач OLAP в СКБД SQL Server и Oracle и их производительности и формулировки общих рекомендаций относительно целесообразности использования того или иного программного продукта.

Ключевые слова: хранилище данных; многомерная модель; оперативно-аналитический анализ; оперативно-транзакционная обработка данных; SQL Server; Oracle; информационно-управляющая система; бизнес-анализ.

**М. Т. Fisun,
M. L. Dvoretzkiy,
A. V. Yuhatov,**

Petro Mohyla Black Sea National University,
Mykolaiv, Ukraine

COMPARATIVE ANALYSIS OF OLAP-SYSTEMS BUILDING METHODS USING MS SQL SERVER AND ORACLE

The article is considering some problems, related to big data amounts storing and processing, expounding data warehouses conception and methodology of future accounting creation with using of on-line analytical processing data analysis technologies (OLAP). Also, it is determined role and place of OLAP technologies in information management systems, such as Enterprise Resource Planning System (ERP), as a standard tool of business intelligence.

Authors are arguing actuality of OLAP technologies using, which is predefined by orientation to possibility of data warehouse unregulated queries processing. It is marked, that OLAP technologies implementation demands an additional resources, such as investments to the expensive software and increasing educational level of their employees. That is why comparative analysis of program services (modules), which now are presented on the market of program tools, is actual.

The analysis of OLAP-cubes creation methods and technologies was made. Authors also have done general review of OLAP-systems architecture, OLAP tools categories, multidimensional data model and OLAP-technologies implementation in MS SQL Server. There were considered an existing approaches of data analysis units realization and usage by different multidimensional databases manufacturers, such as Microsoft, SAP, Oracle, SAS Institute, Microstrategy and so on. It was analyzed methods and OLAP-technologies in Oracle Database 11g, EssBase and their components. The comparative analysis of OLAP methods and tasks was made, including database management systems SQL Server and Oracle. As a result, it was given a set of recommendations for using one or another database management system, depending on input conditions.

Key words: data warehouse; multidimensional model; on-line analytical processing; on-line transaction processing; SQL Server; Oracle; information management system; business-intelligence.

Рецензенти: д. т. н., проф. *І. І. Коваленко*;
д. пед. н., проф. *О. П. Мещанінов*.

© Фісун М. Т., Дворецький М. Л., Юхатов А. В., 2016

Дата надходження статті до редколегії 18.04.16

МОДЕЛЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ ЛИНЕЙНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ УПРАВЛЕНИЯ КРУПНЫМ НАУКОЕМКИМ ПРЕДПРИЯТИЕМ

Вопросам разработки моделей и методов анализа и управления информационными потоками, информационными ресурсами, информационными процессами посвящен ряд публикаций последних лет. Эта работа посвящена построению аналитической модели информационных потоков на высших уровнях иерархии линейно-функциональной организационной структуры управления крупным наукоемким предприятием, что даст возможность оценивать количественные характеристики таких потоков, а также оптимизировать информационную нагрузку менеджеров высшего звена. В работе было дано определение информационного потока и рассмотрены его характеристики. Для получения количественных оценок характеристик информационных потоков была построена модель, которая представлена интенсивностью потока информации, количеством и ценностью информации. Так как на практике довольно затруднительно воспользоваться формулами определения ценности информации, был сделан вывод, что при построении аналитической модели следует учитывать только интенсивность потока и количество информации. Рассмотренный пример вычисления количества информации на высших уровнях иерархии организационных структур и нахождения оптимальных маршрутов передачи информации дает возможность определить наиболее загруженных менеджеров высшего звена и оптимизировать их информационную нагрузку.

Ключевые слова: линейно-функциональные организационные структуры; информационные связи; интенсивность потока; количество информации; ценность информации.

Постановка проблемы. Линейно-функциональные организационные структуры (ЛФОС) управления современными наукоемкими предприятиями, с одной стороны, характеризуются строгой иерархичностью, с другой стороны, структуры существенно отличаются по числу входящих в них подразделений (отделов, управлений, цехов, участков и др.), что может свидетельствовать о неравномерном распределении технологической, управленческой, коммуникационной и др. информации. Анализ информационной нагрузки на элементы ЛФОС, особенно верхних уровней иерархии (топ-менеджер, менеджеры высшего звена) с целью ее оптимизации, возможен с помощью моделей, которые определяют, характеризуют и оценивают информационные потоки в таких структурах.

Анализ публикаций и последних достижений. Вопросам разработки моделей и методов анализа и управления информационными потоками, информационными ресурсами, информационными процессами посвящен ряд публикаций последних лет [1, 2, 4, 8 и др.]. В работе [1] рассмотрены принципы построения системы контроля и управления организационными процессами с учетом накопленной информации. Работа [2] посвящена разработке модели информационных потоков в автоматизированных системах управления с применением теории случайных процессов. В работах [4, 8] рассмотрен метод интеллектуального управления информационными ресурсами промышленного предприятия и рассматриваются основные информатики. В то же время число публикаций, посвященных вопросам моделирования инфор-

мационных потоков в ЛФОС, по-видимому, является недостаточным.

Цель работы. Работа посвящена построению аналитической модели информационных потоков на высших уровнях иерархии ЛФОС управления крупным наукоемким предприятием, что даст возможность оценивать качественные и количественные характеристики таких потоков, а также оптимизировать информационную нагрузку менеджеров высшего звена.

Изложение основного материала. Предварительно необходимо дать определение информационного потока и рассмотреть его характеристики.

Под информационным потоком (I_n) будем понимать случайный массив информационных сообщений, который определяется интенсивностью и количеством информации на определенном временном интервале, а также характеризуется наличием информационных связей, видами и формами представления информации. Данное определение позволяет описать модель в общем виде следующей системой кортежей:

$$I_n \Rightarrow \begin{cases} I_{uc} = \langle I_{\theta}, I_{\sigma}, I_{\theta n} \rangle, \\ I_{\phi u} = \langle I_m, I_k, I_y \rangle, \\ I_{\phi nu} = \langle I_{\theta n}, I_{mn}, I_{\phi u} \rangle. \end{cases} \quad (1)$$

где I_{uc} – кортеж информационных связей, который в соответствии с ЛФОС (рис.1) представлен следующими составляющими: вертикальные (I_{θ}), горизонтальные (I_{σ}) и внешние ($I_{\theta n}$) связи;

$I_{\phi u}$ – кортеж видов информации: технологическая (I_m), коммуникационная (I_k), управленческая (I_y);

$I_{\phi nu}$ – кортеж форм представления информации: на бумажных носителях ($I_{\theta n}$), магнитных носителях (I_{mn}), вербальная информация ($I_{\phi u}$).

Наличие вертикальных информационных связей (I_{θ}) определяется иерархичностью организационной структуры и взаимным подчинением ее элементов (подразделений), выполняющих определенные производственные задания. Информационные потоки в таких связях несут в себе сообщения, представленные содержимым приказов, распоряжений, инструкций и других нормативных документов. Горизонтальные связи (I_{σ}) обусловлены взаимодействием различных подразделений, которое направлено на достижение единой цели, и обеспечивается должностными инструкциями, положениями об отделе (подразделении), регламентами и т.п. В основе внешних информационных связей ($I_{\theta n}$) лежит взаимодействие с министерствами и ведомствами, государственными административными органами и др.

Модель, представленная выражением (1) дает возможность получать общую характеристику информационных потоков в ЛФОС (рис. 1) и оценить их на качественном уровне.

Вместе с тем, для получения количественных оценок характеристик информационных потоков, необходимо рассмотреть аналитическую модель $I_{ам}$, которую можно представить следующим кортежем:

$$I_{ам} = \langle I_{инп}, I_{кпп}, I_{ци} \rangle, \quad (2)$$

где $I_{инп}$ – интенсивность информационного потока, которая с позиции случайных потоков (процессов) определяется величиной λ (средним числом поступающих сообщений в единицу времени);

$I_{кпп}$ – количество информации потока, определяемого энтропией H :

$$I_H = H(x) = - \sum_{i=1}^n P(x_i) \log_2 P(x_i), \quad (3)$$

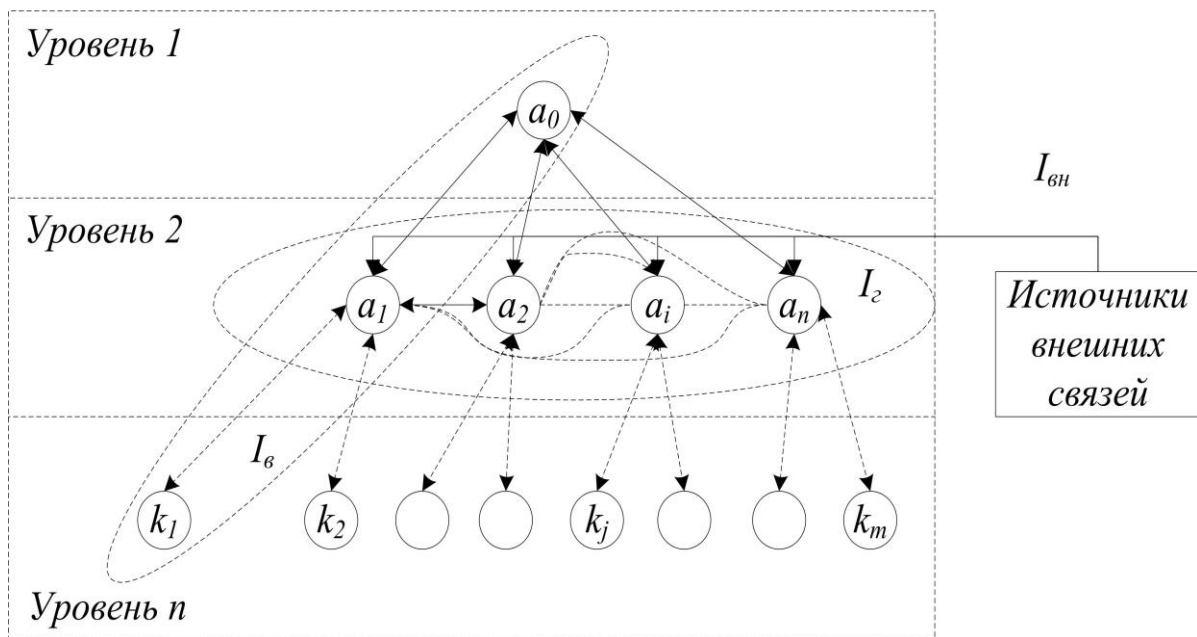


Рис. 1. ЛФОС и виды информационных связей
 a_0 – топ-менеджер; $(a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_n)$ – менеджеры высшего звена

где n – количество возможных сообщений (в примере $n = \lambda$, среднее число сообщений в единицу времени);

$I_{ци}$ – ценность информации, для нахождения которой может быть применена мера ценности Бонгарда и Харкевича:

$$I_{ци} = \log_2 \frac{P}{p}, \quad (4)$$

где P – вероятность достижения цели после получения информации;

p – вероятность достижения цели до получения информации, зависит от полного количества информации I_H , определяется по формуле $p = 2^{-I_H}$.

Указанная выше формула ценности информации даёт и количество ценной информации. Например, если $P=1$, а $p=1/n$ (для n равновероятных исходов – предварительная осведомленность (тезаурус), т.е. априорная информация отсутствует), то $I_{ци} = \log_2 n$ – максимальное количество информации в данной ситуации [9].

Однако практически воспользоваться приведенными формулами в реальных случаях управления до-

вольно сложно. Во-первых, трудности могут возникнуть при подсчете вероятностей. Во-вторых, вероятности достижения цели до и после получения информации могут быть одинаковыми. В этом, как и в других случаях, сравнивать варианты достижения цели может оказаться полезным не по вероятностям, а по каким-то иным критериям, например, по времени. В общем случае этот выбор может быть многокритериальным, т.е. сравниваться должны не отдельные параметры, а изменения целевой функции многих параметров. В-третьих, для работы с приведенными формулами должна рассматриваться фиксированная цель, в то время как информация может использоваться для оценки и выбора целей. И наконец, недостатком является и то, что при использовании приведенных формул задача должна просчитываться до конца (до цели), что не всегда возможно.

Рассмотрим пример. Пусть в некоторой ЛФОС существуют 8 менеджеров высшего звена и множество функциональных связей между ними (рис. 2).

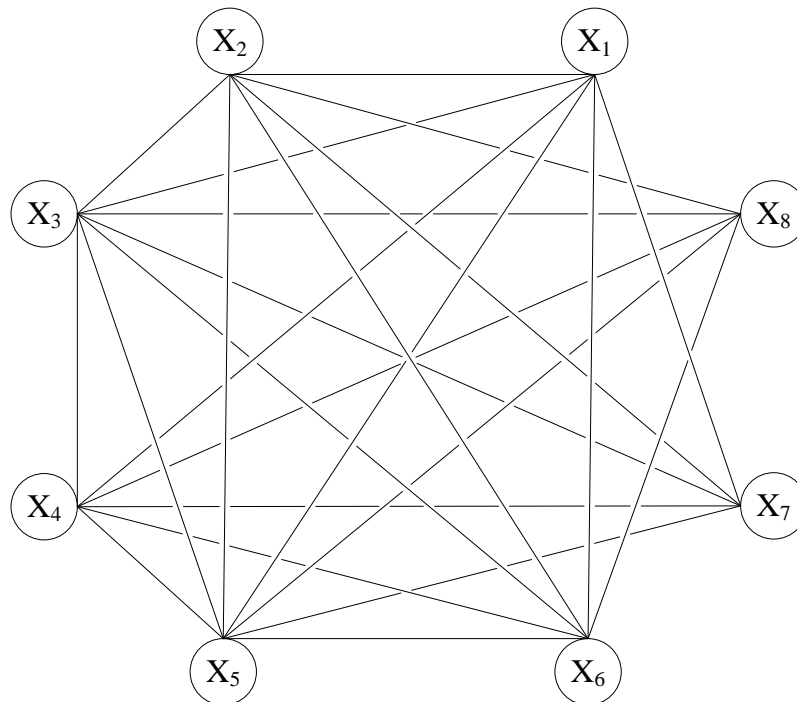


Рис. 2. Схема функциональных связей между менеджерами высшего звена,

где X_1 – директор по маркетингу, X_2 – генеральный конструктор, X_3 – зам. ген. директора по производству, X_4 – технический директор, X_5 – главный инженер, X_6 – зам. ген. директора по финансам и экономике, X_7 – директор по персоналу и НТИ, X_8 – директор по закупкам

Полный граф с n вершинами имеет $\frac{n(n-1)}{2}$ ребер, т.е. для графа с $n=8$ число ребер $k=28$. Однако в представленном графе 24 ребра.

Определим вероятности событий, характеризующих появление сообщений во всех каналах связей каждой из вершин:

$$P(X_1) = P(X_2) = P(X_4) = P(X_6) = \frac{k_1}{k} = \frac{6}{25} = 0,24;$$

$$P(X_3) = P(X_5) = \frac{7}{25} = 0,28; \quad P(X_7) = P(X_8) = \frac{5}{25} = 0,2.$$

Интенсивность потоков сообщений между менеджерами λ представлена средним числом сообщений

в единицу времени (табл. 1). Интенсивность находится в интервале (1;10), исходя из реальных возможностей взаимодействия между менеджерами.

Таблица 1

Интенсивность потоков сообщений между менеджерами

| λ | X_1 | X_2 | X_3 | X_4 | X_5 | X_6 | X_7 | X_8 |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| X_1 | | 3 | 4 | 5 | 6 | 2 | 4 | |
| X_2 | 3 | | 8 | | 7 | 5 | 5 | 4 |
| X_3 | 4 | 8 | | 8 | 3 | 2 | 3 | 5 |
| X_4 | 5 | | 8 | | 4 | 2 | 5 | 2 |
| X_5 | 6 | 7 | 3 | 4 | | 5 | 7 | 4 |
| X_6 | 2 | 5 | 2 | 2 | 5 | | | 7 |
| X_7 | 4 | 5 | 3 | 5 | 7 | | | |
| X_8 | | 4 | 5 | 2 | 4 | 7 | | |

Необходимо определить через какой узел графа проходит больше всего информации. Для этого выполним ряд вычислений по формуле (4):

$$I(X_1) = -\sum_{i=1}^n \lambda(X_1; x_i) P(X_1) \log_2 P(X_1) = -3 * 0,24 \log_2 0,24 - 4 * 0,24 \log_2 0,24 - 5 * 0,24 \log_2 0,24 - 6 * 0,24 \log_2 0,24 - 2 * 0,24 \log_2 0,24 - 4 * 0,24 \log_2 0,24 = 11,859 \text{ дв.ед.}$$

$$I(X_2) = -\sum_{i=1}^n \lambda(X_2; x_i) P(X_2) \log_2 P(X_2) = -3 * 0,24 \log_2 0,24 - 8 * 0,24 \log_2 0,24 - 7 * 0,24 \log_2 0,24 - 5 * 0,24 \log_2 0,24 - 5 * 0,24 \log_2 0,24 - 4 * 0,24 \log_2 0,24 = 15,812 \text{ дв.ед.}$$

$$I(X_3) = -4 * 0,28 \log_2 0,28 - 8 * 0,28 \log_2 0,28 - 8 * 0,28 \log_2 0,28 - 3 * 0,28 \log_2 0,28 - 2 * 0,28 \log_2 0,28 - 3 * 0,28 \log_2 0,28 - 5 * 0,28 \log_2 0,28 = 16,306 \text{ дв.ед.}$$

$$I(X_4) = -5 * 0,24 \log_2 0,24 - 8 * 0,24 \log_2 0,24 - 4 * 0,24 \log_2 0,24 - 2 * 0,24 \log_2 0,24 - 5 * 0,24 \log_2 0,24 - 2 * 0,24 \log_2 0,24 = 12,847 \text{ дв.ед.}$$

$$I(X_5) = -6 * 0,28 \log_2 0,28 - 7 * 0,28 \log_2 0,28 - 3 * 0,28 \log_2 0,28 - 4 * 0,28 \log_2 0,28 - 5 * 0,28 \log_2 0,28 - 7 * 0,28 \log_2 0,28 - 4 * 0,28 \log_2 0,28 = 17,789 \text{ дв.ед.}$$

$$I(X_6) = -2 * 0,24 \log_2 0,24 - 5 * 0,24 \log_2 0,24 - 2 * 0,24 \log_2 0,24 - 2 * 0,24 \log_2 0,24 - 5 * 0,24 \log_2 0,24 - 7 * 0,24 \log_2 0,24 = 11,365 \text{ дв.ед.}$$

$$I(X_7) = -4 * 0,28 \log_2 0,28 - 5 * 0,28 \log_2 0,28 - 3 * 0,28 \log_2 0,28 - 5 * 0,28 \log_2 0,28 - 7 * 0,28 \log_2 0,28 = 11,859 \text{ дв.ед.}$$

$$I(X_8) = -4 * 0,28 \log_2 0,28 - 5 * 0,28 \log_2 0,28 - 2 * 0,28 \log_2 0,28 - 4 * 0,28 \log_2 0,28 - 7 * 0,28 \log_2 0,28 = 10,871 \text{ дв.ед.}$$

Самая большая информационная нагрузка у менеджеров X_3 (зам. ген. директора по производству) и X_5 (главный инженер).

Используя модифицированный метод Дейкстры (табл. 2) – нахождение пути по максимальным значе-

ниям количества информации, проходящей через каждый канал связи

$$I = -\lambda(X_j; x_i)P(X_j) \log_2 P(X_j),$$

где $j=1..8$, $i=1..n$, n – количество связей менеджера X_j , находим оптимальные маршруты передачи информации от одного менеджера всем остальным (табл. 3).

Таблица 2

Количество информации, проходящей по каждому каналу связи

| | X_1 | X_2 | X_3 | X_4 | X_5 | X_6 | X_7 | X_8 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| X_1 | | 1,482 | 1,977 | 2,470 | 2,965 | 0,988 | 1,977 | |
| X_2 | 1,482 | | 3,953 | | 3,459 | 2,471 | 2,471 | 1,977 |
| X_3 | 1,977 | 3,953 | | 3,953 | 1,482 | 0,988 | 1,482 | 2,471 |
| X_4 | 2,471 | | 3,953 | | 1,977 | 0,988 | 2,471 | 0,988 |
| X_5 | 2,965 | 3,459 | 1,482 | 1,976 | | 2,471 | 3,459 | 1,977 |
| X_6 | 0,988 | 2,471 | 0,988 | 0,988 | 2,471 | | | 3,459 |
| X_7 | 1,977 | 2,471 | 1,482 | 2,471 | 3,459 | | | |
| X_8 | | 1,977 | 2,471 | 0,988 | 1,977 | 3,459 | | |

Таблица 3

Маршруты передачи информации

| № | Маршрут | Количество информации, проходящей по маршруту |
|---|---|---|
| 1 | $X_1 \rightarrow X_5 \rightarrow X_7 \rightarrow X_4 \rightarrow X_3 \rightarrow X_8 \rightarrow X_6 \rightarrow X_2$ | 21,2478 |
| 2 | $X_1 \rightarrow X_4 \rightarrow X_7 \rightarrow X_2 \rightarrow X_3 \rightarrow X_8 \rightarrow X_6 \rightarrow X_5$ | 19,7654 |
| 3 | $X_1 \rightarrow X_4 \rightarrow X_3 \rightarrow X_8 \rightarrow X_6 \rightarrow X_2 \rightarrow X_5 \rightarrow X_7$ | 21,7419 |
| 4 | $X_1 \rightarrow X_4 \rightarrow X_7 \rightarrow X_5 \rightarrow X_2 \rightarrow X_3 \rightarrow X_8 \rightarrow X_6$ | 21,7419 |

Для снижения информационной нагрузки менеджеров можно выборочно удалить связи, которые не являются частью маршрута, которому было отдано предпочтение.

Выводы. Для получения количественных оценок характеристик информационных потоков в данной работе была рассмотрена аналитическая модель. Так как на практике довольно затруднительно воспользоваться формулами определения ценности информа-

ции, при построении аналитической модели следует учитывать только интенсивность потока и количество информации. Рассмотренный пример вычисления количества информации на высших уровнях иерархии ЛФОС и нахождения эффективных цепочек передачи информации дает возможность определить наиболее загруженных менеджеров высшего звена и оптимизировать их информационную нагрузку.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белов, А.А. Модульное построение автоматизированной системы управления организационными процессами [Текст] / А.А. Белов, А.В. Гвоздев // Вестник ИГЭУ. – Иваново : ИГЭУ, 2007. – №3. – с.1–6.
2. Варламов, І.Д. Модель інформаційних потоків автоматизованих систем управління [Текст] / І.Д. Варламов, С.С. Гаценко // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. – Київ : НУОУ, 2014. – №3(21). – с. 5–10.
3. Вентцель Е. С. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения [Текст] / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – М. : Наука, 1991. – 384с.
4. Дли М. И. Метод интеллектуального управления информационными ресурсами [Текст] / М.И. Дли, И.В. Стоянова // Автоматизированные системы управления. – Смоленск : Синергия, 2010. – №5(29). – с13–22.
5. Ларичев О. И. Теория и методы принятия решений [Текст] / О.И. Ларичев. – М. : Логос, 2000. – 296 с.
6. Лившиц Б. С. Теория телеграфика [Текст] / Б. С. Лившиц, А.П. Харкевич. – М. : Связь, 1979. – 224 с.
7. Сигорский, В. П. Математический аппарат инженера [Текст] / В.П. Сигорский. – К. : Техніка, 1975. – 768 с.
8. Фридланд А. Я. Основные ресурсы информатики [Текст] / А.Я. Фридланд. – М.: Астрель, 2005. – 283 с.
9. Чернавский Д. С. Синергетика и информация (динамическая теория информации) [Текст] / Д.С. Чернавский. – М. : Единорил УРСС, 2004. – 288 с.

**I. I. Коваленко,
К. О. Антіпова,
Ю. П. Кучара,**

Національний університет кораблебудування
ім. Адм. Макарова,
м. Миколаїв, Україна

МОДЕЛЬ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПОТОКІВ ЛІНІЙНО-ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЙНОЇ СТРУКТУРИ УПРАВЛІННЯ ВЕЛИКИМ НАУКОМІСТКИМ ПІДПРИЄМСТВОМ

Питанням розробки моделей і методів аналізу та управління інформаційними потоками, ресурсами, процесами присвячено низку публікацій останніх років. Ця робота присвячена побудові аналітичної моделі інформаційних потоків на вищій рівнях ієрархії лінійно-функціональної організаційної структури управління великим наукомістким підприємством, що дасть можливість оцінити кількісні характеристики таких потоків, а також оптимізувати інформаційне навантаження менеджерів вищої ланки. В роботі наведено визначення інформаційного потоку та розглянуті його характеристики. Для отримання кількісних оцінок характеристик була побудована модель, яка представлена інтенсивністю потоку інформації, кількістю та цінністю інформації. На практиці досить складно скористатися формулами визначення цінності інформації, тому при побудові аналітичної моделі слід враховувати тільки інтенсивність потоку та кількість інформації. Розглянутий приклад визначення кількості інформації на вищих рівнях ієрархії організаційних структур та знаходження оптимальних маршрутів передачі інформації дає можливість визначити та оптимізувати інформаційне навантаження менеджерів вищої ланки.

Ключові слова: лінійно-функціональні організаційні структури; інформаційні зв'язки; інтенсивність потоку; кількість інформації; цінність інформації.

**I. I. Kovalenko,
K. A. Antipova,
Y. P. Kuchara,**

The Admiral Makarov National University
of Shipbuilding,
Mykolaiv, Ukraine

AN INFORMATION FLOW MODEL OF LINEAR- FUNCTIONAL ORGANIZATIONAL MANAGEMENT STRUCTURES OF HIGH-TECHNOLOGY ENTERPRISES

Many recent studies have focused on formation of models and methods of analysis and management of information flows, recourses and processes. This paper focuses on formation of an analytical model of information flows on the highest levels of management hierarchy of linear-functional organization management structure of high-technology enterprise. This paper gives the definition of information flow and its characteristics. In order to estimate these quantitative characteristics the model was developed which consists of information flow intensity, quantity and quality of information. In this paper information quantity is defined by entropy. Flow intensity is defined by the average number of messages received per time unit. The quality (value) of information can be defined using the measure of value by Bongard and Kharkevich. These parameters all together determine the value of the messages exchanged between participants of the organizational management structure. The research proved it to be difficult to use

the formulas to calculate the information quality properly. Therefore only flow intensity and information quantity are to be considered to construct an analytical model. They can be used to analyze and optimize the information overload on the senior managers of high-tech enterprises, such as engineering and shipbuilding plants, sea ports etc. This paper shows an example of information quantity calculation on the highest management levels and of finding the optimal data transmission routes. This in turn also shows information overloaded senior managers whose communications should be optimized.

Keywords: *linear-functional organizational structures; information communication; flow intensity; information quantity; information quality.*

Рецензенти: д. пед. н, проф. **О. П. Мещанінов;**
к. т. н., доц. **І. О. Кравець.**

© Коваленко І. І., Антипова Е. А., Кучара Ю. П., 2016

Дата надходження статті до редколегії 17.05.16

РЕАЛІЗАЦІЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ШВИДКОЇ МЕДІАННОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ

У статті пропонується використовувати модифікований медіанний фільтр, який використовує розбиття вектора даних на оброблювані блоки. Запропоновано програмно-апаратну та апаратну реалізацію медіанного фільтра. Експерименти показали ефективність даного фільтра при видаленні завад за критерієм ймовірності вилучення імпульсної завади.

Ключові слова: медіанний фільтр; фільтрація сигналів; реалізація медіанного фільтра.

Вступ. В загальному вигляді цифрову фільтрацію можна представити у вигляді послідовності дій, як на рисунку 1 [1]. Для вилучення імпульсних завад широко використовуються медіанні фільтри, які вважаються перспективними [2]. Також медіанні фільтри можуть використовуватись для вилучення інших типів

завад. Медіанний фільтр базується на класичних методах [3] і полягає в оцінюванні рівня завади для дискретних сигналів з достатнім ступенем ймовірності завдяки тому, що математичне сподівання завади наближається до 0.

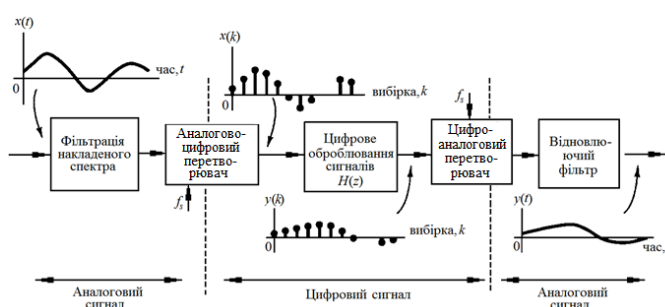


Рис.1. Узагальнена послідовність дій для цифрової фільтрації

Медіанний фільтр є ковзним вікном, яке використовує непарну кількість відрахунків N неперервного сигналу $\hat{x}(t)$. Вихідною величиною фільтра \hat{y}_j є відрахунок, для якого у вікні існує $(N-1)/2$ відрахунків менших або рівних йому за величиною (1)

Порядок фільтра N визначається розміром апертюри (вікна), яке використовується для фільтрації. Найпростішим, за визначенням, є одновимірний медіанний фільтр із тривідрахунковим вікном. Для цього фільтра сформульовані основні принципи апаратної реалізації, але для фільтрів вищих порядків вона виявляється дуже складною. Програмна реалізація є

суттєво простішою, оскільки для цифрових біполярних сигналів значення вихідного сигналу дорівнює арифметичній сумі (2)

$$\hat{y}_j = \text{med} \{ \hat{x}_0, \hat{x}_1, \dots, \hat{x}_j, \dots, \hat{x}_{N-2}, \hat{x}_{N-1} \} \quad (1)$$

$$\hat{y}_j = \hat{x}_j + \hat{x}_{j+1} + \dots + \hat{x}_{j+N-2} + \hat{x}_{j+N-1} \cdot \quad (2)$$

Медіанний фільтр характеризується нелінійним перетворенням сигналів, оскільки його властивості не передбачають виконання умов адитивності

$$\begin{cases} \text{med}(k \cdot x(i)) = k \cdot \text{med}(x(i)); \\ \text{med}(a + x(i)) = a + \text{med}(x(i)); \\ \text{med}(x(i) + g(i)) \neq \text{med}(x(i)) + \text{med}(g(i)), \end{cases} \quad (3)$$

де $med(x)$ – оператор взяття медіани, k, a – постійні, $x(i), g(i)$ – послідовності вибірок довжиною N [4].

$$\hat{y}_i = med\{med\{\hat{x}_0, \hat{x}_1, \dots, \hat{x}_{N/3-1}\}, med\{\hat{x}_{N/3}, \hat{x}_{N/3+1}, \dots, \hat{x}_{2N/3-1}\}, med\{\hat{x}_{2N/3}, \hat{x}_{2N/3+1}, \dots, \hat{x}_{N-1}\}\} \quad (4)$$

Запропонований метод швидкої медіанної фільтрації на відміну від існуючих методів оперує з обмеженою кількістю даних шляхом розбиття вектора даних на складові, що дозволяє значно скоротити час оброблення сигналу в $\log_2 N$ раз [5].

Даний метод швидкої медіанної фільтрації може використовуватись для ідентифікації прийнятих сигналів під час передавання інформації у інформаційно-вимірвальних, банківських та навігаційних системах, системах автоматизованого контролю та управління, відеоспостереження, охоронно-пожежної сигналізації тощо.

Математичний апарат для моделювання процесу медіанної фільтрації. Протягом часу $[0, T]$ на вхід медіанного фільтра поступає сукупність сигналів $\hat{x}(t)$. Інформативний сигнал $x(t - \tau)$ має невідоме часове розташування $\tau \in [0, T]$, причому на цей інтервал припадає багато елементів розділу за затримкою. Потік імпульсів $\chi(t)$ має вигляд

$$\chi(t) = \sum_{j=0}^{L-1} \kappa_{\chi,j} \cdot U_{\chi,j} \cdot f(t - \tau_{\chi,j}), \quad (5)$$

де $U_{\chi,j}$ – амплітуда імпульсу в потоці $\chi(t)$; τ_j – його часове розташування; $\kappa_{\chi,j}$ – коефіцієнт наявності імпульсної завади, який дорівнює одиниці з імовірністю p_χ та нулю – з імовірністю $(1 - p_\chi)$.

Таке задання завади відповідає потоку Бернуллі, для якого на інтервалі $[0, T]$ існує не більше L точок. Статистика кожної точки характеризується частковою щільністю

$$s_j(\tau_\chi) = p_{\chi,j} \cdot w_j(\tau_\chi), \quad (6)$$

де $p_{\chi,j}$ – імовірність появи j -того імпульсу; $w_j(\tau_\chi)$ – розподіл моментів їх появи.

За умови виконання умови нормування $\int_0^T w_j(\tau_\chi) d\tau_\chi = 1$, при $p_\chi = 1$ (на інтервалі часу $[0, T]$ наявні всі L імпульсів) та $w_j(\tau_\chi) = \delta(\tau - \tau_j)$, потік $\chi(t)$ визначається як детермінована імпульсна завада.

Якщо комбінований сигнал $\hat{x}(t)$ дискретизується за часом з інтервалом ΔT і ці відрахунки піддаються ковзній рекурсивній медіанній фільтрації з апертурою N , то з урахуванням утворювальної функції $\Theta(z)$ потоку Бернуллі (7) можна записати імовірність вилучення імпульсної завади як (8), або у випадку рівності всіх

З метою збільшення швидкодії запропоновано використовувати метод розбиття вектора даних на складові, що дає можливість збільшити швидкодію та виконувати паралельну обробку даних.

p_j , для потоку Бернуллі (9). Якщо $\frac{p_j}{\sum_{j=0}^{L-1} p_j} \ll 1$, то

потік за своїми властивостями наближається до потоку Пуассона (10) [115]. Значення $N \cdot \Delta T$ характеризує часовий інтервал, на якому беруться N відрахунків і тоді загальний вираз зводиться до (11).

$$\Theta(z) = \prod_{i=0}^{N-1} (1 + p_{\chi,i} \cdot (z-1)) = \sum_{i=0}^N p_{\chi,i} \cdot z^i, \quad (7)$$

$$\text{де } p_{\chi,i} = \frac{1}{i!} \cdot \left. \frac{\partial \Theta(z)}{\partial z^i} \right|_{z=0},$$

$$p_{np} = \sum_{i=0}^{N-1} p_i, \quad (8)$$

$$p_{np}^{(B)} = \sum_{i=0}^{N-1} C_N^i \cdot p_\chi^i \cdot (1 - p_\chi)^{N-i}. \quad (9)$$

$$\Theta(z) = e^{\Lambda(z-1)}, \quad (10)$$

$$\text{де } \Lambda = \sum_{j=0}^{N-1} p_j \int_0^T w_j(\tau_\chi) d\tau_\chi = \sum_{j=0}^{N-1} p_j = \lambda \cdot N;$$

$$\lambda = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^{N-1} p_j - \text{середня інтенсивність пуасонівського потоку в межах апертури ковзного рекурсивного медіанного фільтра.}$$

кого потоку в межах апертури ковзного рекурсивного медіанного фільтра.

$$p_{np}^{(P)} = \sum_{i=0}^{N-1} \frac{\Lambda^i}{i!} \cdot e^{-\Lambda}. \quad (11)$$

Для медіанного фільтра можна достатньо просто реалізувати алгоритм швидкого оброблення, який базується на побудові різницевої матриць за допомогою порогової функції насичення $F_{ij} = f(x_i - x_j)$, в якій виконується умова (12). Для фільтра з апертурою $N = 5$ при перших п'яти значеннях вектор \mathbf{F}_0 буде мати вигляд (13) або в узагальненому вигляді (14)

$$f(\Delta x) = \begin{cases} 1, & \Delta x \geq 0; \\ 0, & \Delta x < 0. \end{cases} \quad (12)$$

$$\mathbf{F}_0 = \|f(x_0 - x_0) \quad f(x_1 - x_0) \quad f(x_2 - x_0) \quad f(x_3 - x_0) \quad f(x_4 - x_0)\|, \quad (13)$$

$$\mathbf{F}_0 = \|F_0 \quad F_1 \quad F_2 \quad F_3 \quad F_4\|. \quad (14)$$

Цей вектор характеризує перепади між сусідніми відрахунками. Значеннями цих перепадів можна визначити, чи містить дана точка випадкову складову, тобто заваду. Зсув на одну позицію вздовж ряду

значень дає вектор \mathbf{F}_1 (15), або матрицю (16) в якій потрібно розраховувати лише одне (15) значення або дев'ять значень (16), розташованих у виділеній області.

$$\mathbf{F}_1 = \|F_0 \ F_1 \ F_2 \ \dots \ F_5\|, \quad (15)$$

$$\mathbf{F}_1 = \begin{pmatrix} F_{11} & F_{21} & F_{31} & F_{41} & \vdots & F_{51} \\ F_{12} & F_{22} & F_{32} & F_{42} & \vdots & F_{52} \\ F_{13} & F_{23} & F_{33} & F_{43} & \vdots & F_{53} \\ F_{14} & F_{24} & F_{34} & F_{44} & \vdots & F_{54} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ F_{15} & F_{25} & F_{35} & F_{45} & & F_{55} \end{pmatrix}. \quad (16)$$

Сума різниць значень F_{ij} за стовпчиками (17) показує номер значення по величині і дає можливість сортувати зареєстровані значення x_j за величиною: 1 відповідає мінімальному, N – максимальному, а $(N+1)/2$ – медіанному значенню.

$$F_i = \sum_{j=0}^N F_{ij} = \sum_{j=0}^N f(x_i - x_j) \quad (17)$$

Реалізація швидкої медіанної фільтрації. Швидку медіанну фільтрацію досить просто реалізувати апаратно на програмованих засобах, наприклад на класичній мікропроцесорній структурі. Структурна схема для неї зображена на рисунку 3, а послідовність дій наступна (рисунк 2): після приймання блоку інформації і отримання сигналу «старт», аналогово-цифровий перетворювач виконує дискретизацію сигналу, формуючи сигнал «кінець перетворення» на виході, після завершення перетворення, подає дискретизовані значення до персонального комп'ютера через паралельний порт, розміщуючи їх у відповідних місцях оперативного запам'ятовуючого пристрою.

Далі центральний процесор виконує обробку послідовно всіх матриць медіанним фільтром за певною програмою, математичні засоби якої показані у (14)-(17). Дії продовжуються до тих пір, поки всі значення не будуть оброблені. Такий алгоритм дозволяє у випадку необхідності замість середнього вибрати інший ранжований елемент від мінімального до максимального. Схема програми для медіанного фільтра показана на рисунку 2 та 5. Цей пристрій повинен вбудовуватись у модем для приймального каналу у напівдуплексному режимі та вмикатися у певні періоди часу для повнодуплексного режиму передавання інформації. При програмній реалізації для використання при оброблюванні зображень даних аспект не має значення.

Вищеописаний спосіб оброблення прийнятих сигналів досить просто реалізувати на сучасній обчислювальній техніці. Пристрій для передавання та приймання дискретної інформації, вміщує канал передачі інформації, модем та класичну процесорну структуру.

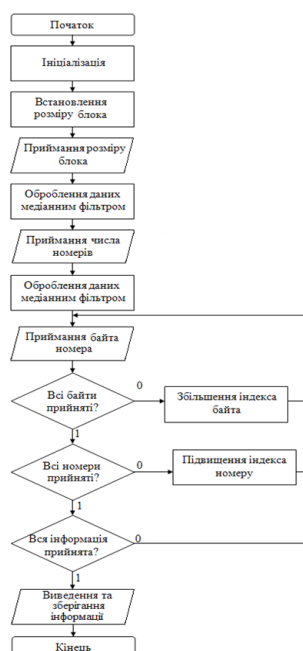


Рис. 2. Послідовність дій для швидкого медіанного фільтра [7]

Також можлива суто програмна реалізація медіанного фільтра на ПК. Цей спосіб використовується в основному для обробки зображень.

Структурна схема для апаратної реалізації медіанної фільтрації, показана на рисунку 3, складається з: центрального процесора, оперативного запам'ятовуючого пристрою, постійного запам'ятовуючого пристрою, з'єднаних системною шиною, монітора, клавіатури та носія інформації у складі персонального комп'ютера.

Альтернативна схема апаратної реалізації для швидкої медіанної фільтрації показана на рисунку 4. Дана схема вимагає менше затрат на реалізацію і має більшу швидкодію при однаковій тактовій частоті, ніж схема на рисунку 3, але її реалізація дещо складніша і менш зручна для використання.

Послідовність дій для пристрою приймання інформації на рисунку 5.

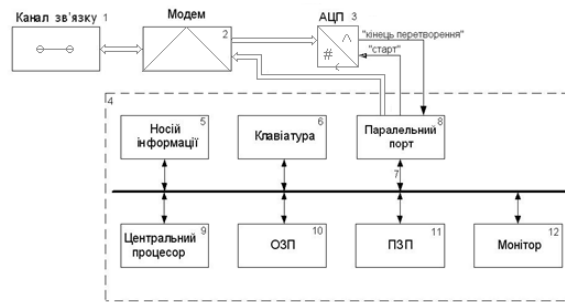


Рис. 3. Структурна схема пристрою для швидкої медіанної фільтрації [8]

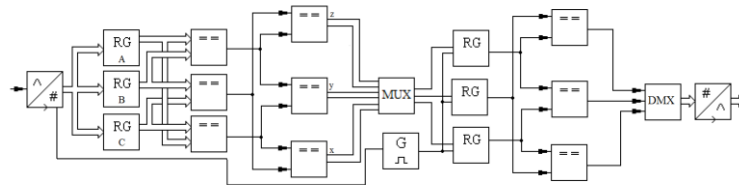


Рис. 4. Схема апаратної реалізації для швидкої медіанної фільтрації



Рис. 5. Послідовність дій для пристрою передавання інформації з використанням

швидкої медіанної фільтрації

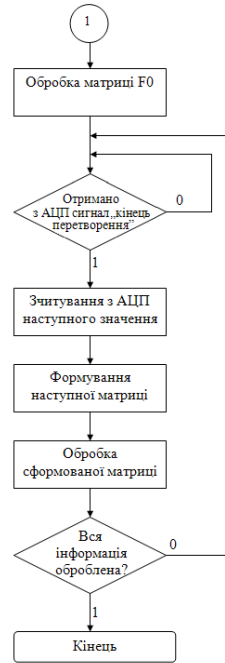


Рис. 5. Аркуш 2

Програмна реалізація (рисунок 5) дозволяє змінювати апертуру вікна в залежності від параметрів сигналу перед початком роботи фільтра і під час оброблення, тобто реалізувати адаптивний медіанний фільтр.

Використання медіанних фільтрів дозволяє на порядок підвищити ефективність вилучення імпульсних завад, а реалізація швидкого алгоритму – в чотири рази зменшити час оброблення прийнятих сигналів в системах передавання інформації і відповідно зменшити завантаження процесора [9].

Для експерименту достатньо перевірити медіанні фільтри з мінімальними апертурами $N = 3$ та $N = 5$. При цьому доцільно реалізувати алгоритм швидкого оброблення, наведений вище.

Для оцінки ефективності роботи доцільно сформувати дискретний сигнал достатньо складної форми, піддати його дії адитивного білого шуму різної амплі-

туди і обробити медіанним фільтром при вибраній апертурі.

Отримані результати показують високу ефективність використання фільтрів такого типу. З рисунку також видно, що апертура фільтра впливає на ефективність вилучення завад. Для малої імовірності появи завади різниця в розмірі вікна апертури дуже суттєва. В реальних умовах фільтр зі вказаною апертурою дозволяє забезпечити якість обробки сигналу фільтром достатню, щоб на приймальному боці можна було правильно ідентифікувати сигнал.

Результати розрахунків залежності імовірності вилучення імпульсної завади на основі (11) від імовірності p_x для медіанних фільтрів з різними апертурами наведені на рисунку 6. Отримані результати показують високу ефективність використання фільтрів такого типу.

Результати моделювання медіанного фільтра з використанням середовища LabView показані в [6].

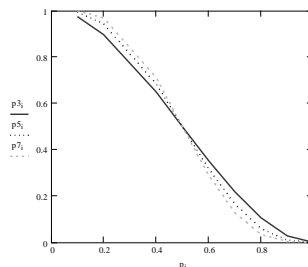


Рис. 6. Залежність імовірності вилучення імпульсної завади p_N від імовірності p_x для медіанних фільтрів з апертурами $N = 3, 5, 7$

Основні результати і висновки. У статті запропоновано метод швидкої медіанної фільтрації з використанням розбиття вектора даних на складові. Цей спосіб дозволяє підвищити швидкодію і є перспективним для використання з урахуванням паралельності

оброблення даних. Без урахування паралельності цей метод дозволяє скоротити час оброблення сигналу в $\log_2 N$ раз, з урахуванням паралельності – ще в $\log_2 N - 1$ раз.

Додавання швидкої медіанної фільтрації підвищує ефективність передавання інформації, але це відбувається за рахунок ускладнення апаратної частини та збільшення часу на обробку даних. Використання швидкої медіанної фільтрації дає збільшення швидкості оброблювання даних порівняно з використанням

медіанної фільтрації при тій самій апертурі фільтра, при цьому апаратна частина відрізняється не суттєво. У випадку програмної реалізації приріст швидкості оброблювання даних має таке саме значення і відбувається за рахунок більшого розміру пам'яті.

ЛІТЕРАТУРА

1. Williams Arthur B., Taylors Fred J. Electronic Filter Design Handbook / Arthur Williams B., Fred Taylors J. – New York: McGraw-Hill, 1988. – ISBN 0-07-070434-1.
2. Воробьёв Н. Одномерный цифровой медианный фильтр с трёхотсчётным окном [Электронный ресурс] / Н. Воробьёв // Chip News, 1999. – № 8. – Режим доступа : <http://chipinfo.ru/literature/chipnews/199908/29.html>.
3. Радченко Ю. С. Эффективность приёма сигналов на фоне комбинированной помехи с дополнительной обработкой в медианном фильтре [Электронный ресурс] / Ю. С. Радченко // Журнал радиоэлектроники. – 2001. – № 7. – Режим доступа : <http://jre.cplire.ru/win/jul01/2/text.html>.
4. Кулик А. Я. Використання медіанного фільтра у проблемно-орієнтованих розподілених комп'ютерних системах / А. Я. Кулик, Я. А. Кулик // Науковий вісник Чернівецького Університету. Серія : Комп'ютерні системи та компоненти. – 2010. – № 1. – Т. 1. – В. 1. – С. 51–54.
5. Кулик Я. А. Розпаралелення обчислень для швидкого вейвлет-перетворення / Я. А. Кулик // XII Міжнародна конференція «Контроль і управління в складних системах (КУСС-2014)». Тези доповідей. Вінниця, 14-16 жовтня 2014 року. – Вінниця : ВНТУ. – 2014. – 222 с. – ISBN 978-966-2462-66-1.
6. Кулик Я. А. МОДЕЛЮВАННЯ ШВИДКОГО МЕДІАННОГО ФІЛЬТРА У СЕРЕДОВИЩІ LABVIEW / Я.А. Кулик // Матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених з автоматичного управління присвяченої дню космонавтики / Під ред. В. В. Марасанова та ін. – Херсон : ХНТУ, 2016. – 232 с. – ISBN 978-617-7273-28-7.
7. Спосіб передавання інформації / Я. А. Кулик, С. Г. Кривогубченко, Д. С. Кривогубченко [та ін.] // Патент на корисну модель № 50279. Україна, МПК (2009) H03M 13/00. № u201000359; заявл. 15.01.2010; опубл. 25.05.2010; Бюл № 10. – 2010.
8. Пристрій для передавання інформації / Я. А. Кулик, С. Г. Кривогубченко, Д. С. Кривогубченко [та ін.] // Патент на корисну модель № 53497. Україна, МПК (2009) H03M 13/00. № u201003873; заявл. 06.04.2010; опубл. 11.10.2010; Бюл № 19. – 2010.
9. Кулик Ярослав Анатолійович. Методи та засоби оброблювання дискретних сигналів у мережах з високим рівнем завад : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.05 / Кулик Ярослав Анатолійович. – Вінниця, 2015. – 169 с. – Бібліогр. : с. 82–90.

**Я. А. Кулик,
В. В. Гармаш,
Р. В. Маслий,**

Винницький національний технічний університет,
г. Вінниця, Україна

РЕАЛИЗАЦИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ БЫСТРОЙ МЕДИАННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

В данной статье предлагается использовать модифицированный медианный фильтр, который использует разбиение вектора данных на обрабатываемые блоки. Предложено программно-аппаратную и аппаратную реализацию медианного фильтра. Эксперименты показали эффективность данного фильтра при удалении помех по критерию вероятности извлечения импульсной помехи.

Ключевые слова: медианный фильтр; фильтрация сигналов; реализация медианного фильтра

Y. A. Kulik,
V. V. Garmash,
R. V. Masliy,
Vinnitsa National Technical University,
Vinnitsa, Ukraine

IMPLEMENTATION AND MODELLING OF FAST MEDIAN FILTERING

In this article has been proposed the use of a modified median filter that uses partitioning vector data, which is processed in blocks. Has been proposed a hardware-software and hardware implementation of the modified median filter. Experiments have shown the effectiveness of the filter by removing noise criterion for the probability impulse noise removal.

Key words: median filter; signals filtering; median filter implementation.

Рецензенти: д. т. н., проф., зав. каф. програмного забезпечення ВНТУ, *А. М. Петух*;
д. т. н., проф., член Міжнародної асоціації IEEE,
зав. каф. системного програмування ЧДТУ, *А. М. Рудницький*.

© Кулик Я. А., Гармаш В. В., Маслій Р. В., 2016

Дата надходження статті до редколегії 20.04.16

ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОГЕННИМ РИЗИКОМ

Представлено методи вирішення науково-практичної проблеми управління ризиком об'єктів підвищеної небезпеки за рахунок використання інформаційних технологій. Розглянуто розроблені програмні засоби автоматизованої інформаційно-аналітичної системи оцінки рівня ризику, безпеки та надійності об'єктів підвищеної безпеки, яка дозволяє провести повне обстеження існуючих об'єктів, об'єктів, що проектуються, об'єктів, які підлягають консервації або знаходяться в стані ліквідації, як на стадії створення звіту і прийняття рішень, так і при експертизах аварій і катастроф. Основні результати роботи знайшли практичне застосування на підприємствах, в наукових дослідженнях і навчальному процесі.

Ключові слова: підтримка прийняття рішень; інформаційні технології; техногенна безпека; ризик; аналіз даних; метод; модель.

Вступ. Зростання техногенного навантаження на суспільство, збільшення інтеграції елементів технологій, істотне ускладнення техногенних процесів на тлі економічних умов, що все більш ускладнюються та екологічної напруженості вимагає вдосконалення методів попередження небезпечних наслідків техногенних аварій. Єдиний шлях якісної профілактики аварій – управління техногенним ризиком. Найбільш дієвий спосіб підтримки сталого розвитку в умовах підвищень щільності техногенної загрози - управління ризиком із застосуванням організаційних та економічних методів (страхування відповідальності) таким чином, щоб у разі настання страхового випадку завжди була можливість повного покриття як прямих збитків, так і втрат на відновлення нормальної життєдіяльності [1-3]. Чимало національних законодавчих документів визначають джерела підвищеної небезпеки на підставі граничних показників кількостей небезпечних речовин або, іноді, процесів, енергетичний еквівалент яких перевищує кількісний аналог небезпечних речовин [4–6]. Такий підхід має право на існування, але не відповідає сучасним умовам розвитку суспільства. Надзвичайно важливо прийняти адекватні рішення в галузі управління техногенним ризиком, які могли б привести його в межі прийнятної усіма учасниками, щільними до даного ризику. Необхідно відзначити, що ефективне прийняття рішень можливо тільки з урахуванням рішення проблем усіх учасників техногенного ризику в тій мірі, в якій відповідно до національного та міжнародного законодавства можливе досягнення компромісу на основі гранично допустимих критеріїв, які забезпечують сталий розвиток суспільства. У зв'язку з цим необхідно пов'язати всі

існуючі методики, критерії та граничні вимоги, законодавчі акти, соціальні інститути необхідної компетенції в єдину структуру, на базі якої можливе створення замкнутої інформаційної технології гарантує прийняття рішення зрозумілим і оптимальним способом. Європейський союз визначає такий підхід в директиві Seveso III з контролю над діяльністю об'єктів підвищеної небезпеки (ОПН) та попередження великих аварій, що вимагає гармонізацію національного законодавства всіх країн ЄС і розробку методів і структур для виконання цих законів. Одночасно аналіз інформаційних технологій і методів прийняття рішень з управління техногенним ризиком показав, що не тільки не в повній мірі вирішено питання розробки методик і моделей оцінки техногенного ризику, а також комплексного підходу до прийняття рішень на їх основі, а й практично немає єдиного методологічного підходу і технічних, організаційних та інформаційних засобів його забезпечення щодо забезпечення прийнятної ризику при експлуатації небезпечних технологій.

Постановка задачі. З вищесказаного очевидно, що виникає протиріччя, обумовлене інтуїтивним способом вирішення розбіжностей між учасниками ризику, яке повинно бути вирішено науково-технічними методами з застосуванням законодавчих і економічних заходів управління на основі прозорості і доказової бази оцінки ризику.

Основні *проблеми*, що потребують вирішення в процесі роботи, пов'язані з розробкою:

– методів управління техногенним ризиком, який формується промисловими об'єктами підвищеної небезпеки, інформаційних, структурних та матема-

тичних моделей, які мають рішення на єдиному інформаційному просторі збору, обробки та аналізу даних, що дозволяє забезпечити підтримку рішень в межах прийняттого ризику за рахунок використання інформаційних технологій і автоматизованої переробки інформації;

– методик і засобів комп'ютерного моделювання для реалізації комплексної підтримки прийняття рішень щодо управління техногенним ризиком;

– методичної та нормативної бази та розробка автоматизованих засобів підтримки прийняття рішень для підвищення безпеки небезпечних об'єктів за рахунок упередження аварійних ситуацій та локалізації їх наслідків.

Крім того необхідна формалізація методів моделювання багатовимірних систем для задач оптимізації підтримки прийняття рішень в галузі управління техногенною безпекою, удосконалення методів підтримки прийняття рішень щодо багатопараметричних систем, що забезпечують навігацію в просторі Парето до досягнення оптимально прийняттого рівня ризику. Необхідно виконати практичну реалізацію підходів, методів та моделей до створення системи підтримки прийняття рішень та програмних засобів її втілення в галузі забезпечення необхідного рівня безпеки промислових об'єктів, засобів транспортування небезпечних речовин, об'єктах енергетики та інших об'єктах підвищеної небезпеки.

Завданням управління ризиками є контроль, запобігання або зменшення загибелі людей, зниження захворюваності, зниження шкоди, шкоди майну і втрат, що виникають при цьому а також запобігання несприятливого впливу на навколишнє середовище. Крім цього, на основі аналізу ризику можливе прийняття рішень, що оптимізує економічні заходи управління ризиком. Процес управління техногенним ризиком заснований на попередженні (профілактиці) аварійних процесів на ОПН. При цьому профілактичними заходами вважаються всі дії, спрямовані на мінімізацію негативних наслідків аварій і зниження ймовірності їх виникнення. Для цього в законодавстві практично всіх країн передбачена розробка Декларації (Звіту) безпеки об'єкта, підприємства, техногенного регіону і т. д. [7-8]. У разі відокремленого прийняття рішень щодо рівня безпеки ОПН, передбачено «обґрунтування безпеки ОПН», в якому необхідно показати, що реконструкція, введення в експлуатацію, консервація або інші процеси в ОПН не призводять до перевищення ризику вище прийняттого. Крім того, в основних законах, що стосуються ОПН передбачена політика і реалізація «систем управління промисловою безпекою», основною метою яких є система моніторингу і реагування на зміну поточного рівня ризику небезпечних виробництв.

Найбільш цікавим для промисловців (що експлуатуються організаціям ОПН) є процес досягнення ремонтно-відновлювальних робіт підприємств за принципом «ремонт за станом», при якому можливе істотне поліпшення експлуатаційних характеристик обладнання при збереженні прийняттого рівня ризику.

Структурні складові інформаційного забезпечення процесу управління техногенним ризиком представлені на рис. 1.

Суть процесу управління техногенним ризиком (ТР) заснована на наступних тезах:

1. Експлуатація ОПН можлива лише в тому випадку, якщо рівень ризику ОПН не призведе до порушення сталого розвитку життєдіяльності в зоні впливу цього ризику.

2. Держава і суспільство не повинно покривати збитки, що виникають при реалізації небезпек на ОПН.

3. Державні органи управління повинні забезпечити умови відновлення нормальної життєдіяльності в разі виникнення аварій на ОПН.

4. Власники ОПН (експлуатуючі організації) не можуть бути обмежені в правах вільного підприємництва в межах забезпечення прав суб'єктів, схильних до ризику.

Для забезпечення цих вимог пропонується виконання такої процедури:

- Носій ризику зобов'язаний подати до державного органу реєстрації та регулювання ризику Декларацію (Звіт) промислової безпеки;

- Компетентний орган державного управління зобов'язаний забезпечити виконання вимог обов'язкового страхування відповідальності перед третіми особами, які мають в повній мірі покривати максимально можливий збиток (PML) від найгіршої аварії на об'єкті підвищеної небезпеки;

- Компетентний орган державного управління зобов'язаний прийняти рішення по розбіжностях всіх учасників і забезпечити ефективний контроль за дотриманням вимог чинного законодавства в галузі техногенного ризику.

Узагальнена модель управління техногенним ризиком базується на специфічній обробці даних представлених кортежем:

$$MTR = \langle Tp, R, In, F(m), Tr, M, Mass \rangle,$$

де $Tp = \{tp_j\}$ – множина технологічних блоків і елементів СХТС, що належать виділеним ОПН; R – функція ризику, властивого елементам ОПН, що розглядаються; $In \subseteq B(O) \times P$ – відповідність між вхідними елементами блоків ОПН і ймовірністю переходів в аварійні стани по впливам; $F(m) = \{f(m_i)\}$ – функція вибору поточної необхідної моделі для відповідного і-го стану системи; $Tr = \{tr_a\}$ – множина рішень щодо елементів СХТС, що впливають на ризик системи по його зниженню; $M = \{mp_z\}$ – множина наслідків аварійних процесів $z \in 1 \dots A$, властивих для досліджуваних джерел небезпеки (блоків ОПН); $Mass = \{ma_c\}$ – множина обмежувачів ризику, що вважаються «прийнятними».

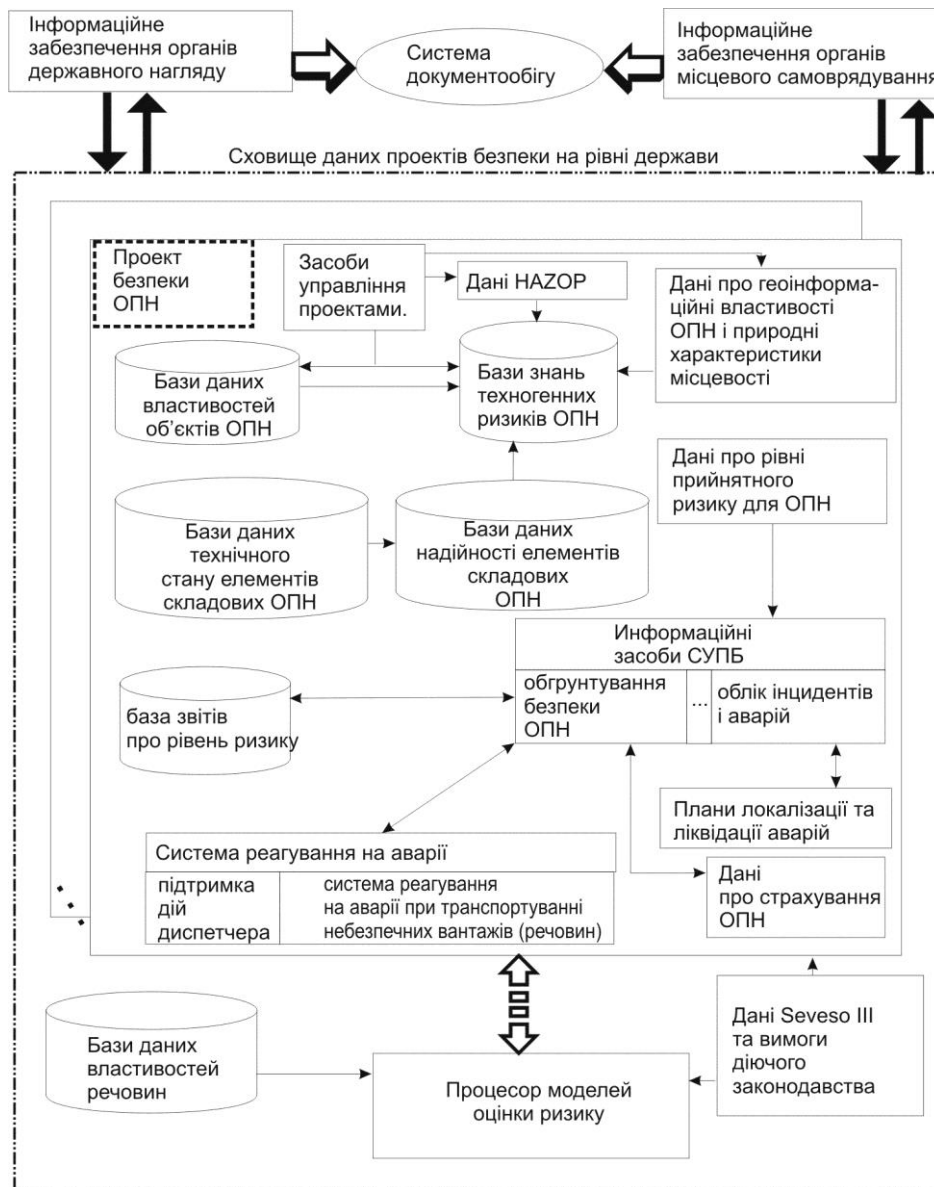


Рис. 1. Структурні складові інформаційного забезпечення управління техногенним ризиком

Функція ризику представляється як: $R = \langle \bar{\theta}, \bar{P}, \bar{M} \rangle$, де $\bar{\theta}$ – вектор параметрів, що визначає сценарій розвитку аварії; $\bar{P} = [P_t, P_i, P_{soc}]^T$ – вектор ймовірності несприятливих наслідків; $\bar{M} = [C_{des}, N_{ded}]^T$ – вектор параметрів наслідків, які характеризують збиток і число уражених при аварії. Нехай СХТС складається з i підсистем, тоді для будь-якої i -ї підсистеми визначається ризик НС: $R_{ki} = \langle \bar{\theta}_k, \bar{P}_{ki}, \bar{M}_{ki} \rangle$.

Передбачається, що відомі:

- детерміновані моделі фізичних процесів, які можуть виникати в i -й підсистемі при НС: $f_{ij} : \bar{S}_{ij} \rightarrow \bar{\Phi}_{ij}, j = 1 \dots J$ (набір елементарних подій, що призводять до аварії), де \bar{S}_{ij} – вектор параметрів, що визначає початковий стан i -ї підсистеми;

$\bar{\Phi}_{ij}$ – вектор фазових змінних елементарних фізичних процесів, які можуть виникнути в i -й підсистемі при аварії;

- модель для оцінки ймовірності виникнення стохастичних елементарних подій:

$$Pr_{ij} : (\bar{S}, \bar{\Phi})_{ij} \rightarrow \bar{P}_{ij}, j = 1 \dots J,$$

де $\bar{P}_{ij} = [P_{ij}^{des}, P_{ij}^{ded}]$ – вектор ймовірностей руйнувань і поразок людей.

Розглядається комплексна модель надзвичайної ситуації в СХТС для аналізу і передбачення наслідків техногенних аварій, що включає:

- модель, засновану на Байєсовому підході для оцінки ймовірності виникнення несприятливих подій в i -й підсистемі в формі («дерева відмов» – $\pi_k : (\{\bar{P}_{ij}\}, \bar{\theta}_k) \rightarrow \bar{P}_{ki}$);

- імітаційну модель (дискретно-подієву) розвитку аварії в формі «дерева подій»:

$$\mu_k : \{(S, \Phi, \bar{P}_k)_i, \bar{\theta}_k\} \rightarrow \bar{M}_{ki},$$

де $S_i = \{\bar{S}_{ij}\}$, $\Phi_i = \{\bar{\Phi}_{ij}\}$, $\bar{M}_k = \sum_i \bar{M}_{ki}$ – інтегральні показники збитку від досліджуваної k-ї потенційної аварії.

Сукупний набір поєднань дерев відмов і дерев подій всіх i-х підсистем досліджуваних джерел небезпеки, а також показників очікуваного збитку (включаючи ураження людей) можна представити єдиним графом станів СХТС, підлягає аналізу і обробці даних на предмет прийняття рішень в багатопараметричному просторі обмежувачів. При цьому необхідно врахувати, що цільові функції в багатопараметричному просторі мають протилежну спрямованість. У зв'язку з цим необхідно застосовувати методи домінування по Парето для пошуку домінуючих рішень.

Необхідно шукати ефективне рішення $\bar{x} \in X$ по Парето, таке, що, якщо не існує іншого рішення серед аналізованих альтернатив, перехід до якого дозволить поліпшити показник хоча б одного з приватних критеріїв, щоб при цьому не погіршилися б показники інших приватних критеріїв: виділити множину всіх аварійних ситуацій, для яких спостерігається перевищення показників ризику над прийнятними:

$$M_k^* = M_k \setminus \text{Масс} = \{m / m \in M_k \text{ и } m \notin \text{Масс}\}.$$

Якщо виділена множина не є порожньою, для всіх її елементів необхідно провести процедуру пошуку рішень із застосуванням методів оптимізації в просторі Парето.

Перший інтегральний показник ризику представлений «полем територіального ризику» функцією

$$P_i^d(x, y)$$
 ймовірності поразки в заданій точці тери-

торії. Фіксуються три види ураження d : смертельне, тяжке, легке. Кожен ефект ураження настає в результаті прямого впливу: ударної хвилі, теплового випромінювання, інгаляційного впливу токсичної речовини. Під «полем» мається на увазі масив даних ймовірності поразки, розподілений по двовимірному простору (x, y) території ризику. Ймовірність поразки в результаті впливу ударної хвилі в відкритому просторі обчислюється на підставі моделювання процесів виникнення ударної хвилі. Отримане поле є полем умовного територіального ризику (за умови, що саме такий вибух стався, з такими вхідними даними). Для одного «дерева подій» [9-11], всі загрози, представлені в кінцевих подіях є «несумісними» (або взаємовиключними, так як розвиваються тільки по одному можливному сценарієм). Це означає, що підсумкове поле ризику для всіх загроз, представлених в кінцевих події одного дерева відмов, є сумою ймовірностей всіх полів умовного територіального ризику $P_{i,j}$, отриманих в кожній кінцевій події, помножених на ймовірність цієї кінцевої події Pk_s (всього n кінцевих подій):

$$Psum_{i,j} = \sum_{s=1}^n (P_{i,j} \cdot Pk_s),$$
 при умові, що Pk_s

не містить вже всередині себе ймовірності P_{FTA_e} , (тобто – ймовірність початкової події дорівнює 1)

«Дерева відмов» представлені для джерел небезпеки (елементів обладнання СХТС). Для одного джерела може бути кілька дерев. Також може бути множина джерел небезпеки. Для всіх, представлених в проекті джерел небезпеки і дерев відмов підсумкове поле ризику виходить шляхом добутку ймовірності верхньої події дерева відмов P_{FTA_s} на поле територіального ризику, отримане для відповідного дерева подій і далі об'єднання цих полів за формулою:

$$Pu_{i,j} = 1 - \prod_1^e (1 - (P_{FTA_e} \cdot Psum_{i,j_e})).$$

При моделюванні фізичних процесів, що відбуваються під час аварій, необхідно враховувати спрямованість їх розвитку. Схема найбільш типових зв'язків при моделюванні негативних процесів для хімічних і нафтохімічних виробництв наведено на рис. 2. Дана схема може трансформуватися в залежності від процесів, характерних для поточного виробництва [12-13].

Концепція «прийняттого ризику» базується на чотирьох основних принципах:

- практична діяльність не може бути виправдана, якщо вигода від цієї діяльності в цілому не перевищує викликаною нею шкоди;

- оптимальним вважається варіант збалансованих витрат на створення систем безпеки за рахунок зниження рівня ризику і вигоди, одержуваної від господарської діяльності;

- повинен враховуватися весь спектр існуючих небезпек; вся інформація про прийняті рішення по управлінню ризиком повинна бути доступна населенню;

- принцип екологічних обмежень (забезпечення безпеки людини, що живе сьогодні), досягається таким шляхом реалізації, який не підвищував би ризик нездатності природи забезпечити безпеку і потреби майбутніх поколінь.

Збиток може бути зведений до єдиного показника в фінансовому вираженні, шляхом нормування всіх негативних наслідків до їх умовної вартості.

Для реалізації викладеного вище були розроблені програмні засоби, що дозволяють моделювати розглянуті процеси [14-15]. В основі програмних засобів лежить додаток, що здійснює доступ до всіх засобів комплексу в структурі «проекту» – засоби модульної побудови процесу подання та обробки даних, що дозволяє структурувати зв'язкові взаємозалежні дані і моделі в формалізоване спрямоване дослідження ризику. При цьому вкладеність модулів визначає спрямованість обчислень завдяки деревовидній ієрархічній структурі, що відображає причинно-наслідкові процеси, характерні для досліджуваного ОПН. Схема модульної обробки даних показана на рис. 3.

Засоби управління проектом програмного комплексу дозволяють створити, відкрити, об'єднати проекти дослідження ризику в структуру проекту, забезпечивши ієрархічне представлення даних і моделювання небезпечних процесів, характерних для ОПН. Засоби управління інформаційними даними дозволяють вводити картографічні дані і створювати векторні

об'єкти (і вносити їх властивості), які можуть бути необхідні в дослідженні ризику.

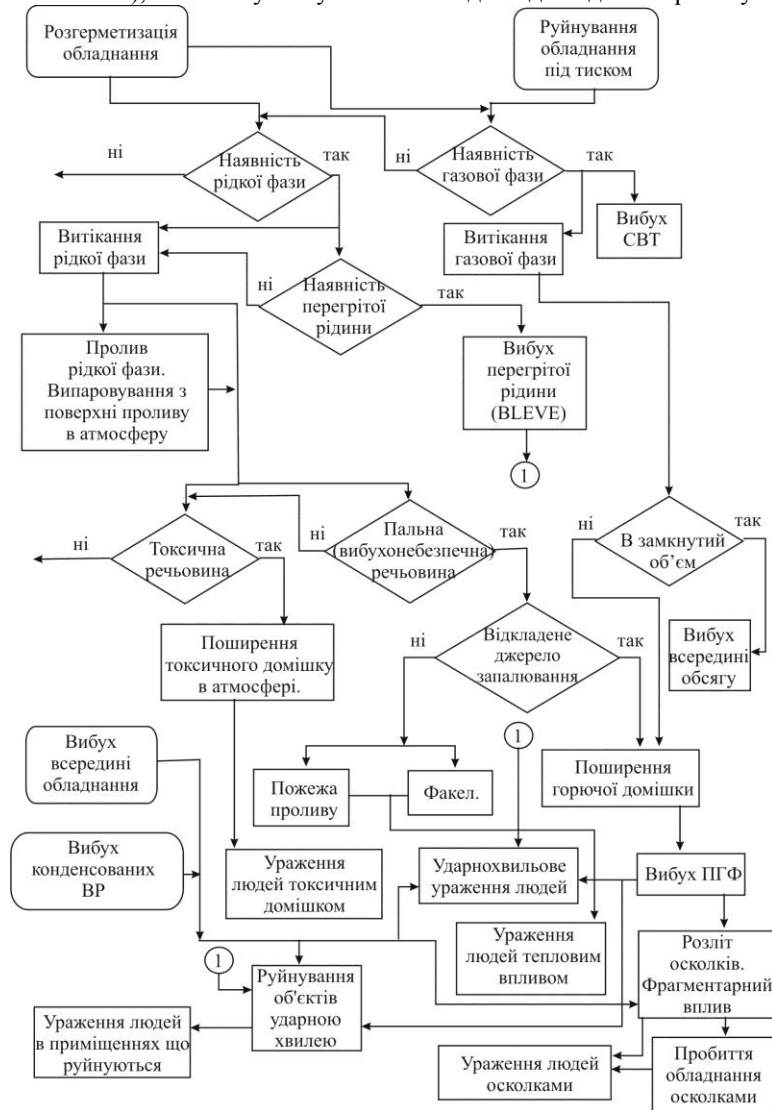


Рис. 2. Схема розвитку фізичних негативних явищ при аварії

Засоби завдання даних навколишнього середовища дозволяють ввести «розу вітрів» та інші дані, що характеризують кліматичні умови, характерні для даної місцевості.

Засоби управління «деревами відмов» і «деревами подій» дозволяють інтерактивно створювати, редагувати, пов'язувати і управляти множиною причинно-наслідкових зв'язків процесів в ОПН, виявлених в процесі проведення аналізу HAZOP і подальшого дослідження наслідків аварій. За допомогою цих засобів створюється база знань «проекту» і структуруються дані для проведення розрахунків і пошуку оптимальних рішень при управлінні техногенним ризиком.

Засоби управління моделями дозволяють вибирати модулі зі списку включених до складу моделей проекту та проводити математичне моделювання процесів, описаних в даних модулів, підключати нові модулі шляхом використання динамічних бібліотек і ство-

рення та сполучення даних вводу-виводу модулів, представлених в xml - структурі розширеної мови розмітки (*eXtensible Markup Language*). Всі формати і структури представлення даних комплексу програмних засобів є стандартними і відкритими для програмістів і користувачів. Таким чином програмний комплекс є відкритим для необмеженого розширення можливостей моделювання.

Оцінка інтегральних показників і подання даних ризику забезпечена в модулі «Ризик». Засоби модуля дозволяють редагувати структуру процесів ризику, виділяти області перевищення ризику і безлічі аварійних ситуацій, які до нього призводять, а також оформляти повний звіт про ризик в одному із стандартних форматів і в структурі, що задається шаблоном звіту. Шаплони звіту створюються і завантажуються в html стандарті.

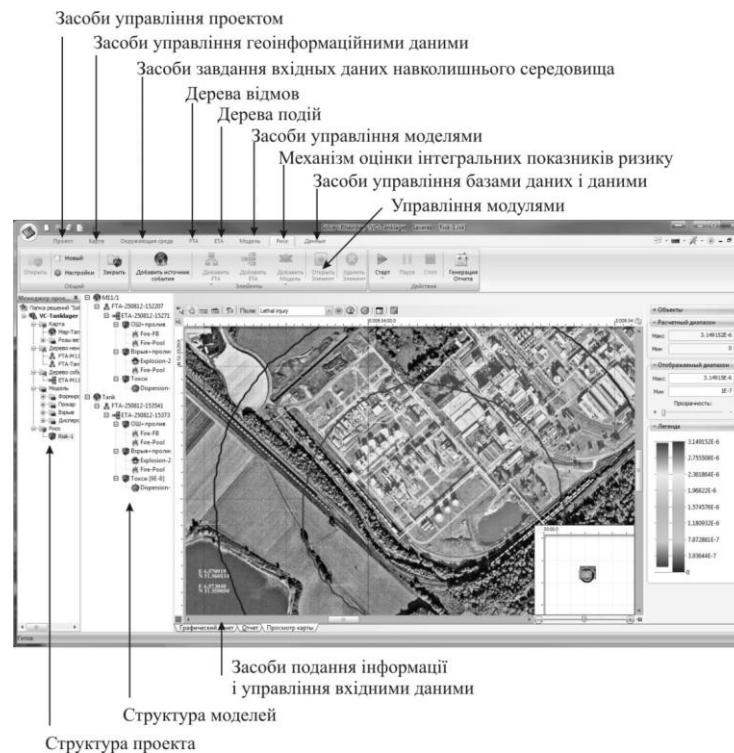


Рис. 3. Структурна схема модульної обробки даних «проекту»

Засоби управління базами даних дозволяють підключати бази даних, вибрати дані з полів баз, здійснювати пошук, редагування, фільтроване управління даними. База даних системи відкрита для користувачів, містить всі необхідні для розрахунків дані. База може бути легко редагована і поповнена засобами програмного комплексу. Якщо користувачеві необхідно використовувати відомі йому параметри досліджуваної речовини або інші дані, то безпосередньо при моделюванні все вхідні дані можуть бути внесені та змінені інтерактивно. Реляційні бази даних, що підключаються, можуть бути представлені поширеними форматами типу mdb або даних SQL.

Висновки. Розроблено комплекс програм для підтримки прийняття рішень при визначенні стратегії управління техногенним ризиком, який реалізує запропонований в роботі підхід до моделювання небезпечних наслідків аварій з урахуванням стохастичних параметрів складних технологічних систем з переробкою інформації для прийняття рішень щодо досягнення прийняттого ризику і розробки заходів, які йому відповідають. Використання програмного комплексу дозволило виконати ряд робіт при розробці декларації безпеки, експертизах безпеки підприємств та інших.

ЛІТЕРАТУРА

1. Belov P. G. Sistemnyiy analiz i modelirovanie opasnykh protsessov v tehnosfere / P. Belov. – M. : Izdatelskiy tsentr «Akademiya», 2003. – 512 c.
2. Brushlinskiy N.N. Modelirovanie pozharov i vzryivov: [Monografiya] / I.F. Astahova, V.P. Belyatskiy, N.N. Brushlinskiy i dr.; Pod obsch. red. N.N. Brushlinskogo ; Assots. «Pozhnauka». Pozhar. bezopasnost i nauka. – M. : Assots. «Pozhnauka», 2000. – 482 c.
3. Vladimirov, V.A. Katastrofy i ekologiya / V.A. Vladimirov, V.I. Izmalkov; – M. : Tsentri strateg. issled. MChS : Kontakt-Kultura, 2000. – 379 s.
4. Zakon Ukrainyi ob ob'ektakh povyishennoy opasnosti // Vedomosti Verhovnoy Radyi (VVR). – 2001. – # 15 – С. 73
5. Federalnyiy zakon ot 21 iyulya 1997 goda N116-FZ «O promyshlennoy bezopasnosti opasnykh proizvodstvennykh ob'ektov»// Sbornie zakonodatelstva Rossiyskoy Federatsii, 1997, N 30, st. 3588... N 26, st. 3446
6. DIREKTIVY 2012/18/ES EVROPEYSKOGO PARLAMENTA I SOVETA 24.7.2012 RU // Ofitsialnyiy vestnik Evropeyskogo Soyuza / 2012. – L 197/1
7. Poryadok oformleniya deklaratsii promyshlennoy bezopasnosti opasnykh proizvodstvennykh ob'ektov i perechen vklyuchaemykh v nee svedeniy. RD-03-14-2005 : [otv. razrab.: N. G. Kutin i dr.]. – Moskva : Prom. bezopasnost, 2008. – 28 s.
8. Metodika viznachennya rizikiv ta yih priynyatih rivniv dlya deklaruvannya ob'ektiv pidvischenoyi nebezpeki – K.: Osnova, 2003. – 192 s.
9. GOST R 51901-2002 (MEK 60300-3-9:1995). Upravlenie nadezhnostyu. Analiz riska tehnologicheskikh sistem. M.: IPK Izdatelstvo standartov, 2002, 22 s.
10. Metodika viznachennya rizikiv ta yih priynyatih rivniv dlya deklaruvannya ob'ektiv pidvischenoyi nebezpeki – K.: Osnova, 2003. – 192 s.

11. Lyfar V. A. Metodyi opredeleniya vhodnykh dannykh opasnykh svoystv veschestv // Visnik Shidnoukrayinskogo natsionalnogo universitetu im. Volodimira Dalya. – 2012. – # 17(188). – S. 148 – 153.
12. Lyfar V. O. Modeli nadzvichaynih situatsiy ta metod otsinki tehnogennogo riziku v avtomatizovaniy sistemi zabezpechennya bezpeki virobnitstva : Dis... kand. nauk: 05.13.06 / Lyfar V. O. – H.: Natsionalniy aerokosmichniy universitet im. M.E. Zhukovskogo «Harkivskiy aviatsiyniy institut», 2007. – 278 s.
13. Metodiki otsenki posledstviy avariiv na opasnykh proizvodstvennykh ob'ektah: Sbornik dokumentov. Seriya 27. Vyipusk 2 / Koll. avt. – 2-e izd., ispr. I dop. – M.: Gosudarstvennoe unitarnoe predpriyatie «Nauchno-tehnicheskiy tsentr po bezopasnosti v promyshlennosti Gosgortehnadzora Rossii», 2002. – 208 s.
14. Lyfar V. A. Modelirovanie slozhnykh tehnologicheskikh protsessov // Visnik Shidnoukrayinskogo natsionalnogo universitetu imeni Volodimira Dalya. – 2008. – # 12 (130), Chastina 1. – S. 31–37.
15. Lyfar V. A. Informatsionnaya tehnologiya podderzhki prinyatiya resheniy pri upravlenii tehnogennym riskom / V. A. Lyfar, A. I. Ryazantsev, V. Vitt // TACSIT 2015 submission 22, Vid-vo SNU im. V. Dalya, m. Severodonetsk.

В. А. Лыфарь,
Восточноукраинский национальный университет
им. Владимира Даля,
г. Северодонецк, Украина

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫМ РИСКОМ

Рассмотрены методы решения научно-практической проблемы управления риском объектов повышенной опасности за счет использования информационных технологий. Рассмотрен многоуровневый подход к моделированию возможных аварийных событий и определения их последствий и автоматизации комплексной стратегии управления риском.

Описаны функции разработанных программных средств автоматизированной информационно-аналитической системы оценки уровня риска, безопасности и надежности объектов повышенной безопасности.

Ключевые слова: поддержка принятия решений; информационные технологии; техногенная безопасность; риск; анализ данных; метод, модель.

V. O. Lyfar,
Volodymyr Dahl East Ukrainian National University,
Severodonetsk, Ukraine

INFORMATION SUPPORT OF MANAGEMENT SYSTEM BY THE TECHNOGENIC RISK

The article considers methods for solving scientific and practical problems of the use of information technology to manage the risk of objects of major hazard.

The subject of the study are models, methods and information technologies of creation and functioning of the automated decision support systems in the field of risk management the technological objects.

The aim is to develop the scientific and technical bases, methods and information support for the adoption of technologies in the field of technological security solutions.

The theoretical basis of the robots are methods of system analysis, decision theory, optimization methods, probability theory, the theory of fuzzy sets. To implement the task of creating automated systems for decision support in the field of risk management been used methods of multivariate modeling. For a software implementation of the developed models, methods and algorithms was to apply the theory of relational databases, object-oriented programming.

The first time posed and solved a scientific problem of complex analysis and decision-making in the management of technological risks through the use of information technology, an acceptable level of risk of man-made search techniques on the production and state levels. Were implemented methods of multi-parameter optimization. The developed system allows the use of mathematical and software support systems for strategic decision-making for the sustainable development of society; It formed a new base level of the theoretical foundations of the

security of high-risk control by automating the basic methods of data collection and analysis, determining the parameters and criteria for the adoption of an acceptable level of risk and obtaining integrated security for the industry, which will objectify and make transparent the process of settlement of disputes between the public and industrialists.

The proposed methods, algorithms, software and hardware are universal in the subject area, provide comprehensive solutions contribute to the validity of the decision-making in matters of technological safety.

Key words: *decision support; information technology; technological safety; risk analysis; method; model.*

Рецензенти: д. т. н., проф. *I. I. Коваленко*;
к. т. н., доц. *I. O. Кравець*.

© Лифар В. О., 2016

Дата надходження статті до редколегії 22.04.16

Мельник Р. П.,
канд. техн. наук, доцент кафедри пожежно-профілактичної роботи,
indigo211212@gmail.com

Мельник О. Г.,
канд. техн. наук, старший науковий співробітник,
доцент кафедри автоматичних систем безпеки та електроустановок,
melnyk.olja.2014@gmail.com

Чепурний Г. П.,
викладач кафедри будівельних конструкцій,
Черкаський інститут пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України,
м. Черкаси, Україна,
grigchep@gmail.com

ПІДВИЩЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДСНС УКРАЇНИ ШЛЯХОМ МОНІТОРИНГУ ІНЦИДЕНТІВ ТА ОЦІНКИ РИЗИКУ РЕАЛІЗАЦІЇ ЗАГРОЗ БЕЗПЕКИ

У статті проведено аналіз останніх досліджень у сфері захисту інформації в структурних підрозділах ДСНС України. Запропоновано впровадження в телекомунікаційну систему ДСНС України удосконаленої системи моніторингових спостережень за інцидентами з розрахунком можливості реалізації загроз безпеки інформації. У результаті роботи цієї системи відбуватиметься визначення ймовірності інциденту, його документування, вибір дій щодо усунення, вибір у базі даних з картки оцінки загроз безпеки телекомунікаційних систем методу протидії. Впровадження системи моніторингу інцидентів в телекомунікаційну систему ДСНС України дозволить автоматизувати та покращити моніторинг за інцидентами, що підвищить її рівень захисту та забезпечить стабільність роботи; покращить інформацію для управління та реагування; усуне втрати й некоректний облік інцидентів, забезпечить оперативне застосування методів протидії.

Ключові слова: захист інформації; ДСНС України; телекомунікаційна система; моніторинг інцидентів; реалізація загроз безпеки інформації.

Постановка проблеми. Проблема забезпечення достатнього рівня інформаційної безпеки на сьогоднішній день є однією з найбільших проблем використання інформаційних систем. В сучасному світі жоден комплекс програмно-технічних засобів, що обслуговується відповідним штатом спеціалістів з інформаційної безпеки, не в змозі забезпечити повну ефективність роботи системи захисту інформації. Це питання потребує розробки комплексних систем управління безпекою, в яких мають брати безпосередню участь всі співробітники установи, та системності в підході його вирішення [1].

Особлива увага до захисту інформації в різних державних структурах та організаціях, в тому числі й у структурних підрозділах Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС України) почала приділятися протягом останніх років. Постійна наявність таємної та конфіденційної інформації вимагає від ДСНС України розробки та впровадження комплексної системи захисту інформації та постійного стеження за її ефективністю. В реаліях сьогодення,

коли відбуваються процеси відмобілізування, інформаційне забезпечення аварійно-рятувальної служби та її систем управління набуває надзвичайно важливого значення і повинно бути предметом досліджень, так як інформаційне забезпечення визначає готовність не лише підрозділів ДСНС України до відмобілізування, а й взагалі, готовність до захисту національної безпеки [2]. Ці умови роблять тему дослідження актуальною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанню захисту інформації в структурних підрозділах ДСНС України присвячені наукові роботи Грицюка Ю. І. – вивчення показників якості функціонування та особливостей проблеми синтезу комплексних систем захисту інформації [3]; Закори О. В., Селеєнка Є. Є. та Феценка А. Б. – вивчення організації діяльності підрозділів технічного захисту інформації в ДСНС України [4]; Рудницького В. М., Бабенко В. Г. – дослідження в області криптографічного захисту інформації [5] та ін. Але підвищення інформаційної безпеки телекомунікаційної системи аварій-

но-рятувальної служби цивільного захисту шляхом моніторингу інцидентів та оцінки ризику реалізації загроз безпеки не було предметом спеціального вивчення.

Мета роботи полягає у вивченні роботи сучасних систем моніторингу інцидентів, розробці системної моделі моніторингу інцидентів в телекомунікаційній системі ДСНС України, вивченні типології загроз інформаційним системам та оцінки ризику реалізації загроз безпеки.

Виклад основного матеріалу. Для телекомунікаційної системи ДСНС України, як і для інших організацій і установ, питання захисту інформації в мережах набуває першочергового значення. Адже сучасні мережеві системи, що використовуються в структурних підрозділах ДСНС України, застосовують інформаційні технології, які містять методи розрахунку найкоротшого шляху до місця виникнення надзвичайної ситуації (НС), оптимального розташування пожежних частин, кількість підрозділів та чисельність особового складу, які потрібно задіяти у ліквідації НС залежно від її класифікації тощо. Будь-яке пошкодження зловмисником інформаційної системи може призвести до загибелі людей, матеріальних втрат та забруднення навколишнього середовища [3].

Робота сучасних систем моніторингу інцидентів базується на наступних етапах: визначення інциденту; сповіщення про виникнення інциденту; реєстрація інциденту; усунення наслідків і причин інциденту; розслідування інциденту; реалізація дій, що попереджують повторне виникнення інциденту. Для забезпечення управління інцидентами пропонується система моніторингу, що повинна виконувати такі функції [1]:

- контроль зовнішніх пристроїв, що підключаються, контроль роботи співробітника, можливість налаштування реагування на події, захист співробітника від видалення або виключення, наявність засобів контролю цілісності;
- моніторинг співробітників і їх захист;
- управління системою та обробка інцидентів, зокрема наявність власної консолі, розподіл ролей адміністратора й спеціалістів з безпеки, налаштування сповіщень, можливості реагування на інциденти, аналіз подій, зафіксованих системою, збереження історії інцидентів для наступного аналізу, заборона на пропуск затриманого повідомлення або дозвіл із записом про інцидент;
- формування системи звітності про роботу системи управління інцидентами, зокрема можливість по-

будови звітів про порушення, наявність варіантів отримання звітів про порушення, тимчасовий запис звіту в локальне сховище у разі недоступності сервера, експорт звітів, запис в журнал реєстрації дій адміністраторів системи.

Враховуючи вимоги до функціональності, узагальнена схема системи моніторингових спостережень, яку можна застосувати до телекомунікаційної системи ДСНС України, складається з:

1) групи об'єктів моніторингових спостережень системи V_1, \dots, V_N . Такими об'єктами є:

- апаратні засоби (маршрутизатори, комутатори, сканери, УТМ пристрої);
- програмні комплекси (операційні системи, антивірусні шлюзи, персональні антивірусні системи, підсистеми обробки даних, доступні служби та сервіси);
- інформаційні ресурси (бази даних, файли користувачів, що доступні в мережі тощо);
- дії користувачів корпоративної мережі;

2) групи зовнішніх об'єктів спостережень системи U_1, \dots, U_M . Такими об'єктами є: мережні потоки даних, зовнішні повідомлення тощо;

3) підсистеми S_1 спостережень над об'єктами U_1, \dots, U_M , збору і представлення зовнішніх (некерованих) параметрів системи. До некерованих параметрів системи відносяться запити на доступ від користувачів, що не пройшли встановлену процедуру авторизації, кількість запитів в одиницю часу, несанкціонований доступ до інформаційних ресурсів, деструктивні дії резидентних програм та користувачів тощо;

4) підсистеми S_2 спостережень над об'єктами O_1, \dots, O_N , збору і представлення внутрішніх (керованих) параметрів системи. До керованих параметрів відносяться інформація про роботу комутаційних пристроїв та інформація щодо доступності служб і додатків;

5) підсистеми S_0 аналізу й прогнозування стану системи, в якій приймається рішення про дії управління на об'єкти моніторингу.

В результаті роботи даної системи відбуватиметься визначення ймовірності інциденту (загроз безпеки інформації), його документування та вибір дій щодо усунення.

Однак, для більш повного аналізу системи захисту інформації в телекомунікаційних системах ДСНС України та оцінки її ефективності пропонується удосконалення схеми системи моніторингових спостережень шляхом інтегрування в неї підсистеми розрахунку можливості реалізації загроз безпеки інформації Y (рис. 1).

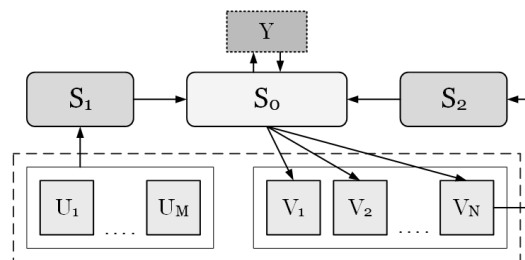


Рис. 1. Удосконалена схема системи моніторингових спостережень

Можливість реалізації загрози безпеки інформації розраховується на підставі ймовірностей за формулою [6]:

$$Y = \frac{Y_1 + Y_2}{20},$$

де Y_1 – ступінь вихідного захисту системи: 0 – для високого, 5 – для середнього, 10 – для низького ступеня вихідного захисту;

Y_2 – ймовірність реалізації загрози: 0 – для малої ймовірної загрози; 2 – для низької ймовірності загрози; 5 – для середньої ймовірності загрози; 10 – для високої ймовірності загрози;

Y – можливість реалізації загрози: $0 < Y < 0,3$ – низька; $0,3 < Y < 0,6$ – середня; $0,6 < Y < 0,8$ – висока; $Y > 0,8$ – дуже висока.

Підсистема розрахунку можливості реалізації загроз безпеки інформації розраховуватиме показник Y , в залежності від його значення вибиратиме в базі даних з картки оцінки загроз безпеки телекомунікаційних систем (рис. 2) метод протидії [6].

Удосконалена система моніторингових спостережень з розрахунком можливості реалізації загроз безпеки інформації дозволить підвищити ефективність вивчення та аналіз таких загроз, а також забезпечить оперативне застосування методів протидії.

| Найменування загрози | Y_2 | Y | | Методи протидії | |
|--|-------|------|--------|---|---|
| | | | | технічні | організаційні |
| 1 | 2 | 3 | | 4 | 5 |
| Загрози розкрадання, несанкціонованої модифікації або блокування інформації за рахунок НСД із застосуванням програмно-апаратних і програмних засобів | 10 | 0,75 | висока | Антивірусне ПО; налаштування засобів захисту; захист приміщення | Інструкція користувача; Інструкція адміністратора безпеки; технологічний процес обробки; Інструкція з антивірусного захисту; Акт встановлення засобів захисту; опломбування; сертифікація |
| Загрози несанкціонованого доступу каналами зв'язку | 10 | 0,75 | висока | Міжмережевий екран | Технологічний процес; Інструкція користувача та адміністратора безпеки; Акт встановлення засобів захисту |

Рис. 2. Приклад картки оцінки загроз безпеки телекомунікаційних систем

Висновки. Питання розробки комплексних систем управління безпекою потребує на сьогоднішній день особливої уваги. Але без детального та поетапного вивчення функціоналу систем захисту інформації не можливе досягнення їх ефективності.

Впровадження системи моніторингу інцидентів в телекомунікаційній системі ДСНС України дозволить

автоматизувати та покращити моніторинг за інцидентами, що підвищить продуктивність системи; покращить інформацію для управління та реагування; виключення втрат і некоректного обліку інцидентів в телекомунікаційній системі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пількевич І. А. Модель підсистеми моніторингу інцидентів безпеки інформації в інформаційних системах організацій / І. А. Пількевич, В. І. Котков, Н. М. Лобанчикова, І. І. Сугоняк // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – Вып. 2/2 (56). – С. 18–21.
2. Грибенюк Г. С. Типологія загроз та порушників безпеки інформаційних систем ДСНС України / Г. С. Грибенюк, А. В. Тарасенко // Зб. наук. праць Харківського ун-ту Повітряних Сил. – 2015. – Вип. 1 (42). – С. 150–153.
3. Сташевський З. П. Обґрунтування показника якості функціонування комплексної системи захисту інформації / З. П. Сташевський, Ю. І. Грицюк // Вісник Нац. техн. ун-ту України «КПІ». – 2014. – № 56. – С. 137–143.
4. Борисова Л. В. Організація діяльності підрозділів технічного захисту інформації в системі Державної служби України з надзвичайних ситуацій / Л. В. Борисова, О. В. Загора, Є. С. Селеєнко, А. Б. Фещенко // Проблеми цивільного захисту: управління, попередження, аварійно-рятувальні та спеціальні роботи: зб. мат-лів міжнар. наук.-практ. конф. – Харків, 2-3 жовтня 2014 р. – С. 80–81.
5. Бабенко В. Г. Технологія визначення спеціальних логічних функцій для систем захисту інформації / В. Г. Бабенко, В. М. Рудницький, Т. В. Дахно // Вісник інженерної академії України. – 2007. – Вип. 3–4. – С. 64–67.

6. Король О. Г. Оцінка ризику реалізації загроз безпеки у телекомунікаційних системах / О. Г. Король, К. В. Огурцова, С. П. Євсєєв // Зб. наук. праць ДонІЗТ. – 2013. – № 36. – С. 55–62.

**Р. П. Мельник,
О. Г. Мельник,
Г. П. Чепурной,**

Черкасский институт пожарной безопасности
им. Героев Чернобыля НУГЗ Украины,
г. Черкассы, Украина

ПОВЫШЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ГСЧС УКРАИНЫ ПУТЕМ МОНИТОРИНГА ИНЦИДЕНТОВ И ОЦЕНКИ РИСКОВ РЕАЛИЗАЦИИ УГРОЗ БЕЗОПАСНОСТИ

В статье проведен анализ последних исследований в области защиты информации в структурных подразделениях ГСЧС Украины. Предложено внедрение в телекоммуникационную систему ГСЧС Украины усовершенствованной системы мониторинговых наблюдений за инцидентами с расчетом возможности реализации угроз безопасности информации. В результате работы данной системы будет происходить определение вероятности инцидента, его документирование, выбор действий по устранению, выбор в базе данных с карточки оценки угроз безопасности телекоммуникационных систем метода противодействия. Внедрение системы мониторинга инцидентов в телекоммуникационную систему ГСЧС Украины позволит автоматизировать и улучшить мониторинг за инцидентами, повысит ее уровень защиты и обеспечит стабильность работы; улучшит информацию для управления и реагирования; устранит потери и некорректный учет инцидентов, обеспечит оперативное применение методов противодействия.

Ключевые слова: защита информации; ГСЧС Украины; телекоммуникационная система; мониторинг инцидентов; реализация угроз безопасности информации.

**R. P. Melnyk,
O. G. Melnyk,
G. P. Chepurnyj,**

Cherkasy Institute of Fire Safety
named after Heroes of Chornobyl of National University
of Civil Defense of Ukraine,
Cherkasy, Ukraine

INCREASE OF INFORMATIVE SAFETY OF THE TELECOMMUNICATION SYSTEM OF THE STATE EMERGENCY SERVICE OF UKRAINE BY MONITORING OF INCIDENTS AND ESTIMATION OF RISKS OF REALIZATION OF THREATS SAFETY

The purpose of work consists in the study of work of the modern systems of monitoring of incidents, development of system model of monitoring of incidents in the telecommunication system the State Emergency Service of Ukraine, study of tipologii of threats the informative systems and estimations of risk realization of threats safety. In the article the analysis of the last researches is conducted in the field of priv in structural subdivisions of the State Emergency Service of Ukraine. Introduction in the telecommunication system of the State Emergency Service

of Ukraine of the improved system of the monitoring looking is first offered after incidents with the calculation of marketability threats of safety of information. As a result of work of this system there will be determination of probability of incident, his documenting, choice of actions in relation to a removal, choice in a database from the card of estimation of threats of safety of the telecommunication systems of method of counteraction. Introduction of the system of monitoring of incidents in the telecommunication system of the State Emergency Service of Ukraine will allow to automatize and improve monitoring after incidents, that will promote the productivity of the system; will improve information for a management and reacting; exception of losses and improper account of incidents in the telecommunication system.

Key words: *information security; the State Emergency Service of Ukraine; telecommunication system; monitoring incidents of threats information security.*

Рецензенти: д. т. н., проф. *М. П. Мусієнко;*
д. т. н., проф. *М. Т. Фісун.*

© Мельник Р. П., Мельник О. Г., Чепурний Г. П., 2016

Дата надходження статті до редколегії 20.04.16

Никольский В. В.,
д-р техн. наук, профессор,
prof.nikolskyi@ukr.net

Никольский М. В.,
канд. техн. наук, ассистент,
markdezert@ukr.net

Накул Ю. А.,
Национальный университет «Одесская морская академия»,
г. Одесса, Украина,
nak@mail.ru

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПО ПОГРУЗКЕ КРУПНОТОННАЖНОГО КОНТЕЙНЕРОВОЗА

Для повышения безопасности перевозки крупнотоннажными контейнеровозами необходимо обладать оперативной информацией о степени погрузки, которая в настоящее время определяется только визуально. Эту функцию выполняет один человек, который не всегда успеваеет отследить погрузку по целому ряду причин: плохие погодные условия, напряженность в работе, приводящая к усталости. Привлечение дополнительных членов экипажа невозможно по причине жесткого контроля рабочего времени обслуживающего персонала. Складывается ситуация, когда капитан вынужден задержать выход в море, неся убытки, или оставлять часть груза на берегу. Разработанная система поддержки принятия решения погрузки контейнеров позволяет в считанные минуты капитану судна оценить степень проведенных погрузочных работ и принять решение о выходе в море.

Ключевые слова: контейнеровоз; план загрузки; безопасность морских перевозок; система поддержки принятия решения; человеческий фактор.

09 июля 2014 года контейнеровоз «CSCL Uranus» (длина 365,98 м; ширина 52 м) 2012 года постройки (рис. 1) вышел из порта Пусан (Юж. Корея) в порт Шанхай (Китай). Судно следовало в штормовых условиях (тайфун Neoguri). После усиления шторма с

мостика визуально стало наблюдаться смещение контейнеров на палубе. При достижении судном крена 50 градусов за борт сошло 80 контейнеров, были повреждены судовые конструкции, еще часть контейнеров получила повреждения.



Рис. 1. Контейнеровоз «CSCL Uranus»

Во время расследования этого инцидента было установлено, что груз в контейнерах (кабельная продукция) был неправильно закреплен и не соответствовал весу, заявленному в документах, что привело к

его смещению и поломке креплений. В итоге напрашивается вопрос, как могло такое произойти? Что привело к нарушению безопасности перевозки.

Анализ причин, которые привели к аварийной ситуации, позволил выявить следующее.

Первое, как известно, разработкой и утверждением грузового плана любого судна занимаются фрахтователь, судовладелец и капитан порта. Контроль за погрузкой осуществляет капитан судна, который не имеет инструментальных средств загрузки судна, кроме визуального контроля. Хотя грузовой план и составляется в судовой компьютерной системе и передается через спутниковый канал связи фрахтователю, обратной связи о степени загрузки судна не предусмотрено.

Складывается ситуация, когда план загрузки с борта судна поступает в офис фрахтователя, а уже оттуда в порт на контейнерный терминал. Т.е., информация передается только в одном направлении. А контроль за погрузкой (обратная связь) осуществляется членами экипажа судна визуально.

Второе, в последние годы наблюдается тенденция, когда стивидорные компании в целях получения дополнительной неправомерной выгоды занижают вес контейнеров перед перевозчиками и, в то же время, завышают вес перед отправителем [1]. Так в случае погрешности загрузки одного контейнера на 3 % общий вес перегруза при 14000 контейнеров в весовом измерении может составить несколько тыс. тонн. И если в порту ещё предпринимаются меры по двойному взвешиванию контейнеров при погрузке на авто-трейлеры, то на судах такое взвешивание не осуществляется.

Поэтому нередки случаи, когда на борту судна складывается ситуация, в результате которой на верхних ярусах располагаются контейнеры с большим весом, что может привести к нарушению устойчивости судна, а соответственно и повышению аварийности перевозок.

Третье, Качественная обработка операций погрузки заключается в том, что все контейнера, подлежащие выгрузке/загрузке согласно плана загрузки, должны оказаться в положении, предусмотренном грузовым планом либо на борту судна, либо в терминале. На практике же все далеко неоднозначно. Сокращение численного состава экипажа привело к тому, что реально визуальный контроль за погрузкой может выполнять один человек. Принимая во внимание, что для обработки контейнеров используется до шести погрузчиков одновременно, уследить за ними довольно сложно. Плохие погодные условия и человеческий фактор приводят к тому, что на момент прихода лоцмана на борт судна капитан не обладает полной информацией о количестве загруженных и выгруженных контейнеров. Это приводит к задержке выхода в море от получаса до четырех часов. В денежном выражении потери составляют от 1000 долларов США и выше. А так как за сутки бывает до семи портов захода, то финансовые потери могут составить значительные суммы. Поэтому капитан вынужден оставлять часть груза на берегу и уходить в рейс.

Наметившаяся тенденция в создании судов – дронов или судов с минимальным числом членов экипа-

жа (7 человек), естественно потребует повышения уровня контроля за погрузкой контейнеров, который уже и так в настоящее время осуществлять очень сложно.

Идея привлечения дополнительных членов экипажа для контроля погрузки наталкивается на жесткий контроль рабочего времени обслуживающего персонала. Складывается ситуация, когда получение объективной информации о состоянии погрузки контейнеровоза без привлечения дополнительных технических систем становится невозможно. Поэтому целью данного исследования является создание компьютерной системы поддержки принятия решения по загрузке контейнеров, которая призвана облегчить контроль за погрузкой / выгрузкой крупнотоннажного контейнеровоза.

Поиск в существующих литературных и электронных источниках информации о подобных судовых системах не дал положительных результатов.

В результате анализа существующих технологий в области беспроводной передачи данных, средств измерения, программного обеспечения было установлено, что возможно несколько вариантов системы мониторинга. И, чтобы какому-то варианту отдать предпочтение, необходимо разработать концепцию системы и провести ряд исследований по определению эффективности используемых технологических решений.

Так, например, в результате обзора литературных источников и электронных ресурсов было установлено, что при помощи крановых весов определяется вес одного контейнера [2, 3]. Информация с весов поступает в систему диспетчеризации (мониторинга) по каналам беспроводной связи. В [3] имеется уже ссылка, как можно обмануть такие весы. Работ же, связанных с взвешиванием контейнера непосредственно на палубе контейнеровоза вообще не предпринималось. В то же время существуют измерительные комплексы для измерения веса контейнеров на железнодорожном транспорте, когда измеряется вес одной железнодорожной платформы составляет 65 тон. Вариантов передачи информации от датчика веса, установленных на борту судна, или крановых весов тоже может быть несколько: проводная и оптоволоконная связь, беспроводные GSM/GPRS и Wi-Fi каналы связи. Отдельного внимания заслуживает и технология ZigBee. Сложность заключается в том, что судно независимо от длинны в таких системах позиционирования отображается как точка.

Но, к сожалению, в настоящее время не существует таких систем, которые могли бы осуществить мониторинг распределения нагрузки по палубе и взвешивать стопки из 8-ми рядов контейнеров весом до 160 тонн.

Нами предлагается система поддержки принятия решения по загрузке крупнотоннажного контейнеровоза, представленная на рис. 2, в которой вводится новый маршрут передачи информации: судно – погрузочный комплекс, который является недостающей обратной связью.

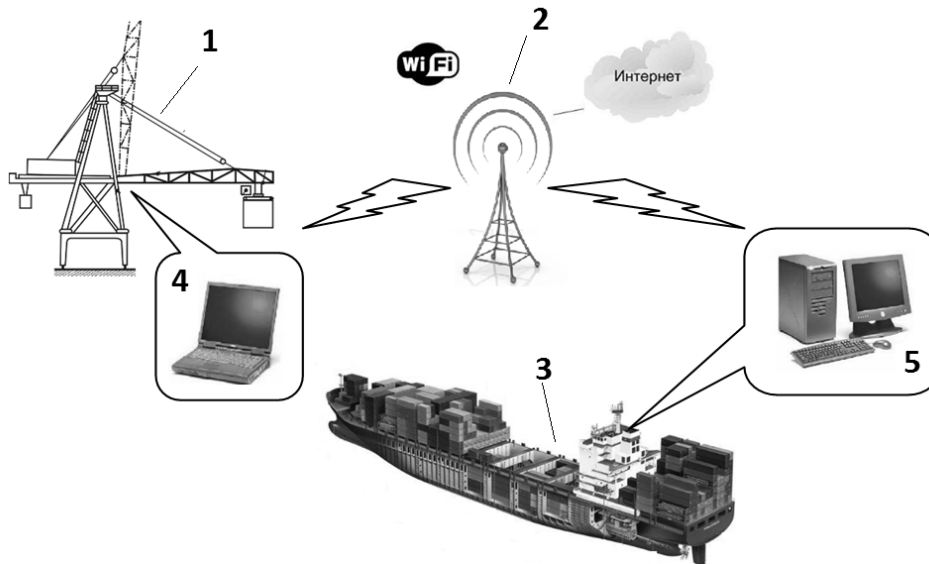


Рис. 2. Структура системи підтримки прийняття рішення по загрузке контейнеровоза – судно/перемишувач: 1 – контейнерний перемишувач; 2 – станція WiFi; 3 – контейнеровоз; 4 – ноутбук в кабіні контейнерного перемишувача; 5 – персональний комп'ютер в складі судової автоматизованої системи, в яку вводиться нова підсистема прийняття рішення

Выбор способа передачи данных был сделан с учетом современных тенденций в области беспроводной передачи данных в пользу сетей WiFi, с резервным каналом передачи данных по GPRS.

Аппаратная часть реализована на базе промышленных контроллеров компании Phoenix Contact, широкая линейка которых позволяет без особых затруднений проводить дальнейшую модернизацию и совершенствование системы мониторинга.

Работа системы осуществляется следующим образом. При заходе контейнеровоза (3) в порт осуществляется подключение по сети WiFi (2) судовой системы поддержки принятия решения (5) контейнеровоза к сети интернет, в которую уже

подключены компьютеры (4) причальных контейнерных перемишувачей (1). Происходит регистрация в сети и план загрузки отображается на компьютере перемишувача. Поднятый контейнер взвешивается весами перемишувача, и информация о весе поступает через сеть Интернет в судовую систему. Таким образом, компьютерная система поддержки принятия решения позволяет капитану судна оперативно оценить степень загрузки, сократить простой, и обеспечить безопасность перевозок.

Дальнейшие исследования будут направлены на определение возможности использования других технологий, в частности, и передачи информации технология ZigBee.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шмекер К. Взвешивание контейнеров по требованиям IMO и его возможные последствия / К. Шмекер // Порты Украины, № 07(139). – 2014 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://portsukraine.com/node/3776>.
2. Весы крановые. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.torgtehnika.com.ua/vesi-kranovie/blog.html>
3. Крановые весы – характеристики, устройство и применение – Режим доступа : <http://promplace.ru/kranovie-vesi-harakteristiki-ustrojstvo-i-primenenie-466.htm>

**В. В. Нікольський,
М. В. Нікольський,
Ю. А. Накул,**

Національний університет «Одеська морська академія»,
м.Одеса, Україна

СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ ПО НАВАНТАЖЕННЮ ВЕЛИКОТОННАЖНОГО КОНТЕЙНЕРОВОЗА

Для підвищення безпеки перевезення великотоннажними контейнеровозами необхідно володіти оперативною інформацією про ступінь навантаження, яка в цей час визначається тільки візуально. Цю функцію виконує одна людина, яка не завжди встигає відстежити навантаження за цілою низкою причин: погані погодні умови, напруженість в роботі, що призводить до втоми. Залучення додаткових членів екіпажу неможливо через жорсткий контроль робочого часу обслуговуючого персоналу. Складається ситуація, коли капітан змушений затримати вихід в море, зазнаючи збитків, або залишати частину вантажу на березі. Розроблена система підтримки прийняття рішення навантаження контейнерів дозволяє в лічені хвилини капітану судна оцінити ступінь проведених навантажувальних робіт і прийняти рішення про вихід в море.

Ключові слова: контейнеровоз; план завантаження; безпеку морських перевезень; система підтримки прийняття рішення; людський фактор.

**V. V. Nikolskiy,
M. V. Nikolskiy,
Y. A. Nakul,**

National University «Odessa Maritime Academy»,
Odessa, Ukraine

DECISION SUPPORT SYSTEM FOR LOADING BULK CONTAINER CARRIERS

In maritime transport containers are often accidents happen due to inaccurate weight loading container. To increase security, transportation of large container vessels must have operational information about the degree of loading, which is currently defined only visually. Captain of the ship, as a rule, takes the risk. control function for loading carries a crew member who does not manage to always keep track of the loading for several reasons: bad weather conditions, the intensity of the work, which leads to fatigue. Attraction of additional crew is not possible due to tight control of working time staff from the maritime unions. There is a situation when the captain is forced to hold out to sea, carrying losses, or leave part of the cargo on shore. The aim of this work is to create a tool that would allow in a few minutes to assess the degree of loading of a container ship. The proposed decision support system facilitates the loading of containers to the captain to decide to withdraw into the sea. Scope - ports and container.

Key words: container; loading plan; the safety of maritime transport; decision support system; the human factor.

Рецензенти: д. т. н., проф. **І. І. Коваленко;**
к. т. н., доц. **І. О. Кравець.**

© Никольский В. В., Никольский М. В., Накул Ю. А., 2016

Дата надходження статті до редколегії 13.04.16

Рудницький В. М.,
д-р техн. наук, професор,
Черкаський державний
технологічний університет,
rvn_2008@ukr.net

Шувалова Л. А.,
канд. техн. наук, доцент,
Черкаський державний
технологічний університет,
shuvalova-l2015@yandex.ru

Нестеренко О. Б.,
Черкаський інститут пожежної
безпеки ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України,
м. Черкаси, Україна,
nesterenko.apb@gmail.com

АНАЛІЗ ДВОРОЗРЯДНИХ ОПЕРАЦІЙ КРИПТОГРАФІЧНОГО КОДУВАННЯ ПО КРИТЕРІЮ СТРОГОГО ЛАВИННОГО ЕФЕКТУ

У статті визначено множину дворозрядних операцій криптографічного кодування, які відповідають критерію строгого лавинного ефекту та розглянуті особливості їх використання в криптоалгоритмах. Визначено в групі дворозрядних операцій криптографічного кодування операції, які гарантовано забезпечують зміну половини бітів вхідної інформації. Розглянуто можливість досягнення строгого лавинного ефекту операціями які відповідають критерію строгого стійкого кодування, для чого представлено послідовність наборів дворозрядних даних таку, щоб два сусідніх набори, а також перший і останній набори відрізнялися лише одним розрядом. Повторне виконання операцій криптографічного кодування приводить до невідповідності результатів кодування критерію строгого лавинного ефекту.

Ключові слова: лавинний ефект; криптографічне кодування; строге стійке кодування.

Аналіз публікацій. Однією із характеристик криптоалгоритмів є лавинний ефект. Лавинний ефект (англ. *Avalanche effect*) – поняття в криптографії, зазвичай застосовується до блочних шифрів та хеш-функцій. Це важлива криптографічна властивість для шифрування, яка означає, що зміна значення малої кількості бітів у вхідному тексті або в ключі веде до «лавинної» зміни значень вихідних бітів шифротексту.

Термін «лавинний ефект» вперше був введений Х. Фейстелем у статті *Cryptography and Computer Privacy*, опублікованій в журналі *Scientific American* в травні 1978 року, хоча концептуальне поняття використовувалося ще Шенноном.

В алгоритмах з декількома проходами лавинний ефект зазвичай досягається завдяки тому, що на кожному проході зміна одного вхідного біта веде до декількох вихідних [1].

Визначення строгого лавинного критерію (СЛК) вперше було дано С. Таваресом та А. Вебстером в роботі з дослідження S-блоків. Булеву функцію можна розглядати як частину структури S-блоків. Дизайн

S-блоків, що задовольняють СЛК, був вивчений в роботах Адамса та С. Тавареса. Починаючи з 1990 року СЛК вивчається в контексті мулевих функцій.

Говорять, що криптографічний алгоритм задовольняє строгому лавинному критерію, якщо при зміні одного біта вхідної послідовності кожний біт вихідної послідовності змінюється з імовірністю одна друга [2].

Проте операції криптографічного кодування, навіть дворозрядні операції, не досліджувались на відповідність критерію строгого лавинного ефекту.

Мета статті визначити множину дворозрядних операцій криптографічного кодування, які відповідають критерію строгого лавинного ефекту, та розглянути особливості їх використання в криптоалгоритмах.

Основна частина

Розглянемо можливість досягнення строгого лавинного ефекту на прикладі дворозрядних операцій криптографічного кодування. Повна множина дворозрядних операцій криптографічного кодування наведена в табл.1.

Таблиця 1

Повна група дворозрядних операцій криптографічного перетворення інформації

| № | операція | № | операція | № | операція | № | операція |
|---|---|----|---|----|---|----|--|
| 1 | $F_{3,5} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$ | 7 | $F_{3,10} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \oplus 1 \end{bmatrix}$ | 13 | $F_{12,5} = \begin{bmatrix} x_1 \oplus 1 \\ x_2 \end{bmatrix}$ | 19 | $F_{12,10} = \begin{bmatrix} x_1 \oplus 1 \\ x_2 \oplus 1 \end{bmatrix}$ |
| 2 | $F_{6,5} = \begin{bmatrix} x_1 \oplus x_2 \\ x_2 \end{bmatrix}$ | 8 | $F_{6,10} = \begin{bmatrix} x_1 \oplus x_2 \\ x_2 \oplus 1 \end{bmatrix}$ | 14 | $F_{9,5} = \begin{bmatrix} x_1 \oplus x_2 \oplus 1 \\ x_2 \end{bmatrix}$ | 20 | $F_{9,10} = \begin{bmatrix} x_1 \oplus x_2 \oplus 1 \\ x_2 \oplus 1 \end{bmatrix}$ |
| 3 | $F_{3,6} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_1 \oplus x_2 \end{bmatrix}$ | 9 | $F_{3,9} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_1 \oplus x_2 \oplus 1 \end{bmatrix}$ | 15 | $F_{12,6} = \begin{bmatrix} x_1 \oplus 1 \\ x_1 \oplus x_2 \end{bmatrix}$ | 21 | $F_{12,9} = \begin{bmatrix} x_1 \oplus 1 \\ x_1 \oplus x_2 \oplus 1 \end{bmatrix}$ |
| 4 | $F_{5,3} = \begin{bmatrix} x_2 \\ x_1 \end{bmatrix}$ | 10 | $F_{5,12} = \begin{bmatrix} x_2 \\ x_1 \oplus 1 \end{bmatrix}$ | 16 | $F_{10,3} = \begin{bmatrix} x_2 \oplus 1 \\ x_1 \end{bmatrix}$ | 22 | $F_{10,12} = \begin{bmatrix} x_2 \oplus 1 \\ x_1 \oplus 1 \end{bmatrix}$ |
| 5 | $F_{5,6} = \begin{bmatrix} x_2 \\ x_1 \oplus x_2 \end{bmatrix}$ | 11 | $F_{5,9} = \begin{bmatrix} x_2 \\ x_1 \oplus x_2 \oplus 1 \end{bmatrix}$ | 17 | $F_{10,6} = \begin{bmatrix} x_2 \oplus 1 \\ x_1 \oplus x_2 \end{bmatrix}$ | 23 | $F_{10,9} = \begin{bmatrix} x_2 \oplus 1 \\ x_1 \oplus x_2 \oplus 1 \end{bmatrix}$ |
| 6 | $F_{6,3} = \begin{bmatrix} x_1 \oplus x_2 \\ x_1 \end{bmatrix}$ | 12 | $F_{6,12} = \begin{bmatrix} x_1 \oplus x_2 \\ x_1 \oplus 1 \end{bmatrix}$ | 18 | $F_{9,3} = \begin{bmatrix} x_1 \oplus x_2 \oplus 1 \\ x_1 \end{bmatrix}$ | 24 | $F_{9,12} = \begin{bmatrix} x_1 \oplus x_2 \oplus 1 \\ x_1 \oplus 1 \end{bmatrix}$ |

Визначимо в групі дворозрядних операцій криптографічного кодування операції які гарантовано забезпечують зміну половини бітів вхідної інформації (критерій строгого стійкого кодування).

Результати аналізу по критерію строгого стійкого кодування наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Результати аналізу по критерію строгого стійкого кодування

| Вхідна інформація | | Результати перетворення вхідної інформації | | | | | | | |
|-------------------|---|--|---|--|---|--|---|--|---|
| | | $F_{3,10} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \oplus 1 \end{bmatrix}$ | | $F_{12,5} = \begin{bmatrix} x_1 \oplus 1 \\ x_2 \end{bmatrix}$ | | $F_{10,3} = \begin{bmatrix} x_2 \oplus 1 \\ x_1 \end{bmatrix}$ | | $F_{5,12} = \begin{bmatrix} x_2 \\ x_1 \oplus 1 \end{bmatrix}$ | |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |

Криптографічний алгоритм задовольняє лавинному критерію, якщо при зміні одного біта вхідної послідовності змінюється в середньому половина вихідних бітів.

Формально для функції може бути дано таке визначення:

Функція $f : \{0,1\}^n \rightarrow \{0,1\}^n$ задовольняє лавинному критерію, якщо зміна одного біта на вході викликає зміну в середньому половини вихідних бітів [3].

Булева функція $f(x)$, де x – вектор з n змінних, задовольняє СЛК, якщо при зміні одного з n вхідних бітів вихідний біт змінюється з імовірністю рівною $\frac{1}{2}$.

Розглянемо можливість досягнення строгого лавинного ефекту операціями, які відповідають критерію строгого стійкого кодування. Для цього представимо послідовність наборів дворозрядних даних (по аналогії з картами Карно) таку, щоб два сусідніх набори, а також перший і останній набори відрізнялися лише одним розрядом (табл. 3).

Як видно з таблиці 3 зміна одного розряду вхідної інформації приводить до зміни одного розряду результату, тобто до зміни вихідних бітів з імовірністю $\frac{1}{2}$.

Таблиця 3

Результати аналізу на сторогий лавинний ефект

| Вхідна інформація | | Результати аналізу на сторогий лавинний ефект | | | | | | | |
|-------------------|---|--|---|--|---|--|---|--|---|
| | | $F_{3,10} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \oplus 1 \end{bmatrix}$ | | $F_{12,5} = \begin{bmatrix} x_1 \oplus 1 \\ x_2 \end{bmatrix}$ | | $F_{10,3} = \begin{bmatrix} x_2 \oplus 1 \\ x_1 \end{bmatrix}$ | | $F_{5,12} = \begin{bmatrix} x_2 \\ x_1 \oplus 1 \end{bmatrix}$ | |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |

Можна стверджувати, що визначені функції $F_{3,10}$, $F_{12,5}$, $F_{10,3}$, $F_{5,12}$ забезпечують при кодуванні не тільки зміну половини бітів вхідної інформації, а також відповідають критерію строгого лавинного ефекту.

Двораундове криптографічне кодування операціями зі строгим лавинним ефектом. Довизначимо операції двораундового кодування підставивши у вираз для кодування в другому раунді значення виразу для кодування в першому раунді. Отримані результати наведені в таблиці 4.

Таблиця 4

Результат довизначення операції двораундового кодування

| | | | | |
|--|---|---|---|---|
| | $F_{3,10} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \oplus 1 \end{bmatrix}$ | $F_{12,5} = \begin{bmatrix} x_1 \oplus 1 \\ x_2 \end{bmatrix}$ | $F_{10,3} = \begin{bmatrix} x_2 \oplus 1 \\ x_1 \end{bmatrix}$ | $F_{5,12} = \begin{bmatrix} x_2 \\ x_1 \oplus 1 \end{bmatrix}$ |
| $F_{3,10} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \oplus 1 \end{bmatrix}$ | $F_{3,10}(F_{3,10}) = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$ | $F_{3,10}(F_{12,5}) = \begin{bmatrix} x_1 \oplus 1 \\ x_2 \oplus 1 \end{bmatrix}$ | $F_{3,10}(F_{10,3}) = \begin{bmatrix} x_2 \oplus 1 \\ x_1 \oplus 1 \end{bmatrix}$ | $F_{3,10}(F_{5,12}) = \begin{bmatrix} x_2 \\ x_1 \end{bmatrix}$ |
| $F_{12,5} = \begin{bmatrix} x_1 \oplus 1 \\ x_2 \end{bmatrix}$ | $F_{12,5}(F_{3,10}) = \begin{bmatrix} x_1 \oplus 1 \\ x_2 \oplus 1 \end{bmatrix}$ | $F_{12,5}(F_{12,5}) = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$ | $F_{12,5}(F_{10,3}) = \begin{bmatrix} x_2 \\ x_1 \end{bmatrix}$ | $F_{12,5}(F_{5,12}) = \begin{bmatrix} x_2 \oplus 1 \\ x_1 \oplus 1 \end{bmatrix}$ |
| $F_{10,3} = \begin{bmatrix} x_2 \oplus 1 \\ x_1 \end{bmatrix}$ | $F_{10,3}(F_{3,10}) = \begin{bmatrix} x_2 \\ x_1 \end{bmatrix}$ | $F_{10,3}(F_{12,5}) = \begin{bmatrix} x_2 \oplus 1 \\ x_1 \oplus 1 \end{bmatrix}$ | $F_{10,3}(F_{10,3}) = \begin{bmatrix} x_1 \oplus 1 \\ x_2 \oplus 1 \end{bmatrix}$ | $F_{10,3}(F_{5,12}) = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$ |
| $F_{5,12} = \begin{bmatrix} x_2 \\ x_1 \oplus 1 \end{bmatrix}$ | $F_{5,12}(F_{3,10}) = \begin{bmatrix} x_2 \\ x_1 \end{bmatrix}$ | $F_{5,12}(F_{12,5}) = \begin{bmatrix} x_2 \\ x_1 \end{bmatrix}$ | $F_{5,12}(F_{10,3}) = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$ | $F_{5,12}(F_{5,12}) = \begin{bmatrix} x_1 \oplus 1 \\ x_2 \oplus 1 \end{bmatrix}$ |

Як видно із табл. 4 повторне виконання операцій криптографічного кодування приводить до невідповідності результатів кодування критерію строгого лавинного ефекту, а в випадках $F_{3,10}(F_{3,10})$, $F_{12,5}(F_{12,5})$, ... до розкодування інформації, в випадках $F_{12,5}(F_{3,10})$, $F_{3,10}(F_{12,5})$... до інверсії вхідної інформації. Виходячи з цього, можна стверджувати, що операції криптографічного кодування, які відповідають критерію строгого лавинного ефекту доцільно використовувати лише в одному раунді шифрування.

Висновки. Досліджено дворозрядні операції криптографічного кодування на відповідність критерію

строого лавинного ефекту. Розглянуто особливості використання дворозрядних операцій криптографічного кодування, які відповідають критерію строгого лавинного ефекту, в криптоалгоритмах. В операціях, які відповідають критерію строгого стійкого кодування, зміна одного розряду вхідної інформації приводить до зміни одного розряду результату, тобто до зміни вихідних бітів з ймовірністю $\frac{1}{2}$.

Результат виконання операцій криптографічного кодування в другому раунді не відповідає критерію строгого стійкого кодування, отже, такі операції доцільно використовувати в одному раунді шифрування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Richard A. Mollin, «Codes: the guide to secrecy from ancient to modern times», Chapman & Hall/CRC, 2005. – С. 142.
2. Thomas W. Cusick, Pantelimon Stanica, Pantelimon Stănică. Cryptographic Boolean Functions and Applications. – Academic Press, 2009. – С. 25.
3. Isl Vergili, Melek D. Yucel. // Avalanche and Bit Independence Properties for the Ensembles of Randomly Chosen $n \times n$ S-Boxes. – Turk J Elec Engin, 2001. – С. 137.

В. М. Рудницький,
Черкаський державний технологічний університет,
г. Черкаси, Україна
Л. А. Шувалова,
Черкаський державний технологічний університет,
г. Черкаси, Україна
О. Б. Нестеренко,
Черкаський інститут пожежної безпеки
ім. героїв Чорнобыля НУЦЗ України,
г. Черкаси, Україна

АНАЛИЗ ДВОРЯЗЯДНЫХ ОПЕРАЦИЙ КРИПТОГРАФИЧЕСКОГО КОДИРОВАНИЯ ПО КРИТЕРИЮ СТРОГОГО ЛАВИННОГО ЭФФЕКТА

В статье определено множество двухрядных операций криптографического кодирования, которые отвечают критерию строгого лавинного эффекта и рассмотрены особенности их использования в криптоалгоритмах. Рассмотрена возможность достижения строгого лавинного эффекта операциями которые отвечают критерию строгого устойчивого кодирования, для чего представлена последовательность наборов двухрядных данных такую, чтобы два соседних набора, а также первый и последний наборы отличались только одним разрядом.

Ключевые слова: лавинный эффект; криптографическое кодирование; строгое стойкое кодирование.

V. M. Rudnitsky,
Cherkasy state technological University,
Cherkassy, Ukraine
L. A. Shuvalova,
Cherkasy state technological University,
Cherkassy, Ukraine
O. B. Nesterenko,
Cherkasy Institute of fire safety named heroes
of Chernobyl NUCS Ukraine,
Cherkassy, Ukraine

ANALYSIS DORASDADDY OPERATIONS OF CRYPTOGRAPHIC ENCODING ACCORDING TO THE CRITERION OF THE STRICT AVALANCHE EFFECT

The article identifies many double operations cryptographic encoding which meet the criteria of strict avalanche effect, and the peculiarities of their use in cryptographic algorithms. The possibility of achieving the strict avalanche effect transactions which meet the strict criteria of sustainable encoding for which the sequence of sets double data such that the two adjacent sets, as well as the first and last sets differed only by one digit.

Key words: avalanche effect of cryptographic coding; strict coding.

Рецензенти: д. т. н., проф. **М. П. Мусієнко;**
к. т. н., доц. **І. М. Журавська.**

© Рудницький В. М., Шувалова Л. А., Нестеренко О. Б., 2016

Дата надходження статті до редколегії 05.04.16

Кутковецький В. Я.,

д-р техн. наук, професор кафедри комп'ютерної інженерії
ЧНУ ім. Петра Могили,
м. Миколаїв, Україна,
valentin.kutkovetsky@gmail.com

Турти М. Ю.,

студент кафедри захисту інформації,
Національний кораблебудівний університет ім. Адмірала Макарова,
м. Миколаїв, Україна,
turty@ua.com

Гриза О. В.,

магістрант кафедри комп'ютерної інженерії,
ЧНУ ім. Петра Могили,
м. Миколаїв, Україна,
hryza7@gmail.com

УЗАГАЛЬНЕНИЙ МЕДИЧНИЙ ДАТЧИК ДЛЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ

Розглянуто концепцію створення медичного датчика для моніторингу стану здоров'я пацієнта, метою якого є підсумовування даних від різних датчиків. Датчик попереджає про перехід граничних параметрів і про небезпечне наближення кількох параметрів до значень, які в сукупності представляють собою загрозу для здоров'я людини (хоча жоден з параметрів не переступив кордонів). Нині використовуються системи моніторингу для узагальнення стану здоров'я пацієнтів, які призначені для сигналізації, коли один з параметрів пройшов допустиму межу. Таким чином, вирішена проблема запобігання загрози для здоров'я пацієнта, коли кілька параметрів збільшуються без переходу небезпечної межі.

Ключові слова: інтелектуальний медичний датчик, автоматизовані інтелектуальні системи, рівень безпеки стану здоров'я.

Постановка проблеми. Автоматизовані інтелектуальні системи застосовуються для отримання інформації щодо поточного фізичного стану та даних спортсменів, старих чи хворих дорослих людей та дітей з використанням медичних датчиків, які сигналізують про їх фізичні дані та про виникнення проблем з різним рівнем необхідного обслуговування, чи загроз їх здоров'ю [1-4, 8].

Дана проблема є актуальною, тому що її розв'язок спрямований на вчасне отримання необхідних медичних процедур хворими, яким загрожує найбільша небезпека. Це зберігає здоров'я пацієнтів, поліпшує умови обслуговування хворих, а також поліпшують умови роботи медичного персоналу, якому не приходить в момент надходження кількох аварійних сигналів розв'язувати проблему про встановленню черги в обслуговуванні хворих.

Нині використовуються узагальнюючі системи контролю над станом здоров'я, але вони спрямовані на сигналізацію, якщо один будь-який з параметрів перейшов дозволена межу. Тому була поставлена задача про визначення загрози для здоров'я пацієнта, коли декілька параметрів, не переходячи заборонені границі, наближаються до них.

Метою роботи є розгляд питань, потрібних для створення пристрою, який дає ієрархічний аварійний сигнал загрози з пріоритетом надання медичної допомоги не лише у випадку перевищення одним з параметрів дозволеної межі, але також у випадку, коли *декілька параметрів*, не переходячи заборонені границі, загрозово наближаються до границь, або у випадку, коли перевищення декількох параметрів супроводжується небезпечним зростанням інших параметрів.

Аналіз досліджень і публікацій. Медичною інформаційною системою називають комплекс технічних засобів, програмного, математичного і алгоритмічного забезпечення, призначений для поліпшення обслуговування хворих і збереження їх здоров'я шляхом автоматизованого збору, аналізу медико-біологічної інформації і видачі результатів у зручному для обслуговуючого персоналу вигляді [1].

Експериментальні дослідження показали, що 85% часу обслуговуючого персоналу іде на пошук необхідної інформації, визначення, кого потрібно обслуговувати в першу чергу, а також на надання отриманої інформації на ієрархічно вищий рівень. Використання автоматизованих медичних інформаційних

системи (МІС) позитивно впливає на збереження здоров'я хворих і поліпшує роботу обслуговуючого персоналу на кожному з етапів діагностично-лікувального процесу [1, 5].

Загальна технологічна схема діагностично-лікувального процесу зображена на рис. 1.

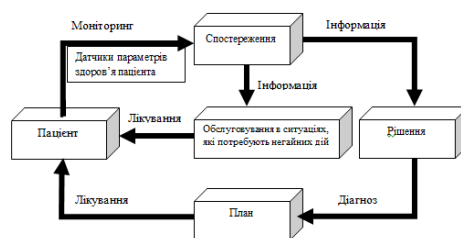


Рис. 1. Технологічна схема діагностично-лікувального процесу

Відомо, що комплексні інформаційні системи дозволяють організувати лікування хворих на сучасному рівні і забезпечують суттєве підвищення не тільки якості лікування і рівня медичних послуг, але й рентабельність використання медичних ресурсів [2].

Виклад основного матеріалу. Концепція пристрою узагальнюючого медичні показники. Пропонований напрямок використання декілька датчиків, може бути розширеним на n – вимірний простір з довільною кількістю змінних і довільним характером інформації. Нижче для спрощення ми будемо розглядати хвору людину, у якій контролюється лише температура тіла t , тиск крові p , ритм серця f та зволоження v .

Звичайно ці параметри контролюються окремими датчиками, які сигналізують про перевищення деякого граничного рівня ($t > T_{max}$, $p > P_{max}$, $f > F_{max}$, $v > V_{max}$), або про не дозволене зниження числових значень параметрів ($t < T_{min}$, $p < P_{min}$, $f < F_{min}$, $v < V_{min}$).

$$R_1 = \sqrt{\sum_{j=1}^n x_j^2} \Rightarrow R_2 = \sqrt{t^2 + p^2 + f^2 + v^2}, \quad (1)$$

де R_1, R_2 – радіуси – вектори в n -вимірному просторі; x_j – змінна, яка характеризує стан хворої людини; $j = 1, 2, \dots, n$ -порядковий номер змінної x_j .

Тут змінні x_j [або(t, p, f, v)] з метою запобігання неоднакового впливу на рішення малих і великих цифр параметрів представлені у відносних одиницях

Але в подібних інтелектуальних системах виникає додаткова потреба у наявності загального сигналу із загальною характеристикою рівня небезпеки одночасно по всім параметрам, бо обслуговуючому персоналу насамперед потрібно знати загальний рівень небезпеки і рівень потреби у допомозі у випадку одночасної появи сигналів від кількох пацієнтів.

З математичної точки зору змінні (t, p, f, v) можна уявити незалежними і розміщеними по взаємно перпендикулярним осям. При відомих максимальних значеннях змінних (t, p, f, v) всі практично можливі точки координат, які характеризують стан людини у вигляді деякої складної функції $Q(t,p,f,v)$, розміщуються всередині деякої кулі [6].

Гіперкулею n -вимірного простору зветься геометричне *міло*, всі точки якого з координатами $X=(x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$ знаходяться від центру на відстані, не більшої за гіперрадіус (рис. 1)

по відношенню до нормальних або деяких граничних значень.

За формулою (1) змінні не виходять за межі радіусу гіперкулі. Тому ми розглядаємо гіперкулю обмеженого радіусу R_1 рис. 2, а процеси, які спостерігаються у хворого вважаємо розміщеними в тілесному гіперкуті, який спирається на площину S .

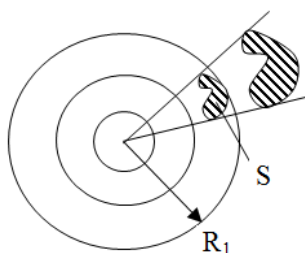


Рис. 2. Гіперкуля із зовнішнім радіусом R_1 з вкладеними порожнистими гіперкулями та тілесним гіперкутом, що спирається на площу S гіперсфери радіусом R_1

В інтелектуальних системах ми розглядаємо деяку складну залежність $Q(R)$, де $R_1(x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$ –

радіус гіперкулі. З формули (1) випливає, що при нормалізації всіх змінних максимальні значення всіх

параметрів тіла людини (t, p, f, v) можуть бути обмежені значенням граничних радіусів R_{i1} відповідної гіперкулі, де $i = 1, 2, 3$ -порядкові номери радіусів (порядкові номери рівнів небезпеки). Завдання кількох вкладених одна в одну порожнистих гіперкул з граничними радіусами R_{i1} характеризує відповідну ступінь загроз для здоров'я хворого.

Подібна інформація має ту перевагу, що вона є чутливою до випадків, коли одночасно кілька змінних наближуються до недозволеної границі, бо в існуючих інформаційних системах звичайно не розглядається небезпека здоров'ю людини у випадках, коли граничний рівень не перевищується, але разом з тим ряд параметрів може загрозливо наближуватись до граничних рівнів. Також можна порівнювати рівні загроз, коли на додаток до перевищення параметрами

визначених границь також зростають і інші загрози, які не переходять дозволеної межі.

Формула (1) встановлює загальний вигляд граничної геометричної залежності між змінними. Для більшої зручності у визначенні інформаційної функціональної залежності бажано, щоб параметри людини (t, p, f, v) у нормальному стані давали інформацію у вигляді радіуса R_2 , рівного 1, зі збільшенням R_2 при подальшому зростанні (t, p, f, v).

У формулі (1) потрібно урахувати, що змінні (t, p, f, v) у хворого є взаємно залежними: якщо $t > T_{\max}$, то інші змінні (p, f, v) теж можуть збільшуватись; різні змінні по-різному впливають на рівень загрози щодо пацієнта.

Тому для аналізу пропонується використовувати модифіковану формулу (1), наприклад, у вигляді

$$R_3 = k_R \sqrt{\sum_{j=1}^n k_j x_j^2} \Rightarrow R_4 = k_R \sqrt{(k_t t)^2 + (k_p p)^2 + (k_f f)^2 + (k_v v)^2}, \quad (2)$$

де $k_R = 0 \dots 1$ – коефіцієнт зведення радіусів R_3 та R_4 до 1 при нормальних параметрах (t, p, f, v) здорової людини; k_t, k_p, k_f, k_v – коефіцієнти впливу, які змінюються у межах $0 \dots 1$, для урахування того, що різні координати - параметри (t, p, f, v) по-різному впливають на загрозу здоров'ю; (t, p, f, v) – параметри, які представлені у відносних одиницях по відношенню до номінальних значень здорової людини. Відносні одиниці використані з метою запобігання неоднакового впливу на рішення малих і великих цифр параметрів.

Якщо $R_4 > R_{i1}^{\max}$ (або $R_4 < R_{i1}^{\min}$), $i = 1, 2, 3$, то використовуються три рівня аварійної сигналізації:

R_{11}^{\max} (R_{11}^{\min}) – наближення до аварійної ситуації (постійний жовтий світловий сигнал);

R_{22}^{\max} (R_{22}^{\min}) – аварійна ситуація (червоний світловий сигнал, звуковий сигнал);

R_{33}^{\max} (R_{33}^{\min}) – аварійна ситуація підвищеного ризику (блискаючий червоний світловий сигнал, перерваний звуковий сигнал).

Внаслідок складності обмежуючої функції (2), її коефіцієнти нелінійно залежать від змінних. Використання згідно аналітичної геометрії n – вимірних тілесних кутів двовимірної мапи для відображення процесів $Q(R)$ в n – вимірному просторі підвищує наочність аналізу; дозволяє перевести всі процеси в один тілесний кут з графічним відображенням ізоліній функції $Q(R)$ та годографа вектора R і сприяє апроксимації нелінійних функціональних залежностей [6].

Використання бездротових технологій дозволить вести моніторинг стану здоров'я осіб на відстані та можливість для вільного пересування пацієнта в межах визначеної території [7, 8].

Монітори і датчики використовуються для відстеження основних показників стану організму та інших необхідних даних пацієнтів, що проходять як стаціонарне, так і амбулаторне лікування. Якщо датчики підключають за допомогою проводів, то вони обмежують вільний рух пацієнта і, таким чином, можуть бути незручними. Крім того, для деяких параметрів обмеження руху пацієнтів не дозволяє здійснювати їх моніторинг.

Використання бездротового зв'язку привело до розробки бездротових датчиків і моніторів. У таких установках набір вузлів бездротових датчиків, закріплених на тілі пацієнта, вимірюють основні показники стану організму пацієнта, формують те, що називається мережею натільних датчиків.

Розвиток бездротового моніторингу призвело до появи програм, які все частіше використовуються на практиці як стандарт.

Такий бездротовий моніторинг даних пацієнта в мережах забезпечує зручність, необхідне для виконання моніторингу пацієнта в умовах "реального життя". Хоча переваги бездротового моніторингу є значними, залишається потреба забезпечення безпеки інформації про пацієнта. Безпека є обов'язковою вимогою в таких системах. Вона спрямована на забезпечення конфіденційності його приватного життя і відповідає законодавчим вимогам в області охорони здоров'я.

У загальному випадку автоматизовані системи правління надають можливість керувати криптографічними ключами для забезпечення конфіденційності обміну інформації стосовно стану пацієнта. Захист у сфері приватного життя пацієнта необхідна для захисту пацієнтів від відстеження та для гарантування, що тільки уповноважений персонал може отримувати доступ до медичної інформації про пацієнта.

Висновки.

1. Розглянутий датчик дає ієрархічний аварійний сигнал загрози з вказівкою пріоритету надання медичної допомоги не лише у випадку перевищення одним з параметрів дозволеної межі, але також у випадку, коли декілька параметрів, не переходячи заборонені границі, загрозливо наближаються до вказаних границь, або у випадку, коли перевищення декількох параметрів супроводжується небезпечним зростанням інших параметрів.

2. Розглянутий датчик спрямований на збереження здоров'я пацієнтів і поліпшення умов його обслуговування. Подібний захист може застосовуватись в усіх аналогічних інтелектуальних системах.

3. Датчик дозволяє поліпшити умови праці обслуговуючого персоналу за рахунок надання йому інформації про ієрархічність, порядок обслуговування па-

цієнтів. Датчик може бути пристосованим для використання в системах з бездротовим зв'язком і для автоматизованого запису в історію хвороби.

ЛІТЕРАТУРА

1. Медичні інформаційні технології в Україні. – Режим доступу : URL :
2. http://studopedia.com.ua/1_15493_medichni-informatsiyuni-tehnologii-v-ukraini.html
3. Хвищун А. І., Качмар В. О., Бунь Р. А. Принципи формування єдиної медичної інформаційної системи.
4. Качмар В. О. Медичні інформаційні системи – стан розвитку в Україні / В. О. Качмар // Український журнал телемедицини та медичної телематики. – 2010.
5. Чурпій І. К. Сучасний стан інформатизації в медицині / І.К. Чурпій,
6. Н. В. Чурпій, В. Д. Скрипко // Буковинський медичний вісник. – 2011.
7. Олексієнко М. М. Інформаційна система прогнозування захворювання населення під впливом шкідливих домішок оточуючого середовища / М. М. Олексієнко // Управління розвитком складних систем. Зб. наук. праць. – Вип. 7, 2011
8. Кутковецький В.Я. Аналітична геометрія в n – вимірних тілесних кутах // Наукові праці: Науково-методичний журнал. – Вип. 254. – Т. 266. Комп'ютерні технології. – Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2015.
9. Осташко В. Г., Слабкий Г. О., Голубчиков М. В., Коваленко О. С
10. Організаційно-управлінські аспекти створення телемедичної мережі.
11. Система багатопараметричної ідентифікації, аутентифікації, авторизації і розподілу ключа для моніторингу пацієнта//Patents and inventions search system. – Режим доступу : URL : <http://findpatent.com.ua/patent/249/2491746.html>.

В. Я. Кутковецький,
Черноморський національний університет
ім. Петра Могили,
М. Ю. Турты,
Національний університет
кораблестроєння ім. Адм. Макарова,
А. В. Грыза,
Черноморський національний університет
ім. Петра Могили,
г. Николаев, Украина

ОБОБЩЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ ДАТЧИК ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Рассмотрена концепция создания медицинского датчика для мониторинга состояния здоровья пациента, целью которого является суммирование данных от различных датчиков. Датчик предупреждает о переходе предельных параметров и об опасном приближении нескольких параметров до значений, которые в совокупности представляют собой угрозу для здоровья человека (хотя ни один из параметров не преступил границ). В настоящее время используются системы мониторинга для обобщения состояния здоровья пациентов, которые предназначены для сигнализации, когда один из параметров прошел допустимый предел. Таким образом, решается проблема предотвращения угрозы для здоровья пациента, когда несколько параметров увеличиваются без перехода опасной границы.

Ключевые слова: интеллектуальный медицинский датчик; автоматизированные интеллектуальные системы; уровень опасности для здоровья.

V. Y. Kutkovetskiy,
Petro Mohyla Black Sea National University,
M. Y. Turty,
The Admiral Makarov National University
of Shipbuilding,
O. V. Hryza,
Petro Mohyla Black Sea National University,
Mykolaiv, Ukraine

CONSOLIDATED MEDICAL SENSOR SYSTEMS FOR INTELLIGENT SYSTEMS

It is considered the concept of creating a medical sensor for monitoring of the patient's health, which aims to summarize data from various sensors. Sensor warns about limit parameters' transition and the dangerous approach of several parameters to the values, which together represent a threat to human health (although none of the parameters do not overstepped the borders).

Automated intelligent systems are used to obtain information about the current physical condition and data of athletes, older or sick adults and children. The medical sensors signal their physical characteristics and the occurrence of problems with varying levels of required medical maintenance, or threats to their health.

This issue is relevant because its solution is aimed at the timely receipt of necessary medical procedures by the patients who face the greatest danger. This preserves the health of patients, improve patient care and improve working conditions for medical staff, which must not decide the problem of the establishment of the queue of patients at the moment of a few received alarms.

Currently used monitoring system for summarizing the state of patient's health are designed to alarm, when any one of the parameters passed the allowed limit. Therefore, it is solved the problem of the threats prevention to the health of the patients, when multiple parameters are increased without going over dangerous border.

Key words: *intelligent medical sensor; automated intelligent systems; level of patients health danger.*

Рецензенти: д. п. н. проф. О. П. Мещанінов;
д. т. н. проф. М. П. Мусієнко.

© Кутковецький В. Я., Турти М. Ю., Гриза О. В.

Дата надходження статті до редколегії 11.05.16

ЛОГІСТИЧНІ МОДЕЛІ ВАНТАЖОПЕРЕВЕЗЕНЬ В МЕРЕЖІ МАГАЗИНІВ

У статті розглядаються логістичні моделі перевезення вантажів в мережі магазинів продовольчого напрямку, надано їх характеристики та особливості впровадження. Охарактеризована система стандартів логістичних моделей (технічних, вартісних, інформаційних). Представлена порівняльна характеристика моделей, визначені їх плюси і мінуси, а також можливості впровадження. Сформовано рекомендації по підвищенню ефективності діяльності по вантажоперебезенням, побудованої на застосуванні логістичних моделей.

Ключові слова: логістика; доставка товару; логістичне моделювання; детерміновані моделі; стохастичні моделі; вербальні моделі.

Логістичні методи обробки використовуються в багатьох областях, в тому числі й в мережах магазинів, для оптимізації вантажоперебезень. Доставку товару можна розглядати як елемент інформаційної складової логістики. Основні задачі оптимального вантажоперебезення полягають в раціональному розміщенні товару та виконанні всіх операцій, що необхідно виконати при перевезеннях товару на різних етапах процесу.

Розробками в області, що розглядається, займалися такі вітчизняні та зарубіжні вчені: Крикавський С. В., Гаджинський А.М., Окландер М. А. та багато інших. В той же час слід зазначити, що питання логістики вантажоперебезень в Україні потребує подальших досліджень та подальших розробок.

Дослідження вітчизняних та зарубіжних вчених в області вантажоперебезень доводять, що логістичне моделювання приводить до підвищення ефективності діяльності торгівельного об'єкту. Принципи, на яких базується логістичне моделювання вантажоперебезень: системність, цілісність, ієрархічність, функціональність, цілеспрямованість, керованість, адекватність, альтернативність, комплексність. Також виділяють словесні (вербальні) та математичні економічні моделі. Математичні моделі відрізняються чіткістю, можливістю строгої дедукції, перевіряемістю та ін. Використання словесної моделі краще використання фальсифікованої математичної моделі або відсутності моделі.

Основна ціль моделювання – прогнозування поведінки системи. Моделювання повинне передбачити усі можливі варіанти і дати відповідь, яка буде обгрунтованою.

Логістична модель може бути абстрактною або матеріальною. Логістичні моделі перевезень поділяються на три типи: детерміновані, стохастичні і вербальні. Перші – використовуються у рамках підрозділів підприємства, що займаються перевезеннями; другі – дозволяють врахувати, як впливають на процес вантажоперебезень різноманітні зовнішні фактори; треті – базуються на узагальненні досвіду в управлінні вантажоперебезеннями і розглядаються як система, яка є складовою логістики.

Детермінованість логістичного вантажоперебезення об'єктивно вкладає в дублювання операцій, в наявність елементів розподільної логістики, в можливість стандартизувати всі вимоги, що пред'являються до логістичних операцій. Тільки можливість стандартизації вантажоперебезень і створює передумови, що є необхідними, для розробки детермінованих логістичних моделей вантажоперебезень.

Система стандартів детермінованої логістичної моделі перевезень може бути реалізована як деяка сукупність підсистем. Підсистема функціональних стандартів містить стандарти планування, стандарти обліку, стандарти аналізу, стандарти контролю та регулювання діяльності підприємства.

Технічні стандарти зазвичай розподіляються на технологічні операції логістики, які включають складування, навантажувально-розвантажувальні роботи, транспортування, приймання продукції, зберігання, підготовку продукції до переміщень та продажу, організацію продажу та інше.

Стандарти у рамках детермінованих логістичних моделей вантажоперебезень часто не відрізняються від стандартизації інших процесів на підприємстві. Стандарти трудові завжди тісно пов'язані із стандар-

тами технологічними і часто виступають складовою частиною останніх. Вартісні стандарти в умовах свободи ціноутворення та монополізованого ринку містять різні методики ціноутворення.

Інформаційні стандарти, це стандарти, що визначають склад і порядок при зборі інформації, що пов'язана з вантажоперевезеннями, а також методи та інструменти її обробки, програмні та технічні засоби, системи інформаційного забезпечення розподільної логістики.

Застосування детермінованих логістичних моделей переміщення вантажів обмежене, оскільки:

- в наявності економічна та політична нестійкість ринку;
- недостатньо розвинута законодавча база ринкового типу;
- в наявності невизначеність та ризик діяльності через кризу платежів;
- договірна дисципліна дуже низька та інше.

Розглянута модель, що обмежується рамками підприємства, як правило не може бути працездатною, так як перевезення переважно спрямовані зовні підприємства. Тому частіше використовують стохастичні або ймовірнісні моделі, в тому числі моделі імітаційного моделювання, регресивні моделі, моделі масового обслуговування та ін.

Для побудови стохастичних логістичних моделей вантажоперевезень необхідно пройти такі основні етапи:

- сформулювати цілі та завдання логістичного моделювання;
- побудувати концептуальні моделі процесу пе-

реміщення товару на основі вербального опису моделі;

- сформулювати комплекс вимог до моделі, що розробляється;
- розробити математичну модель процесу переміщення;
- розробити програму моделювання моделюючого алгоритму;
- верифікувати імітаційну модель;
- оцінити придатність стохастичної логістичної моделі, що була отримана.

При формуванні стохастичних логістичних моделей перевезень найбільшу складність представляє облік впливу на діяльність підприємства різних чинників. Аналіз практики перевезень показує, що між більшістю чинників існує певний причинно-наслідковий зв'язок, який можна описати математичними моделями з корелюючими чинниками.

Припустимо, що між чинниками $V_j, j=1,2, \dots, n$ є досить потужна кореляційна залежність. Причиною цього часто є необхідність включення в модель лагових змінних $x(t-1), x(t-2), \dots, V_j(t-1), V_j(t-2), \dots$, які відбивають протікання процесів в певні моменти у минулому по відношенню до реального значення. Зазвичай, для транспортних процесів характерне запізнювання впливу тих чи інших чинників на кінцеві результати логістичної діяльності.

Якщо запізнювання впливу є характерним для незалежних змінних $V_j, j=1,2, \dots, n$, то для змінної V_1 модель буде мати вид:

$$x(t) = a_0 + a_1 v_1(t) + \dots + a_{r-1} v_{r-1}(t-r) + \varepsilon(t), \quad (1)$$

де a_0 – значення неідентифікованих чинників;
 a_1, a_{r-1} – коефіцієнти моделі, що характеризують міру впливу відповідних чинників на незалежні змінні;
 $\varepsilon(t)$ – помилка моделі.

Модель типу 1 на практиці об'єктивно обмежена з-за негнучкості (постійності) значення коефіцієнта кореляції на увесь період застосування цієї моделі. Проте в реальній ситуації коефіцієнти кореляції чинників є величинами змінними. Оскільки додатково

$$x(t) = a_0(z_1 t) + a_1(z_1 t) v_1(t) + \dots + a_n(z_1 t) v_n(t) + \varepsilon(t), \quad (2)$$

де z – вектор, що характеризує сукупність чинників, що міняються в часі.

Дуже часто застосування логістичних моделей перевезень цього виду на практиці ускладнене з-за недостовірності інформації о логістичній діяльності, невірною кількісною інтерпретацією зовнішніх і внутрішніх чинників, відсутності програмних засобів та технічного забезпечення. Але найголовніше утруднення в тому, що розглянуті моделі, як правило, екстраполюють умови того періоду, що було прогнозовано на деякий відрізок часу, що не є продуктивним у вантажоперевезеннях, де велика мінливість кон'юнктури ринку.

з'являються зовнішні та внутрішні чинники, це веде до перебудови взаємодії між змінними логістичної моделі перевезень.

Необхідно вести облік таких змін, що обумовлює використання в логістичному моделюванні вантажоперевезень математичних моделей, які мають змінну структуру. В остаточному випадку отриману модель можна представити наступним виразом:

Деякі проблеми, з перелічених, можна зняти при логістичному моделюванні перевезень, якщо використовувати теорію масового обслуговування. Розглянемо дві моделі: модель без втрат і модель з втратами.

Логістична модель перевезень без втрат (рис. 1) описує прості канали розподілу, де стосунки між двома об'єктами (продавець та покупець) безпосередні, а кількість покупців обмежена, тому що характер продукту є специфічним (наприклад, інвестиційний продукт), або з-за вузькості ринку (наприклад, по продукції виробничо-технічного призначення), де θ – джерело замовлень; a – величина замовлень; Δ – накопичувач замовлень; b – прийняті замовлення; l – служба збуту; c – виконані замовлення.

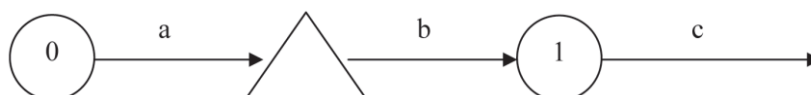


Рис. 1. Схема логістичної моделі перевезень без втрат

Розглянута модель є надійною до того часу, поки не стануться зміни в області платоспроможності споживачів та у виробничому апараті виробника. Однак на практиці не часто зустрічається незмінність попиту і пропозиції, тому що для багатьох логістичних моде-

лей вантажоперевезень більш сумісні системи масового обслуговування з втратами (рис. 2), де d – втрати з-за обмеженого часу очікування їх виконання; e – відмова виконання замовлень; m – кількість ланок в каналах розподілення.

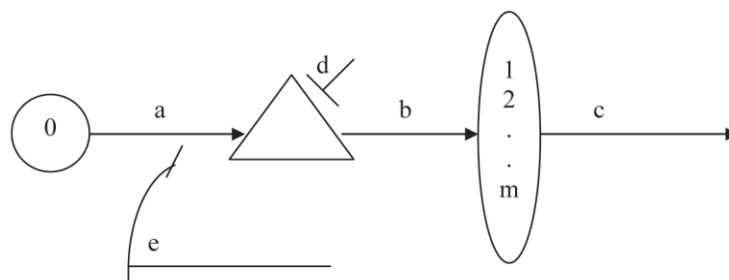


Рис. 2. Схема логістичної моделі з втратами

Відрізняють два види втрат:

1) втрати замовлень з-за обмеженості часу обслуговування, що виникають унаслідок незв'язаності виробничого циклу і циклу споживання;

2) втрати з-за відмов при виконанні замовлень, що пояснюються недоліком виробничих потужностей або недостатнім розвитком каналів розподілу.

Наслідком цього, в даних моделях пріоритетне значення мають канали розподілу, їх кількість і якість визначає зростання або скорочення втрат.

Логістичні моделі перевезень, що побудовані з використанням теорії масового обслуговування, зазвичай не використовуються у вітчизняній практиці. Обмеження їх використання обумовлено такими ж причинами, що і в математичних моделях. До того ж, практичне застосування теорії масового обслуговування в логістиці недостатньо вивчене.

Широко розповсюджені вербальні моделі управління вантажоперевезеннями. Ці моделі побудовані на узагальненні досвіду в організації управління перевезеннями. Головним елементом вербальних логістич-

них моделей перевезень є організаційні структури перевезень, представлені як сукупність підрозділів підприємства та комерційних посередників, між якими налагоджена система взаємозв'язків (матеріальних, фінансових, інформаційних та ін.) для забезпечення руху товарів на об'єкти.

Зазвичай, ця модель може зазнати найрізноманітніші зміни залежно від масштабів виробництва, рівня спеціалізації, характеристики обслуговуваних ринків і так далі, аж до суб'єктивних якостей керівництва підприємства.

Як підсумок, можна рекомендувати такі засоби по підвищенню ефективності логістичної діяльності, що побудовані на використанні логістичних моделей:

- зменшити жорсткість моделей, підвищити їх конкретність та приблизити до практики;
- розробити альтернативні моделі з урахуванням впливу на них зовнішніх та внутрішніх чинників;
- орієнтувати моделювання на поліпшення кінцевих результатів транспортної діяльності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Акішина О. В. Організація матеріально-технічного забезпечення виробництва як об'єкт логістичних рішень / О. В. Акішина, Л. Р. Іванишин, Г. М. Мадрига // Вісн. НУ «Львівська політехніка». – 2004. – № 499. – С. 132.
2. Бержанір А. Л. Логістика: [навч. посіб.] / А. Л. Бержанір – УВПП, 2009. – 257 с.
3. Димарчук С. М. Логістична система управління та її взаємозв'язок з стратегією підприємства / С. М. Димарчук // Вісник ДУ «Львівська політехніка», 2000. – № 390. – С. 20-22.
4. Гаджинський А. М. Логістика: Підручник. – 9-е вид., перероб. и доп. / А. М. Гаджинський – М. : Дашков і К, 2004. – 408 с.
5. Пономарьова Ю. В. Логістичні витрати як основний критерій ефективності логістичної системи / Ю. В. Пономарьова // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»: Зб. наук. праць. Випуск 20. – Харків : НТУ «ХПІ», 2003. – С. 114-117.
6. Селюченко Н. С., Кічор В. П. Оптимізація запасів підприємства з врахуванням взаємозамінності факторів виробництва // Вісник НУ «Львівська політехніка». – 2002. – № 446. – С. 375-380.

**Л. В. Солобуто,
М. Е. Солобуто,**
Черноморский национальный университет
им. Петра Могилы,
г. Николаев, Украина

ЛОГИСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ГРУЗОПЕРЕВОЗОК В СЕТИ МАГАЗИНОВ

В статье рассматриваются логистические модели перевозки грузов в сети магазинов продовольственного направления, приведены их характеристики и особенности использования. Охарактеризована система стандартов логистических моделей (технических, стоимостных, информационных). Представлена сравнительная характеристика моделей, определены их плюсы и минусы, а также возможности внедрения. Сформированы рекомендации по повышению эффективности сбыта, построенной на использовании логистических моделей.

Ключевые слова: логистика; логистическое моделирование сбыта; детерминированные модели; стохастические модели; вербальные модели сбыта.

**L. V. Solobuto,
M. E. Solobuto,**
Petro Mohyla Black Sea National University,
Mykolaiv, Ukraine

LOGISTIC MODELS OF TRANSPORTATIONS ARE IN THE NETWORK OF SHOPS

In article logistic models of transportation of goods in retail networks of the food direction, the principles on which logistic models are based are considered, their characteristics and features of use are provided. The system of standards of logistic models is described (technical, cost, information). The mathematical model of process of transportation of a load and sale is considered. The comparative characteristic of models is provided, their pluses and minuses, and also possibilities of implementation are defined. Factors which influence activities of the enterprise are analyzed, their mathematical model, taking into account correlation of factors is described. Recommendations about increase in the efficiency of sale constructed on use of logistic models are created.

Key words: logistics; logistic modeling of sale; logistic modeling; the determined models; stochastic models; verbal models of sale.

Рецензенти: д. т. н., проф. **І. І. Коваленко;**
к. т. н., доц. **І. М. Журавська.**

© Солобуто Л. В., Солобуто М. Е., 2016

Дата надходження статті до редколегії 19.04.16

ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИЙ ДАТЧИК МЕТАНУ

Можливості існуючих відомих пристроїв мають обмеження по використанню або по компенсації впливу температурних та неконтрольованих експлуатаційних факторів. Запропоновано нове схемотехнічне рішення волоконно-оптичного датчика метану.

У розробленому волоконно-оптичному датчику метану реалізована інваріантність до впливу дестабілізуючих неконтрольованих факторів на вимірювальний канал датчика метану. Одночасно забезпечена можливість залучення приладу до складу систем газового контролю, які використовуються для моніторингу газового складу в різних галузях промисловості та транспорту.

Використання волоконно-оптичного датчик метану дозволить адекватно і достовірно оцінювати кількісні показники метану в навколишнім середовищі.

Ключові слова: датчик метану; волоконний світловод; лазерне випромінювання; газопроникна мембрана; флуктуації температурного поля.

Останнім часом все більш широке поширення набувають системи контролю газового середовища у небезпечних експлуатаційних умовах, побудовані на основі волоконно-оптичних технологій. Ця тенденція обумовлена низкою переваг волоконно-оптичних вимірювальних пристроїв над традиційними – вони мають високу чутливість, стійкі до електромагнітних завад, електрично пасивні, мають малу вагу і габарити, легко мультиплексируються і мають низьку вартість виготовлення чутливих елементів.

У той же час, аналіз існуючих конструкцій пристроїв контролю метану показав, що можливості бі-

льшості використовуваних вимірювальних пристроїв не дозволяють реалізувати ефективний моніторинг газового середовища. Для виявлення причин виниклого дисбалансу в задачах газового контролю розглянуті конструкції найпоширеніших типів датчиків контролю метану [1, 2].

Відомий оптичний датчик метану, який складається з джерела лазерного випромінювання, фотоприймача, дзеркальні мішені, модуля обробки сигналу, процесорного модулю та з рідкокристалічним екраном (рис. 1) [3].

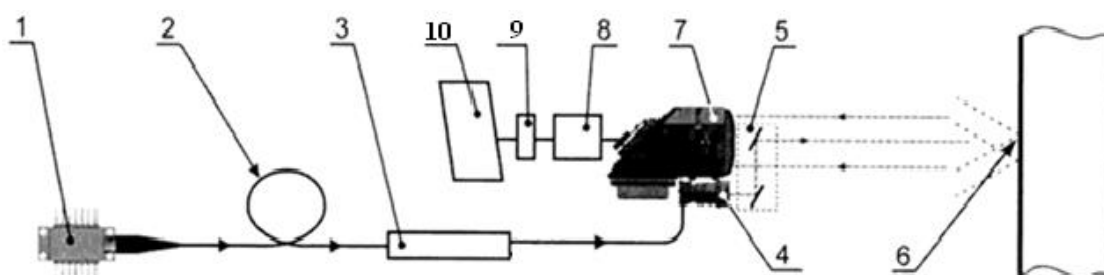


Рис. 1. Датчик метану: 1 – джерело випромінювання; 2 – світловод; 3 – з'єднувач; 4 – об'єктив; 5 – дзеркала; 6 – мішені; 7 – приймальний об'єктив; 8 – фотоприймач; 9 – плата обробки сигналу; 10 – процесорний модуль

Недоліки пристрою, які обумовлені використанням віддалених дзеркальних мішеней:

- низька точність локалізації місця витоку газу;
- сильна залежність точності вимірювання від стану повітря між джерелом лазерного випромінювання, дзеркальним мішенями та фотоприймачем;
- необхідність обробки контактної поверхні дзеркальних мішеней з надзвичайно високою якістю для уникнення створення умов для появи паразитної модуляції;

– необхідність наявності складної системи компенсації порушення геометрії лінії зв'язку між джерелом лазерного випромінювання, дзеркальним мішенями та фотоприймачем.

У меншій мірі експлуатаційні та конструктивні фактори впливають на характеристики волоконно-оптичний датчик метану, що складається з джерела лазерного випромінювання, світловода, первинного розгалужувача, системи дзеркал, топографічних віддалених дзеркальних мішеней, двох оптичних фотоп-

риймачів, коліматору, багатопрохідної комірки, пробовідбірника з вхідним фільтром, процесорного модулю з рідкокристалічним екраном (рис. 2) [4].

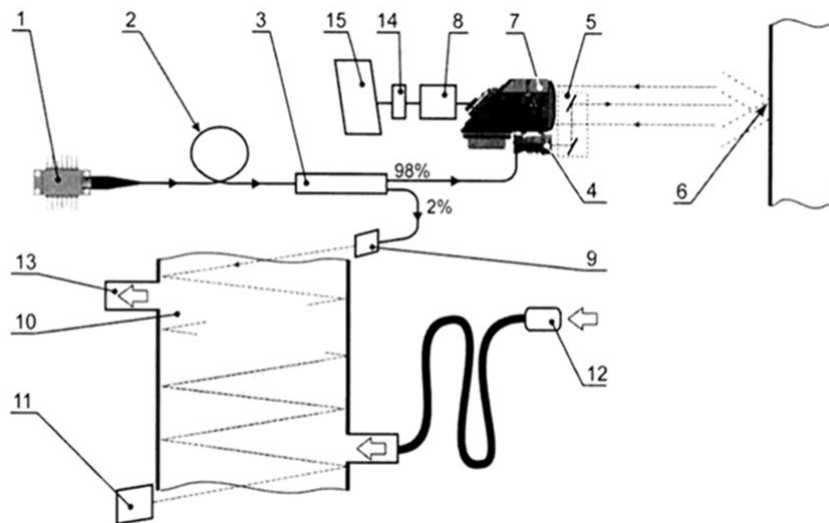


Рис. 2. Датчик метану: 1 – джерело випромінювання; 2 – світловод; 3 – розгалужувач; 4 – об’єктив; 5 – дзеркала; 6 – мішені; 7 – приймальний об’єктив; 8 – фотоприймач; 9 – коліматор; 10 – багатопрохідна комірка; 11 – фотоприймач; 12 – пробовідбірник; 13 – насос; 14 – плата обробки сигналу; 15 – процесорний модуль.

Недоліки пристрою, які обумовлені використанням віддалених дзеркальних мішеней, пробовідбірника та багатопрохідної комірки:

- низька точність локалізації місця витoku газу;
- сильна залежність точності вимірювання від стану повітря між джерелом лазерного випромінювання, дзеркальними мішенями та фотоприймачем;
- необхідність обробки контактної поверхні дзеркальних мішеней та багатопрохідної комірки з надзвичайно високою якістю для уникнення створення умов для появи паразитної модуляції;
- необхідність наявності складної системи подачі пробовідбірника до місця максимальної концентрації метану.

В умовах, що склалися, доцільною стала розробка нового схематичного рішення волоконно-оптичного датчика метану. Передбачалося, що конструктивне виконання на основі волоконно-оптичних елементів повинне забезпечити вимірювальному пристрою:

- можливість точної локалізації місця та концентрації витoku метану;

- підвищену захищеність елементів;
- незалежність від стану довколишнього повітря;
- високий рівень чутливості та швидкодія пристроїв відомих типів.

Для розв’язування поставленої задачі запропонована схема волоконно-оптичного датчика метану.

Основним елементом датчика, що пропонується складається є чутливий елемент. Останній являє собою основу з кварцового скла 1 до якої приварено циліндричну оптичну частину 6, газопроникну мембрану 4, віддзеркалюючи шар з сапфірового скла 2, до якого нероз’ємна та коаксіальна до циліндричної оптичної частини, прикріплено основний світловод 3. З неробочого кінця порожнина чутливого елемента закрита заглушкою 5 (рис. 3).

При появі між основним світловодом і оточуючою його циліндричною оптичною частиною газового середовища, у основному світловоді відбувається порушення умов повного внутрішнього відбивання світла, яке виникає як відклик на тунельне перекачування випромінювання у циліндричну оптичну частину.

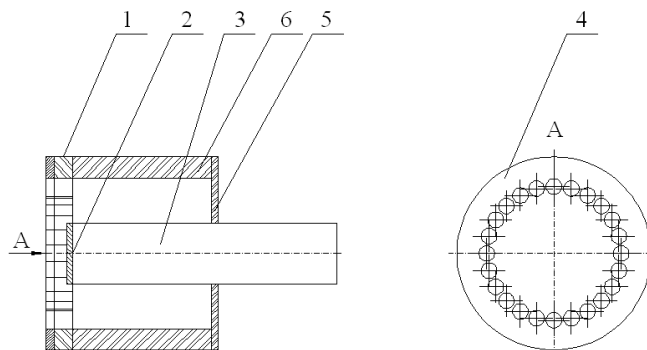


Рис. 3. Чутливий елемент волоконно-оптичного датчика метану: 1 – основа; 2 – віддзеркалюючий шар; 3 – основний світловод; 4 – газопроникна мембрана; 5 – заглушка; 6 – циліндрична оптична частина

Показник переломлення циліндричної оптичної частини підбрано таким чином, щоб забезпечити максимальне перекачування оптичного випромінювання з основного світловода при контакті чутливого елемента з метаном, який надходить у порожнину датчику крізь газопроникну мембрану.

Порушення умов повного відбивання світла у основному світловоді знаходить своє відображення у зміні величини інтенсивності світлового випромінювання, яке відбивається від віддзеркалюючого шару. Випромінювання повертається крізь оптичний фільтр

до демультиплексора, де відбувається розподіл за довжинами хвиль [5, 6].

Для здійснення винаходу застосовано комбінацію основного світловода та циліндрична оптична частина. Основа використовуються для монтажу та взаємної фіксації елементів датчику метану (рис. 4).

У режимі першої калібровки, тобто у відсутності газового середовища відмінного від атмосферного повітря, випромінювання у рефлектометрі генерується випромінювання, яке крізь первинний розгалужувач, надходить до мультиплексора.

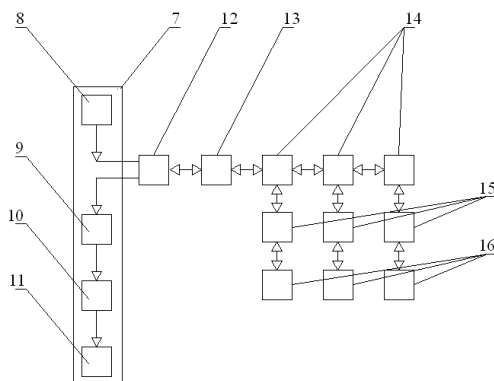


Рис. 4. Схема волоконно-оптичного датчику метану: 7 – рефлектометр; 8 – джерело лазерного випромінювання; 9 – селективний оптичний фільтр; 10 – фотоприймач; 11 – процесорний блок з рідкокристалічним екраном; 12 – первинний розгалужувач; 13 – мультиплексор/демультиплексор; 14 – вторинний розгалужувач; 15 – оптичний фільтр; 16 – чутливий елемент

У мультиплексорі відбувається розподіл випромінювання на набір з довжинами хвиль які незначно відрізняються від основної довжини хвилі. Випромінювання, що надходить від мультиплексора має кількість довжин хвиль, що відповідає кількості чутливих елементів на вимірювальному тракті датчика. Крізь вторинні розгалужувачі та оптичні фільтри випромінювання надходить до кожного чутливого елемента.

У чутливих елементах відбувається зменшення інтенсивності оптичного випромінювання, що проходить скрізь нього, яке обумовлене тільки впливом затухання у матеріалі світловода. Інтенсивність випромінювання, що повертається до рефлектометра, фіксується процесорним блоком і запам'ятовується як перша поправка.

У режимі другої калібровки відбувається теж самі процеси, але в умовах забруднення контрольованого повітря. Надходження бруду до чутливого елемента фільтрується газопроникною мембраною.

Під зануренні у контрольоване газове середовище чутливого елемента відбувається перекачування оптичного випромінювання з основного світловода у циліндричну оптичну частину тобто відбувається оптичний тунельний ефект. Після цього змінене за інтенсивністю випромінювання відбивається від віддзеркалюючого шару та крізь відповідну гілку розгалужувача надходить до демультиплексора. В рефлектометрі за допомогою селективного фільтру відбувається постійний покроковий контроль інтенсивності випромінювання, що надходить від усіх чутливих елементів.

Інтенсивність зареєстрованої частки світла буде пропорційна величині вимірюваного параметра газового середовища, а величина довжини хвилі, на якій буде зареєстрована максимальна величина інтенсивності світла буде відповідати відстані до місця появи метанової газової сполуки. Подальша обробка випромінювання, що надходить з демультиплексора, дозволить отримати електричний сигнал який буде пропорційний величині концентрації контрольованого газового середовища.

Запропоноване схемотехнічне рішення відрізняється тим, що джерело лазерного випромінювання, фотоприймач, процесорний модуль з рідкокристалічним екраном об'єднані у складі рефлектометра. Також до складу рефлектометра залучено селективний оптичний фільтр. Чутливий елемент датчика знаходиться безпосередньо у зоні контролю, а для передачі та перетворення випромінювання до та від чутливого елемента датчика, застосовується виключно основний світловод, вторинні розгалужувачі та оптичні вторинні фільтри.

Таким чином, в розробленому гідрофоні комбінація оптичних елементів забезпечить:

- більш адекватні локалізацію осередків появи метану та перетворення параметрів газового середовища у зміни інформаційного сигналу;
- компенсацію впливу дестабілізуючих факторів на вимірювальний канал датчику метана;
- можливість створення розгалуженої мережі контролю газового середовища в особливих умовах;

– підвищення якості функціонування за рахунок використання матеріалів з близьким коефіцієнтом теплового поширення та обрання раціональної схеми модуляції опорного випромінювання.

Використання пристрою, що пропонується, дозволить адекватно і достовірно оцінювати кількісні показники газового середовища

ЛИТЕРАТУРА

1. Аш, Ж. Датчики измерительных систем: в 2 книгах. Кн.2. Пер. с франц. – М.: Мир, 1992. – 424 с.
2. Удд, Э. Волоконно-оптические датчики. – М.: Техносфера, 2008. – 520 с.
3. Патент US 7075653, 2006.
4. Патент 137373 Российская Федерация, МПК 7, G01J3. Дистанционный датчик метана/ Заявители: Бень А. В., Алексеев К. О., Орлов А. Е., Борейшо А. А., Чугреев А. В., Васильев Д. Н., Борейшо А. С. Патентообладатель ООО "Научно-производственное предприятие "Лазерные системы". - № 2013126009.
5. Декларацийний патент України № 78611, МПК (2011) G01M 11/02 (2006.1). Волоконно-оптичний газоаналізатор/ Заявники та володарі патенту: Сандлер, А.К., Цюпко, Ю.М. – Заявл. 18.09.2012. // Опубл. 25.03.2013, бюл. № 6.
6. Декларацийний патент України № 109930, МПК (2016.01), G01L 11/02 (2006.01), H04R 1/44 (2006.01), G01M 11/00, G02B 6/00. Волоконно-оптичний інваріантний гідрофон/ Заявники та володарі патенту: Сандлер, А.К., Цюпко, Ю.М. – Заявл. 04.07.2016. // Опубл. 12.09.2016, бюл. № 17/2016.

Ю.М. Цюпко,
 Национальный университет
 «Одесская морская академия»,
 г. Одесса, Украина

ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЙ ДАТЧИК МЕТАНА

Возможности существующих известных устройств имеют ограничения по использованию или по компенсации влияния температурных и неконтролируемых эксплуатационных факторов. Предложено новое схемотехническое решение волоконно-оптических датчиков метана.

В разработанном волоконно-оптическом датчике метана реализована инвариантность к воздействию дестабилизирующих неконтролируемых факторов на измерительный канал датчика метана. Одновременно обеспечена возможность привлечения прибора в состав систем газового контроля, используемых для мониторинга газового состава в различных отраслях промышленности и транспорта.

Использование волоконно-оптического датчика метана позволит адекватно и достоверно оценивать количественные показатели метана в окружающей среде.

Ключевые слова: датчик метана; волоконный световод; лазерное излучение; газопроницаемая мембрана; флуктуации температурного поля.

Y. M. Tsupko,
 National University
 «Odessa Maritime Academy»,
 Odessa, Ukraine

FIBER-OPTICAL SENSOR OF METHANE

For the construction of the system of safety in surrounding environment it is necessary to carry out reliable control of methane. Existent controls not in a complete measure after the metrology and technical by descriptions answer the tasks of control of methane in a civil navigation. Possibilities of the existent known devices have limitation on the use or for indemnifications of influence of temperature and out-of-control operating factors.

New circuit technology solution is offered fibro optical sensor of methane.

In worked out fibro optical sensor of methane invariance is realized to influence of destabilizing out-of-control factors on the measuring channel of sensor of methane. The possibility of bringing in of device provided at the same time is in the complement of the gas checking systems that is used for monitoring of gas to composition in different industries of industry and transport.

The use the fibro optical sensor of methane will allow adequately u for certain to estimate quantitative.

Key words: *sensor of methane; fiber light-pipe; laser radiation; gas-penetrating a membrane; fluctuations of the temperature field*

Рецензенти: д. т. н., проф. **М. П. Мусієнко**;
к. ф.-м. н., доц. **О. В. Дворник**.

© Цюпко Ю. М., 2016

Дата надходження статті до редколегії 29.04.16

РОЗРОБКА ДИНАМІЧНИХ МОДЕЛЕЙ ВІТРЯНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ СИСТЕМОЮ GPSS

Розроблена динамічна модель роботи вітряної електростанції, яка враховує технічні характеристики станції, погодні умови, графік завантаження основного споживача та прихід незапланованого споживача. Програмним середовищем є мова моделювання GPSS.

Ключові слова вітряна електроустановка; вітряні електростанція; моделювання; GPSS.

Вступ. У зв'язку з енергетичною кризою пошук альтернативних джерел енергії, стає все більш необхідним. Найбільш популярними є вітряні електростанції (ВЕС), що складаються з вітряних електроустановок (ВЕУ) одного типу або різних типів. Для того, щоб бути в змозі аналізувати та керувати ситуації в їх роботі, потрібно мати адекватну модель ВЕС. У ряді робіт запропонована модель ВЕС, як системи масового обслуговування за допомогою мережі Петрі. Однак мережі Петрі мають можливість розглянути тільки просту структуру системи в зв'язку з громіздким виглядом моделі. Для моделювання систем масового обслуговування міста зручніше користуватися системою моделювання GPSS, яка дозволяє розглядати складні структури у динамічних режимах, врахувати такі випадкові події, як відмови окремих вітрових електроустановок, прихід незапланованих замовлень.

Мета дослідження. Розробка та дослідження GPSS моделі ВЕС, яка включає однотипні вітрові електроустановки підключені паралельно до споживача в залежності від графіка навантаження. У моделі повинні бути враховані такі випадкові події, як прихід незапланованих замовлень, погодні умови та відмови окремих вітрових електроустановок.

Основний матеріал Для розробки моделі роботи ВЕУ потужність, необхідна основному споживачу може бути представлена у вигляді функції погодинного навантаження протягом доби.

Потужність окремої ВЕУ може бути отримана з наступного виразу [1]:

$$P = \frac{1}{2} \rho \cdot v^3 \cdot F \cdot k \cdot \xi \quad (1)$$

де F – площа сліду обертання лопаток повітряного ротора визначають [2]:

$$F = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2), \quad (2)$$

де D – зовнішній діаметр повітряного ротора, м; d – внутрішній (по кінцям махів) діаметр повітряного ротора, м; k – коефіцієнт, який враховує втрати потужності під час перетворення механічної енергії ротора в електричну, $k \approx 0,9$ (це добуток коефіцієнтів корисної дії генератора – $\eta_g \sim 0,95$ і редуктора – $\eta_p \sim 0,9$); ξ – коефіцієнт використання енергії вітру, який залежить від профілю лопаток і інших параметрів режиму 0,4-0,45 [1]; ρ густина повітря. При зовнішній температурі $t = +10^\circ\text{C}$ та нормальному атмосферному тиску $B = 101,3$ кПа, $\rho = 1,25 \text{ кг/м}^3$ (для інших умов густина рівна

$$\rho = 1,25 \cdot \frac{B}{760} \cdot \frac{288}{273+t}).$$

Технічні характеристики наведені у паспорті ВЕУ, дані о швидкості та напрямку вітру можна отримати з прогнозу погоди на відповідні проміжки доби з мережі INTERNET.

Для того, щоб краще зрозуміти представлення роботи ВЕС у вигляді системи масового обслуговування звичайною мовою та мовою GPSS можна навести таку таблицю відповідності опису роботи ВЕУ на звичайній мові і мові GPSS.

Таблиця відповідності

| ОПИС РОБОТИ ВЕС НА ЗВИЧАЙНОЇ МОВІ | ВІДПОВІДНИЙ ОПЕРАТОР GPSS | ОПЕРАНД 1, ОПЕРАНД 2, ОПЕРАНД 3 | | | | | | | | |
|--|--------------------------------------|---|---|----------------------------------|---|-------------------------|---|----------------------------|---|------------------------------|
| Приход замовлення на електропостачання | GENERATE | (закон розподілу ймовірності інтервалу часу між замовленнями (номер датчику випадкових чисел, параметри закону розподілу)) Приклад: GENERATE (Exponential(1,0,20)) | | | | | | | | |
| Вихід замовлення з системи | TERMINATE | кількість замовлень Приклад: TERMINATE 1 | | | | | | | | |
| Завдання спеціальних параметрів замовленню (потужність; число ВЕУ потрібне замовнику; час обслуговування; скільки ВЕУ ще потрібне, якщо не вистачало одразу; тип замовлення (основний або додатковий)) | ASSIGN | номер параметру, значення параметру формат даних Приклад: ASSIGN 1,2 ASSIGN 2,V\$NVEU2 ASSIGN 3,(UNIFORM(1,4,6)) У інших операторах ці параметри визначаються як P1,P2,P3 | | | | | | | | |
| Підключення ВЕУ в групу для паралельного споживання | ENTER | Ім'я групи, або номер групи, число одиниць ВЕУ Приклад: ENTER Nak1,1 | | | | | | | | |
| Відключення ВЕУ з групи для паралельного споживання | LEAVE | ім'я групи, або номер групи, число одиниць ВЕУ. Приклад: LEAVE Nak1,1 | | | | | | | | |
| Можлива чисельність групи для паралельного споживання | Ім'я, або номер групи STORAGE | максимальне число одиниць у групі. Приклад: Nak1 Storage 10 | | | | | | | | |
| Термін надання електроенергії (обслуговування) | ADVANCE | (закон розподілу ймовірності інтервалу часу (номер датчику випадкових чисел, параметри закону розподілу)) Приклад: ADVANCE (Normal(1,20,2)) | | | | | | | | |
| Вхід замовлення в індивідуальний пристрій (ВЕУ) для обслуговування (надання електроенергії) | SIEZE | Номер пристрою (ВЕУ), або ім'я пристрою Приклад: SEIZE K1 | | | | | | | | |
| Вихід замовлення з індивідуального пристрою (ВЕУ) після обслуговування (надання електроенергії) | RELIASE | Номер пристрою, або ім'я пристрою Приклад: RELEASE K1 | | | | | | | | |
| Перехід замовлення по мітці | TRANSFER | Режим вибору напрямку, перший можливий блок, останній можливий блок, індекс в зміні номеру блоків від першого до останнього РЕЖИМ ВИБОРУ НАПРЯМКУ <table style="border: none; margin-left: 20px;"> <tr> <td style="font-size: 3em; vertical-align: middle;">}</td> <td style="padding-left: 5px;">All - по усім можливим напрямкам</td> </tr> <tr> <td style="font-size: 3em; vertical-align: middle;">}</td> <td style="padding-left: 5px;">Both - по обом можливим</td> </tr> <tr> <td style="font-size: 3em; vertical-align: middle;">}</td> <td style="padding-left: 5px;">Sim - по одному з можливих</td> </tr> <tr> <td style="font-size: 3em; vertical-align: middle;">}</td> <td style="padding-left: 5px;">, мітка - безумовний перехід</td> </tr> </table> Приклад: TRANSFER BOTH,CHAN_AB1,CHAN_AB2 | } | All - по усім можливим напрямкам | } | Both - по обом можливим | } | Sim - по одному з можливих | } | , мітка - безумовний перехід |
| } | All - по усім можливим напрямкам | | | | | | | | | |
| } | Both - по обом можливим | | | | | | | | | |
| } | Sim - по одному з можливих | | | | | | | | | |
| } | , мітка - безумовний перехід | | | | | | | | | |

| | | |
|--|--|--|
| Умовний оператор | TEST умова { NE - умова : не рівно EQ - умова : рівно LE - умова : менше, або дорівнює LT - умова : менше GE - умова : більше, або дорівнює GT - умова : більше } | аргумент1 умови, аргумент2 умови, куда ідти, якщо умова не виконується (якщо умова виконується, то переходимо на наступний оператор) Приклад: TEST LE s\$stb,20,reserve_equipment |
| Копіювання замовлення | SPLIT | кількість копій, мітка оператора, куди послати копії, оригінал іде на наступний блок, параметр нумерації копій |
| Збір замовлень у групу | ASSEMBLE | кількість n ,(чекає n, пропускає 1) Приклад: Assemble 2 |
| Збір замовлень у групу | GATHER | кількість n, (чекає n, пропускає всі n) Приклад: Gather 3 |
| Визначення змінної (швидкості вітру, температури, тиску та іншого) | Ім'я змінної VARIABLE | [значення, або вираз] Приклад: time_m variable (ac1@24) |
| Визначення комірки пам'яті (лічильник) | Ім'я комірки пам'яті SAVEVALUE | занесене значення та, якщо потрібно, модифікатор (+ або -) Приклад: OTK SAVEVALUE 1+,1 |
| Визначення функції користувача | Ім'я FUNCTION | Аргумент функції, якщо Rn1 - то вихід і –го датчика випадкових чисел, тип функції (С-безперервна, D-дискретна) та число точок. Далі через “ /” ідуть пари значень аргументу та функції Приклад: Exp Function Rn1,C8 0,0/0.1,0.104/0.2,0.222/0.3,0.335/0.4,0.509/,0.5,0.69/0.6,0.915/,0.7,1.2 |
| Побудова гистограми дослідної змінної (запис у таблицю) | TABULATE | Ім'я таблиці, або номер Приклад: TABULATE GIST |
| Опис гистограми | Ім'я таблиці table | Табулюємий аргумент, верхня межа першого інтервалу, довжина інтервалу, кількість інтервалів випадкової величини Приклад: GIST TABLE M1,1,1,20 |
| Системний атрибут: терміну обслуговування замовлення | M1 | У наведеному вище прикладі M1- системний атрибут, який пов'язаний з існуванням замовлення |
| Системний атрибут: абсолютний час | AC1 | AC1- не відновляється після команди RESET |
| Системний атрибут: відносний час | C1 | C1- відновляється після команди RESET |
| Встановлення таймера | GENERATE 480 TERMINATE 1 | 480 – термін роботи системи. У всіх інших блоках TERMINATE в моделі використовується значення операнда A за замовчуванням (A =0). |

Модель роботи ВЕС як системи масового обслуговування наведена нижче.
DEXTEN VARIABLE 17 ;зовнішній діаметр повітряного ротора

DINTER VARIABLE 16.64 ; внутрішній діаметр повітряного ротора
ROVARIABLE 1.25 ; густина повітря
FFVARIABLE 0.785#(V\$DEXTEN^2-V\$DINTER^2)

;графік залежності швидкості вітру від часу прогноз INTERNET

```
WIND FUNCTION FV$TIME_M,C24
0,2.8/1,2.8/2,2.8/3,2.8/4,2.8/5,2.8/6,2.8/7,2.7/8,2.7/9,2.7/10,2.7/11,2.7/12,2.7/13,6.2/14,6.2/15,6.2/16,6.2/17,6.2/18,6.2/19,7.4/20,7.4/21,7.4/22,7.4/23,7.4/24
```

;графік добового навантаження необхідної споживачу 1 в залежності від часу

```
NAGRUF FUNCTION FV$TIME_M,D24
0,200/1,200/2,200/3,200/4,200/5,300/6,500/7,700/8,700/9,700/10,700/11,500/12,500/13,300/14,300/15,300/16,300/17,300/18,300/19,400/20,500/21,500/22,500/23,400/24
```

TIME_M VARIABLE (AC1@24) ; час доби
NVEU1 VARIABLE (FN\$NAGRUF/V\$POWVEU)
;кількість BEU необхідне споживачу 1 в залежності від часу

```
NVEU2 VARIABLE ((UNIFORM (1,30,50))\V$POWVEU)+1;кількість BEU необхідна споживачу 2
```

USER1 TABLE V\$NVEU1,0,1,10 ;опис гістограми кількості BEU необхідної споживачу 1

USER2 TABLE V\$NVEU2,0,1,10 ;опис гістограми кількості BEU необхідної споживачу 2

ZAG_NAK1 TABLE S\$NAK1,1,2,10 ;опис гістограми кількості використаних BEU у BEC

NAK1 STORAGE 7 ;число BEU в BEC

GENERATE 1 ;погодинний прихід замовлення від споживача 1 згідно графіку

```
POWVEU VARIABLE 0.5#V$RO#FN$WIND^3#V$FF#0.9#0.45 ; залежність потужності BEU від вітру
```

NVEU1 VARIABLE (FN\$NAGRUF/V\$POWVEU)+1
;кількість BEU необхідне споживачу 1 в залежності від часу

ASSIGN 1,V\$NVEU1 ;кількість BEU необхідне споживачу 1 в залежності ;від часу заносимо у параметр 1

ASSIGN 2,1 ; часовий крок заносимо у параметр 2

ASSIGN 3,0 ;скільки BEU ще треба підключити, якщо відразу не ;вистачило? (заносимо в параметр 3)

ASSIGN 4,1 ;тип споживача(1-основний,2- додатковий заносимо в ;параметр 4)

TRANSFER ,RASPRED ;безумовний перехід по мітці RASPRED

GENERATE 48,0.5 ;прихід замовлення від споживача 2 (випадково)

```
POWVEU VARIABLE UNIFORM(1,0.1,1)#100
POWVEU VARIABLE
```

```
0.5#V$RO#FN$WIND^3#V$FF#0.9#0.45 ;залежність потужності ;BEU від вітру
```

NVEU2 VARIABLE ((UNIFORM(1,30,50))\V\$POWVEU)+1 ;кількість BEU ;необхідне 2

ASSIGN 1,V\$NVEU2 ;кількість BEU необхідне споживачу 2 заносимо у ;параметр 1

ASSIGN 2,4 ; час обслуговування споживача 2 заносимо у параметр 2

ASSIGN 3,0 ;скільки BEU ще треба підключити, якщо відразу не ;вистачило? (заносимо в параметр 3)

ASSIGN 4,2 ;тип користувача(1-основний,2- додатковий)

TRANSFER ,RASPRED ;безумовний перехід по мітці RASPRED

RASPRED TABULATE USER1 ;заповнення гістограми кількості BEU необхідної споживачу 1

TABULATE USER2 ;заповнення гістограми кількості BEU необхідної споживачу 2

TABULATE ZAG_NAK1 ;заповнення гістограми кількості використаних BEU у BEC

GATE SNF NAK1,OTK ;якщо BEC повністю завантажена, то відмова

TEST GE R\$NAK1,P1,MET1 ;чи достатньо вільних BEU у BEC, щоб підключити споживача (якщо ні – на мітку MET1)

PROVERKA ENTER NAK1,P1 ;підключення і повсякчасна перевірка не змінилося число BEU необхідне споживачеві

ADVANC P2 ;затримка на час обслуговування замовлення

LEAVE NAK1,P1 ;вилучаємо старе число BEU з параметру 2

TABULATE USER1 ;заповнення гістограми кількості BEU необхідної споживачу 1

TABULATE USER2 ;заповнення гістограми кількості BEU необхідної споживачу 2

TERMINATE ;вихід замовлення

MET1 ASSIGN 3,(P1-R\$NAK1) ; скільки BEU ще потрібно підключити, якщо відразу не вистачило заносимо у параметр 3

ENTER nak1,r\$nak1 ;підключаємо вільне число BEU r\$nak1

ADVANCE P2 ;зсув у часі на потрібне число

LEAVE NAK1,(P1-P3)

TEST G P3,0,END1 ;чи потрібно ще підключати BEU у BEC, щоб підключити споживача (якщо ні- на мітку end1)

TRANSFER ,RASPRED ;безумовний перехід по мітці RASPRED

OTK SAVEVALUE 1+,1

END1 TERMINATE ;вихід замовлення

GENERATE 100 ;таймер на 100 годин

TERMINATE 1

Нижче наведений графік погодинного завантаження BEC необхідної кількістю BEC

У цьому прикладі у складі BEC знаходиться 7 BEU (Трускавецька (Львівська область)).

Гістограму числа BEU основного споживача наведено на рис.2. Додаткове замовлення приходить від споживача 2 випадково згідно рівномірному закону розподілу ймовірності з математичним сподіванням 48 год.

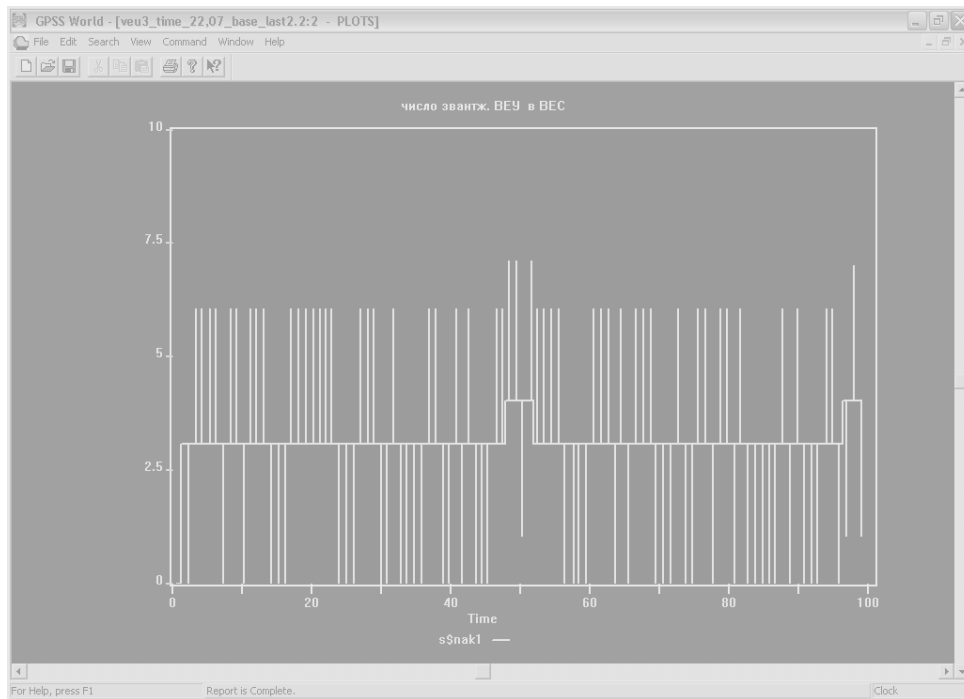


Рис. 1. Графік погодинного завантаження ВЕС необхідної кількістю ВЕС

У цьому прикладі у складі ВЕС знаходиться 7 ВЕУ (Трускавецька (Львівська область)).

Гістограму числа ВЕУ основного споживача наведено на рис.2. Додаткове замовлення приходить від споживача 2 випадково згідно рівномірному закону

розподілу ймовірності з математичним сподіванням 48 год.

Задачами на майбутнє є розробка компілятора переходу з мови користувача на мову GPSS.

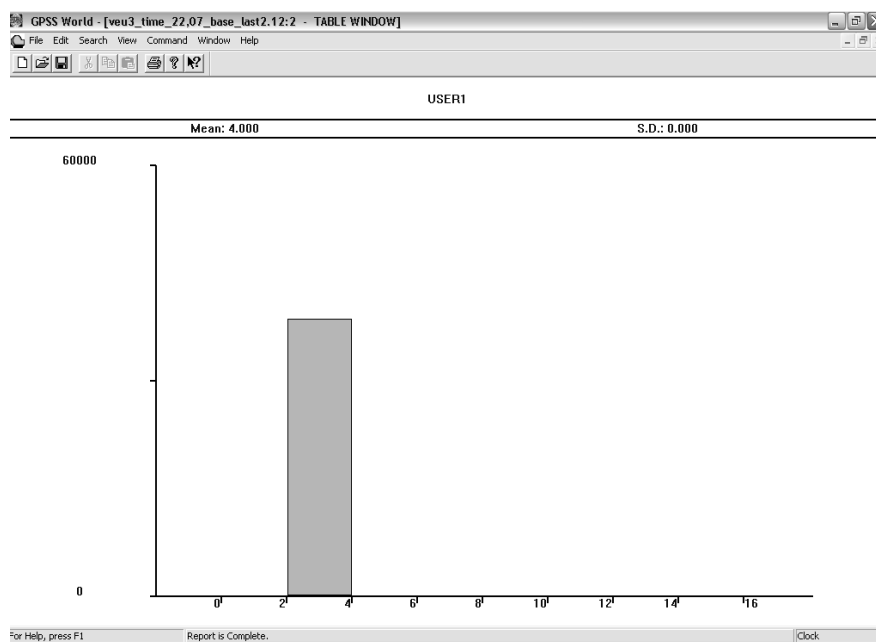


Рис. 2. Гістограма числа ВЕУ основного споживача

Задачами на майбутнє є розробка компілятора переходу з мови користувача на мову GPSS

Висновки. Модель ВЕС може бути представлена у вигляді системи масового обслуговування. При цьому зручніше користуватися системою моделювання GPSS, яка дозволяє розглядати складні структури у динамічних режимах, врахувати такі випадкові події,

як відмови окремих вітрових електроустановок, приход незапланованих замовлень.

Розроблена модель роботи ВЕС, яка враховує технічні характеристики ВЕУ, погодні умови, графік завантаження основного споживача та прихід незапланованого споживача.

Задачами на майбутнє є розробка компілятора переходу з мови користувача на мову GPSS.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шуневич О. Б. «Інформаційна технологія формування динамічного складу вітрової електростанції» Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук : Львів – 2013
2. Томашевський В. «Моделювання систем» – К. : Видавнича група BHV, 2005.
3. Томашевский В., Жданова Е. «Имитационное моделирование в среде GPSS» – М. : Бестселлер , 2005.
4. М. О. Медиковський, О. Б. Шуневич. Метод визначення структури вітрової електростанції з врахуванням динаміки навантаження // Моделювання та інформаційні технології : зб. наук. праць. – К. : ІПМЕ НАНУ. – Київ. – 2009. – Вип. 53. – С. 175–181.
5. Medykovsky M. Optimal Choice of Wind Turbines Combination Based on Customer's Requirements // «Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та комп'ютерної інженерії» : 10-та міжнар. наук.-техн. конф, 23–27 лют. 2010 р., Львів-Славсько : тези доп. / Нац. ун-т «Львівська політехніка», 2010. – С. 319.
6. М. О. Медиковський, О. Б. Шуневич Моделювання енергодинамічних процесів у системах відновлюваної енергетики / М. О. Медиковський, О. Б. Шуневич // Автоматика-2010 : 17 міжнар. конф. з авт. управ, 27–29 вер. 2010 р., Харків : тези доп. / Харківський нац. ун-т радіоелектроніки. – Харків. – 2010. – С. 56-58.
7. М.О. Медиковський, В.М. Теслюк, О.Б. Шуневич. The Gomory method applying for wind farm structure determination // Комп'ютерні науки та інформаційні технології CSIT'2011 : матеріали VI міжнар. конф, 16–19 лист. 2011 р., Львів : тези доп. / Нац. ун-т «Львівська політехніка». – Львів. – 2011. – С. 290-291.
8. R. Martsyshyn, M. Medykovsky, L. Sikora, Y. Miyushkovych, O. Shunevych Cognitive Aspects of the Voice Modality in Multimodal Interfaces Automated Systems // Комп'ютерні науки та інформаційні технології CSIT'2012 : матеріали VII міжнар. конф, 20–24 лист. 2012 р., Львів : тези доп. / Нац. ун-т «Львівська політехніка». – Львів. – 2012. – С. 82–83.

**Е. Ю. Горшеньова,
И. А. Кравець,**
Черноморский национальный университет
им. П. Могилы,
г. Николаев, Украина

РАЗРАБОТКА ДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ВЕТРЯНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ СИСТЕМОЙ GPSS

Разработана динамическая модель работы ветряной электростанции, которая учитывает технические характеристики станции, погодные условия, график загрузки основного потребителя и приход неза-планируемого потребителя. Программой среды является язык моделирования GPSS.

Ключевые слова: ветряная электроустановка; ветряная электростанция; моделирование; GPSS.

**K. Y. Gorshenjova,
I. O. Kravets,**
Petro Mohyla Black Sea National University,
Mykolaiv, Ukraine

DYNAMIC MODELLING OF WIND ELECTRICAL POWER STATION IN GPSS SYSTEM

The dynamic model of wind electrical power station on the GPSS system is developed. The model takes into account the technical characteristics of the station, weather conditions, schedule download the main user and the arrival of unplanned users. The program environment is GPSS modeling system.

Key words: electrical windy installation; wind power; simulation; GPSS.

Рецензенти: д. т. н., проф. **М. Т. Фісун;**
д. пед. н, проф. **О. П. Мещанінов.**

ВИБІР МОДУЛІВ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ РЕІНЖИНІРИНГУ ШЛЯХОМ КОМБІНУВАННЯ SWOT-АНАЛІЗУ ТА ТЕОРІЇ ІГОР

У роботі проведено процедуру виділення та ранжування модулів програмного забезпечення для реінжинірингу за допомогою комбінування SWOT-аналізу та теорії ігор. Після проведення розрахунків трудомісткості основних етапів реінжинірингу отримано обмеження для вдосконалення деяких модулів автоматизованої системи.

Ключові слова: програмне забезпечення; автоматизована система; SWOT-аналіз; теорія ігор.

Вступ. Послідовність реалізації процесу реінжинірингу програмного забезпечення (ПЗ) включає в себе діяльність з аналізу існуючої системи, її перепроєктуванні на нових принципах і впровадженні нової автоматизованої системи (АС) в роботу підприємства [1]. Він визначає чітко встановлений порядок дій, спрямований на виконання робіт з організації реінжинірингу.

На першому етапі будується концептуальна модель існуючої АС, на основі якої створюється структурно-функціональна схема. Наступним кроком є побудова цільової моделі, в якості якої можуть виступати автоматизовані системи плазово-технологічної підготовки виробництва (АСПТПВ) інших систем авт.оматизованого проектування (САПР), власні розробки і т. п.

Розглянемо процедуру прийняття рішення щодо вибору та ранжування модулів ПЗ для реінжинірингу на прикладі САПР корпусу судна (САПР Деталювання Й Моделювання у Суднобудуванні (ДЕЙМОС)) розробленої в НДІ «Центр» (м. Миколаїв) [2], яка є конкурентоспроможною з закордонними системами, але у зв'язку з недостатнім і навіть відсутнім фінансування протягом великого періоду не дозволило розробити деякі функціонали.

Постановка задачі. Задача порівняння існуючого ПЗ з цільовою структурно-функціональною моделлю (еталоном) [1] полягає у виділенні модулів для реінжинірингу системи, яка буде здатна виконувати запропоновані функції з відповідним рівнем якості. Вимоги, що пред'являються до існуючого ПЗ, формуються на основі еталонної моделі [3].

Основна частина. Для реалізації поставленої задачі виконаємо процедуру виділення та ранжування

модулів ПЗ за допомогою комбінування SWOT-аналізу та теорії ігор.

Для ранжування модулів по необхідності проведення реінжинірингу в порядку спадання побудуємо матрицю вигравів на основі проведеного SWOT-аналізу [3] (табл. 1). В цьому випадку отримали гру зі стратегіями W_1, W_2, \dots, W_6 для гравця А – можливі варіанти усунення недоліків ПЗ, стратегіями t_1, t_2, t_3 – можливі загрози і матрицею вигравів $(a_{ij}) (i = \overline{1,6}; j = \overline{1,3})$ – коефіцієнт конкурентоспроможності ПЗ (питомий корисний ефект).

Конкурентоспроможність ПЗ – сукупність якісних і вартісних характеристик системи, що забезпечує задоволення конкретної потреби (1).

$$a_{ij} = \frac{K_{icn}}{K_{cil}} * 100\%, \quad (1)$$

де K_{icn} – конкурентоспроможність існуючої АСПТПВ; K_{cil} – конкурентоспроможність цільової АСПТПВ.

Враховуючи технічні та вартісні характеристики АСПТПВ отримуємо (2).

$$K = \frac{E}{Z}, \quad (2)$$

де E – технічні параметри ПЗ (корисний ефект від використання ПЗ) (3); Z – затрати на використання АСПТПВ.

$$E = V + U + D, \quad (3)$$

де V – виконання основної функції (експертна оцінка); U – універсальність (експертна оцінка); D – досконалість виконання додаткових функцій (експертна оцінка).

Враховуючи, що $Z_{icn} = Z_{cil}$ підставимо (2), (3) в (1).

$$a_{ij} = \frac{\frac{E_{існ}}{Z_{ціл}} * 100\%}{\frac{E_{ціл}}{Z_{ціл}}} = \frac{E_{існ}}{E_{ціл}} * 100\% = \frac{V_{існ} + U_{існ} + D_{існ}}{V_{ціл} + U_{ціл} + D_{ціл}} * 100\% . \quad (4)$$

Таблиця 1

Матриця вигравів на основі SWOT-аналізу

| Варіанти усунення недоліків \ Загрози | t_1 | t_2 | t_3 |
|---------------------------------------|-------|-------|-------|
| w_1 | 42 | 25 | 45 |
| w_2 | 36 | 52 | 61 |
| w_3 | 46 | 48 | 78 |
| w_4 | 45 | 54 | 76 |
| w_5 | 65 | 43 | 50 |
| w_6 | 24 | 16 | 23 |

Критерії мають умовні позначення: t_1 – складність імплементації перероблених програмних модулів з тими, що залишаються в системі; t_2 – відмова на певному етапі залучених розробників з боку ВНЗ від участі в реінжинірингу; t_3 – завоювання ринку ІТ-послуг ПЗ іншими системами; w_1 – підвищення рівня програмістського потенціалу; w_2 – впровадження об'єктно-орієнтованої системи керування базами даних (СКБД); w_3 – розробка модуля інтеграції за міжнародним форматом даних IGES; w_4 – вдосконалення модуля випуску керуючих програм (КП) для верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК); w_5 – реалізація модуля розкרוю за концепцією мінімізації відходів; w_6 – реалізація модуля розкרוю для 32-бітового процесора.

За формулою (2.3) розраховуємо $S = 46$. $S > \lambda_1$ та $S > \lambda_6$, тому стратегії w_1 , w_6 вилучаємо з подальшого розгляду.

Стратегія t_3 домінує над стратегією t_2 , тому її можна виключити з матриці вигравів. Стратегія w_3 домінує над w_2 , w_4 . Їх також виключаємо. В результаті отримали матрицю (табл. 2).

Таблиця 2

Спрощена матриця вигравів

| | t_1 | t_3 |
|-------|-------|-------|
| w_3 | 46 | 78 |
| w_5 | 65 | 50 |

Перевіримо наявність сідлової точки в цій матриці. Для цього знайдемо мінімальні елементи в кожному рядку й максимальні елементи в кожному з стовбців. Отже, нижня ціна гри $\alpha = \max(46; 50) = 50$, а верхня ціна гри $\beta = \min(65; 78) = 65$. Оскільки $\alpha = 50 \neq \beta = 65$, то розв'язком гри є змішані оптимальні стратегії, а ціна гри U знаходиться в межах $50 \leq U \leq 65$.

За формулою (2.12) знайдемо ціну гри: $U = 58,94$.

За формулами (2.6) та (2.7) знайдемо ймовірності чистих стратегій гравця А: $p_3 = 0,32$; $p_5 = 0,68$. Тому оптимальні стратегії гравця А – $w_5 > w_3$.

Вилучаємо стратегії отримані на попередньому кроці з подальшого розгляду. Після видалення стратегій, для яких існують домінуючі, отримали наступну матрицю вигравів (табл. 3).

Таблиця 3

Спрощена матриця вигравів без w_5 та w_3

| | t_1 | t_3 |
|-------|-------|-------|
| w_4 | 45 | 76 |

Отримали оптимальну стратегію w_4 . Після видалення її та спрощення матриці вигравів отримуємо (табл. 4).

Таблиця 4

Спрощена матриця вигравів без w_5 , w_3 та w_4

| | t_3 |
|-------|-------|
| w_2 | 61 |

В результаті отримуємо кінцеве ранжування стратегій (5):

$$w_5 > w_3 > w_4 > w_2 \quad (5)$$

Трудомісткість – показник, що характеризує витрати робочого часу на розробку (вдосконалення) певної програмної одиниці або на виконання конкретної технологічної операції. Процес реінжинірингу ПЗ починається з етапу планування. В основу оцінки трудомісткості береться досвід попередньої роботи. Розробляється архітектура системи, створюються детальні вимоги до системи. Вимога може складатися не тільки у створенні нової властивості програмної компоненти, але й у зміні існуючих властивостей.

Використання власного досвіду або досвіду колег, отриманого в схожих проектах, це найбільш прагматичний підхід, який дозволяє отримати досить реалістичні оцінки трудомісткості і терміну реалізації програмного проекту, швидко і без великих витрат [4].

Виходячи з досвіду розробки даних модулів (5) [5-8], загальна трудомісткість АСПТПВ $T=10$ люд./років.

В табл. 5 наведено приблизну трудомісткість основних етапів реінжинірингу окремих модулів АСПТПВ.

В результаті маємо обмеження, відповідно до яких є можливість повністю провести реінжиніринг двох модулів АСПТПВ: експорту/імпорту геометричних моделей, перетворення керуючих програм, а у випадку з двома іншими: СКБД, модуль розкрою – зупинитися на технічному проектуванні.

Таблиця 5

Трудомісткість етапів реінжинірингу

| Етап реінжинірингу | Трудомісткість (люд./років) |
|-----------------------|-----------------------------|
| Технічне проектування | 1 |
| Програмна реалізація | 3 |

Висновки. В результаті досліджень розроблено модель реінжинірингу складних програмних систем, на основі якої за допомогою принципів еволюційного проектування, SWOT-аналізу та теорії ігор виділено та проранжовано модулі існуючої АСПТПВ для вдосконалення.

Запропоновано провести реінжиніринг ПЗ АСПТПВ, а саме:

– зробити технічне проектування та довести до програмної реалізації:

♦ вдосконалити модуль інтеграції форматів даних за міжнародними стандартами з геометричним ядром САПР ДЕЙМОС.

♦ розробити модуль конвертування керуючих програм для верстатів з ЧПК;

– зробити тільки програмне проектування:

♦ вибрати оптимальну СКБД для САПР ДЕЙМОС;

♦ вдосконалити модуль розкрою й упаковки корпусу судна.

ЛІТЕРАТУРА

1. Давиденко Є. О. Реінжиніринг автоматизованих систем плазово-технологічної підготовки виробництва / С. Ю. Боровльова, Є. О. Давиденко // Мир науки и инноваций. – Выпуск 1(1). Том 2. – Иваново : Научный мир, 2015 – С. 59–62.
2. Дубів І. І. Система деталювання й моделювання корпусу судна ДЕЙМОС: основні принципи та загальна структура / І. І. Дубів. – Миколаїв : УДМТУ, 2001. – В зб. «Труды УДМТУ», вип. 43, С. 32–39.
3. Давыденко Е. А. Система принятия решений для дальнейшего развития машиностроительного предприятия / Е. А. Давыденко // Научные труды SWorld. – Вып. 1(42). Том 3. – Иваново : Научный мир, 2016 – С. 50–54.
4. Архипенков С. Лекции по управлению программными проектами / С. Архипенков. – М. :, 2009. – 127 с.
5. Александров О. П., Биков Д. П. Моделирование поверхности внешних обводов корпуса судна в системе «ДЕЙМОС» / О. П. Александров, Д. П. Биков // Збірник наукових праць МДГУ ім. Петра Могили. – 2004.
6. Дмитро Биков. Взаємне перетворення моделей САПР. – The Proceeding of 9-th Intern. modelling school of AMSE-UAPL, Alushta 2004, Ukraine, pp. 33–38.
7. Быков Д. П. Экспортирование и импортирование 3D моделей из САПР «ДЕЙМОС» в формат SAT. – Математические модели в образовании, науке и промышленности, Сборник научных трудов. – СПб. : Санкт-Петербург отделение МАН ВШ, 2003, С. 36–39.
8. Биков Д. П. Фісун М. Т. Створення серверної СКБД, що підтримує сіткову модель даних на базі локальної. Наукові записки. Том 36 – Комп'ютерні науки. – К. : Видавничий дім «КМ Академія», 2005, С. 21–25.

Е. А. Давыденко,

Черноморский национальный университет
им. Петра Могилы,
г. Николаев, Украина

ВЫБОР МОДУЛЕЙ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РЕИНЖИНИРИНГА ПУТЕМ КОМБИНИРОВАНИЯ SWOT-АНАЛИЗА И ТЕОРИИ ИГР

В работе проведена процедура выделения и ранжирования модулей программного обеспечения для реинжиниринга с помощью комбинирования SWOT-анализа и теории игр. После проведения расчетов трудоемкости основных этапов реинжиниринга получено ограничения для совершенствования некоторых модулей автоматизированной системы.

Ключевые слова: программное обеспечение; автоматизированная система; SWOT-анализ; теория игр.

Y. O. Davydenko,
Petro Mohyla Black Sea National University,
Mykolaiv, Ukraine

CHOICE OF SOFTWARE MODULES FOR REENGINEERING BY COMBINING SWOT- ANALYSIS AND GAME THEORY

In this paper built a conceptual model of the existing automated system and on it basis built a structural-functional diagram. The next step is to build a target model based on own developments. Considered the decision-making procedure on the selection and ranking of software modules for reengineering on the example of ship hull computer-aided design.

Conducted the procedure of selection and ranking of software modules for reengineering by combining SWOT-analysis and game theory. After the labor content calculation of the main stages of reengineering was obtained some limitations to improve automated system modules.

Key words: software; automated system; SWOT-analysis; game theory.

Рецензенти: д. т. н., проф. *М. Т. Фісун;*
д. т. н., проф. *І. І. Коваленко.*

© Давиденко Є. О., 2016

Дата надходження статті до редколегії 12.04.16

ВПЛИВ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ПІДСЛІДКОВУВАННІ СИСТЕМОЮ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ РОЗВІДКИ НА ПРОЦЕС ЗМІНИ ЕФЕКТИВНОСТІ

У процесі функціонування системи технічних засобів розвідки, в умовах протидії була звернена увага на ряд додаткових факторів. Так передбачалося, що при зміні протиборчими сторонами засобів захисту й протидії зміна ефективності системи відбувається миттєво. Однак у реальних умовах перехід до нового значення ефективності здійснюється відповідно до деякої функції, що описує перехідний процес зміни ефективності. Вид зазначеної функції залежить від змін, де беруть участь засоби захисту й протидії. У роботі розглянуті питання впливу перехідних процесів у випадку підслідковування системою управління технічних засобів розвідки за застосованими противником засобами протидії на процес зміни ефективності.

Ключові слова: перехідні процеси; підвищення ефективності; засоби захисту; засоби протидії.

Постановка проблеми. На сьогодні актуальним залишається питання дистанційного управління по радіо технічними засобами розвідки, існують проблеми природних перешкод та проблеми протидії зі сторони противника, який ставить перешкоди на частотах де працюють ці засоби. В зоні проведення бойових дій противник майже завжди сканує радіоефір і в тому числі частоти які використовуються по радіоуправлінню технічними засобами розвідки.

На сьогодні актуальним науковим завданням є питання впливу перехідних процесів, у випадку підслідковування системою управління технічних засобів розвідки за застосованими противником засобами протидії, на процес зміни ефективності. Що додасть додатковий час на застосування стратегій при роботі технічних засобів розвідки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для рішення поставленого завдання використовується запропонована ігрова модель функціонування складної системи технічних засобів розвідки в умовах протидії [1, 2, 3]. Наразі відома велика кількість методів аналізу та оцінки конфліктуючих сторін [4–9], проте в більшості випадках, коли ці методи не можуть бути повністю застосовані, тому що не враховують впливу перехідних процесів, під час виграшу протидіючих сторін. Тому постає необхідність дослідження впливу перехідних процесів, у випадку підслідковування системою управління технічних засобів розвідки за застосованими противником засобами протидії.

Окреслення невирішеної часткової задачі загальної проблеми (мета статті). Система по радіоуправлінню технічними засобами має специфічне призначення, принципи дії й умови застосування, що обумовлює особливості кількісної оцінки її ефективності. При цьому специфічний прямий показник характеризує ефект, отриманий при досягненні мети функціонування, а прагматичний прямий показник визначає ступінь досягнення мети. (середнє число виконаних завдань, ймовірність досягнення мети).

Метою статті є дослідження впливу перехідних процесів, у випадку підслідковування системою управління технічних засобів розвідки за застосованими противником засобами протидії, на процес зміни ефективності.

Викладення основного матеріалу. В ігровій моделі конфліктуючі системи S_1 і S_2 представляються двома гравцями із протилежними інтересами. 1-й гравець керує засобами захисту та дистанційно управляє технічними засобами розвідки, 2-й гравець керує засобами протидії та створює перешкоди на частотах де працює 1-й гравець [1, 2]. У цій моделі були враховані основні найбільш важливі характеристики, що показують сутність управління засобами захисту й протидії, але в описі процесу функціонування системи технічних засобів розвідки S_1 не була звернена увага на ряд додаткових факторів. Так передбачалося, що при зміні протиборчими сторонами засобів захисту й протидії зміна ефективності системи відбувається миттєво. Однак у реальних умовах перехід до нового зна-

чення ефективності здійснюється відповідно до деякої функції, що описує перехідний процес зміни ефективності. Вид зазначеної функції залежить від змін де беруть участь засоби захисту й протидії.

Визначимо вплив перехідних процесів на ефективність системи S_1 для випадку однобічного підслідкування з боку системи технічних засобів розвідки S_1 за застосовуваними антисистемою S_2 засобами протидії.

У прийнятій в [1,2] ігровій моделі функціонування системи S_1 розглянемо зміни виграшу $a(t)$. Будемо вважати, що для усіх змін стратегій гравців перехідні процеси аперіодичні й описуються показовими функціями. Виходячи із суті гри з однобічним підслідкуванням, виграш $a(t)$ є випадковим процесом. На рис. 1 наведено одна з реалізацій випадкового процесу $a(t)$ протягом відрізка часу T_j^y .

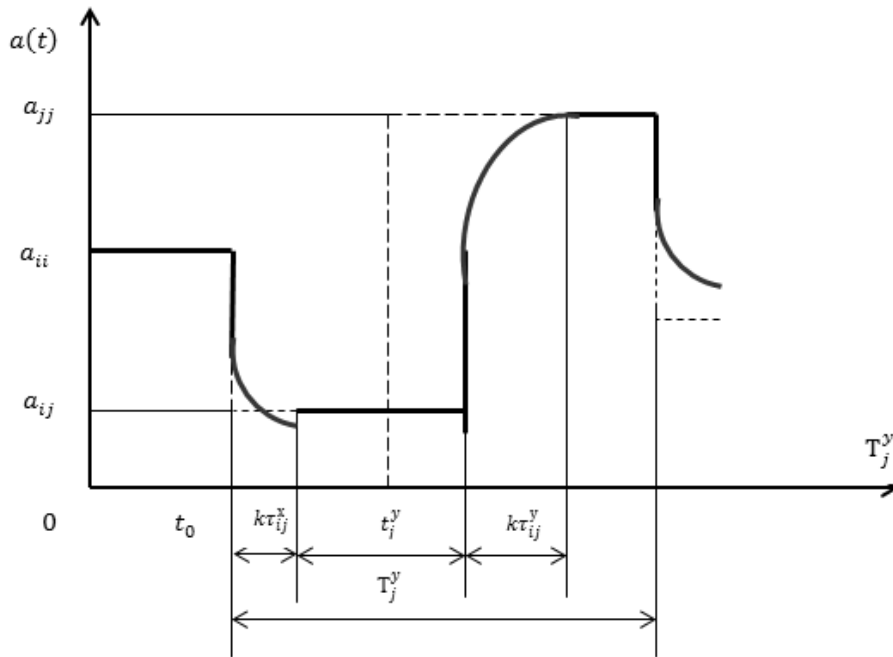


Рис. 1. Реалізація випадкового процесу виграшу $a(t)$ протягом відрізка часу T_j^y

Для порівняння на цьому рисунку штриховою лінією зображена реалізація ступінчатого випадкового процесу $a(t)$ без обліку перехідних процесів.

Зміна виграшу $a(t)$ з урахуванням перехідних процесів відбувається в такий спосіб. До моменту t_0 гравці застосовували стратегії x_i і y_i і виграш був рівний максимальному в i -тому рядку матриці елементу a_{ii} . 2-й гравець, реалізуючи змішану стратегію, у момент t_0 переходить до стратегії y_j .

Оскільки $a_{ii} = \max a_{ij}$, то при $i \neq j$ виграш починає зменшуватись за законом

$$a(t) = a_{ij} + (a_{ii} - a_{ij}) \cdot e^{-\frac{t}{\tau_{ij}^x}}, \quad (1)$$

де τ_{ij}^x – постійна часу перехідного процесу при застосуванні 1-м гравцем стратегії x_i і переході 2-го гравця від стратегії y_i до стратегії y_j . Індекс i показує номер

стратегії 1-го гравця й номер стратегії 2-го гравця (до зміни стратегії), індекс j показує номер стратегії 2-го гравця після зміни. Індекс x означає, що стратегія x_i не міняється.

Виходячи із прийнятого опису перехідного процесу, його тривалість рівна $k_\tau \tau_{ij}^x$, де коефіцієнт k_τ вибирається в залежності від прийнятого рівня закінчення перехідного процесу. Звичайно визначають $2 \leq k_\tau \leq 3$. У вираженні (1) з урахуванням тривалості перехідного процесу діапазон зміни поточного значення часу t рівний

$$t_0 < t < k_\tau \tau_{ij}^x + t_0 \quad (2)$$

Після закінчення перехідного процесу 1-й гравець протягом часу t_j^y здійснює впізнання стратегії y_j . У цей час

$$a(t) = a_{ij} \text{ при } t_0 + k_\tau \tau_{ij}^x < t < k_\tau \tau_{ij}^x + t_j^y + t_0 \quad (3)$$

Провівши впізнання стратегії y_j , 1-й гравець переходить до стратегії x_j . Зміна стратегії викликає ріст виграшу a_{ij} до максимального в j -тому стовпці мат-

риці значення a_{jj} за законом

$$a(t) = a_{jj} - (a_{jj} - a_{ij}) e^{-\frac{t}{\tau_{ij}^y}}, \quad (4)$$

де τ_{ij}^y – постійна часу переходного процесу, при застосуванні 2-м гравцем стратегії y_j і переході 1-го гравця від стратегії x_i до стратегії x_j . Індекс i показує номер стратегії 1-го гравця до зміни стратегії. Індекс j

показує номер стратегії 1-го гравця (після зміни) і номер стратегії 2-го гравця. Індекс y означає, що стратегія y_j не міняється. В цьому випадку діапазон зміни t рівний

$$t_0 + k_\tau \tau_{ij}^x + t_j^y < t < t_0 + k_\tau \tau_{ij}^x + t_j^y + k_\tau \tau_{ij}^y \quad (5)$$

Після закінчення перехідного процесу, викликаною зміною стратегії 1-го гравця, до чергової зміни стратегії 2-м гравцем величина виграшу рівна

$$a(t) = a_{jj} \text{ при}$$

$$a(t) = \begin{cases} a_{ij} + (a_{ii} - a_{ij}) e^{-\frac{t}{\tau_{ij}^x}} \\ a_{ij} \\ a_{jj} - (a_{jj} - a_{ij}) e^{-\frac{t}{\tau_{ij}^y}} \\ a_{jj} \end{cases}$$

при $0 < t \leq k_\tau \tau_{ij}^x$;

при $k_\tau \tau_{ij}^x < t \leq k_\tau \tau_{ij}^x + t_j^y$;

при $k_\tau \tau_{ij}^x + t_j^y < t \leq k_\tau \tau_{ij}^x + t_j^y + k_\tau \tau_{ij}^y$;

при $k_\tau \tau_{ij}^x + t_j^y + k_\tau \tau_{ij}^y < t \leq T_j^y$

(7)

Для наведеної в цій моделі ставиться задача визначення середнього за час T значення виграшу M при умові, що виграш накопичується відповідно з рішенням (7).

Для заданої за допомогою (7) реалізації $a(t)$ обчислимо середнє за час T_j^y значення виграшу a_{cp} по формулі

$$a_{cp} = \frac{1}{T_j^y} \int_0^{T_j^y} a(t) dt. \quad (8)$$

Проведений аналіз дозволяє досліджувати вплив перехідних процесів на рішення гри в такий спосіб. Після завдання постійних часу перехідних процесів і вибору коефіцієнта k_τ , визначаючого рівень закінчення перехідного процесу.

Висновок. Таким чином, введення в модель дода-

ткового параметра еквівалентно зміні основного параметра моделі, не ускладнюючи модель, можна додатковий параметр виразити через основний, що спрощує дослідження моделі й робить доступними для огляду результати дослідження, не приховуючи явищ, що відбуваються.

У системах військового призначення, в складній бойовій обстановці, за рахунок перехідних процесів з'явиться додатковий час на застосування засобів протидії.

Напрямки подальших досліджень. Найбільш актуальним для продовження роботи з вказаної проблеми є впровадження даних інформаційних технологій в роботу дистанційно управляємих технічних засобів розвідки в умовах протидії противника.

ЛІТЕРАТУРА

1. Максименко, Ю. А. Постановка задачи оптимизации модели функционирования сложной системы радиуправления техническими средствами в условиях противодействия / Ю. А. Максименко // Сборник научных трудов SWORLD. – Одеса, 2015. – № 1(38). – С. 11–15.
2. Максименко, Ю. А. Визначення оптимальної стратегії радіоуправління технічними засобами у випадку однобічного підслідування / Ю. А. Максименко // Праці Одеського політехнічного університету. – Одеса, 2015. – № 2(46). – С. 155–159.
3. Максименко Ю.А. Методика визначення структури системи радіоуправління комплексом розвідувальної групи з урахуванням електромагнітної сумісності / Ю. А. Максименко // Конференція ЕЛТЕКС-2016. Электротехнические и компьютерные системы // Одеський політехнічний університет – Одеса, 2016.
4. Катренко А. В. Дослідження операцій: підручник МО / А. В. Катренко – Львів : – Видавництво «Магнолія», 2009.
5. Зайченко Ю.П. Дослідження операцій: [Підручник] – К. : – 4-те видавництво, 2000.
6. Томашевський В.М. Моделювання систем / В. М. Томашевський – К.: БИУ, 2005.
7. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика / Гмурман В. Е. – М. : Высшая школа, 1999.
8. Спеціальні розділи теорії ймовірностей та математичної статистики: посібник / Більчук В. М. – Х. : ХНУР, 2008. – 226 с.
9. Боровков А. А. Математическая статистика. Оценка параметров. Проверка гипотез / А. А. Боровков. – М. : Наука, 1984. – 472 с.

Ю. А. Максименко,
Военная академия,
г. Одесса, Украина

Влияние переходных процессов при подслеживании системой технических средств разведки на процесс изменения эффективности

В процессе функционирования системы технических средств разведки в условиях противодействия было обращено внимание на ряд дополнительных факторов. Так предполагалось, что при изменении противоборствующими сторонами средств защиты и противодействия изменение эффективности системы происходит мгновенно. Однако в реальных условиях переход к новому значению эффективности осуществляется согласно некоторой функции, которая описывает переходной процесс изменения эффективности. Вид указанной функции зависит от изменений, где принимают участие средства защиты и противодействия. В данной работе рассмотрены вопросы влияния переходных процессов в случае противодействия системой управления технических средств разведки за примененными противником средствами противодействия на процесс изменения эффективности.

Ключевые слова: переходные процессы; повышение эффективности; средства защиты; средства противодействия.

Y. A. Maksymenko,
Military Academy,
Odesa, Ukraine

Impact of transients in case of pursuit system technical means exploration on efficiency process changes

In the process of technical system functioning of technical equipments of reconnaissance in the contraction conditions, attention was draw by the additional factors. It was expected that in case of means of defense and contraction changes by opposing parties the system alternation is taken place immediately. But in real time transition to new equivalent of effectiveness is conducted in accordance to some function that describes transition process of effectiveness changes. The kind of indicated function depends on participants of defense and contraction means. This work is dedicated to the problems of impact of transients on the effectiveness changes in case of pursuit of contraction means used by the enemy's technical reconnaissance equipments system

Key words: transients; increasing of effectiveness; means of defense; means of contraction.

Рецензенти: д. т. н., проф. **М. П. Мусієнко;**
к. т. н., доц. **І. М. Журавська.**

© Максименко Ю. А., 2016

Дата надходження статті до редколегії 15.04.16

МЕТОД ОРГАНІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ДАНИХ ПІД ЧАС АДАПТИВНОЇ ПОТОКОВОЇ ПЕРЕДАЧІ НА ОСНОВІ МУЛЬТИАГЕНТНОГО ПІДХОДУ

У роботі вирішена задача оптимізації характеристик протоколу маршрутизації, що впливають на швидкість встановлення маршруту передачі відеопотоку, який надає можливість виконувати розподілену фільтрацію даних. Узагальнено та проаналізовано за допомогою теорії множин можливі моделі операторів виявлення контурів. Досліджено розповсюдження функцій агентів при побудові маршруту передачі даних з використанням AODV. Досліджено специфіку забезпечення функцій виявлення контурів при потоковій відео передачі на основі DASH. Запропонований метод визначення поведінкових функцій компонентів бездротових мереж та їх коригування при необхідності розподілення обчислень забезпечує підвищення продуктивності динамічних Ad Hoc мереж за рахунок мультиагентного підходу. Розглянуто специфіку сумісного використання протоколів динамічних Ad Hoc мереж з протоколами трансляції відео потоку на основі DASH.

Ключові слова: MANET; Ad Hoc; AODV; DASH; мультиагентні системи; системи розподілених обчислень; виявлення контурів.

Постановка проблеми. Нині продуктивність апаратного та програмного забезпечення дозволяє окремому комп'ютеру виконувати задачі, що потребують великої кількості математичних обчислень. Більш того, розвиток мережових технологій дозволив поєднувати потужні апаратні та програмні ресурси для підвищення продуктивності обчислювального процесу за рахунок паралельної обробки даних в реальному часі [1]. Сучасні бездротові мережі здатні вирішувати проблеми динамічної реконфігурації, але виконання обчислень за допомогою ресурсів просторово-розподілених вузлів мережі все ще є проблемою. Виділяють декілька класів систем обчислень для вирішення проблем: розподілені та хмарні. Проте технології, що використовуються в даних системах є орієнтованими на високу обчислювальну потужність центрів обробки даних з високоефективною інфраструктурою, що є проблемним в сенсорних динамічних мережах, тому використання алгоритмів розподілених обчислень необхідно досліджувати в умовах обмеженості обчислювальних ресурсів. Об'єктом дослідження є мультиагентний метод організації розподілених обчислень для аналізу даних, що передаються у бездротових Ad Hoc мережах. Предметом дослідження є оптимізація процесу виявлення контурів під час потокової передачі відеоданих на основі технології Dynamic Adaptive Streaming over HTTP (DASH).

Аналіз літературних даних та постановка проблеми. Моделі хмарних систем обчислень є затребу-

ваними на ринку для великої кількості галузей, що потребують застосування обчислювальних комп'ютерних компонентів та прикладних інформаційних технологій, тому прогнозується зростання досліджень в цьому напрямку [2]. Бездротова Ad Hoc мережа, з точки зору потенційного застосування, може бути характеризована як хмарна система, що надає послуги аналізу характеристик сенсорних даних.

У розглянутій архітектурі хмарної обчислювальної системи акцентується увага на недостатній самостійності визначення змінних обчислювальних потреб: серверного часу, швидкості доступу і обробки даних, обсягу збережених даних без взаємодії мережовим джерелом даних послуг [3]. У хмарних системах існують потенційні недоліки залежності доступу до мережових даних в залежності від типу пристроїв [4].

Проблемні аспекти, що виникають при об'єднанні обчислювальних ресурсів в єдину систему для забезпечення функцій моніторингу великій кількості операторів сенсорних мереж не обмежуються контролем параметрів обсягу даних чи швидкості доступу. Критичними є автоматизованість обчислень спожитих ресурсів на певному рівні абстракції та еластичність фактичного попиту на обчислювальну потужність у реальному часі [5].

Дослідження можливості вирішення проблем розподілених обчислень базуються на альтернативному варіанті використання Grid-систем. Основним призначенням grid-систем є підтримка розв'язку задач, які вимагають великих обчислювальних ресурсів.

Синхронізація компонентів Grid-систем, що є географічно розподіленими, з'єднані глобальними мережами, і неоднорідними, коли компоненти мають різну апаратну чи програмну архітектуру є проблемною по причині того, що компоненти Grid-систем можуть перебувати в різному адміністративному підпорядкуванні [6].

У масштабних Grid-архітектурах кожен вузол має менеджер ресурсів. Проблеми керування резервуванням вузлу Grid-систем завжди присутні внаслідок того, що будь-який обчислювальний ресурс, який входить в Grid-систему, може в той же час використовуватися для інших цілей [7].

Для використання в межах Grid-системи виділяються тільки ресурси, вільні в конкретний момент, але основними джерелами проблем є ситуації, коли конфігурація Grid-систем постійно змінюється в реальному часі і дані про про виділені ресурси втрачаються [8].

Grid-системи можуть розподіляти найрізноманітніші ресурси, нині не є повністю дослідженими розподілення мережеских ресурсів, апаратних ресурсів зберігання даних, інформаційних ресурсів розподілених баз даних, прикладних програмних інтерфейсів програмних продуктів і апаратних пристроїв [9].

Одним з недоліків, якими володіють сучасні Grid-системи, є відсутність уявлення про доступність ресурсів, що надаються для інших компонентів Grid-систем і про те, яким чином їх слід використовувати. Для вирішення цих завдань необхідні знання та засоби їх обробки. Метою новітніх досліджень Grid-систем є розробка семантичних Grid-систем (Grid-систем знань), які б реалізовували розширення існуючої Grid-інфраструктури, в якій ресурси були б забезпечені семантичною інформацією [10].

Ціль та задачі дослідження. При обробці сигналів у бездротових сенсорних мережах спочатку виникає проблема вибору алгоритму фільтрації, а потім –

проблема вибору параметрів обраного алгоритму, які б забезпечили ефективну роботу алгоритму. Тому необхідно дослідження адаптивних механізмів розподіленої обробки сигналів під час трансферу мережеским маршрутом. В процесі дослідження методу організації процесу обробки даних під час адаптивної потокової передачі на основі мультиагентного підходу, що є реалізацією семантичних Grid-систем, необхідно вирішити наступні задачі:

- розробити модель розподілених обчислень, що пов'язані з обробкою даних, під час проходження даних маршрутом на основі мультиагентного підходу.
- оптимізувати характеристики протоколу маршрутизації, що впливають на швидкість встановлення маршруту передачі відеоданих, який надає можливість виконувати розподілену фільтрацію даних.

Матеріали та методи дослідження. Розглянуто бездротову Ad Hoc мережу, у якій протокол маршрутизації повинен володіти необхідними якостями малого часу побудови маршруту та гарантованої доставки пакетів в умовах коли топологія мережі є змінною. Мобільна Ad Hoc мережа повинна оперативного визначати і відновлювати розриви маршруту, володіти високою масштабованістю, забезпечувати високу продуктивність мережі при різних її розмірах, що неможливе без підтримки QoS з визначеною ймовірністю передачі пакету.

Передача пакету даних виконується за зміненням алгоритмом протоколу AODV. Модифікація полягає в використанні транспортних повідомлень протоколу AODV для синхронізації функціональної поведінки агентів у вузлах MANET (рис. 1). У AODV передача маршрутною інформації не виконується поки немає необхідності у встановленні або відновленні маршруту. Коли один з вузлів намагається відправити дані в мережу, надсилається пакет із запитом на встановлення маршруту RREQ.

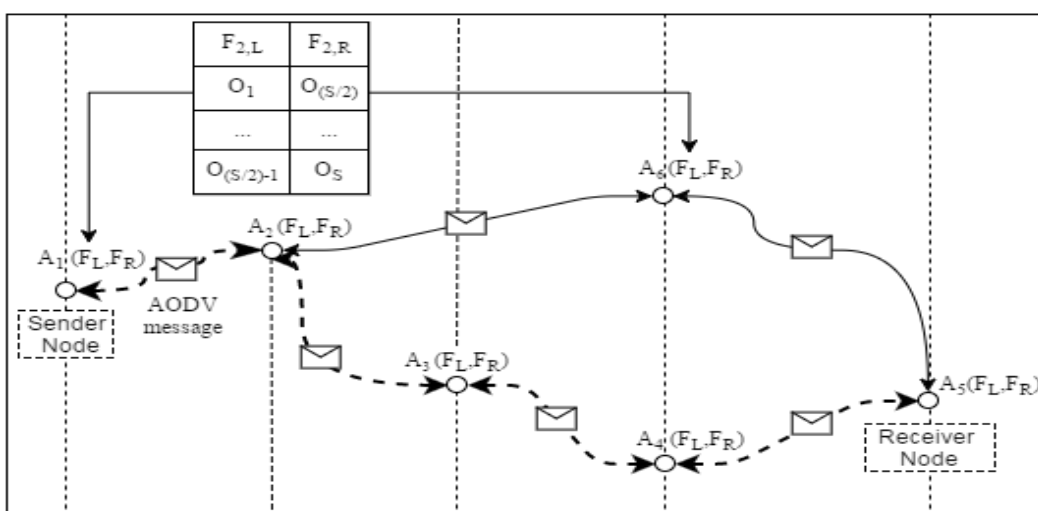


Рис. 1. Модель мультиагентної системи розподілених обчислень, що інтегрована в протокол динамічної маршрутизації MANET

Інші вузли мережі з AODV пересилають цей пакет в загальну мережу і роблять запис про вузол, від якого вони отримали запит, створюючи масову відправку тимчасових маршрутів до вузлу-одержувача. Нині

виконується передача агенту A_i i -го вузла визначеної функціональної поведінки $A_i(F_L, F_R)$. Коли вузол отримує запит RREQ і вже має маршрут до вузла при-

значення, то в залежності від прапора «D» повідомлення RREQ, він посилає назад повідомлення RREP через тимчасовий маршрут до вузла-ініціатора маршруту (Sender Node) або направляє повідомлення RREQ до вузла-одержувача, який відправляє повідомлення RREP тому вузлу-відправнику. Вузол-ініціатор в такому випадку використовує маршрут з найменшою кількістю проміжних вузлів. Невикористані записи в таблицях маршрутизації через деякий час стираються. Якщо зв'язок недостатньо надійний, то передбачена можливість додаткового підтвердження встановлення маршруту – відправлення від вузла-ініціатора вузлу-одержувачу (Receiver Node) повідомлення RREP-ACK, що підтверджує отримання повідомлення RREP. Коли передача даних маршрутом розривається, передається повідомлення про помилку до вузла-ініціатора і процес створення маршруту повторюється.

Кожен вузол-агент A_i зберігає в собі матрицю поведінкової функціональності лівих суміжних вузлів $F_L = \{O_1, \dots, O_{(S/2)-1}\}$ та правих суміжних вузлів $F_R = \{O_{(S/2)}, \dots, O_S\}$. Часткова матриця функціональної поведінки для маршруту, зображеного на рис. 1, може бути відображена наступним чином:

$$\begin{array}{cccccc}
 & A_1 & A_2 & A_3 & A_4 & A_5 & A_6 \\
 A_1 & F_1 & F_2 & - & - & - & - \\
 A_2 & F_1 & F_2 & F_3 & - & - & F_6 \\
 A_3 & - & F_2 & F_3 & F_4 & - & - \\
 A_4 & - & - & F_3 & F_4 & F_5 & - \\
 A_5 & - & - & - & F_4 & F_5 & F_6 \\
 A_6 & - & - & - & - & F_5 & F_6
 \end{array} \quad (1)$$

У загальному випадку відповідність функціональної поведінки кожному агенту DistributorAgent можна формалізувати у вигляді:

$$\begin{cases} k = |i - j| + 1; \\ F_k = \bigcup_{s=1}^k O_{s,r} \begin{cases} i > j, r = i + s; \\ i = j, r = i = j; \\ i < j, r = i - s, \end{cases} \end{cases} \quad (2)$$

де i – номер вузла-агента в стовпчику матриці (1), j – номер вузла-агента в рядку матриці (1), r – індекс атомарної дії відповідно до декомпозиції оператора виявлення контуру, s – індекс атомарної дії матриці поведінкової функціональності, що зберігає вузол-агент A_i .

Сучасні розподілені системи обчислень базуються на концепції паралельної обробки даних. Для порівняльного аналізу запропоновано формалізувати паралельну обробку матриці зображення на основі абстрактної агентної моделі PhaserAgent, яка представлена наступним чином:

$$\begin{cases} p = const; f = f + 1 | a = p; \\ a = \sum_{b=1}^p w \cdot T_b \begin{cases} k = -1, T_b \notin AR; \\ k = 1, T_b \in AR, \end{cases} \end{cases} \quad (3)$$

де p – достатня кількість потоків T_b , що повинні застосувати визначений оператор виявлення контуру до ділянки зображення на вузлі-агенті A_i для того, щоб активувати наступну фазу обробки f на наступному вузлі-агенті $A_{[f+1]}$, a – поточна кількість потоків, що належать множині доступних потоків AR .

В результаті аналізу операторів фільтрації була проведена декомпозиція загальних частин алгоритму з точки зору кількості операцій (FLOPS). Декомпозиція алгоритмічних елементів була здійснена з метою врахування характеристик обчислювальної продуктивності апаратної платформи вузлу MANET. Програмне забезпечення вузла має агентний характер. Була визначена поведінка агентів, яка відображена множиною операторів фільтрації $O = \{O_S, O_C, O_R, O_P\}$ для виявлення контурів, де O_S – оператор Собеля, O_C – оператор Кенні, O_R – оператор Ротуелла. O_P – оператор Прюїтта.

Дискретний диференціальний оператор O_S , який обчислює наближене значення градієнта яскравості зображення. При застосуванні O_S в кожній точці відео кадру розраховується вектор градієнта яскравості чи нормоване значення даного вектору [11]. Відповідно до вказаної математичної моделі, поведінка агента, що використовує O_S , може бути представлена за допомогою множини атомарних дій S як $O_S = \{S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6\}$, де S_1 – перетворення RGB зображення в колірну матрицю в відтінках сірого, S_2 – розрахунок похідних значень пікселів по осі ординат, S_3 – визначення похідних значень пікселів по осі абсцис, S_4 – згладжування трикутним фільтром в перпендикулярному до похідної напрямку, S_5 – визначення наближеного значення градієнта яскравості зображення. На рис. 2, а зображений графік часу розподілених (DistributorAgentRole) та паралельних (PhaserAgentRole) обчислень оператора Собеля кожним вузлом маршруту передачі.

Оператор Ротуелла не використовує гістерезису тому, що яскравість границі контуру не має принципового значення для більш високого рівня візуальної обробки при розпізнаванні об'єктів. Набагато важливішою для оператора Ротуелла є контрастність [12]. Відповідно до вказаної математичної моделі, поведінка агента, що використовує O_R , може бути представлена множиною атомарних дій R як $O_R = \{R_1, R_2, R_3, R_4, R_5\}$, де R_1 – первинна обробка, при якій зображення згладжується за допомогою дискретної вибірки двовимірного фільтра Гауса, R_2 – субпіксельна локалізація, R_3 – вирішення проблеми поділу крайових пікселів для визначення порогу зображення, R_4 – розрахунок параметрів витончення, R_5 – визначення топологічного опису дискретного зображення. На рис. 2, б зображений графік часу розподілених (DistributorAgentRole) та паралельних (PhaserAgentRole) обчислень оператора Ротуелла кожним вузлом маршруту передачі.

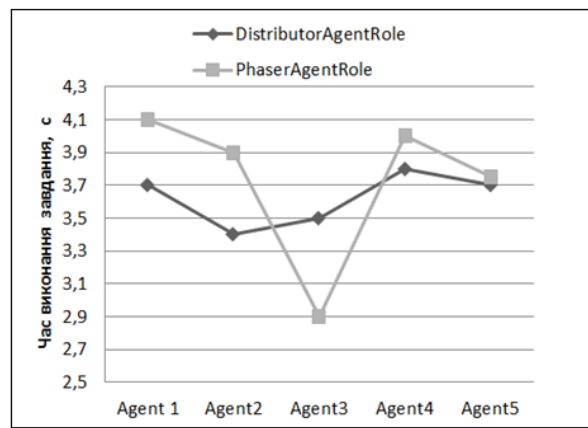
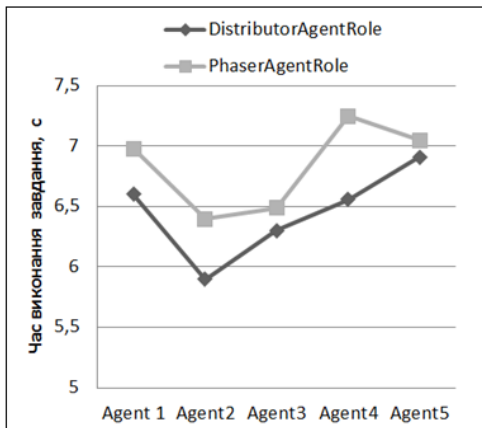


Рис. 2. Порівняння часу обробки завдання MAC при виявленні контуру за допомогою: а – оператора Собеля (O_S), б – оператора Ротуелла (O_R)

Оператор Кенні O_C базується на математичній проблемі отримання фільтра, оптимального за критеріями виділення, локалізації та мінімізації декількох реакцій одного краю. Оператор є сумою чотирьох експонент та є наближеним до першої похідної Гаусіана [13]. Відповідно до вказаної математичної моделі, поведінка агента, що використовує O_C , може бути представлена множиною атомарних дій C як $O_C = \{C_1, C_2, C_3, C_4, C_5\}$, де C_1 – виконання процесу згладжування для очищення зображення від шуму, C_2 – пошук градієнтів, C_3 – виконання подавлення немаксимальних значень пікселів, C_4 – розрахунок подвійної порогової фільтрації, C_5 – виконання трасування області неоднозначності. На рис. 3, а зображений графік часу розподілених (DistributorAgentRole) та паралельних (PhaserAgentRole) обчислень оператора Кенні кожним вузлом маршруту передачі.

Оператор Прюїтта O_P обчислює максимальне значення реакції на множині ядер згортки для знаходження локальної орієнтації границі для кожного пікселя [14]. Відповідно до вказаної математичної моделі, поведінка агента, що використовує O_P , може бути представлена множиною атомарних дій P як $O_P = \{P_1, P_2, P_3, P_4\}$, де P_1 – перетворення RGB зображення в колірну матрицю в відтінках сірого, P_2 – розрахунок похідних значень пікселів по осях абсцис та ординат, P_3 – виконання розрахунку ядер, переставляючи коефіцієнти для оберту по відношенню до напрямку границі в діапазоні від 0° до 315° з кроком в 45° , P_4 – визначення шаблону ядра, який краще за всіх відповідає локальному околу пікселя. На рис. 3, б зображений графік часу розподілених (DistributorAgentRole) та паралельних (PhaserAgentRole) обчислень оператора Прюїтта кожним вузлом маршруту передачі.

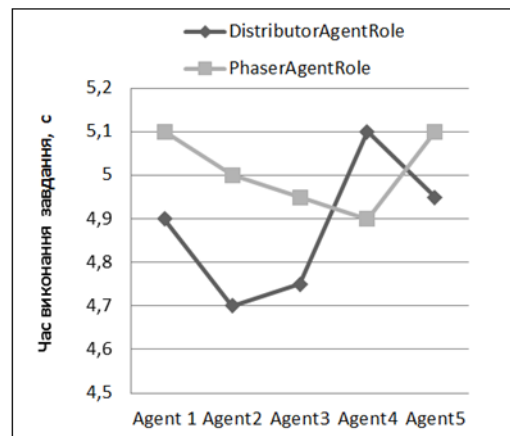
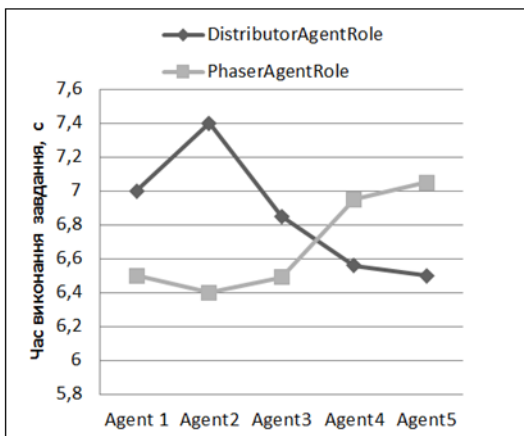


Рис. 3. Порівняння часу обробки завдання MAC при виявленні контуру за допомогою: а – оператора Кенні (O_C), б – оператора Прюїтта (O_P)

Результати досліджень та висновки. Проведені дослідження технології DASH, що передбачає розбиття контенту на послідовність файлових сегментів виявили її доцільність з точки зору можливості інтеграції динамічного протоколу маршрутизації модифікованого за допомогою MAC (рис. 4). Контент із ре-

зультатами застосування операторів виявлення контурів може створюватися в декількох бітрейтах. При цьому DASH клієнтам стають доступними альтернативні сегменти, що синхронізовані в єдиній часовій шкалі. Дослідженні аспекти автоматичного вибору доступних альтернативних сегментів для передачі та

відтворення з урахуванням умов роботи Ad Hoc мережі. Середнє значення найвищого бітрейту, який DASH клієнт вибирав для вчасного відтворення сег-

менту, без зависання і буферизації, знаходилось в діапазоні 85–88% від реальної пропускної здатності маршруту мережі.

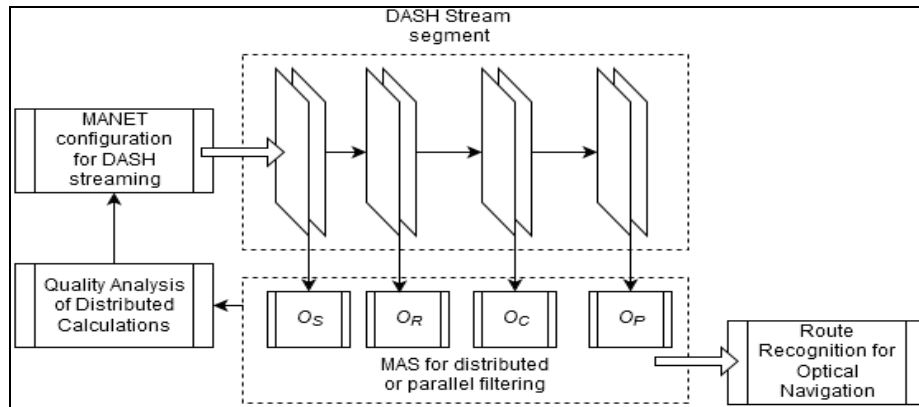


Рис. 4. Модель кооперації MAC виявлення контуру з протоколом адаптивної потокової передачі відеоданих

Досліджено можливість виконання мультиагентною системою (агент в кожному компоненті) аналізу значень метрик протоколу адаптивної відео передачі та ідентифікаторів сегментів для врахування потенційно достатньої якості або ефективності виконання розподілених обчислень в модулі евристичного контролю адаптивної передачі. В цьому модулі виконується розрахунок часу зсувів періодів передачі сегмента з урахуванням часу виділення контурів об'єктів. Зроблено висновки, що реалізація мультиагентної передачі даних може надаватись кінцевим користувачам як IaaS (Infrastructure-as-a-Service) для управління ресурсами обробки та зберігання даних, мережі та іншими фундаментальними обчислювальними ресурсами.

При виконанні обчислень у вузлах маршруту передачі аналізується завантаженість вузлів з можливим

дрейфом середньої завантаженості до більш вільних вузлів. Максимальне завантаження процесору вузла MANET знаходилось в діапазоні 73–85 % та максимальний відсоток використання пам'яті був в діапазоні 94–96 %. Забезпечено зменшення часу аналізу графічних даних відеопотоку на 1,6 с при зменшенні пропускної здатності мережі в діапазоні 14–17 %. Треба зазначити, що при цьому збільшується обсяг службового трафіку на 12 %. Середнє значення побудови маршруту з урахуванням поведінкової функціональності агентів при виявленні контурів у відеопотоці зменшилось на 4 %. Зменшився час повної реконфігурації маршруту, що була ініційована довільним вузлом, на 21 %. У подальших дослідженнях планується приділити увагу аналізу паралельності трансферу даних альтернативними маршрутами.

ЛІТЕРАТУРА

- Francisco J. Martinez. A survey and comparative study of simulators for vehicular ad hoc networks (VANETs) / Francisco J. Martinez, Chai Keong Toh, Juan-Carlos Cano, Carlos T. Calafate, Pietro Manzoni // *Wireless Communications & Mobile Computing*, John Wiley and Sons Ltd. – 2011. – Vol. 11. – P. 813–828.
- Louis Columbus. Roundup Of Cloud Computing Forecasts And Market Estimates / Louis Columbus // *Forbes Tech*. – 2014.
- W. T. Tsai. Service-Oriented Cloud Computing Architecture / W. T. Tsai, X. Sun and J. Balasooriya // *Seventh International Conference on Information Technology: New Generations*. – 2010. – P. 684–689.
- Y. Demchenko. Federated Access Control in Heterogeneous Intercloud Environment: Basic Models and Architecture Patterns / Y. Demchenko, C. Ngo, C. de Laat and C. Lee // *IEEE International Conference on Cloud Engineering*. – 2014. – P. 439–445.
- M. R. Rahimi. MAPCloud: Mobile Applications on an Elastic and Scalable 2-Tier Cloud Architecture / M. R. Rahimi, N. Venkatasubramanian, S. Mehrotra and A. V. Vasilakos // *2012 IEEE Fifth International Conference on Utility and Cloud Computing*. – 2012. – P. 83–90.
- H. T. Dinh. A survey of mobile cloud computing: architecture, applications, and approaches / Hoang T. Dinh, C. Lee, N. Dusit, P. Wang // *Wireless Communications and Mobile Computing*. – 2013. – Vol. 13. – P. 1587–1611.
- L. J. Zhang. CCOA: Cloud Computing Open Architecture / L. J. Zhang and Q. Zhou // *IEEE International Conference on Web Services*. – 2009. – P. 607–616.
- C.F.F. Leymann. Cloud computing patterns / C.F.F. Leymann, R. Retter, W. Schuppeck and P. Arbitter // Springer. – 2014. – 978 p.
- C. Fehling. Capturing cloud computing knowledge and experience in patterns / Fehling, C., Ewald, T., Leymann, F., Pauly, M., Rutschlin, J., & Schumm, D. // *Cloud Computing (CLOUD) IEEE 5th International Conference*. – 2012. – P. 726–733.
- S. A. Bogomolov. Classification of the next generation grid systems / S. A. Bogomolov and N. A. Alexeyev // *20th International Crimean Conference «Microwave & Telecommunication Technology»*. – 2010. – P. 474–475.
- Duda R. Pattern Classification and Scene Analysis / Duda R., Hart P. // John Wiley and Sons. – 1973. – P. 271–272.
- C. A. Rothwell. Driving Vision by Topology / C. A. Rothwell, J. L. Mundy, W. Hoffman, V.-D. Nguyen // *IEEE International Symposium on Computer Vision*. – 1995. – P. 395–400.
- John Canny. Computational Approach to Edge Detection / John Canny // *IEEE Transactions On Pattern Analysis And Machine Intelligence*. – 1986 – Vol. 8, Issue.6. – P. 679–698.

И. С. Бурлаченко,

Черноморский национальный университет
им. Петра Могилы,
г. Николаев, Украина

МЕТОД ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ВО ВРЕМЯ АДАПТИВНОЙ ПОТОКОВОЙ ПЕРЕДАЧИ НА ОСНОВЕ МУЛЬТИАГЕНТНОГО ПОДХОДА

Для построения систем адаптивной потоковой передачи данных необходимо проводить анализ и оценку эффективности систем распределенных вычислений, которые могут быть развернуты на базе беспроводных Ad Hoc сетей. Целью работы является исследование метода организации процесса обработки данных во время адаптивной потоковой передачи, который решает проблему реализации модели распределенных вычислений, связанных с обработкой данных, во время их прохождения по маршруту, на основе мультиагентного подхода. Решена задача оптимизации характеристик протокола маршрутизации, которые влияют на скорость установления маршрута передачи видеоданных, в рамках которого выполняется распределенная фильтрация данных. Обобщены и проанализированы с помощью теории множеств возможные модели операторов выявления контуров. Исследовано распространение функций агентов при построении маршрута передачи данных с использованием AODV. Исследована специфика обеспечения функций обнаружения контуров при потоковой видеопередаче на основе DASH. Предложенный метод определения поведенческих функций компонентов беспроводных сетей и их корректировки при необходимости распределения вычислений обеспечивает повышение производительности динамических Ad Hoc сетей за счет мультиагентного подхода. Рассмотрена специфика совместного использования протоколов динамических Ad Hoc сетей с адаптивными протоколами трансляции видеопотока на основе DASH.

Ключевые слова: MANET; Ad Hoc; AODV; DASH; мультиагентные системы; системы распределенных вычислений; определение контуров.

I. S. Burlachenko,

Petro Mohyla Black Sea National University,
Mykolaiv, Ukraine

THE METHOD OF DATA PROCESSING CONTROL DURING ADAPTIVE STREAMING BASED ON MULTI-AGENT APPROACH

The effectiveness of distributed computing systems that can be deployed on the basis of wireless Ad Hoc networks which needed to build adaptive streaming systems was analyzed. The aim is to investigate the method of the data processing control in adaptive streaming, which solves the implementation problem of the distributed computing model related to data processing during route construction based on multi-agent approach. The task is to optimize the routing protocol parameters that affect the speed of the video transmission route establishment, which allows perform a distributed data filtering was resolved. The possible models for operators to detect edges using the theory of sets were summarized and analyzed. The propagation of agents functions during the route construction using AODV was researched. The specific features of functions which provide edges detection during video streaming based on DASH were

investigated. The method for determining the behavioral functions of wireless networks components and their adjustment which enhance necessary performance of distributed computations in dynamic Ad Hoc networks by multi-agent approach was proposed. The joint usage specificity of dynamic Ad Hoc networks protocols with adaptive video stream protocols based on DASH was considered.

Key words: *MANET; Ad Hoc; AODV; DASH; multi-agent systems; distributed computing systems; edge detection.*

Рецензенти: д. т. н., проф. *М. П. Мусянко*;
к. т. н., доц. *І. М. Журавська*.

© Бурлаченко І. С., 2016

Дата надходження статті до редколегії 18.04.16

СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ РЕГИСТРАЦИИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЭФФЕКТА ОТКЛОНЕНИЯ ПОТОКА ЖИДКОСТИ

В результате проведенных исследований предложено создание системы мониторинга возникновения эффекта Коанда для снижения аварийности и улучшения системы динамического позиционирования полупогружных плавучих буровых установок. Отличие предложенной системы от существующих в возможности ее построения без вмешательства в действующую конструкцию азимутальной винторулевой колонки.

Ключевые слова: пьезоэлектрические преобразователи; эффект Коанда; азимутальная винторулевая колонка; полупогружные плавучие буровые установки.

В настоящее время главное внимание при эксплуатации судов с электрическим пропульсивным комплексом уделяется безопасности управления. В морской отрасли в этом направлении проводятся работы по совершенствованию системы поддержки принятия решений при проектировании судовых энергетических установок (СЭУ) комбинированных пропульсивных комплексов (КПК) [1-3].

В Национальном университете "Одесская морская академия" на кафедре технической эксплуатации флота под руководством В.В. Будашко создана действующая натурная модель, позволяющая проводить исследования по повышению эффективности функционирования судовых энергетических установок комбинированных пропульсивных комплексов, одним из разделов которой является выработка алгоритмов и способов противодействия эффекту Коанда путем изменения режимов работы пропульсивной установки.

На рис. 1 представлен чертеж универсальной платформы с физическими размерами. На платформе

установлено шесть азимутальных винторулевых колонок (АВРК) и одно туннельное подруливающее устройство. Универсальность данной модели достигается за счет включения в систему тех или иных винторулевых устройств. Таким образом, может выполняться моделирование работы большой номенклатуры судов, оснащенных АВРК и подверженных в процессе своей эксплуатации эффекту Коанда [4], а именно:

- судов снабжения;
- буксиров-якорезаводчиков;
- судов-кабелеукладчиков и трубоукладчиков;
- судов сейсмической разведки;
- буровых судов и мобильных буровых платформ;
- судов обеспечения водолазных работ;
- земснарядов;
- шаттл-танкеров;
- пассажирских судов;
- стартовых ракетных комплексов (морской старт);
- научных судов.

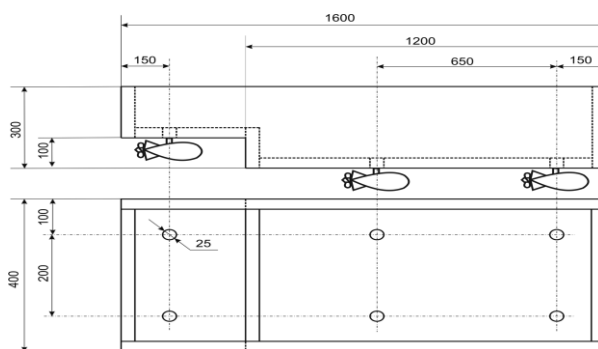


Рис. 1. Чертеж многофункциональной платформы с размерами

Были проведены замеры потоков воды расходомером компании General Tools модель Flow Watch FW450 [5], создаваемым пропульсивным комплексом АВПК (рис. 2). В модели АВПК были использованы следующие компоненты, подверженные риску повышенного износа вследствие возникновения эффекта Коанда: в дейдвуде установлен подшипник радиаль-

ный MR63ZZ EZO 3×6×2,5 нерж. – 2 шт.; промежуточные радиальные подшипники (1 между дейдвудом и двигателем, 1 между двигателем и задней стенкой, упорный) SMR117ZZ EZO 3×9×7 нерж. – 2 шт.; на баллере – подшипник радиальный 180202AC17/6202 2RS 15×35×11 – 1 шт.

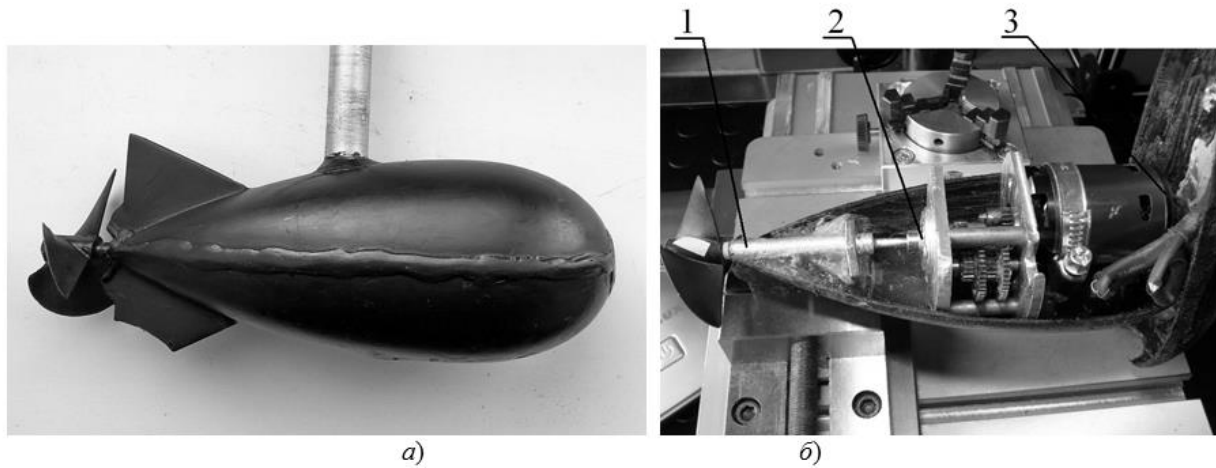


Рис. 2. Расположение элементов в АВПК: а) – внешний вид мотогондоллы; б) – внутренняя конструкция; 1 – дейдвудный подшипник; 2 – опорный подшипник; 3 – упорный подшипник

Нами были проведены исследования [6, 7] по выбору места расположения датчиков. Пьезоэлементы (ПЭ) были смонтированы на натурную модель (рис. 3) в место крепления мотогондоллы к корпусу судна. Количество датчиков было принято равным четырем – для фиксации смещения валопровода в одну из четырех направлений: вверх, вниз, вправо или влево. Для регистрации возникновения эффекта Коанда до-

статочно внедрения в систему одного датчика – чтобы зарегистрировать сам момент его возникновения при смещении валопровода к днищу судна. Однако, возникающие в валопроводе крутильные и изгибные колебания [8], несут "ложные" сигналы, которые могут быть зарегистрированы системой как "полезный" сигнал. Для этого введены несколько датчиков, которые будут отсеивать ложную информацию.

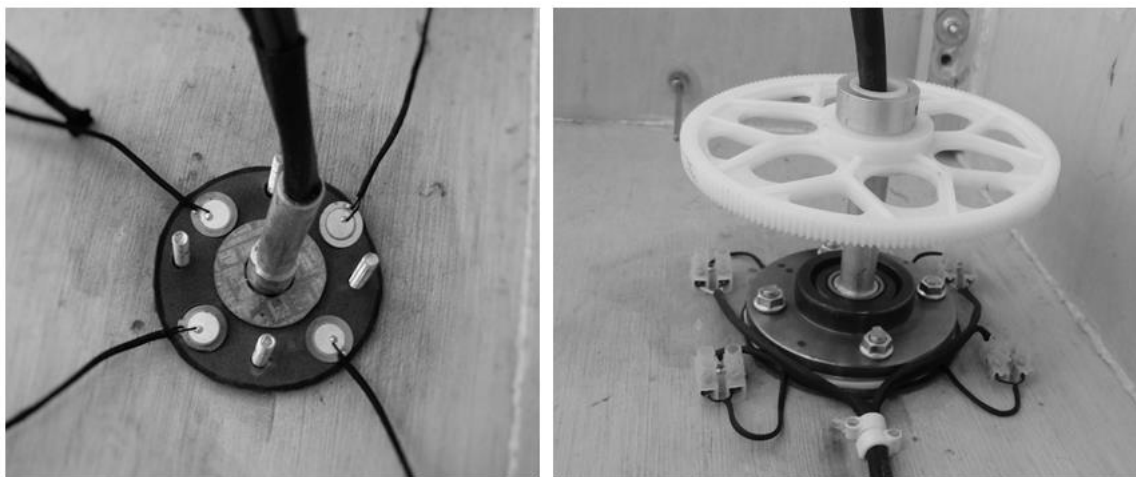


Рис. 3. Монтаж пьезоэлементов на натурной модели

В качестве опытного образца были взяты пьезоэлементы фирмы Kero Electronics [9] типа MFT (рис. 4) на основе керамики $TiBaO_3$ со следующими характеристиками:

- рабочий диапазон температур – 20 ... + 50 °С;
- резонансная частота $4,0 \pm 0,5$ kHz;
- резонансное сопротивление 500 Ω
- эл. емкость 34 nF ± 30 %;

- диаметр латунной подложки 150 мм;
- диаметр пьезоэлемента 120 мм;
- толщина пьезоэлемента 0,21 мм;
- удельный вес $7 \cdot 10^4$ Н/м³;
- коэффициент внутреннего трения 0,07 Н·с/м;
- модуль Юнга $4 \cdot 10^{10}$ Н/м²;
- напряженность электрического поля $2 \cdot 10^6$ В/м.

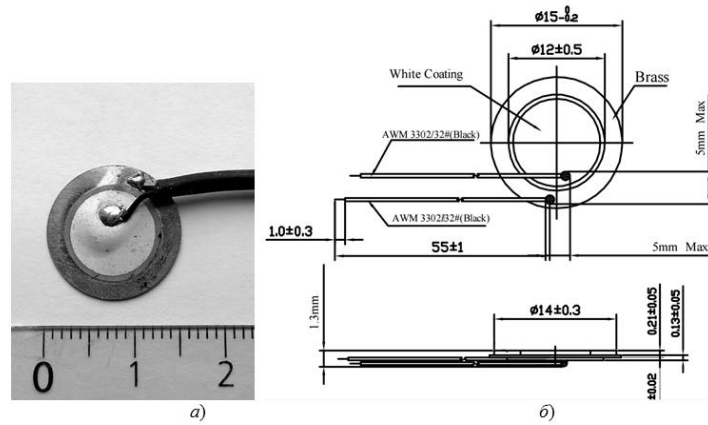


Рис. 4. Пьезоелемент фирмы Керо Electronics типа MFT: а) – внешний вид; б) – физические размеры

Для проведения дальнейших исследований была собрана схема, представленная на рис. 5. Аппаратная часть была реализована с помощью аппаратных мо-

дулей, разработанных группой университетов в рамках проекта TEMPUS 544010-TEMPUS-1-2013-1-DE-TEMPUS-JPHES TATU [10].

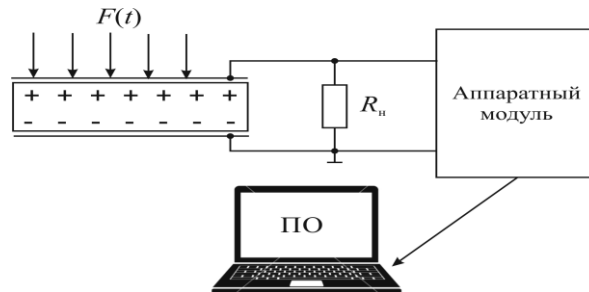


Рис. 5. Структурная схема эксперимента

При предварительных испытаниях натурной модели и симуляции эффекта Коанда отклонение валопровода АВРК [11] под действием силы 300 кгс·м приве-

ло к получению сигнала на пьезоэлементах. Осциллограммы зафиксированного сигнала отображены на рис. 6.

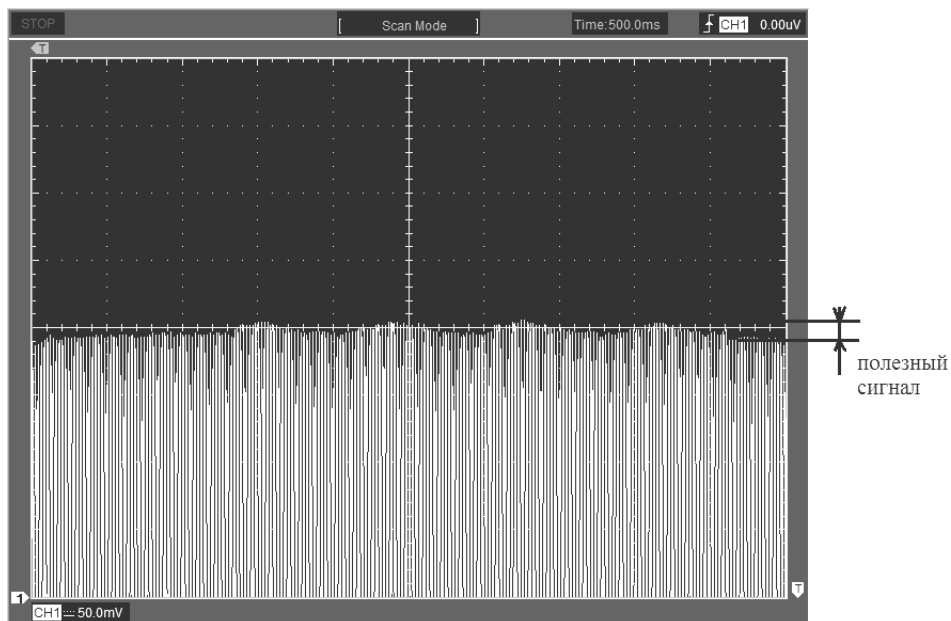


Рис. 6. Осциллограмма снимаемого с пьезоэлементов сигнала при возникновении эффекта Коанда

Из [12] известно, что моноэлемент описывается как дифференциальное звено (рис. 7), что может при-

вести к ситуации, когда сигнал с $\tau > 2$ с не будет распознан системой как "полезный" сигнал. Для предот-

вращения этого в [13] предлагается использование биморфа.

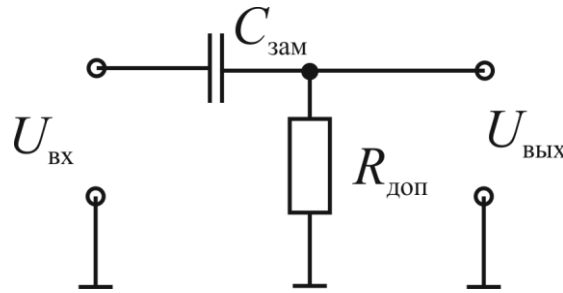


Рис. 7. Описание моноэлемента в виде дифференциального звена

Известно, что для работы пьезоэлемента используются шесть режимов работы [14], в результате анализа которых, было установлено, что для работы данной компьютерной системы подходят три режима:

- биморф (диф. цепочка с усилением) (рис. 8);

- пьезотрансформаторный (по напряжению) (рис. 9);
- генераторный режим (рис. 10).

Проанализируем выбранные режимы. Работа биморфа в режиме прямого пьезоэффекта представлена на рис. 8.

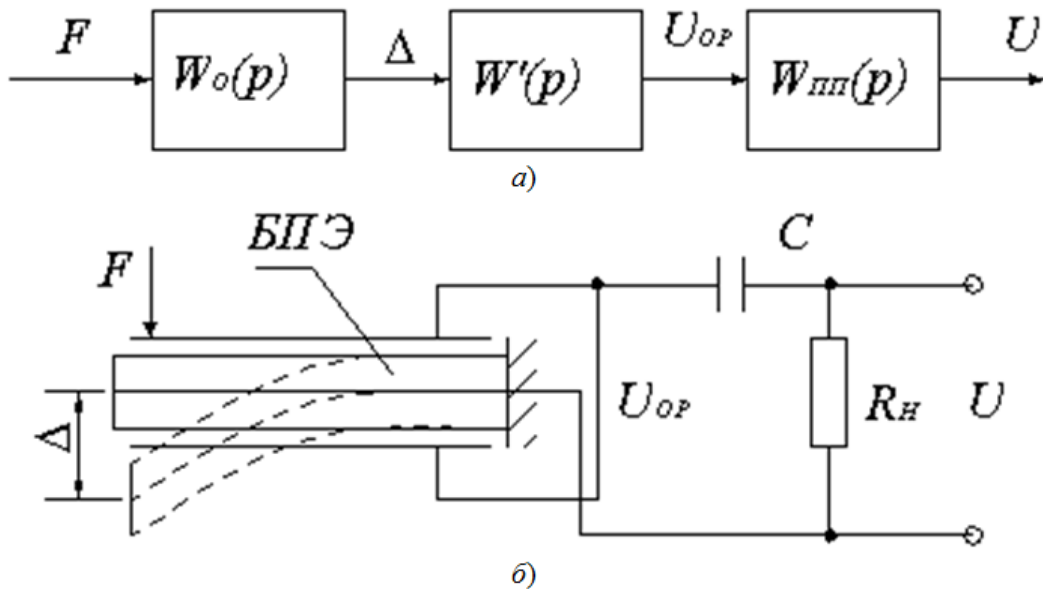


Рис. 8. Работа биморфа в режиме прямого пьезоэффекта: а) – структурная схема; б) – принципиальная схема

При прикладывании к ПЭ силы F на его электродах возникает опорное напряжение $U_{оп}$, которое после преобразовывается дифференциальным звеном в напряжение U на сопротивлении нагрузки R_n .

При представлении в виде структурной схемы получаем передаточные функции для трех звеньев

$$W_0(p) = \frac{1}{K_0(T_0^2 p^2 + 2\xi_0 T_0 p + 1)}.$$

Путем подстановок и преобразований получаем

$$W_1(p) = \frac{K'(T_m p + 1)}{K_0(T_0^2 p^2 + 2\xi_0 T_0 p + 1)}.$$

АЧХ и ФЧХ в режиме прямого пьезоэффекта:

$$A(\omega) = \frac{K_1 \sqrt{(1 - T_0^2 \omega^2 + 2T_m \xi_0 \omega^2)^2 + (T_m \omega + T_m T_0 \omega^2 - 2\xi_0 T_0 \omega)^2}}{(1 - T_0^2 \omega^2)^2 + 4\xi_0^2 T_0^2 \omega^2},$$

$$\varphi(\omega) = \arctg\left(\frac{T_{nn}\omega - T_{nn}T_0^2\omega^2 - 2\xi_0 T_0\omega}{2T_{nn}\xi_0 T_0\omega^2 + 1 - T_0^2\omega^2}\right).$$

Пьезотрансформаторный режим (по напряжению) представлен на рис. 9.

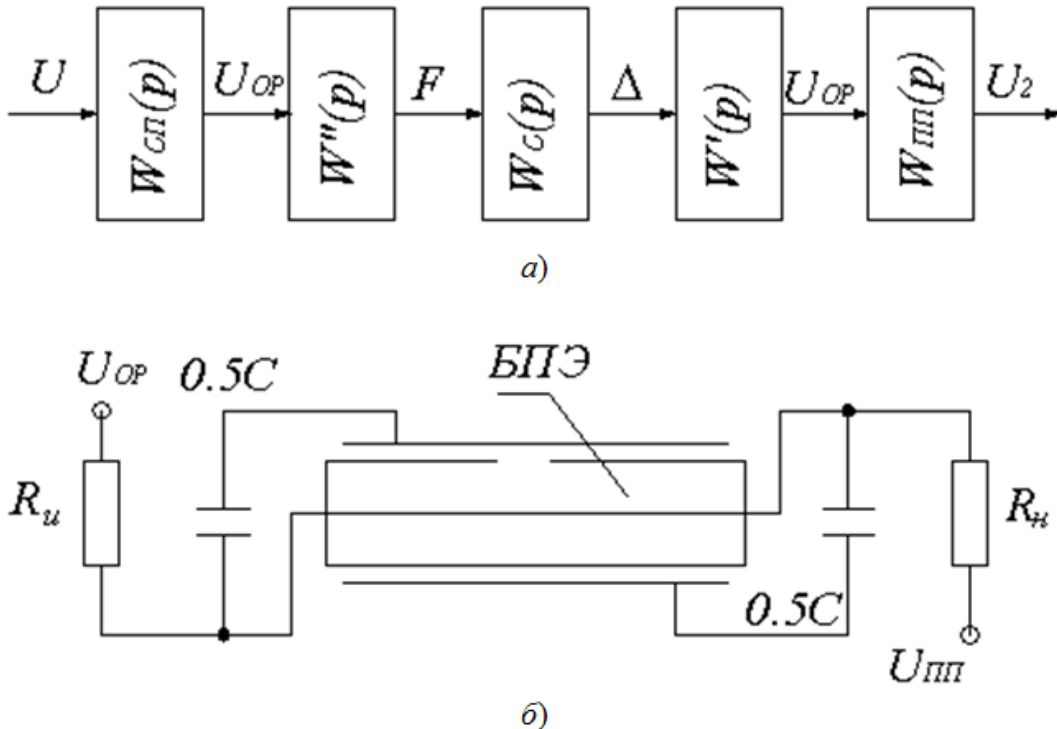


Рис. 9. Пьезотрансформаторный режим: а) – структурная схема; б) – принципиальная схема

$$W_3(p) = \frac{K_3(T_m p + 1)}{(T_0^2 p^2 + 2\xi_0 T_0 p + 1)(T_{on} p + 1)},$$

где $K_3 = \frac{K' K''}{K_0}$.

Отсюда $A(\omega) = \frac{K_3}{a_2 + b_2} \sqrt{(aT_m \omega - b)^2 + (bT_m \omega - a)^2}$,

$$\varphi(\omega) = \arctg\left(\frac{T_m \omega a - b}{a + T_m \omega b}\right),$$

где $a = 1 - T_0^2 \omega^2 - 2\xi_0 T_0 T_{on} \omega^2$; $b = T_{on} \omega + 2\xi_0 T_0 \omega - T_0^2 T_{on} \omega^3$.

Пьезоэлемент, включенный в генераторном режиме представлен на рис. 10.

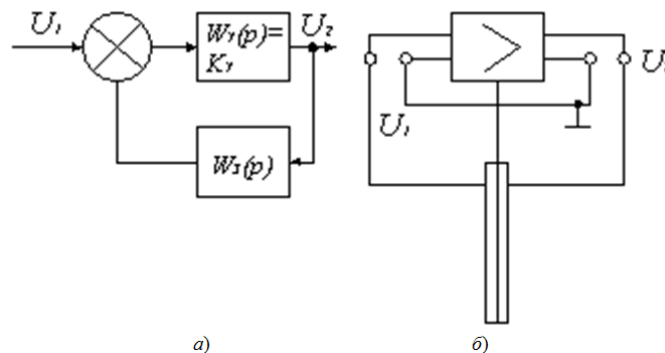


Рис. 10. Генераторный режим а) – структурная схема; б) – принципиальная схема

Передаточная функция

$$W_5(p) = \frac{K_y}{1 + K_y W_3(p)}$$

АЧХ и ФЧХ описываются выражениями:

$$A(\omega) = \frac{K_y}{a} \sqrt{b^2 + c^2};$$

$$\varphi(\omega) = \arctg \frac{c}{b}.$$

На рис. 11 показаны полученные графики АЧХ для пьезоэлементов различных геометрических размеров. На графике рис. 11, а, взят ПЭ, интегрированный нами в многофункциональную платформу. На графике рис. 11, б, приведен ПЭ с такими размерами, которые предполагается использовать на натурной АВРК.

Представлены три режима: X1(ω) – режим прямого пьезоэффекта; X2(ω) – трансформаторный режим по напряжению; X3(ω) – генераторный режим. На рис. 12 представлен график АЧХ без использования логарифмической шкалы.

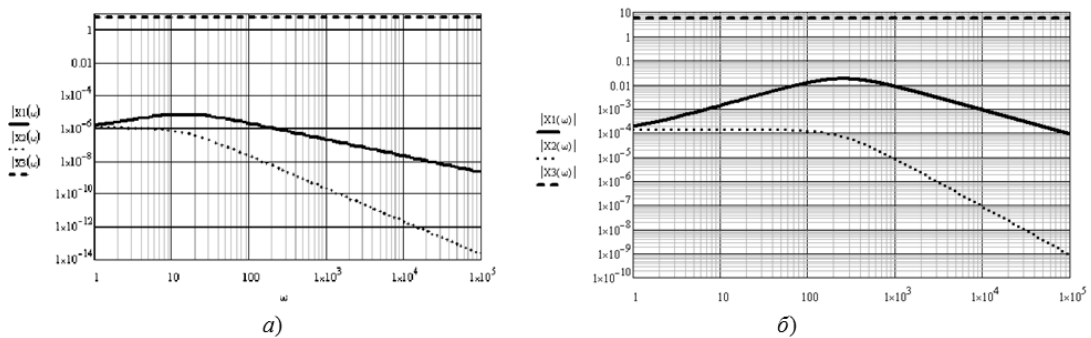


Рис. 11. Полученные АЧХ для различных геометрических размеров ПЭ TiBaO₃:

- а) – диаметр 7,3 сантиметра, толщина 3,7 мм;
- б) – диаметр 1,5 см сантиметра, толщина 0,21 мм

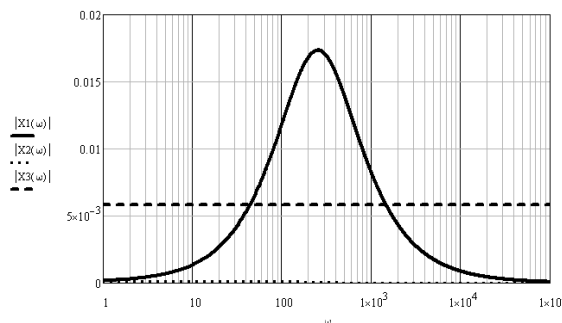


Рис. 12. Построение графика без использования логарифмической шкалы

Анализируя полученные на рис. 11 и 12 графики можно заметить, что при использовании прямого пьезоэффекта максимальный КПД системы приходится на пик характеристики соответствующий частоте резонанса. Если эта частота лежит в диапазоне звуковых частот (20 Гц ... 20 кГц) то использование установки в зоне обитания человека затруднительно. Так же, как уже было сказано, что при использовании ПЭ в следующем режиме при времени переходного процесса более 2 с полезный сигнал может быть отсеян систе-

мой. Поэтому более оптимальным будет использование генераторного режима или пьезотрансформаторного по напряжению.

Выводы. В результате проведенных исследований и натурных испытаний предложено создание системы мониторинга возникновения эффекта Коанда для снижения аварийности и улучшения системы динамического позиционирования объектов водного транспорта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Vitaliy Budashko, Vitaliy Nikolskiy, Oleg Onishchenko, Sergii Khniunin Decision support system’s concept for design of combined propulsion complexes // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – 3/8 (81). – P. 10 – 21.

2. Будашко, В. В. Математические основы имитационного моделирования системы управления энергетической установкой бурового судна [Текст] / В. В. Будашко, О. А. Онищенко // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2014. – Вып. 29. – С. 6 – 13. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/item.asp?id=22822710> – 24.12.2016.
3. Бойко, А. А. Синтез и исследование системы автоматического симметрирования токов асинхронного двигателя с преобразователем напряжения [Текст] / А. А. Бойко, В. В. Будашко, Е. А. Юшков, Н. А. Бойко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2016. – Т. 1. № 2 (79). – С. 22 – 34.
4. Никольский В. В., Будашко В. В., Хнюнин С. Г., Раенко Н. Е. Система мониторинга позиционирования полупогружных плавучих буровых установок // Судовые энергетические установки: науч. -техн. сб. – 2015. – № 35. – Одесса: ОНМА. – С. 137 – 141.
5. Flow Watch FW450 [Электронный ресурс]. – <http://www.generaltools.com/flow-watch>.
6. Пат. 100819 Україна, МПК G01L 9/08, 5/12, 1/16. Суднова система моніторингу для попередження ефекту Коанда / В.В. Будашко, В.В. Нікольський, С.Г. Хнюнін. – № u201501854; заявл. 02.03.2015; опубл. 10.08.2015, Бюл. № 15.
7. Пат. 107006 Україна, МПК G01L 9/08, 5/12, 1/16. Суднова система моніторингу для попередження ефекту Коанда / В.В. Будашко, В.В. Нікольський, С.Г. Хнюнін. – № u201512962; заявл. 28.12.2015; опубл. 10.05.2016, Бюл. № 9.
8. Ефремов Л.В. Теория и практика исследований крутильных колебаний силовых установок с применением компьютерных технологий. – СПб. : Наука, 2007. – 276 с.
9. Керо Electronics. [Электронный ресурс]. – <http://www.chinaacoustic.com/en/index.php>.
10. Горб С.И., Никольский В.В., Хнюнин С.Г., Шапо В.Ф. Техническое обеспечение подготовки судовых инженеров по системам автоматизации с программируемыми контроллерами // Автоматизация судовых технических средств: науч. -техн. сб. – 2016. – Вып. 22. Одесса: НУ «ОМА». – С. 39 – 46.
11. Будашко В. В., Никольский В. В., Хнюнин С. Г., Накул Ю. А. Система мониторинга состояния винторулевой колонки для предупреждения эффекта Коанда // Автоматизация судовых технических средств: науч. -техн. сб. – 2015. – Вып. 21. Одесса : ОНМА. – С. 22 – 28.
12. Бобцов А.А., Бойков В.И., Быстров С.В., Григорьев В.В. Исполнительные устройства и системы для микроперемещений. – СПб ГУ ИТМО, 2011. – 131 с.
13. Пьезоэлектрические преобразователи / В. М. Шарапов, И. Г. Минаев, Ю. Ю. Бондаренко, Т. Ю. Кисиль, М. П. Мусиенко, С. В. Ротгэ, И. Б. Чудаева – Черкассы : ЧГТУ, 2004. – 435 с.
14. Джагунов Р. Г., Плавинский Е. Б., Никольский В. В., Веретенник А. М. Измерительные преобразователи: Учебное пособие. – Одесса : Астропринт, 2002. – 216 с.

С. Г. Хнюнін,
Національний університет
«Одеська морська академія»,
м. Одеса, Україна

СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ РЕЄСТРАЦІЇ ВИНИКНЕННЯ ЕФЕКТУ ВІДХИЛЕННЯ ПОТОКУ РІДИНИ

У результаті проведених досліджень запропоновано створення системи моніторингу виникнення ефекту Коанда для зниження аварійності і поліпшення системи динамічного позиціонування напівзаглибних плавучих бурових установок. Відмінність запропонованої системи від існуючих в можливості її побудови без втручання в діючу конструкцію азимутальної винторулевої колонки.

Ключові слова: *п'єзоелектричні перетворювачі; ефект Коанда; азимутальна гвинторулева колонка; напівзаглибні плавучі бурові установки.*

S. H. Khniunin,
National University
«Odessa Maritime Academy»,
Odessa, Ukraine

THE ESTABLISHMENT OF A REGISTRATION SYSTEM THE EFFECT OF DEFLECTION OF THE FLUID FLOW

In result of the conducted researches it is proposed the creation of a system monitoring the occurrence of the Coanda effect to reduce accidents and improve the system dynamic positioning semi-submersible drilling rigs. The difference of the proposed system from existing

in its design without interference into the existing design of the azimuth plants.

Key words: *piezoelectric transducers; the Coanda effect; azimuth plants; semi-submersible drilling rigs.*

Рецензенти: д. т. н., проф. **М. П. Мусянко**;
к. ф.-м. н., доц. **О. В. Дворник**.

© Хнюнин С. Г., 2016

Дата надходження статті до редколегії 28.04.16

ДЛЯ НОТАТОК

ДЛЯ НОТАТОК

ДЛЯ НОТАТОК

Наукове видання

НАУКОВІ ПРАЦІ

науково-методичний журнал

Серія «Комп'ютерні технології»

Випуск 271

Том 283

Редактор *Т. Базильська.*

Технічний редактор, комп'ютерна верстка *Л. Бернацька.*
Друк *С. Волинець.* Фальцювальню-палітурні роботи *С. Волинець.*

Підп. до друку 26.12.2016 р.
Формат 60x84¹/₈. Папір офсет.
Гарнітура «Times New Roman». Друк ризограф.
Ум. друк. арк. 14,4. Обл.-вид. арк. 8,1.
Тираж 100 пр. Зам. № 5118.

Видавець і виготовлювач: ЧДУ ім. Петра Могили.
54003, м. Миколаїв, вул. 68 Десантників, 10.
Тел.: 8 (0512) 50-03-32, 8 (0512) 76-55-81, e-mail: rector@chmnu.edu.ua.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3460 від 10.04.2009 р.