

Міністерство освіти і науки України
Чорноморський національний університет
імені Петра Могили

НАУКОВІ ПРАЦІ

Видається з грудня 2001 року
Періодичність – двічі на рік

Науковий журнал



Т. 320. Вип. 308
Серія «Комп'ютерні технології»

Миколаїв
Вид-во ЧНУ імені Петра Могили
2018

Започатковано у 2001 році.	РЕДАКЦІЙНО-ВИДАВНИЧА РАДА
Засновник Чорноморський державний університет імені Петра Могили.	Клименко Л. П. голова редакційно-видавничої ради, головний редактор журналу «Наукові праці», доктор технічних наук, професор, ректор ЧНУ імені Петра Могили.
Свідоцтво про Державну реєстрацію журналу КВ № 23459-13299ПР. Видано 24.05.2018.	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.
Рекомендовано до друку та поширення мережею Інтернет рішенням вченої ради Чорноморського національного університету ім. Петра Могили (протокол № 2 від 11.10.2018 р.).	Ємельянов 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.
	Матвєєва Н. П. голова редколегії серії «Філологія. Мовознавство», доктор філологічних наук, професор.
	Григор'єва Л. І. голова редколегії серії «Техногенна безпека», доктор біологічних наук, професор.
	Пронкевич О. В. голова редколегії серії «Філологія. Літературознавство», доктор філологічних наук, професор.
	Котляр Ю. В. професор, голова редколегії серії «Історія», доктор історичних наук, професор.
	Фісун М. Т. голова редколегії серії «Комп'ютерні технології», доктор технічних наук, професор, старший науковий співробітник.
	Андрєєв В. І. відповідальний секретар журналу «Наукові праці», кандидат технічних наук, доцент.

Наукові праці : наук. журн. / Чорном. нац. ун-т ім. Петра Могили ; ред. кол. : М. Т. Фісун (голова) [та ін.]. – Миколаїв, 2018. – Т. 320. Вип. 308. – 172 с. – (Комп'ютерні технології).

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ СЕРІЇ:

1. **Фісун Микола Тихонович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інженерії програмного забезпечення Чорноморського національного університету імені Петра Могили (м. Миколаїв) – *голова редакційної колегії серії «Комп'ютерні технології»*;
2. **Мусієнко Максим Павлович** – доктор технічних наук, професор, декан факультету комп'ютерних наук Чорноморського національного університету імені Петра Могили (м. Миколаїв) – *заступник*;
3. **Давиденко Євген Олександрович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерії програмного забезпечення Чорноморського національного університету імені Петра Могили (м. Миколаїв) – *відповідальний секретар редакційної колегії серії «Комп'ютерні технології»*;
4. **Бідюк Петро Іванович** – доктор технічних наук, професор Інституту прикладного системного аналізу (ННК ІПСА) (м. Київ);
5. **Гожий Олександр Петрович** доктор технічних наук, доцент, в. о. професора кафедри комп'ютерної інженерії Чорноморського національного університету імені Петра Могили (м. Миколаїв);
6. **Глибовець Микола Миколайович** – доктор фізико-математичних наук, професор, декан факультету інформатики НаУКМА (м. Київ);
7. **Данилов Валерій Якович** – доктор технічних наук, професор кафедри математичних методів системного аналізу Інституту прикладного системного аналізу (ННК ІПСА НТУУ «КПІ») (м. Київ);
8. **Дихта Леонід Михайлович** – доктор технічних наук, професор кафедри прикладної та вищої математики Чорноморського національного університету імені Петра Могили (м. Миколаїв);
9. **Коваленко Ігор Іванович** – доктор технічних наук, професор, професор кафедри інженерії програмного забезпечення Чорноморського національного університету імені Петра Могили (м. Миколаїв);
10. **Кондратенко Юрій Пантелійович** – доктор технічних наук, професор, професор кафедри інтелектуальних інформаційних систем Чорноморського національного університету імені Петра Могили (м. Миколаїв);
11. **Кутковецький Валентин Якович** – доктор технічних наук, професор, професор кафедри комп'ютерної інженерії Чорноморського національного університету імені Петра Могили (м. Миколаїв);
12. **Малахов Євген Валерійович** – доктор технічних наук, професор, професор кафедри математичного забезпечення комп'ютерних наук Одеського національного університету імені І. І. Мечникова (м. Одеса);
13. **Мещанинов Олександр Павлович** – доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри інтелектуальних інформаційних систем Чорноморського національного університету імені Петра Могили (м. Миколаїв);
14. **Приходько Сергій Борисович** – доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедри програмного забезпечення автоматизованих систем Національного університету кораблебудування імені адм. Макарова (м. Миколаїв);
15. **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

Індексовано в «Google Scholar»
Включено до Міжнародної науково-метричної бази даних Ulrichsweb (Ulrich's Periodicals Directory)
Індексовано в науково-метричній базі даних Index Copernicus

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

Коваленко І. І., Швед А. В. Аналіз моделей експертних свідочств сформованих в умовах невизначеності методами теорії можливостей	9
Сверстюк А. С. Дослідження персистентності моделі імуносенсора з використанням різницевого рівняння на гексагональній решітці.....	15
Бойко А. П., Леонов А. В. Концепція створення віртуальних 3D-моделей складних інженерних споруд	22
Цюпко Ю. М. Процеси очищення повітря в суднових системах кондиціювання повітря.....	31
Корецька О. О. Математичні та функціональні моделі енергоефективних IoT пристроїв на базі п'єзокерамічних перетворювачів	36
Гнатенко В. Ю., Марцун В. В., Ступень П. В. Визначення потоку максимальної швидкодії в мережі передачі даних	41
Дворецький М. Л., Дворецька С. В., Боровльова С. Ю. Web-застосунок складського обліку в неавтоматизованих торгових точках	45
Донченко М. В., Казарезов А. Я. Використання геоінформаційних систем для раннього виявлення надзвичайних ситуацій	53
Лук'янець О. М., Стрельцов О. В. Дослідження методів підвищення ефективності моніторингу веб-сторінок.....	58
Гожий В. О. Моделювання взаємодії web-сервісів в Mashup-системах на основі кольорових мереж Петрі.....	64
Тютюнник Д. Г., Ситніков В. С. Дослідження психології та юзабіліті веб-дизайну	71
Старченко В. В. Використання web-серверу у навчальному процесі	76
Савенко О. С. Розподілена апаратно-програмна система та методи захисту інформації в комп'ютерних системах локальних мереж.....	81
Фісун М. Т., Нездолій Ю. О., Кандиба І. О. Реалізація зовнішніх DSL реляційної алгебри з використанням хмарного сервісу IAAS	89
Потєха В. Ю., Дікусар К. В., Ступень П. В., Гнатенко В. Ю. Система клімат-контроль для мобільних платформ.....	96
Стовманенко В. О., Григор'єв Д. О., Боровльова С. Ю., Давиденко Є. О. Робота з метаданими mp3-файлів.....	102
Доценко Д. С., Яковлев Д. П. Дослідження проблеми візуального навантаження порталів новинних ресурсів	108
Яромій І. Р., Яковлев Д. П. Дослідження методів підвищення швидкості відображення табличного інтерфейсу для Apple Watch OS	114
Чорней Р. К. Про єдиність рівноваги за Нешем у стохастичних іграх накопичення капіталу на графі	119

Асєєв В. Д., Кулаковська І. В. Стохастичний метод навчання агентів у системах прийняття рішень	124
Ковальчук Є. Д., Ситніков В. С. Розпізнавання образів курців у громадських місцях.....	130
Куценко Д. І., Нестерюк А. Г. Дослідження системи автоматичного підтримання швидкості	137
Кошовий В. В. Аналіз активності користувачів на web-сервері з використанням методів Web Mining на мові PHP	143
Процей Ю. С., Нестерюк О. Г. Дослідження методів підвищення ефективності ємкісних датчиків рівня палива	148
Донченко М. В. Готовність елемента з нестационарними потоками відмов і відновлень при обмеженні запасних частин.....	156
Мещеряков В. С., Ступень П. В. Дослідження проблеми рюкзака на прикладі системи підрахунку калорій.....	161
Бурлаченко І. С., Савінов В. Ю. Модель групової поведінки MAS для аналізу мережевих атак у швидкодіючих бездротових мережах.....	166

СОДЕРЖАНИЕ

Коваленко И. И., Швед А. В. Анализ моделей экспертных свидетельств сформированных в условиях неопределенности методами теории возможностей	9
Сверстюк А. С. Исследование персистентности модели имуносенсора с использованием разностных уравнений на гексагональной решётке.....	15
Бойко А. П., Леонов А. В. Концепция создания виртуальных 3D-моделей сложных инженерных сооружений	22
Цюпко Ю. М. Процессы очистки воздуха в судовых системах кондиционирования воздуха.....	31
Корецкая А. О. Математические и функциональные модели энергоэффективных IoT устройств на базе пьезокерамических преобразователей.....	36
Гнатенко В. Ю., Марцун В. В., Ступень П. В. Определение потока максимального быстрогодействия в сети передачи данных	41
Дворецкий М. Л., Дворецкая С. В., Боровльова С. Ю. Web-приложение складского учета в неавтоматизированных торговых точках	45
Донченко М.В., Казарезов А. Я. Использование геоинформационных систем для раннего определения чрезвычайных ситуаций	53
Лукьянец А. Н., Стрельцов О. В. Исследование методов повышения эффективности мониторинга веб-страниц	58
Гожий В. А. Моделирование взаимодействия web-сервисов в Mashup-системах на основе цветных сетей Петри	64
Тютюнник Д. Г., Ситников В. С. Исследование психологии и юзабилити веб-дизайна	71
Старченко В. В. Использование web-сервера в учебном процессе	76
Савенко О. С. Распределенная аппаратно-программная система и методы защиты информации в компьютерных системах локальной сети.....	81
Фисун Н. Т., Нездолий Ю. А., Кандыба И. А. Реализация внешних DSL реляционной алгебры с использованием облачного сервиса IAAS	89
Потеха В. Ю., Дикусар Е. В., Ступень П. В., Гнатенко В. Ю. Система климат-контроль для мобильных платформ	96
Стовманенко В. А., Григорьев Д. А., Боровльова С. Ю., Давыденко Е. А. Работа с метаданными mp3-файлов	102
Доценко Д. С., Яковлев Д. П. Исследование проблемы визуальной нагрузки порталов новостных ресурсов	108
Яромий И. Р., Яковлев Д. П. Исследование методов повышения скорости отображения табличного интерфейса для Apple Watch OS.....	114
Чорней Р. К. О единственности равновесия по Нешу в стохастических играх накопления капитала на графе	119

Асеев В. Д., Кулаковская И. В. Стохастический метод обучения агентов в системах принятия решений	124
Ковальчук Е. Д., Ситников В. С. Распознавание образов курильщиков в общественных местах	130
Куценко Д. И, Нестерюк А. Г. Исследование системы автоматического поддержания скорости.....	137
Кошевой В. В. Анализ активности пользователей на web-сервере с использованием методов Web Mining на языке PHP	143
Процей Ю. С., Нестерюк А. Г. Исследование методов повышения эффективности емкостных датчиков уровня топлива.....	148
Донченко М. В. Готовность элемента с нестационарными потоками отказов и восстановлений при ограниченности запасных частей	156
Мещеряков В. С., Ступень П. В. Исследование проблемы рюкзака на примере системы подсчета калорий.....	161
Бурлаченко И. С., Савинов В. Ю. Модель группового поведения MAS для анализа сетевых атак в быстродействующих беспроводных сетях.....	166

CONTENT

Kovalenko I. I., Shved A. V. Analysis of expert judgment models under uncertainty based on the possibility theory methods	9
Sverstiuk A. S. Research of persistence of model of immunosensor is with the use of difference equations on hexagonal lattice.....	15
Boiko A. P., Leonov A. V. The concept of creating virtual 3D models of complex engineering structures	22
Tsyupko Y. M. Processes of purification of air ship air conditioning systems	31
Koretska O. O. Mathematical and functional models of energy-efficient IoT devices based on piezoceramic transducers	36
Hnatenko V. Yu., Martsun V. V., Stupen P. V. The maximum speed flow determination in the data transmission network	41
Dvoretzkyi M. L., Dvoretzskaya S. V., Borovlyova S. Yu. Web-appcation of warehouse accounting in non automated trading points.....	45
Donchenko M. V., Kasarezov A. Y. Use of geoinformative systems for early detection of emergency situations.....	53
Lukianets O. M., Streltsov O. V. Research methods to increase the efficiency of monitoring the web-pages.....	58
Gozhyj V. O. Modeling of interaction of web-service in mashup-systems based on colored Petri nets.....	64
Tiutiunnik D. G., Sytnikov V. S. Research of psychology and usability of web design.....	71
Starchenko V. V. Using a web server in the teaching process	76
Savenko O. S. Distributed computer and software system and methods of protection of information in computer systems of local networks.....	81
Fisun M. T., Nezdoliy Yu. O., Kandyba I. O. Implementation of external DSL of relational algebra using cloud service IAAS.....	89
Potiekha V. Y., Dikusar K. V., Stupen P. V., Hnatenko V. Y. Climate control system for mobile platforms	96
Stomanenko V. O., Hryhoriev D. O., Borovlyova S. Yu., Davydenko Ye. O. Working with mp3 file metadata	102
Dotsenko D. S., Yakovlev D. P. Research of the visual information load problem in news resources	108
Yaromii I. R., Yakovlev D. P. Research methods for increasing the speed display tabular interface for Apple Watch OS	114
Chornei R. K. On the uniqueness of the Nash equilibrium in stochastic games of capital accumulation on a graph	119
Asieiev V. D., Kulakovska I. V. Stochastic method of training agents in decision-making systems	124

Kovalchuk Y. D., Sytnikov V. S. Recognition of images of smokers in public places	130
Kutsenko D. I., Nesteryuk A. G. Researching of automatic supporting speed system	137
Koshovyi V. V. Analysis of user activity on a web-server with using Web Mining methods in PHP	143
Protsei Y. S., Nesteryk O. G. Investigation of methods of increasing the efficiency of fuel-level capacitance sensors	148
Donchenko M. V. Readiness of the element with non-stationary streams of refusals and repairs at limitation of spare parts	156
Meshcheriakov V. S., Stupen P. V. Researching of knapsack problem for nutrients counting system.....	161
Burlachenko I. S., Savinov V. Yu. Model of group behavior of MAS to analyze network attacks in fast dynamic wireless networks.....	166

АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ ЕКСПЕРТНИХ СВІДОЦТВ СФОРМОВАНИХ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ МЕТОДАМИ ТЕОРІЇ МОЖЛИВОСТЕЙ

У статті розглянуті математичні моделі групових експертних суджень, що дозволяють обробляти результати експертного опитування в умовах невизначеності та наявності конфліктуючих (суперечливих) експертних суджень. В реальних умовах отримані від експертів судження щодо досліджуваної проблеми, висловлені на одній і тій самій множині початкових даних, можуть взаємодіяти між собою в тій чи іншій мірі, щодо тієї інформації, яку вони можуть дати про множину початкових даних. Структура таких взаємодій може мати різних характер – вони можуть бути узгодженими, сумісними, довільними; можуть довільним чином об'єднуватися і перетинатися. В роботі проаналізовані ситуації, які можуть виникати в процесі експертного оцінювання і при яких експертні судження можуть об'єднуватися і поглинатися. Розглянуто сучасні теорії, математичний апарат яких дозволяє коректно оперувати зі специфічними формами невизначеностей, породженими різною структурою експертних суджень. Теорія свідочств дозволяє коректно оперувати і множиною елементів, що взаємно виключаються, і вичерпних елементів. Це трактується як аналіз всіх можливих елементів, унікально визначених та відмітних один від одного. Теорія можливостей дозволяє моделювати і представляти особливі види невизначеності знань, такі як нечіткість і випадковість. Математичний апарат теорії можливостей дозволяє оцінювати ступінь або міру узгодженості експертних свідочств та судити про ступінь їх специфічності. Зменшення специфічності експертних свідочств сприяє збільшенню рівня невизначеності, пов'язаної з ними. Проаналізовані міри можливості і необхідності дозволяють кількісно оцінити невизначеність пов'язану із експертними судженнями, це дає можливість судити про якість одержуваних експертних свідочств. В роботі досліджено залежність рівня невизначеності від структури експертних свідочств.

Ключові слова: невизначеність; неповнота; неточність; структура експертних свідочств; теорія свідочств; теорія можливостей.

Постановка проблеми. Прийняття рішень являє собою невід'ємну і відповідальну функцію управління і дуже часто здійснюється в умовах різних видів незнання (Не-факторів), які характеризуються наявністю неповноти, неточності, суперечливості, нечіткості у вихідних даних. Особливої уваги набуває питання вибору методів їх моделювання для планування та отримання достовірних та обґрунтованих рішень. Досить часто застосування поширених методів нечіткої математики, нейронних мереж, генетичних алгоритмів, сучасних методів математичної статистики відбувається без належного аналізу присутніх у системі (наборі вихідних даних) видів Не-факторів, що приводить до отримання неадекватних моделей та висновків.

Разом з тим, в реальних умовах можуть існувати специфічні види НЕ-факторів, наприклад, комбінація невизначеності і нечіткості, що виникають у процесі взаємодії між судженнями експертів. Експертні су-

дження можуть довільним чином перетинатись та об'єднуватись і структура таких взаємодій може приймати різні форми – вони можуть бути узгодженими, сумісними, довільними.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проведений аналіз праць вітчизняних та закордонних вчених демонструє, що на сьогоднішній день ведуться дослідження в області аналізу Не-факторів [1–7]. Перші НЕ-фактори були визначені і вивчалися в рамках проблематики нечіткої математики, засновником якої є Л. Заде [1]. Однак, цілеспрямовані системні дослідження почалися з робіт А. С. Наріньяні, в яких введено поняття і трактування Не-факторів [2]. В роботах В. А. Вагіна, Г. В. Рибіної, Р. В. Душкіна, Ю. Р. Валькмана та ін. відображені інші підходи до визначення НЕ-факторів [3–7].

Аналітичний огляд наукових публікацій, присвячених моделюванню складних невизначеностей, які

характеризуються такими формами взаємодії суджень експертів, як об'єднання і перетин, дозволяє зробити висновок про те, що ефективні результати можуть бути досягнуті використовуючи для їх моделювання математичний апарат теорії свідочств (теорія Демпстера-Шейфера) [8–10]. Для аналізу якості отриманих експертних свідочств та визначення рівня невизначеності, пов'язаного з цими свідочствами може бути застосований математичний апарат теорії можливостей [11–15]. Міри теорії можливостей дозволяють оцінювати ступінь або міру узгодженості експертних свідочств та судити про ступінь їх специфічності. Зменшення специфічності експертних свідочств сприяє збільшенню рівня невизначеності, пов'язаної з ними.

1. $X_j = \{\omega_i\}$ – обрано один елемент $\omega_i \in \Omega$;
2. $X_j = \{\omega_i \mid i = \overline{1, p}\}$, $p < n$ – обрано p елементів $\omega_i \in \Omega$;
3. $X_j = \Omega = \{\omega_i \mid i = \overline{1, n}\}$ – експерт не може обрати будь-який із запропонованих елементів.

Основу теорії свідочств складають три базові функції ($\forall X \subseteq \Omega$) [12, 4]:

– основна маса ймовірності (*basic belief assignment*) $m: 2^\Omega \rightarrow [0, 1]$:

$$\sum_{X \subseteq \Omega} m(X) = 1; \quad m(\emptyset) = 0; \quad (2)$$

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

$$Bel(X) = \sum_{B \subseteq X} m(B); \quad (3)$$

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

$$Pl(X) = \sum_{B \cap X \neq \emptyset} m(B); \quad (4)$$

де 2^Ω – показникова множина, що є сукупністю всіх підмножин Ω , включаючи порожню множину \emptyset .

Розглянемо ситуацію, при якій сформовані експертами підмножини $X_j \subseteq \Omega$, $j = \overline{1, m}$, задовольняють умові:

Формулювання цілей статті. Метою роботи є дослідження математичного апарату теорії можливостей, який може бути застосований для аналізу залежності рівня невизначеності від структури експертних свідочств.

Виклад основного матеріалу. Припустимо задана основа аналізу $\Omega = \{\omega_i \mid i = \overline{1, n}\}$, що являє собою множину вихідних даних (вичерпних та взаємовиключних) [8–10], на якій можуть бути сформовані підмножини елементів (свідочств) $X_j \subseteq \Omega$, $j = \overline{1, m}$. Будь-яка множина X_j може бути побудована на основі правил:

$$X_1 \subseteq X_2 \subseteq \dots \subseteq X_j \subseteq \dots \subseteq X_m \subseteq X. \quad (5)$$

У цьому випадку судження експертів є узгодженими.

Узгоджені судження експертів (свідочства) являють собою такі свідочства, при яких область значень одного з них є підмножиною області визначення іншого. Структура таких свідочств характеризується вкладеністю (рис. 1).

Виходячи із структури, наведеної на рисунку 1, маємо:

- експерт 1 вважає, що необхідно обрати перший елемент ($X_1 = \{\omega_1\}$);
- експерт 2 вважає, що необхідно обрати другий та третій елементи ($X_2 = \{\omega_1, \omega_2\}$), тобто елементи 1 та 2 для нього є рівнозначними;
- експерт 3 вважає, що необхідно обрати елементи під номерами 1, 2 та 3 ($X_3 = \{\omega_1, \omega_2, \omega_3\}$);
- експерт 4 вважає, що необхідно виділити елементи 1, 2, 3 та 4 ($X_4 = \{\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4\}$);
- експерт 5 не може обрати і оцінити жоден з елементів ($X_5 = \Omega = \{\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4, \omega_5\}$).

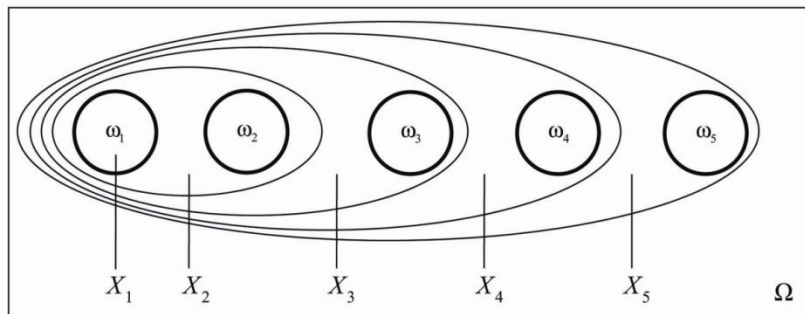


Рис. 1. Графічне представлення узгоджених експертних свідочств

Випадок а. Припустимо сформовані експертами підмножини $X_j \subseteq \Omega$, $j = \overline{1, m}$, відповідають умові:

$$X_1 = X_2 = \dots = X_j = \dots = X_m, \quad (6)$$

тобто всі експерти обрали одну і ту саму підмножину вихідних даних.

Випадок б. Припустимо сформовані експертами підмножини $X_j \subseteq \Omega$, відповідають умові:

$$X_1 = X_2 = \dots = X_j = \dots = X_m, |X_j| = 1, \quad (7)$$

$$\forall j = \overline{1, m},$$

тобто всі експерти виділили один і той самий елемент, із заданої множини Ω .

Ситуації **а** та **б** є окремими випадками узгоджених експертних свідочств. Такі судження можуть вважатися еквівалентними.

За умови, що експертні свідочства є узгодженими, відповідні функції (3) та (4) можуть бути виражені як:

$$Bel(X_i \cap X_j) = \min[Bel(X_i), Bel(X_j)]; \quad (8)$$

$$Pl(X_i \cup X_j) = \max[Bel(X_i), Bel(X_j)]. \quad (9)$$

Позначимо через *Nec* міру необхідності (*necessity*), а через *Pos* – міру можливості (*possibility*) [12–16]. Тоді у відповідності до основних положень теорії можливостей, для $\forall (X_i, X_j) \subseteq \Omega$, можуть бути виражені міри необхідності та можливості як:

$$Nec(X_i \cap X_j) = \min[Nec(X_i), Nec(X_j)]; \quad (10)$$

$$Pos(X_i \cup X_j) = \max[Pos(X_i), Pos(X_j)]. \quad (11)$$

У загальному вигляді міра *Nec* може бути виражена, як

$$Nec\left(\bigcap_{k \in K} X_k\right) = \inf_{k \in K} Nec(X_k), \quad (12)$$

де K – довільний набір індексів.

У загальному вигляді міра *Pos* може бути виражена, як

$$Pos\left(\bigcup_{k \in K} X_k\right) = \sup_{k \in K} Pos(X_k), \quad (13)$$

де K – довільний набір індексів.

Оскільки міра необхідності є певною мірою довіри і міра можливості є певною мірою правдоподібності, то для них справедливі наступні твердження:

$$Nec(X_i) + Nec(\overline{X_i}) \leq 1;$$

$$Pos(X_i) + Pos(\overline{X_i}) \geq 1;$$

$$Nec(X_i) = 1 - Pos(\overline{X_i}); \quad (14)$$

$$\min[Nec(X_i), Nec(\overline{X_i})] = 0;$$

$$\max[Pos(X_i), Pos(\overline{X_i})] = 1.$$

Міра необхідності і міра можливості пов'язані між собою наступним чином $\forall X_i \subseteq \Omega$:

$$Nec(X_i) > 0 \Rightarrow Pos(X_i) = 1;$$

$$Pos(X_i) < 0 \Rightarrow Nec(X_i) = 0. \quad (15)$$

Основоположним в теорії можливостей, є поняття можливісної змінної і її функції розподілу. Визначимо функцію розподілу можливостей $r: \Omega \rightarrow [0; 1]$, яка асоційована з мірою *Pos*:

$$r(\omega_i) = Pos(\{\omega_i\}), \quad \forall \omega_i \in \Omega. \quad (16)$$

Кожна міра можливості однозначно пов'язана із відповідною функцією розподілу можливостей. Для кінцевих множин справедливе твердження:

$$Pos(X) = \max_{\omega \in X} r(\omega), \quad \forall X \subseteq \Omega. \quad (17)$$

Припустимо задана основа аналізу $\Omega = \{\omega_i | i = \overline{1, n}\}$ та r – функція розподілу можливостей, яка визначена на Ω . Виразимо функцію r у вигляді кортежу довжиною n :

$$r = \langle r_1, r_2, \dots, r_n \rangle, \quad (18)$$

де $r_i = r(\omega_i)$, $\forall \omega_i \in \Omega$ – розподіл можливостей, асоційований з функцією r ; $r_i \geq r_j$, якщо $i < j$.

Припустимо ${}^n\mathfrak{R}$ – множина всіх впорядкованих розподілів можливостей довжиною n , і припустимо $\mathfrak{R} = \bigcup_{n \in N} {}^n\mathfrak{R}$.

Тоді для двох заданих розподілів можливостей ${}^1r = \langle {}^1r_1, {}^1r_2, \dots, {}^1r_n \rangle \in {}^n\mathfrak{R}$ та ${}^2r = \langle {}^2r_1, {}^2r_2, \dots, {}^2r_n \rangle \in {}^n\mathfrak{R}$, для деякого $n \in N$, справедливе твердження: ${}^1r \leq {}^2r$, якщо ${}^1r_i \leq {}^2r_i, \forall i \in \mathbb{N}_n$.

Припустимо задана кінцева множина елементів $X = \{x_i | i = \overline{1, n}\}$, на якій сформовані підмножини елементів (експертні свідочства) $A_j \subseteq X, j = \overline{1, m}$, що задовольняють умові (5), рис.2.

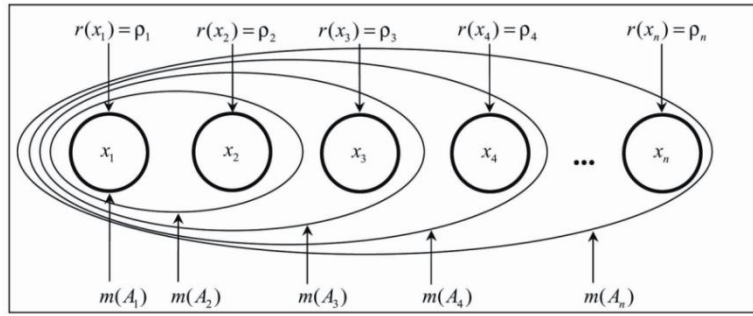


Рис. 2 Графічне представлення експертних свідочств відповідними функціями розподілу можливостей

Тоді $m(A)=0$, для кожного $A \neq A_j$ ($j \in \mathbb{N}$), де $m(\cdot)$ – основна маса ймовірності (2).

Виразимо функцію m у вигляді кортежу довжиною n :

$$\mathbf{m} = \langle m_1, m_2, \dots, m_n \rangle, \quad (19)$$

де $m_i = m(A_i)$, $\forall i \in \mathbb{N}_n$; $m_i \in [0; 1]$, $\forall i \in \mathbb{N}_n$,

$$\sum_{i=1}^n m_i = 1.$$

Припустимо ${}^n\mathcal{M}$ – множина основних розподілів m довжиною n , та $\mathcal{M} = \bigcup_{n \in \mathbb{N}} {}^n\mathcal{M}$.

Відповідно до [16] продемонструємо, що кожний основний розподіл $\mathbf{m} \in \mathcal{M}$ відповідає строго одному розподілу можливостей $\mathbf{r} \in \mathfrak{R}$, і навпаки.

Виходячи із (17) виразимо r_i наступним чином:

$$r_i = r(x_i) = Pos(\{x_i\}) = Pl(\{x_i\}), \quad \forall x_i \in X. \quad (20)$$

Застосовуючи вираз (4) до $Pl(\{x_i\})$, отримаємо:

$$r_i = Pl(\{x_i\}) = \sum_{k=i}^n m(A_k) = \sum_{k=i}^n m_k, \quad \forall i \in \mathbb{N}_n. \quad (21)$$

Таким чином, виходячи із (21), маємо $r_1 = m_1 + m_2 + \dots + m_i + \dots + m_n$, відповідно $r_n = m_n$.

Виходячи із (21) виразимо m_i :

$$m_i = r_i - r_{i+1}, \quad \forall i \in \mathbb{N}_n, \quad (22)$$

де $r_{n+1} = 0$.

Вирази (21) та (22) визначають відповідність між розподілом можливостей та відповідним основним розподілом: $t: \mathfrak{R} \leftrightarrow \mathcal{M}$.

Для $\mathbf{r} = \langle r_1, r_2, \dots, r_n \rangle \in \mathfrak{R}$ та $\mathbf{m} = \langle m_1, m_2, \dots, m_n \rangle \in \mathcal{M}$ $n \in \mathbb{N}$ є справедливим:

$$t(\mathbf{r}) = \mathbf{m}, \text{ якщо виконується (22);}$$

$$t^{-1}(\mathbf{m}) = \mathbf{r}, \text{ якщо виконується (21).}$$

Тоді для двох заданих основних розподілів ${}^1\mathbf{m} = \langle {}^1m_1, {}^1m_2, \dots, {}^1m_n \rangle \in \mathcal{M}$ та ${}^2\mathbf{m} = \langle {}^2m_1, {}^2m_2, \dots, {}^2m_n \rangle \in \mathcal{M}$ є справедливим твердження:

$${}^1\mathbf{m} \leq {}^2\mathbf{m}, \text{ тоді і тільки тоді, якщо } t^{-1}({}^1\mathbf{m}) \leq t^{-1}({}^2\mathbf{m}).$$

Розглянемо приклад застосування визначених мір теорії можливостей для оцінювання рівня невизначеності, пов'язаного з експертними свідочствами, запозичений із роботи [16].

Припустимо задана кінцева множина елементів $X = \{x_i \mid i = \overline{1, n}\}$, $n=7$ на якій сформовані експертні свідочства $A_j \subseteq X$, що задовольняють умові: $A_1 \subset A_2 \subset \dots \subset A_7$, та припустимо виконується умова $\exists i: m(A_i) = 0$, рис. 3.

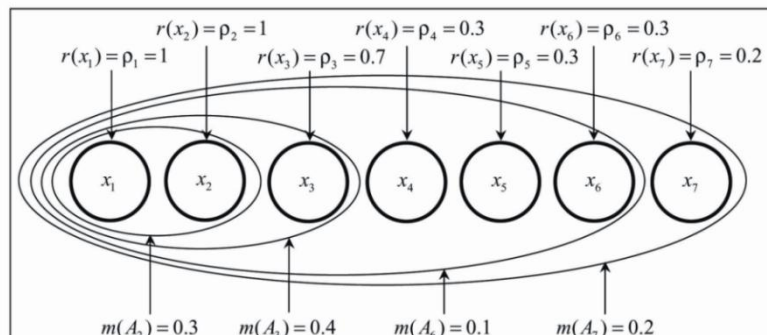


Рис. 3. Графічне представлення експертних свідочств

Припустимо: $m(A_1) = 0$, $m(A_4) = 0$, $m(A_5) = 0$.

Сформуємо основний розподіл:

$$m = \langle 0, 0.3, 0.4, 0, 0, 0.1, 0.2 \rangle.$$

На основі (21) розрахуємо розподіл можливостей:

$$r = \langle 1, 1, 0.7, 0.3, 0.3, 0.3, 0.2 \rangle.$$

Наприклад,

$$r_3 = m_3 + m_4 + m_5 + m_6 + m_7 = 0.4 + 0 + 0 + 0.1 + 0.2 = 0.7$$

Розрахуємо міру можливості для кожного свідчення $A_j \subseteq X$:

$$Pos(\{x_1, \dots, x_k\}) = \max(r_1, \dots, r_k) = \max(1, \dots, r_k) = 1, \\ \forall k \in \mathbb{N}_7.$$

Наприклад,

$$Pos(\{x_3, x_4, x_5\}) = \max(r_3, r_4, r_5) = \max(0.7, 0.3, 0.3) = 0.7.$$

Виходячи із (2) та (21) маємо $r_1 = 1$ для будь-якого розподілу можливостей $r = \langle r_1, r_2, \dots, r_n \rangle \in^n \mathfrak{R}$.

Таким чином, найменший розподіл можливостей $r'_n = \langle r_1, r_2, \dots, r_n \rangle \in^n \mathfrak{R}$ довжиною n , має вид $r'_n = \langle 1, 0, 0, \dots, 0 \rangle$, і містить $n-1$ елементів, що дорівнюють 0.

Такий розподіл можливостей ($t(r'_n) = \langle 1, 0, 0, \dots, 0 \rangle$) являє собою ідеальне експертне свідчення без будь-якої невизначеності.

Найбільший розподіл можливостей $r''_n = \langle r_1, r_2, \dots, r_n \rangle \in^n \mathfrak{R}$ довжиною n , має вид $r''_n = \langle 1, 1, 1, \dots, 1 \rangle$, і містить всі елементи, що дорівнюють 1. Такий розподіл відповідає кортежу $t(r''_n) = \langle 0, 0, 0, \dots, 1 \rangle$, і являє собою повне незнання, тобто ситуацію при якій відсутні якісні експертні свідчення.

Таким чином, чим більше розподіл можливостей, тим менш специфічні свідчення ми отримуємо, і як наслідок зростає рівень невизначеності.

Висновки. Математичний апарат теорії можливостей дозволяє моделювати і представляти особливі види невизначеності знань, такі як нечіткість і випадковість. Об'єктивна форма теорії можливостей розглядається як альтернатива теорії ймовірності, дозволяє обробляти статистичну інформацію з елементами невизначеності, і дає розуміння про ступінь впевненості (довіри) як можливості, так і необхідності подій. Кількісна можливість дозволяє моделювати кількісну неточність, як ступінь невизначеності, і заснована як на суб'єктивному (свідчення, породжені індивідуальними судженням), так і об'єктивному (свідчення, отримані із даних або статистичного спостереження) підходах.

Розглянуті в роботі міри можливості і необхідності дають можливість кількісного оцінити невизначеність пов'язану із експертними судженнями, тим самим дозволяють судити про якість одержуваних експертних свідчень. В роботі проаналізовано зв'язок між значеннями розглянутих мір і структурою експертних свідчень.

Список використаних джерел

1. Заде Л. А. Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений / Л. А. Заде // Математика сегодня. – М.: Знание, 1974. – С. 5 – 49.
2. Нариньяни А. С. Неточность как НЕ-фактор. Попытка доформального анализа. Препринт / А. С. Нариньяни. – Москва-Новосибирск, 1994. – 34 с.
3. Вагин В. Н. Знание в интеллектуальных системах / В. Н. Вагин // Новости искусственного интеллекта. – 2002. – №6. – С. 8–18.
4. Валькман Ю. Р. Моделирование НЕ-факторов – основа интеллектуализации компьютерных технологий / Ю. Р. Валькман, В. С. Быков, А. Ю. Рыхальский // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2007. – №1. – С. 39–61.
5. Душкин Р. В. Об одном подходе к автоматизированному извлечению, представлению и обработке знаний с НЕ-факторами / Р. В. Душкин, Г. В. Рыбина // Изв. РАН. ТиСУ. – 1999. – № 5. – С. 84–96.
6. Душкин Р. В. Методы получения, представления и обработки знаний с НЕ-факторами / Р. В. Душкин. – Изд-во: «Вебов и Книгин», 2011. – 251 с.
7. Рыбина Г. В. Модели, методы и программные средства для построения интегрированных экспертных систем: автореферат диссертации на соискание ученой степени д-ра техн. наук: 05.13.11 / Г. В. Рыбина. – М., 2004. – 44 с.
8. Shafer G. A mathematical theory of evidence / G. Shafer. – Princeton University Press, 1976. – 297 p.
9. Beynon M. J. The Dempster-Shafer theory of evidence: an alternative approach to multicriteria decision modelling / M. J. Beynon, B. Curry, P. Morgan // Omega. – 2000. – Vol. 28. – No. 1. – P. 37–50.
10. Uzga-Rebrovs O. Nenoteiktibu parvaldisana / O. Uzga-Rebrovs. – Rezekne: RA Izdevnieciba, 2010. – Vol. 3. – 560 lpp.
11. Zadeh L. A. Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility / L. A. Zadeh // Fuzzy Sets and Systems. – 1978. – Vol. 1. – P. 3–28.
12. Пытьев Ю. П. Возможность как альтернатива вероятности. Математические и эмпирические основы, применение. / Ю. П. Пытьев. – М.: Физматлит, 2007. – 464 с.
13. Dubois D. Possibility theory: qualitative and quantitative aspects / D. Dubois, H. Prade // Quantified Representation of Uncertainty and Imprecision. – 1998. – Vol. 1. – P. 169–226.
14. Dubois D. Possibility theory, probability theory and fuzzy sets: misunderstandings, bridges and gaps / D. Dubois, H. Nguyen, H. Prade // The handbook of fuzzy sets series. – Boston: Kluwer Academic Publishers. – 2000. – P. 344–438.
15. Язенин А. В. Основные понятия теории возможностей / А. В. Язенин. – М.: Физматлит, 2016. – 138 с.
16. Klir G. J. Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications / G. J. Klir, B. Yuan. – Prentice Hall: Upper Saddle River, 1995. – 574 pp.

АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ ЭКСПЕРТНЫХ СВИДЕТЕЛЬСТВ СЛОЖИВШЕЙСЯ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ МЕТОДАМИ ТЕОРИИ ВОЗМОЖНОСТЕЙ

В статье рассмотрены математические модели групповых экспертных суждений, позволяющие обрабатывать результаты экспертного опроса в условиях неопределенности и наличии конфликтующих (противоречивых) экспертных суждений. В реальных условиях полученные от экспертов мнения относительно исследуемой проблемы, высказанные на одном и том же множестве исходных данных, могут взаимодействовать между собой в той или иной степени, по той информации, которую они могут дать о множестве исходных данных. Структура таких взаимодействий может иметь разный характер – они могут быть согласованными, совместимыми, произвольными; могут произвольным образом объединяться и пересекаться. В работе проанализированы ситуации, которые могут возникать в процессе экспертного оценивания и при каких экспертные суждения могут объединяться и поглощаться. Рассмотрены современные теории, математический аппарат которых позволяет корректно оперировать со специфическими формами неопределенностей, порожденными различной структурой экспертных суждений. Теория свидетельств позволяет корректно оперировать и множеством взаимоисключающих и исчерпывающих элементов. Это трактуется как анализ всех возможных элементов, уникально определенных и отличимых друг от друга. Теория возможностей позволяет моделировать и представлять особые виды неопределенности знаний, такие как нечеткость и случайность. Математический аппарат теории возможностей позволяет оценивать степень или меру согласованности экспертных свидетельств и судить о степени их специфичности. Уменьшение специфичности экспертных свидетельств способствует увеличению уровня неопределенности, связанной с ними. Проанализированы меры возможности и необходимости позволяют количественно оценить неопределенность связанную с экспертными суждениями, это дает возможность судить о качестве получаемых экспертных свидетельств. В работе исследована зависимость уровня неопределенности от структуры экспертных свидетельств.

Ключевые слова: неопределенность; неполнота; неточность; структура экспертных свидетельств; теория свидетельств; теория возможностей.

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

ANALYSIS OF EXPERT JUDGMENT MODELS UNDER UNCERTAINTY BASED ON THE POSSIBILITY THEORY METHODS

The mathematical models of group expert judgments allows to process the results of an expert survey under uncertainty and conflicting (contradictory) expert judgments have been proposed in the article. In real world, expert judgments expressed in relation to the problem under study and formed in the same set of initial data, can interact in one way or another with respect to the information they can provide about a plurality of initial data. The structure of such interactions can have a different nature: they can be consistent, compatible and arbitrary; can be arbitrarily combined and intersected. The situations that can arise in the processes of expert panel evaluation and in which expert judgments can interact in various ways: unite and be absorbed are analyzed in this paper. Modern theories are considered, the mathematical apparatus of which allows correctly operate with specific forms of uncertainties generated by the different structure of expert evidences. The theory of evidence allows to operate correctly with a set of exclusive and exhaustive elements. This is treated as an examination of all possible elements, uniquely defined and distinguishable from each other. The theory of possibility allows modeling and representing special types of uncertainty of knowledge, such as fuzziness and randomness. The mathematical apparatus of the theory of possibility allows assessing the degree or measure of the consistency of expert evidence and the court on the degree of their specificity. Reducing the specificity of expert evidence contributes to increasing the level of uncertainty associated with them. The analyzed measures of necessity and possibility allow to quantify the uncertainty associated with expert judgments, it gives an opportunity to judge the quality of the received expert evidence. The dependence of the level of uncertainty on the structure of expert evidence has been investigated in the paper.

Key words: uncertainty; incompleteness; inaccuracy; structure of expert evidences; the Dempster–Shafer theory (DST) of evidence; possibility theory.

Рецензенти: Фісун М. Т., д-р техн. наук, професор;
Давиденко Є. О., канд. техн. наук.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРСИСТЕНТНОСТІ МОДЕЛІ ІМУНОСЕНСОРА З ВИКОРИСТАННЯМ РІЗНИЦЕВИХ РІВНЯНЬ НА ГЕКСАГОНАЛЬНІЙ РЕШІТЦІ

В роботі проведено дослідження персистентності моделі імуносенсора, яка ґрунтується на системі різницевих рівнянь на гексагональній решітці. Введено клас решітчастих різницевих рівнянь із затримками в часі для моделювання взаємодії антигенів-антитіл всередині імунопікселів. Побудова моделі ґрунтується на ряді біологічних припущень щодо взаємодії колоній антигенів та антитіл, а також дифузії антигенів. Для опису дискретних в просторі колоній, локалізованих у відповідних пікселях, використовується апарат різницевих диференціальних рівнянь на гексагональній решітці. Введено поняття квазіперсистентності моделі, яке є не таким строгим, у порівнянні з традиційною персистентністю. Це пов'язано із врахуванням дифузії всередині решітки. Такий підхід має велике значення з точки зору розробки імуносенсорних систем. Отримані результати забезпечують повний аналіз персистентності моделі імуносенсора, яка ґрунтується на системі різницевих рівнянь на гексагональній решітці з врахуванням запізнення в часі.

Ключові слова: біосенсор; імуносенсор; різницеві диференціальні рівняння; гексагональна решітка.

З потребою нових методів детекції інтерес до біосенсорів зростає в науці і техніці. Біосенсори є альтернативою до загальновикористовуваних методів вимірювання, які характеризуються поганою вибірковістю, високою вартістю, поганою стійкістю, низьким відгуком і часто можуть бути виконаними та використовуватися лише високодосвідченим персоналом. Біосенсори – це нова генерація сенсорів, яка використовує у своїй конструкції біологічні матеріали, які надають високу вибірковість, селективність, точність, дають змогу здійснювати швидкі і прості вимірювання [1]. Біосенсори характеризуються високою ефективністю і широко використовуються у харчовій промисловості [2], при захисті навколишнього середовища [3], в оборонній промисловості [4], але найчастіше використовуються у медицині [5], як інструмент для постановки діагнозів. В цілому сімейство біосенсорів ділиться на дві частини. Перша пов'язана з рівнем рецептора до біологічного матеріалу, який використовується в його будові. В якості рецепторів можуть бути ензим, протеїн, порферін, антиген або антитіло. Друга частина біосенсорів обмежена до шару провідника, де біологічний ефект перетворюється на вимірювальний сигнал, який може бути електрохімічний, імпедансний, амперометричний, оптичний та ін.

Серед великого сімейства біосенсорів імуносенсори, є типовими сенсорами, що містять шар рецептора,

який чутливий і селективний, включаючи імубілізований біологічний елемент, наприклад антитіло, антиген або хаптен, які є імунологічними рецепторами для вимірювальних молекул. В імуносенсорі (імуносенсорі) відбувається реакція, яка ґрунтується на взаємодії між антитілом і антигеном або маленькими молекулами хаптенами. Антитіла часто називаються імуноглобулінами тому, що вони є протіїнами, які пов'язані з імуною системою.

Імуноглобуліни використовуються імуною системою для ідентифікації та нейтралізації чужорідних об'єктів. Вони використовують властивості зв'язування антигенів. Антигени і антитіла, можуть використовуватися в шарі рецептора в біосенсорах. Зменшення властивостей, які пов'язані з антитілами під час процесу імубілізації антигену, використовуються в конструкції шару рецептора, де антитіла в відіграють функцію аналітів (молекул предметного детектування) [6].

Молекули, які пов'язані з детекцією, забезпечують зв'язування антитіл з антигенами, утворюючи складні конструкції. При цьому між антигенами і антитілами утворюються дуже сильні зв'язки з константою зв'язування $Ka = 10^{-12} - 10^{-14}$ [7].

Постановка завдання. Модель імуносенсора на гексагональній решітці повинна враховувати просторово-часові властивості пристрою в якому використовується. Стосовно просторової організації досліджу-

вана модель повинна ґрунтуватися на певній дискретній структурі, яка враховуватиме взаємодію пікселів імуносенсора. В континуальному просторі модель повинна описувати процеси, відомі як популяційна динаміка. Саме тому проблему становить дослідження персистентності кібер-фізичної моделі імунопікселя, яка б враховувала ряд біологічних припущень щодо основних складових пристрою – колоній антигенів і антитіл, локалізованих у пікселях, дифузії колоній антигенів між пікселями та ін.

Мета роботи. Дослідити персистентність моделі імуносенсора на гексагональній решітці, яка б враховувала біологічні припущення щодо колоній антигенів і антитіл, які локалізовані у пікселях, дифузії колоній антигенів між пікселями.

Динаміка імуносенсора для гексагонального масиву імунопікселів. Для динаміки імуносенсора використаємо математичний опис за допомогою нелінійних різницевих рівнянь із запізненням.

Розглянемо модель імуносенсора на основі гексагональної решітки. При цьому для нумерації імунопікселів (i, j, k) , $i, j, k = \overline{-N, N}$, $i + j + k = 0$ використовується кубічна система координат [12].

Нехай $V_{i,j,k}(t)$ – концентрація антигенів, $F_{i,j,k}(t)$ – концентрація антитіл в імунопікселі $i, j, k = \overline{-N, N}$, (i, j, k) ; $i + j + k = 0$.

Модель ґрунтується на таких біологічних припущеннях для довільного імунопікселя (i, j, k) .

Антигени детектуються, зв'язуються і, нарешті, нейтралізуються антитілами з деякою ймовірнісною швидкістю $\gamma > 0$.

Припускається, що коли колонії антитіл відсутні, колонії антигенів регулюються логістичним рівнянням із затримкою:

$$V_{i,j,k}(n+1) = (1 + \beta - \delta_v V_{i,j,k}(n-r))V_{i,j,k}(n), \quad (1)$$

де β і δ_v – додатні числа, а $r \geq 0$ означає затримку негативного відгуку колоній антигенів.

1. Вводиться константа народжуваності, $\beta > 0$ для популяції антигенів.
2. Антигени нейтралізуються антитілами з деякою ймовірнісною швидкістю $\gamma > 0$.
3. Популяція антигенів намагається досягнути деякої межі насичення зі швидкістю $\delta_v > 0$.
4. Розглядаємо деяку дифузій антигенів з шести сусідніх пікселів $(i+1, j, k-1)$, $(i+1, j-1, k)$, $(i, j-1, k+1)$, $(i-1, j, k+1)$, $(i-1, j+1, k)$, $(i, j+1, k-1)$, (рис. 2) з швидкістю дифузії $D\Delta^{-2}$, де $D > 0$ і $\Delta > 0$ є відстанню між пікселями.
5. Введемо деяку постійну смертності антитіл $\mu_f > 0$.
6. В результаті імунної відповіді щільність антитіл збільшується з ймовірнісною швидкістю $\eta\gamma$.
7. Популяція антитіл прагне до деякого рівня насичення зі швидкістю $\delta_f > 0$.
8. Імунна відповідь відбувається з деякою постійною затримкою в часі $r > 0$.

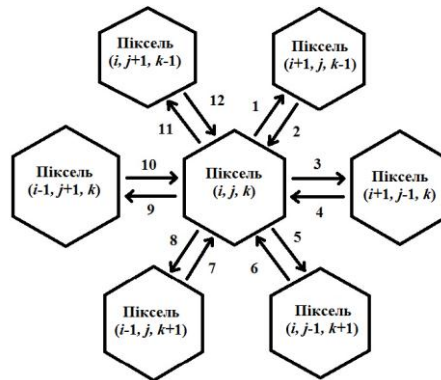


Рис. 2. Гексагональна решітка, яка пов'язує шість сусідніх пікселів в моделі імунопікселя з використанням кубічних координат:

$$1, 3, 5, 8, 9, 11 - \left(\frac{D}{\Delta^2} V_{i,j,k}(t) \right); 2 - \left(\frac{D}{\Delta^2} V_{i+1,j,k-1}(t) \right); 4 - \left(\frac{D}{\Delta^2} V_{i+1,j-1,k}(t) \right);$$

$$6 - \left(\frac{D}{\Delta^2} V_{i,j-1,k+1}(t) \right); 7 - \left(\frac{D}{\Delta^2} V_{i-1,j,k+1}(t) \right); 10 - \left(\frac{D}{\Delta^2} V_{i-1,j+1,k}(t) \right); 12 - \left(\frac{D}{\Delta^2} V_{i,j+1,k-1}(t) \right).$$

На основі вищенаведеної інформації запишемо математичну модель взаємодії антиген-антитіло із запізненням для гексагонального масиву імунопікселів, яка ґрунтується на добре відомій моделі Марчука [9–

11] і використовує просторовий оператор \hat{S} , запропонований в [12] (додаткова інформація с. 10).

$$V_{i,j,k}(n+1) = V_{i,j,k}(n) \exp \left\{ \beta - \gamma F_{i,j,k}(n-r) - \delta_v V_{i,j,k}(n-r) \right\} + \hat{S} \{ x_{i,j,k}(n) \},$$

$$F_{i,j,k}(n+1) = F_{i,j,k}(n) \exp \left\{ -\mu_f + \eta\gamma V_{i,j,k}(n-r) - \delta_f F_{i,j,k}(n) \right\} \quad (2)$$

Визначення 1. Система (2) є квазіперсистентною, якщо існують певні додатні константи $m_v, M_v, m_{f,i,j,k}, M_{f,i,j,k}, i, j, k = \overline{-N, N}, i + j + k = 0$, що

$$m_v \leq \liminf_{n \rightarrow \infty} \sum_{\substack{i,j,k=-N, \\ i+j+k=0}}^N V_{i,j,k}(n) \leq \limsup_{n \rightarrow \infty} \sum_{\substack{i,j,k=-N, \\ i+j+k=0}}^N V_{i,j,k}(n) \leq M_v,$$

$$m_{f,i,j,k} \leq \liminf_{n \rightarrow \infty} F_{i,j,k}(n) \leq \limsup_{n \rightarrow \infty} F_{i,j,k}(n) \leq M_{f,i,j,k}.$$

Персистентність моделі імунопікселя з використанням різницьових рівнянь на гексагональній решітці. Введем поняття квазіперсистентності системи (2), яке є не таким строгим, у порівнянні з традиційною персистентністю. Це пов'язано з врахуванням дифузії $V_{i,j,k}$ всередині решітки. У свою чергу система є персистентна по відношенню до $F_{i,j,k}(n)$ в традиційному сенсі.

Щоб довести квазіперсистентність системи (2), потрібно використати допоміжні результати з [7].

Лема 1. Маємо

$$\max_{V \in R} x \exp(\beta(1-V)) = \frac{\exp(\beta-1)}{\beta} \quad (3)$$

для $\beta > 0$.

Лема 2. Припустимо, що $V(n)$ задовольняє умову $V(n) > 0$ і $V(n+1) \leq V(n) \exp\{s(n)(1-ax(n))\}$ (4)

для $n \in [n_1, \infty)$, де a додатня константа. Тоді

$$\limsup_{n \rightarrow \infty} V(n) \leq \frac{1}{as^u} \exp\{s^u - 1\}.$$

Лема 3. Припустимо, що $\{x(n)\}$ задовольняє $V(n+1) \geq V(n) \exp\{s(n)(1-aV(n))\}$, $n \geq N_0$,

$\limsup_{n \rightarrow \infty} F(n) \leq F^u$ і $F(N_0) > 0$, де a є такою кон-

стантою, що $aV^u > 1$ і $N_0 \in \mathbb{Z}^+$.

$$\text{Тоді } \liminf_{n \rightarrow \infty} V(n) \geq \frac{1}{a} \exp\{s^u(1-aV^u)\} \quad (7)$$

$$V_{i,j,k}(n+1) \leq V_{i,j,k}(n) \exp\{\beta - \delta_v V_{i,j,k}(n-r)\} + \hat{S}\{\beta - \delta_v V_{i,j,k}(n-r)\}$$

$$= V_{i,j,k}(n) \exp\left\{\beta \left(1 - \frac{\delta_v}{\beta} V_{i,j,k}(n-r)\right)\right\} + \hat{S}\{V_{i,j,k}(n)\} \quad (10)$$

Враховуючи, що $n_{1,i,j,k}(r) \in \mathbb{Z}^+$, то можна запи-

$$\text{сати } \frac{V_{i,j,k}(n)}{V_{i,j,k}(n-r)} < M_{v,i,j,k}, n > n_1.$$

додатній розв'язок $\{V_{i,j,k}(n), F_{i,j,k}(n)\}$, $i, j, k = \overline{-N, N}$, $i + j + k = 0$ системи (2) задовольняє:

Теорема 1. Прийемо

$$a_{1,i,j,k} = -\mu_f + \eta \gamma M_{v,i,j,k} \frac{\exp(\beta-1)}{\delta_v},$$

$$a_{2,i,j,k} = \beta - \gamma \frac{\exp(\alpha_{1,i,j,k} - 1)}{\delta_f}, \quad (8)$$

$$a_{3,i,j,k} = -\mu_f + \frac{\eta \gamma}{\delta_v} \exp(\alpha_{2,i,j,k}(1 - \delta_v x^u_{i,j,k})).$$

У формулі (8) $V_{i,j,k}^u = V_{i,j,k}(0) \exp \beta$.

Якщо існує $M_{v,i,j}(r) > 1$, $i, j, k = \overline{-N, N}$, $i + j + k = 0$ такі, що умови

$$\min\{\alpha_{l,i,j,k} | l = \overline{1,3}, i, j, k = \overline{-N, N}, i + j + k = 0\} > 0 \quad (9)$$

Тоді, система (2) є квазіперсистентною.

Доведення. Перевіримо, що

$\Omega = \{(V_{i,j,k}(n), F_{i,j,k}(n)) : V_{i,j,k}(n) > 0, F_{i,j,k}(n) > 0\}$ є додатня інваріантна множина (2) з $V_{i,j,k}(0) > 0, F_{i,j,k}(0) > 0$, $i, j, k = \overline{-N, N}$, $i + j + k = 0$. (5)

Припустимо, що

$\{(V_{i,j,k}(n), F_{i,j,k}(n)) | i, j, k = \overline{-N, N}, i + j + k = 0\}$ будь-який додатній розв'язок (2). (6)

Доведемо, що

$\{(V_{i,j,k}(n), F_{i,j,k}(n)) | i, j, k = \overline{-N, N}, i + j + k = 0\}$ є рівномірно обмеженими зверху.

Запишемо перше рівняння системи (2) у вигляді

Застосовуючи Лему 2, можна записати для $n > n_{1,i,j,k}(r)$.

$$\begin{aligned} V_{i,j,k}(n+1) &\leq M_{v,i,j,k}(r)V_{i,j,k}(n-r)\exp\left\{\beta\left(1-\frac{\delta_v}{\beta}V_{i,j,k}(n-r)\right)\right\} + \hat{S}\{V_{i,j,k}(n)\} \leq \\ &\leq M_{v,i,j,k}(r)\frac{\beta}{\delta_v}\frac{\exp(\beta-1)}{\beta} + \hat{S}\{V_{i,j,k}(n)\} = M_{v,i,j,k}(r)\frac{\exp(\beta-1)}{\delta_v} + \hat{S}\{V_{i,j,k}(n)\}. \end{aligned}$$

В останній нерівності використано ідентичність (3). Отже, для $n > n_1(r) = \max_{i,j,k=-N, N, i+j+k=0} n_{1,i,j,k}(r)$

можна записати $\limsup_{n \rightarrow \infty} \sum_{\substack{i,j,k=-N, \\ i+j+k=0}}^N V_{i,j,k}(n) \leq \frac{\exp(\beta-1)}{\delta_v} \sum_{\substack{i,j,k=-N, \\ i+j+k=0}}^N M_{v,i,j,k}(r) = M_v(r)$.

Крім того, існує досить велике $n_2(\varepsilon) \in \mathbb{Z}^+$, що для будь-якої константи $\varepsilon > 0$ отримуємо

$$V_{i,j,k}(n) \leq M_{v,i,j,k}(r)\frac{\exp(\beta-1)}{\delta_v} + \varepsilon, \quad n \geq n_2(\varepsilon). \quad (11)$$

Запишемо друге рівняння системи (2) у вигляді

$$\begin{aligned} F_{i,j,k}(n+1) &\leq F_{i,j,k}(n)\exp\left\{-\mu_f + \eta\gamma\left[M_{v,i,j,k}(r)\frac{\exp(\beta-1)}{\delta_v} + \varepsilon\right] - \delta_f F_{i,j,k}(n)\right\} = \\ &= F_{i,j,k}(n)\exp\left\{\alpha_{v,i,j,k}^\varepsilon\left(1 - \frac{\delta_f}{\alpha_{v,i,j,k}^\varepsilon}F_{i,j,k}(n)\right)\right\}. \end{aligned}$$

В останній формулі

$$\alpha_{v,i,j,k}^\varepsilon = -\mu_f + \eta\gamma\left[M_{v,i,j,k}(r)\frac{\exp(\beta-1)}{\delta_v} + \varepsilon\right]$$

$$\limsup_{n \rightarrow \infty} F_{i,j,k}(n) \leq \frac{\exp(\alpha_{v,i,j,k}^0 - 1)}{\delta_f} =: F_{i,j,k}^u. \quad (12)$$

З формули (12) випливає, що

Застосовуючи Лему 2 і приймаючи $\varepsilon \rightarrow 0$, отримуємо

$$\limsup_{n \rightarrow \infty} \sum_{\substack{i,j,k=-N, \\ i+j+k=0}}^N F_{i,j,k}(n) \leq \sum_{\substack{i,j,k=-N, \\ i+j+k=0}}^N \frac{\exp(\alpha_{1,i,j,k}^0 - 1)}{\delta_f} =: M_f.$$

Доведемо, що

$$\left\{V_{i,j,k}(n), F_{i,j,k}(n)\right\}, \quad i, j, k = \overline{-N, N}, \quad i + j + k = 0$$

є рівномірно обмеженими знизу.

Відповідно до (12), існує $n_3(\varepsilon) > n_2(\varepsilon)$ так, що

$$F_{i,j,k}(n) \leq \frac{\exp(\alpha_{1,i,j,k}^0 - 1)}{\delta_f} + \varepsilon,$$

для $n > n_3$; константа ε визначена вище.

Використовуючи вищевказані формули перше рівняння (2) можна записати у вигляді:

$$V_{i,j,k}(n+1) \geq V_{i,j,k}(n)\exp\left\{\beta - \gamma\left(\frac{\exp(\alpha_{1,i,j,k}^0 - 1)}{\delta_f} + \varepsilon\right) - \delta_v V_{i,j,k}(n-r)\right\}$$

Доцільно розглянути два випадки.

Випадок 1. Існує $n_4(\varepsilon) > n_3(\varepsilon)$, таке що

$V_{i,j,k}(n) < V_{i,j,k}(n-r), n > n_4$. Це означає, що:

$$\begin{aligned} V_{i,j,k}(n+1) &\geq V_{i,j,k}(n)\exp\left\{\alpha_{2,i,j,k}^\varepsilon\left(1 - \delta_v V_{i,j,k}(n)\right)\right\} \\ \text{Звідки, } \alpha_{2,i,j,k}^\varepsilon &= \beta - \gamma\left(\frac{\exp(\alpha_{1,i,j,k}^0 - 1)}{\delta_f} + \varepsilon\right). \end{aligned}$$

Використовуючи Лему 3 можна записати:

$$V_{i,j,k}(n) \geq \frac{1}{\delta_v}\exp\left\{\alpha_{2,i,j,k}^\varepsilon\left(1 - \delta_v\left(M_{v,i,j,k}(r)\frac{\exp(\beta-1)}{\delta_v}\right) + \varepsilon\right)\right\}.$$

Враховуючи $\varepsilon \rightarrow 0$, отримаємо

$$\liminf_{n \rightarrow \infty} V_{i,j,k}(n) \geq \frac{1}{\delta_v} \exp \left\{ \alpha_{2,i,j,k}^\varepsilon \left(1 - \delta_v \left(M_{v,i,j}(r) \frac{\exp(\beta-1)}{\delta_v} \right) \right) \right\}$$

Випадок 2. Для всіх $n > n_2(\varepsilon)$ можна записати $V_{i,j,k}(n) \geq V_{i,j,k}(n-r)$.

Звідси випливає, що: $\liminf_{n \rightarrow \infty} V_{i,j,k}(n) =: V_{i,j,k}^u$

існує. У іншому випадку $V_{i,j,k}^u \geq \frac{1}{\delta_v}$.

Звідси: $\liminf_{n \rightarrow \infty} x_{i,j,k}(n) \geq \frac{1}{\delta_v} \exp \left\{ \alpha_{2,i,j,k} \left(1 - \delta_v V_{i,j,k}^u \right) \right\}$

Враховуючи друге рівняння (2), отримуємо:

$$F_{i,j,k}(n+1) \geq F_{i,j,k}(n) \exp \left\{ \alpha_{3,i,j,k} \left(1 - \frac{\delta_f}{\alpha_{3,i,j,k}} F_{i,j,k}(n) \right) \right\},$$

На наступному кроці використовуємо таку нерівність $\frac{1}{V} \exp(V-1) > 1$ для $V > 0$.

де $\alpha_{3,i,j,k} := -\mu_f + \frac{\eta\gamma}{\delta_v} \exp \left\{ \alpha_{2,i,j,k}^0 \left(1 - \delta_v V_{i,j,k}^u \right) \right\}$

$$\frac{\delta_f}{\alpha_{3,i,j,k}} F_{i,j,k}^u = \frac{\exp(\alpha_{1,i,j,k}^0) - 1}{\alpha_{3,i,j,k}} \geq \frac{\exp(\alpha_{1,i,j,k}^0) - 1}{\alpha_{1,i,j,k}^0} > 1.$$

Застосовуючи Лему 3, отримаємо:

$$\liminf_{n \rightarrow \infty} F_{i,j,k}(n) \geq \frac{\alpha_{3,i,j,k}}{\delta_f} \exp \left\{ \alpha_{3,i,j,k} \left(1 - \frac{\delta_f}{\alpha_{3,i,j,k}} F_{i,j,k}^u \right) \right\}.$$

Результати чисельного моделювання. Розглядаємо модель (2) при $n = 0.9$, $N = 4$, $\beta = 2 \min^{-1}$,

$$\gamma = 2 \frac{mL}{\min \cdot \mu g}, \quad \delta_f = 0.5 \frac{mL}{\min \cdot \mu g}, \quad \delta_v = 0.5 \frac{mL}{\min \cdot \mu g}$$

$$\eta = \frac{0.8}{\gamma}, \quad \mu_f = 1 \min^{-1}, \quad D = 0.2 \frac{nm^2}{\min}, \quad \Delta = 0.3 nm$$

Результат чисельного моделювання реалізований на рисунку 2, де зображені динамічні зміни в пікселях моделі імуносенсора з використанням різницевих рівнянь на гексагональній решітці у випадку $N = 4$ для популяції антигенів при значенні запізнення в часі $r = 20$.

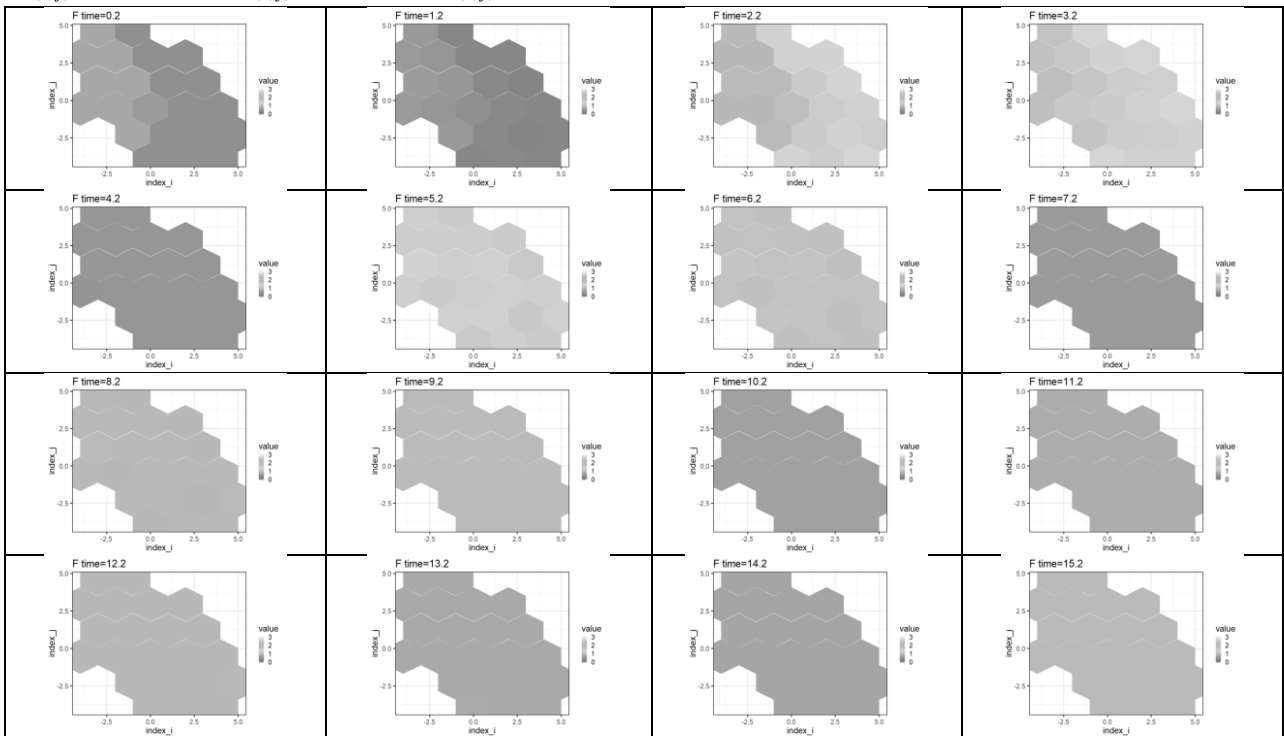


Рис. 2. Динамічні зміни в пікселях гексагональної решітки у випадку $N=4$ для популяції антигенів при $r=20$

На рисунку 3 наведено біфуркаційну діаграму моделі імуносенсора з використанням різницевих рівнянь на гексагональній решітці.

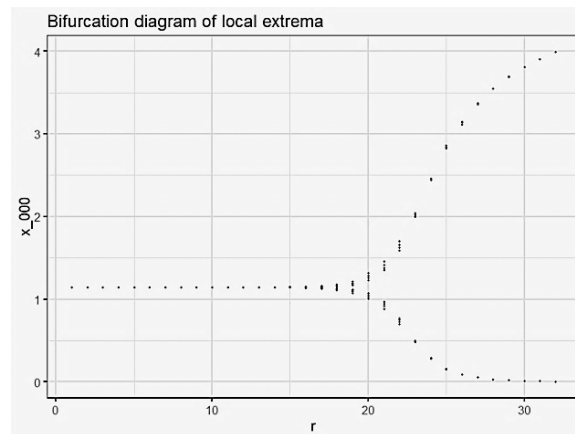


Рис. 3. Біфуркаційна діаграма моделі імуносенсора з використанням різницевих рівнянь на гексагональній решітці.

Аналізуючи динамічні зміни в пікселях імуносенсора (рис. 2) та біфуркаційну діаграму (рис. 3) моделі імуносенсора з використанням різницевих рівнянь слід зазначити, що при $r < 16$ в імунопікселях зберігається стійкий ендемічний стан, а при $r \geq 16$ спостерігаються періодичні зміни та перехід до нестійкого ендемічного стану.

Висновки та перспективи подальших досліджень.

В роботі запропонована та досліджена на персистентність модель імуносенсора, яка ґрунтується на системі різницевих диференціальних рівнянь на гексагональній решітці із запізненням. Побудова моделі ґрунту-

валася на ряді біологічних припущень щодо взаємодії колоній антигенів та антитіл, а також дифузії антигенів. Для опису дискретних в просторі колоній, локалізованих у відповідних пікселях, використано апарат різницевих решітчастих диференціальних рівнянь.

Результати чисельного моделювання показали, що якісна поведінка системи суттєво залежить від часу імуноної відповіді r .

В подальших дослідженнях необхідно провести дослідження стійкості в моделі імуносенсора на основі різницевих диференціальних рівнянь на гексагональній решітці із запізненням.

Список використаних джерел

1. L. Mosinska, K. Fabisiak, K. Paprocki, M. Kowalska, P. Popielarski, M. Szybowicz, A. Stasiak, et al., «Diamond as a transducer material for the production of biosensors,» *Przemysl Chemiczny*, vol. 92, no. 6, pp. 919–923, 2013.
2. C. Adley, «Past, present and future of sensors in food production,» *Foods*, vol. 3, no. 3, pp. 491–510, Aug. 2014. doi: 10.3390/foods3030491. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/foods3030491>.
3. A. Kłos-Witkowska, «Enzyme-based fluorescent biosensors and their environmental, clinical and industrial applications,» *Polish Journal of Environmental Studies*, vol. 24, pp. 19–25, 2015. doi: 10.15244/pjoes/28352. [Online]. Available: <https://doi.org/10.15244/pjoes/28352>.
4. M. Burnworth, S. Rowan, and C. Weder, «Fluorescent sensors for the detection of chemical warfare agents,» *Chemistry – A European Journal*, vol. 13, no. 28, pp. 7828–7836, Sep. 2007. doi: 10.1002/chem.200700720. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1002/chem.200700720>.
5. P. Mehrotra, «Biosensors and their applications – a review,» *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*, vol. 6, no. 2, pp. 153–159, May 2016. doi: 10.1016/j.jobcr.2015.12.002. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.jobcr.2015.12.002>.
6. C. Moina and G. Ybarra, «Fundamentals and applications of immunosensors,» *Advances in immunoassay technology*, pp. 65–80, 2012.
7. A. Kłos-Witkowska, «The phenomenon of fluorescence in immunosensors,» *Acta Biochimica Polonica*, vol. 63, no. 2, pp. 215–221, 2016. doi: 10.18388/abp.2015_1231. [Online]. Available: https://doi.org/10.18388/abp.2015_1231.
8. U. Foryś, «Marchuk's model of immune system dynamics with application to tumour growth,» *Journal of Theoretical Medicine*, vol. 4, no. 1, pp. 85–93, 2002. doi: 10.1080/10273660290052151. eprint: <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/10273660290052151>. [Online]. Available: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10273660290052151>.
9. A. Nakonechny and V. Marzeniuk, «Uncertainties in medical processes control,» *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, vol. 581, pp. 185–192, 2006, cited By 2. doi: 10.1007/3-540-35262-7_11. [Online]. Available: https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-53749093113&doi=10.1007%2f3-540-35262-7_11&partnerID=40&md5=03be7ef103cbbc1e94c4cb471daa03f.
10. V. Marzeniuk, «Taking into account delay in the problem of immune protection of organism,» *Nonlinear Analysis: Real World Applications*, vol. 2, no. 4, pp. 483–496, 2001, cited By 2. doi: 10.1016/S1468-1218(01)00005-0. [Online]. Available: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0041331752&doi=10.1016%2fS1468-1218%2801%2900005-0&partnerID=40&md5=9943d225f352151e77407b48b18ab1a9>.
11. A. Prindle, P. Samayoa, I. Razinkov, T. Danino, L. S. Tsimring, and J. Hasty, «A sensing array of radically coupled genetic "biopixels"» *Nature*, vol. 481, no. 7379, pp. 39–44, Dec. 2011. doi: 10.1038/nature10722. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1038/nature10722>.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРСИСТЕНТНОСТИ МОДЕЛИ ИМУНОСЕНСОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗНОСТНЫХ УРАВНЕНИЙ НА ГЕКСАГОНАЛЬНОЙ РЕШЁТКЕ

В работе проведено исследование персистентности модели иммуносенсора, которая основывается на системе разностных уравнений на гексагональной решётке. Введен класс решетчатых разностных уравнений с задержками во времени для моделирования взаимодействия антигенов-антител внутри иммунопикселей. Построение модели основывается на ряду биологических предположений относительно взаимодействия колоний антигенов и антител, а также диффузии антигенов. Для описания дискретных в пространстве колоний, локализованных в соответствующих пикселях, используется аппарат разностных дифференциальных уравнений на гексагональной решётке.

Введено понятие квазиперсистентности модели, которое является не таким строгим, в сравнении с традиционной персистентностью. Это связано учетом диффузии внутри решётки. Такой подход имеет большое значение с точки зрения разработки иммуносенсорных систем. Полученные результаты обеспечивают полный анализ персистентности модели иммуносенсора, которая основывается на системе разностных уравнений на гексагональной решётке с учетом опоздания во времени.

Ключевые слова: биосенсор; иммуносенсор; разностные дифференциальные уравнения; гексагональная решётка

A. S. Sverstiuk,
Ternopil State Medical University, Ternopil

RESEARCH OF PERSISTENCE OF MODEL OF IMMUNOSENSOR IS WITH THE USE OF DIFFERENCE EQUATIONS ON HEXAGONAL LATTICE

A study of the persistence of the immunosensor model was carried out, which is based on a system of difference equations on a hexagonal lattice. A class of lattice difference equations with time delays has been introduced to simulate the interaction of antigens-antibodies within immunopixels. The construction of the model is based on a number of biological assumptions regarding the interaction of colonies of antigens and antibodies, as well as the diffusion of antigens. For the description of space-discrete colonies localized in the corresponding pixels, the apparatus of differential differential equations on a hexagonal lattice is used.

The concept of quasi-persistence of a model is introduced, which is not so strict in comparison with traditional persistence. This is due to the consideration of diffusion within the lattice. Such an approach is of great importance from the point of view of the development of immunosensor systems. The obtained results provide a complete analysis of the persistence of the immunosensor model, which is based on a system of difference equations on a hexagonal lattice, taking into account a delay in time.

The most important thing is to take into account spatially discrete character of the model. For arbitrary pixel we consider diffusion of antigens from neighboring pixels. The most important result of the work is dealing with research of permanence. We have introduced the notion of *ve* quasi-permanence for the equation describing antigen population. The upper and lower estimates of the solutions (in case of antigens we have the sum of the solutions) are obtained provided that special algebraic conditions for model parameters hold. Numerical example presenting tile plot of the solutions is given.

Key words: biosensor; immunosensor; lattice difference equations; permanence; hexagonal lattice.

Рецензенти: Коваленко І. І., д-р техн. наук, професор;
Швед А. В., канд. техн. наук.

КОНЦЕПЦІЯ СТВОРЕННЯ ВІРТУАЛЬНИХ 3D-МОДЕЛЕЙ СКЛАДНИХ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД

У даній роботі представлено концепцію побудови 3D моделі складних інженерних споруд з використанням сучасних САД-систем. Проведено огляд методів математичного представлення поверхонь складних геометричних моделей, які базуються на теорії В-сплайнов або їх досконалішій модифікації NURBS (Non-Uniform Rational B-Spline). Надано стислий опис можливостей програмних комплексів, що використовувалися у роботі для створення та редагування 3D-моделей: SketchUp, 3Ds max, Substance painter, ZBrush. Показано послідовність та особливості методики створення віртуальної 3D моделі на прикладі навчального комплексу ЧНУ імені Петра Могили. Зроблено акцент на практичній реалізації процесу моделювання корпусів та елементів.

Основною відмінністю запропонованого підходу є застосування декількох програмних середовищ для більш точного та ефективного моделювання. А також використання комплексних вихідних даних у вигляді будівельних креслень, реальних фотографій, зйомок з БПЛА та натурних замірів.

Створена 3D модель може бути використана для полегшення зовнішньої та внутрішньої навігації, плануванні будівельних та ремонтних робіт у навчальному комплексі. А також надає можливість для створення інтерактивного 3D-застосування - програмного продукту, що дозволяє здійснювати візуалізацію, навігацію, взаємодію з 3D-моделлю у режимі реального часу. Запропонований авторами підхід може бути використаний не тільки при відтворюванні моделей вже побудованих споруд, але і при генеруванні нових дизайнерських рішень.

Ключові слова: 3D модель; моделювання; навігація; комп'ютерна графіка; візуалізація; текстурування.

Вступ. Швидкі темпи розвитку технічного прогресу зробили комп'ютерну графіку затребуваною у багатьох напрямках промислово-побутової сфери. На сьогоднішній день 3D графіка широко використовується в таких сферах як: комп'ютерні ігри, будівництво, кінематограф, ігрова індустрія, рекламний бізнес та інше. І це не просто мода на нові технології, це природне прагнення до реалізму, наочності та спрощення поставлених завдань.

Розробка тривимірних моделей будівель з урахуванням поверхового планування внутрішніх приміщень є напрямом, що користується значним попитом серед замовників.

В процесі формування тривимірних моделей головним завданням є скорочення трудомісткості і отримання якісного та реалістичного зображення. Застосування сучасних САД-систем для створення таких комп'ютерних моделей дозволяє значно спростити та вдосконалити цей процес.

В літературі, що є у вільному доступі, як правило, надається опис основних можливостей того чи іншого

програмного забезпечення [1, 2, 3, 4]. У джерелах [5; 6; 7; 8] викладені основні теоретичні положення теорії геометричного моделювання. І практично відсутні описи методик практичного створення реальних віртуальних моделей складних споруд [9; 10] з використанням декількох середовищ для створення якісного продукту.

Актуальність роботи пов'язана з тим, що в сучасний час часто виникає проблема будівництва нових об'єктів в умовах існуючої забудови, реконструкція існуючих будівель, створення інформаційних та пошукових систем та ін. Таким чином, задача створення наочних трьохмірних моделей стає досить насущною.

Формулювання цілей. Метою роботи є розробка методики створення віртуальних трьохмірних моделей складних архітектурних комплексів. У якості прикладу розглядається віртуальна 3D модель навчального комплексу Чорноморського національного університету імені Петра Могили, який має досить складну конструкцію. І часто відвідувачі університету, майбутні абітурієнти та першокурсники мають

проблему з орієнтацією між корпусами та поверхнями комплексу.

Наукова новизна запропонованої методики полягає в тому, що для більш точного та ефективного моделювання використовується не одне програмне середовище, а цілий набір програмних засобів.

Практичне значення отриманих результатів полягає у тому, що запропонована модель може бути використана для полегшення зовнішньої та внутрішньої навігації, плануванні будівельних та ремонтних робіт у навчальному комплексі. А також для створення інтерактивного 3D-застосування - програмного продукту, що дозволяє здійснювати візуалізацію, навігацію, взаємодію з 3D-моделлю. Таким чином можна буде здійснювати віртуальний тур, який дозволяє, подібно комп'ютерній грі переміщатися по тривимірній моделі. Завдяки високому ступеню реалістичності 3D-моделі досягається ефект занурення користувача в представлений об'єкт.

Основна частина. Завданням 3D-моделювання є робота візуального об'ємного образу бажаного об'єкта [7; 8; 9]. Категорію «3D» формують програми для створення

і редагування 3D-моделей. Сюди входять як професійні пакети для моделювання, анімації і обробки 3D, так і програмне забезпечення для новачків. За допомогою запропонованих програм можна створити 3D-моделі фактично будь-якого ступеня складності. Також в цю категорію входять спеціалізовані інструменти, які використовуються для більш вузьких цілей.

Незважаючи на різноманітність сучасних технологій проектування геометричних об'єктів, практично всі CAD-системи використовують сучасний математичний апарат, який ґрунтується на теорії B-сплайнів або їх досконалішій модифікації NURBS (Non-Uniform Rational B-Splines) [5; 6; 11].

Коротко розглянемо різні методи представлення кривих і методи роботи з ними [11].

Найчастіше для опису кривих в сучасних системах САД, використовуються кубічні сплайни (криві третього порядку), тому що вони мають важливу властивість: дві криві, що описуються такими рівняннями, можуть бути сполучені таким чином, що другі похідні в точці з'єднання дорівнюватимуть один одному. Форма фізичного сплайну описується кусковим кубічним поліномом

$$y = \frac{1}{EI}(Ax + B)dx = A_1x^3 + B_1x^2 + C_1x + D_1, \quad (1)$$

У загальному випадку математичний сплайн це кусковий поліном степеня m з безперервного

похідного степеня $m - 1$ в точках з'єднання сегментів (рис. 1).

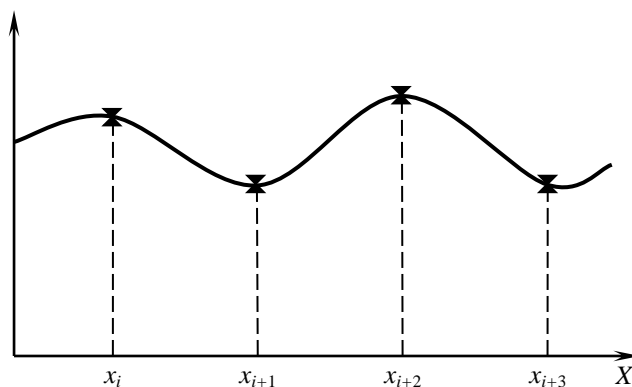


Рис. 1. Сплайн

Розглянуті кубічні сплайни, незручні для інтерактивної роботи. Напрямок і величина дотичних не дають необхідного інтуїтивного уявлення про криву, оскільки неочевидний зв'язок між набором чисел і формою відповідної кривої.

На початку 60-х років П'єр Безьє запропонував інший метод створення кривих і поверхонь будь-якої форми і використовував його в системі поверхневого моделювання UNISURF. Ця крива отримала назву кривої Безьє (Bezier curve). Вона будується за верши-

нами багатокутника, що містить її в собі (рис. 2). Вершини сполучаються відповідними функціями.

У загальному вигляді аналітичне представлення для кривої Безьє з $m+1$ опорною точкою може бути записано наступним рівнянням

$$P^m(t) = \sum_{i=0}^m P_i B_i^m(t), \quad (2)$$

де $B_i^m(t) = C_i^m t^i (1-t)^{m-i}$ – базисні многочлени Бернштейна m степеня (їх також називають ваговими функціями Безьє/Бернштейна); P_i – опорні точки (контрольні точки ламаної).

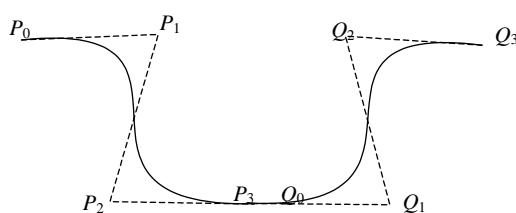


Рис. 2. Крива Безьє

Ступінь кривої Безьє визначається кількістю точок, що задаються, причому всі вони впливають на форму всієї кривої. Ці особливості кривих Безьє створюють певні незручності. У випадку *B*-сплайнів крива, що апроксимується, ділиться на *n* ділянок, які позначаються послідовними точками $P_0, P_1, P_2, \dots, P_n$. Ділянка між парою сусідніх точок P_i і P_{i+1} апроксимується *B*-сплайном, побудованим з використанням чотирьох точок $P_{i-1}, P_i, P_{i+1}, P_{i+2}$. Для заданої $n + 1$ контрольної точки $P_0, P_1, P_2, \dots, P_n$ і заданого вузлового вектора $T = \{t_0, t_1, \dots, t_n\}$ *B*-сплайнова крива степеня *k* визначається рівнянням

$$P(t) = \sum_{i=0}^n P_i N_{i,k}(t) \quad (t_{k-1} \leq t \leq t_{k+1}), \quad (3)$$

де P_i – вектор контрольних точок; $N_{i,k}(t)$ – базисна сплайн функція

$$N_{i,k}(t) = \frac{(t-t_i)N_{i,k-1}(t)}{t_{i+k-1}-t_i} + \frac{(t_{i+k}-t)N_{i+1,k-1}(t)}{t_{i+k}-t_{i+1}},$$

$$N_{i,1}(t) = \begin{cases} 1 & t_i \leq t \leq t_{i+1} \\ 0 & \text{в іншому випадку} \end{cases} \quad (4)$$

Форма *B*-сплайну кривої дуже схожа на криву Безьє. На відміну від кривої Безьє, *B*-сплайнова крива містить докладну інформацію, а саме (рис. 3): множинну $n+1$ контрольну точку, вектор з $m+1$ вузлів, і ступінь *k*.

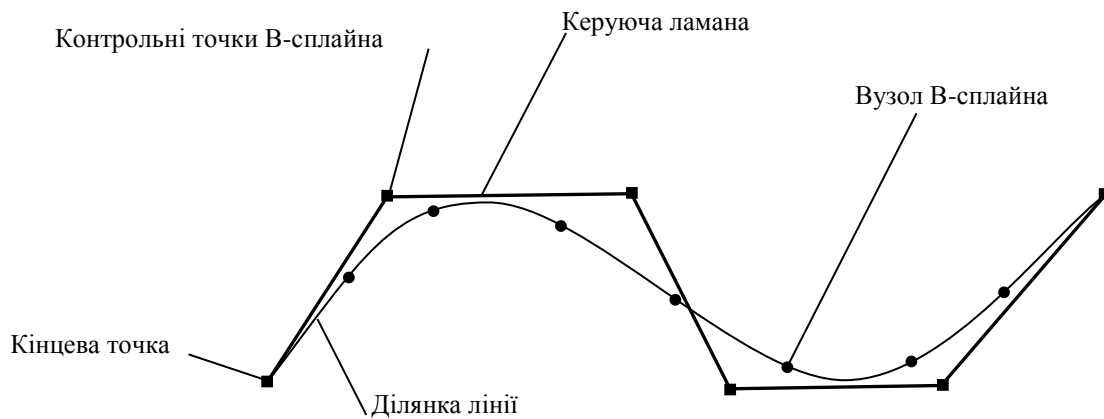


Рис. 3. Схема *B*-сплайну

Зараз широко використовуються NURBS-сплайни – математичні об'єкти для представлення двовимірних кривих і гладких поверхонь у тривимірному просторі. NURBS – скорочення від «Non-Uniform Rational B-Spline» (неоднорідний раціональний *B*-сплайн).

Раціональні *B*-сплайни це єдине точне математичне уявлення, що охоплює всі аналітичні форми – прямі, площину, конічні перетини, що включають кола, криві довільної форми, квадрати і тривимірні поверхні, які використовуються в машинній графіці і проектуванні.

Неоднорідний раціональний *B*-сплайн, або просто NURBS, подібний до звичайного неоднорідного *B*-сплайну, оскільки заснований на тих же функціях сполучення, що отримуються для неоднорідних вузлів. Проте керуючі точки раціонального *B*-сплайна указуються у формі, тобто з використанням однорідних координат h_i . Функції сполучення застосовуються саме до цих однорідних координат. Координати точки на кривій NURBS в однорідному просторі визначаються формулами:

$$x \square = \sum_{i=0}^n (\square_i x_i) N_{i,k}(t); \quad y \square = \sum_{i=0}^n (\square_i y_i) N_{i,k}(t);$$

$$z \square = \sum_{i=0}^n (\square_i z_i) N_{i,k}(t); \quad \square = \sum_{i=0}^n \square_i N_{i,k}(t). \quad (5)$$

Координати точки в трьохвимірному просторі x, y і z отримують діленням xh, yh і zh на h , тому рівняння кривої NURBS у векторному вигляді може бути записане наступним чином:

$$P(t) = \frac{\sum_{i=0}^n \square_i P_i N_{i,k}(t)}{\sum_{i=0}^n \square_i N_{i,k}(t)}, \quad (6)$$

де P_i – вектор (x_i, y_i, z_i) , який об'єднує координати i -ї точки в тривимірному просторі, як і для нераціональних *B*-сплайнів.

При роботі з поверхнями в сучасних системах САД треба звернути увагу на те, які поверхні використовуються і якими параметрами вони характеризуються.

По-перше, це поверхні Безьє, рівняння якої має наступний вигляд:

$$P(u, v) = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m P_{i,j} B_{i,n}(u) B_{j,m}(v) \quad (0 \leq u \leq 1, \quad 0 \leq v \leq 1), \quad (7)$$

де $P_{i,j}$ – радіус-вектори точок, що знаходяться у вершинах багатогранника (рис. 4), а $B_{i,n}$ і $B_{j,m}$ – функції сполучення, звичайні для кривих Безьє в параметричних напрямках u і v :

$$B_{i,n}(u) = \binom{n}{i} u^i (1-u)^{n-i}; \quad B_{j,m}(v) = \binom{m}{j} v^j (1-v)^{m-j}; \quad \binom{n}{i} = \frac{n!}{i!(n-i)!}; \quad \binom{m}{j} = \frac{m!}{j!(m-j)!} \quad (8)$$

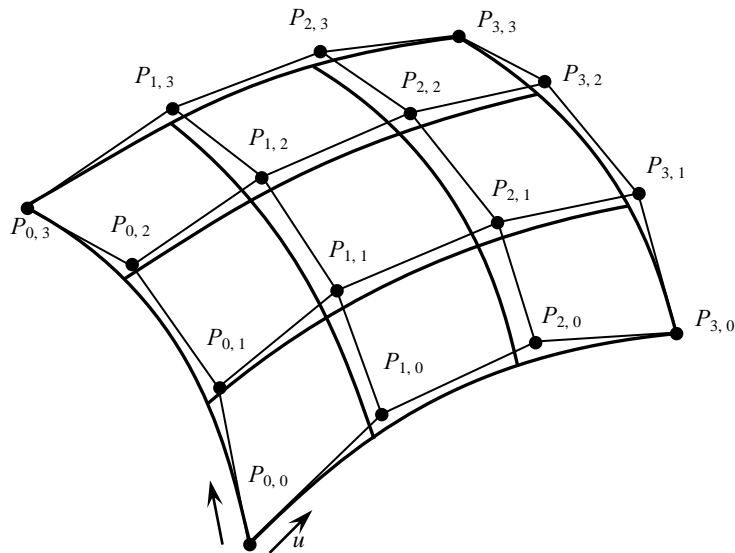


Рис. 4. Поверхня Безьє

Індекси n і m на одиницю менше числа вершин багатогранника в напрямках u і v відповідно. Таким чином, степінь рівняння поверхні по u і v визначається кількістю точок у відповідних напрямках.

Подібно до того, як від рівняння кривої Безьє можна перейти до рівняння поверхні Безьє, також можна перейти і від рівняння В-сплайна до рівняння В-сплайнової поверхні:

$$P(u, v) = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m P_{i,j} N_{i,k}(u) N_{j,l}(v) \quad (s_{k-1} \leq u \leq s_{n+1}, t_{l-1} \leq v \leq t_{m+1}), \quad (9)$$

де $P_{i,j}$ – точки, розташовані у вершинах задаючого багатогранника, як і для поверхні Безьє; $N_{i,k}(u)$ і $N_{j,l}(v)$ – базисні функції В-сплайна в біпараметричних напрямках u і v відповідно

$$N_{i,k}(u) = \frac{(u-s_i)N_{i,k-1}(u)}{s_{i+k-1}-s_i} + \frac{(s_{i+k}-u)N_{i+1,k-1}(u)}{s_{i+k}-s_{i+1}}; N_{i,1}(u) = \begin{cases} 1 & s_i \leq u \leq s_{i+1} \\ 0 & \text{в іншому випадку} \end{cases}; \quad (10)$$

$$N_{j,l}(v) = \frac{(v-t_j)N_{j,l-1}(v)}{t_{j+l-1}-t_j} + \frac{(t_{j+l}-v)N_{j+1,l-1}(v)}{t_{j+l}-t_{j+1}}; N_{j,1}(v) = \begin{cases} 1 & t_j \leq v \leq t_{j+1} \\ 0 & \text{в іншому випадку} \end{cases}$$

Ці функції сполучення визначаються вузловими значеннями s_0, s_1, \dots, s_{n+k} і t_0, t_1, \dots, t_{m+l} відповідно. Діапазони параметрів використовуються у визначенні В-сплайна, оскільки функції сполучення $N_{i,k}(u)$ і $N_{j,l}(v)$

визначені тільки на цих інтервалах. Це вірно як для періодичних вузлів, так і для неперіодичних.

Якщо перейти до однорідних координат точок, то з рівняння В-сплайнової поверхні отримаємо рівняння поверхні NURBS.

$$P(u, v) = \frac{\sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m \square_{i,j} P_{i,j} N_{i,k}(u) N_{j,l}(v)}{\sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m \square_{i,j} N_{i,k}(u) N_{j,l}(v)}, \quad (s_{k-1} \leq u \leq s_{n+1}, t_{l-1} \leq v \leq t_{m+1}), \quad (11)$$

де $P(u, v)$ – точка на поверхні В-сплайну в параметричних координатах u, v ; $N_{i,k}(u)$ і $N_{j,l}(v)$ – базисні функції В-сплайна, $P_{i,j}$ – вектори точок з координатами x, y і z (позиції контрольних точок); $h_{i,j}$ – однорідні координати точок (вагові коефіцієнти при відповідних контрольних точках); n, m – кількість контрольних точок в напрямку u, v ; k, l – степінь кривої в напрямку u, v .

Для створення більш точної та наближеної до реальності моделі використовувався цілий ряд САД-систем. А саме:

SketchUp - програма для швидкого створення і редагування тривимірної графіки Використовувалася для проектування low poly моделі по кресленням для зберігання розмірів.

3Ds max – для доробки корпусів університету до high poly моделей.

3Ds Max має у своєму розпорядженні значні засоби для створення різноманітних за формою і складністю тривимірних комп'ютерних моделей, реальних чи фантастичних об'єктів навколишнього світу, з використанням різноманітних технік і механізмів, що включають наступні:

а) Полігональне моделювання, в яке входять Editable mesh (редагована поверхня) і Editable poly (редагований полігон) – це найпоширеніший метод моделювання, використовується для створення складних моделей і низькополігональних моделей для ігор.

б) Моделювання на основі неоднорідних раціональних В-сплайнів (NURBS). Технологія побудови тривимірних моделей за допомогою неоднорідних раціональних В-сплайнів (особливого виду кривих лі-

ній) дозволяє створювати моделі плавних форм, які не мають гострих країв.

в) Моделювання на основі так званих «Сіток шматків» або поверхонь Безье (Editable patch) – підходить для моделювання тіл обертання.

г) Моделювання з використанням вбудованих бібліотек стандартних параметричних об'єктів (примітивів) і модифікаторів.

д) Моделювання на основі сплайнів (Spline) з подальшим застосуванням модифікатора Surface – примітивний аналог NURBS, зручний, проте, для створення об'єктів зі складними перетікаючими формами, які важко створити методами полігонального моделювання.

е) Моделювання на основі сплайнів з подальшим застосуванням модифікаторів Extrude, Lathe, Bevel Profile або створення на основі сплайнів об'єктів Loft. Цей метод широко застосовується для архітектурного моделювання. Методи моделювання можуть поєднуватися один з одним.

Substance painter – програма для текстурювання моделей, створених сторонньою програмою для 3D графіки. Substance Painter визнаний інноваційним додатком для 3D малювання.

Marmoset Toolbag – це програма, призначена для редагування, текстурювання і рендеринга тривимірних моделей. До її складу входить багатофункціональний редактор матеріалів, інструменти для створення анімації, безпосередньо модуль рендеринга і інші «корисності». Мало того, що він сам по собі є двигуном в реальному часі, так він ще може експортувати файли для Unity і Unreal Engine. Використовувалась для перевірки готових моделей і текстур на вигляд, відображення світла і т.п. Також в програмі є інструменти, які допомагають красиво сфотографувати створену роботу і зберегти скріншот для презентацій / портфоліо.

ZBrush – це потужний професійний інструмент для створення і редагування тривимірної графіки. В першу чергу програма спрямована на роботу з так званою «цифровою глиною», з якої можна буквально виліплює об'єкти за допомогою різноманітних інструментів. Весь цей процес носить назву «скульптинг». Аналогів такому підходу практично немає в інших пакетах для 3D моделювання. В роботі використовувався для створення скульптури Петра Могили.

Основою для створення 3D моделі комплексу ЧНУ імені Петра Могили стали будівельні 2D-креслення поверхів, реальні фотографії та натурні обміри (рис. 5).



Рис. 5. Вихідні дані для 3D моделі

Моделювання розпочалося у програмі SketchUp Pro 2018 з побудови корпусів за кресленням з додат-

ковими вимірюваннями та прорахунками розмірів (рис. 6).

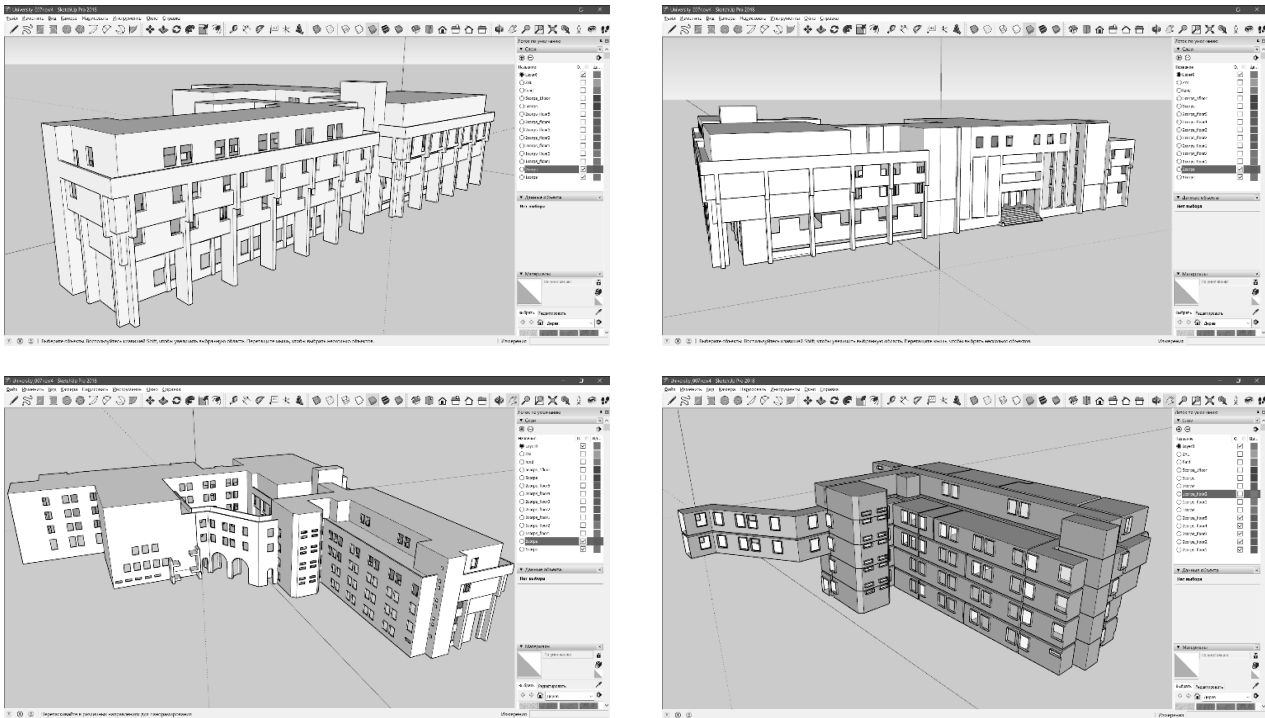


Рис. 6. Моделювання корпусів у програмі SketchUp Pro 2018

Наступний етап – побудова фундаменту корпусів з урахуванням рельєфу, на якому знаходиться споруда (рис. 7). Вимірювання, градус нахилу, криві поверхні

землі та стики обчислювалися вручну за допомогою спостережань та фотографій.

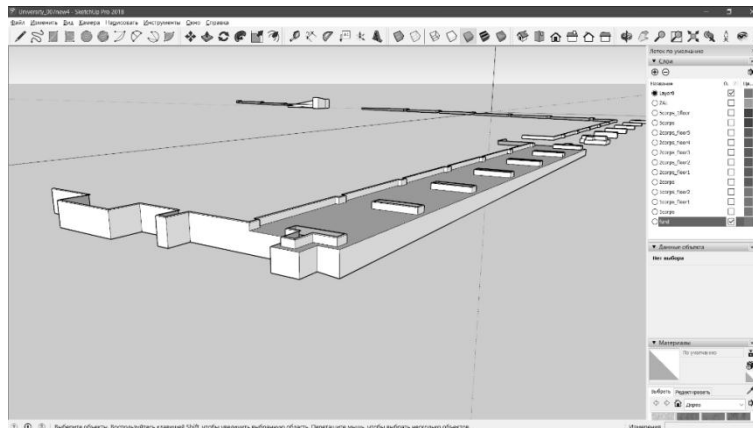


Рис. 7. Побудова фундаменту корпусів

Далі йшов експорт готової low poly моделі в 3Ds max 2019 в форматі *.3ds (рис. 8).

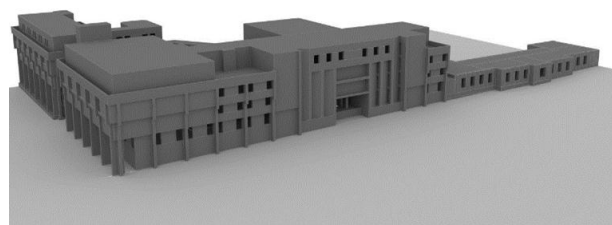


Рис. 8. Модель в 3Ds max 2019

Складніша справа з об'єктами, форма яких набагато складніша за кубик або кулю. Для таких об'єктів необхідно підготувати так звану розгортку (рис. 9).

Розгортка поверхні - фігура, що виходить в площині при такому поєднанні точок даної поверхні з цією площиною, при якому довжини ліній залишаються незмінними.

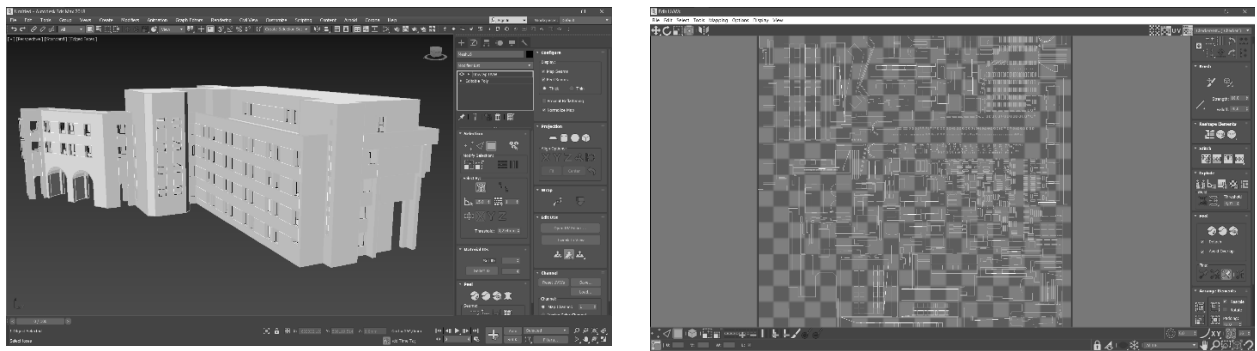


Рис. 9. Розгортка

Після побудови моделей йде процес створення текстур у програмі Substance Painter. Матеріал, який накладається на кожну з моделей, складається з багатьох текстурних карт: Diffuse color, specular, normal maps, opacity, bump, **displacement** та інші.

Зовнішня оболонка корпусів університету складається з багатьох видів матеріалу. Тому була необхідність для кожного створювати свою текстурну карту. На рис. 10 наводяться деякі з них.

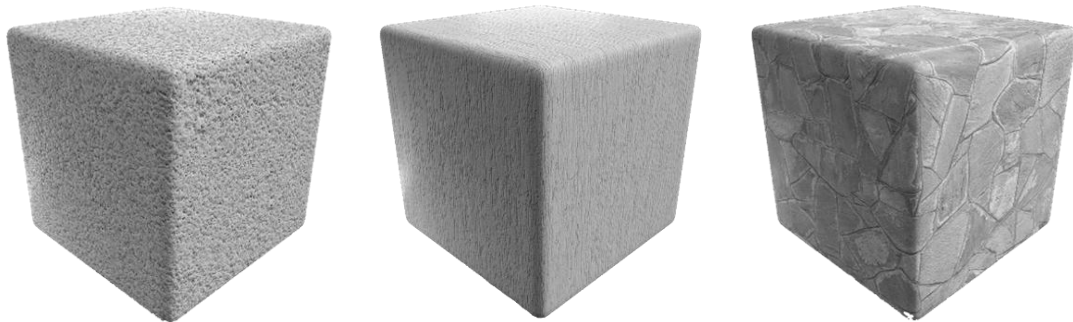


Рис. 10. Створені текстури

У внутрішньому дворіку університету розташовується скульптурна фігури Петра Могили (рис. 11). Для її створення у роботі використовувалася програма PhotoScan, яка застосовується для моделювання складних об'єктів за допомогою фотографій.

Фотографії, взяті по колу об'єкта, скануються, в результаті чого створюється хмара точок (з кожного фото по 40000 точок). Потім генерується масивна хмара з більшою щільністю. З цієї хмари створюється меш та генерується текстура. Подальше експортується в програму ZBrush для доробки (рис. 12).



Рис. 11. Фотографія скульптури Петра Могили

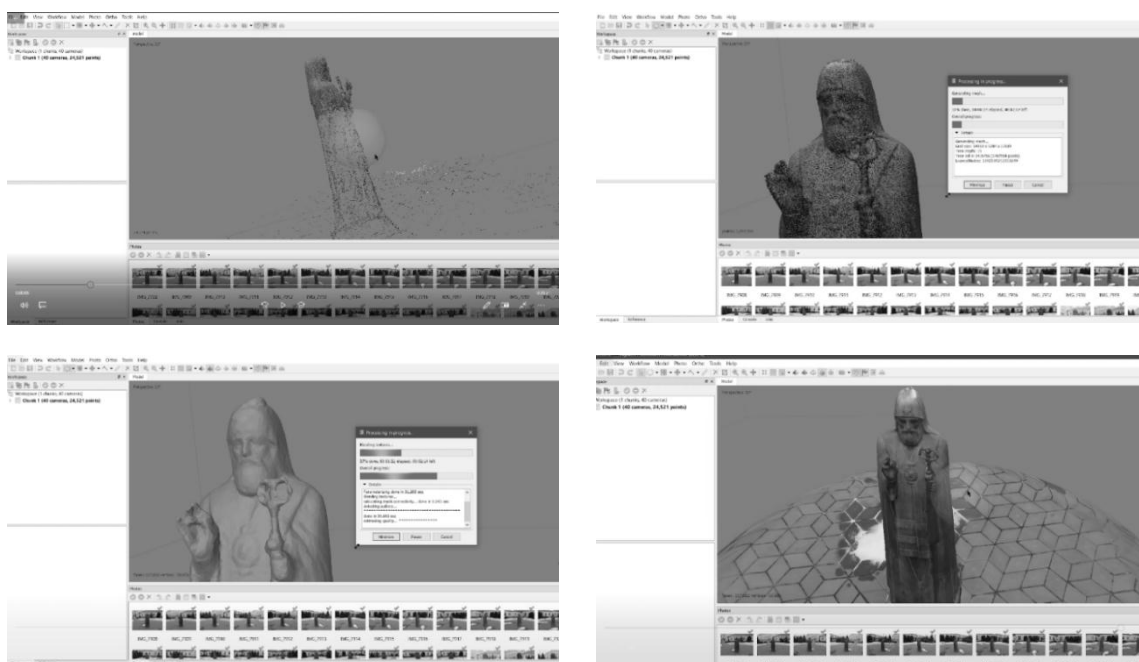


Рис. 12

Моделі інших корпусів університету та їх елементів було створено за такою же методикою.

Висновки і перспективи подальших досліджень.

1. Особливістю запропонованої методики створення 3D моделі навчального комплексу ЧНУ імені Петра Могили є одночасне використання декількох сучасних технологій трьохмірного проектування.

2. Розроблена віртуальна 3D модель дозволяє швидко орієнтуватися у зовнішньому та внутрішньому просторах комплексу, а також може бути використана для моделювання надзвичайних ситуацій (пожежа, терористична загроза тощо).

3. Модель може бути використана при виконанні перепланування приміщень, або плануванні ремонтних

робіт. Так як у 3D-модель будівлі ввести зміни можна набагато простіше, швидше і менш затратно, ніж в моделі створені за допомогою звичних матеріалів.

4. Запропонований підхід може бути використаний не тільки при відтворюванні моделей вже побудованих споруд, але і при генеруванні нових дизайнерських рішень.

У найближчій перспективі на основі побудованої 3D моделі планується створення інтерактивного застосунка, який дозволить би здійснювати рух в режимі реального часу. Віртуальна модель може відображатися як на моніторах комп'ютерів, так і за допомогою мобільних пристроїв.

Список використаних джерел

1. Шишанов А. Дизайн интерьеров в 3ds Max. Питер / А. Шишанов. – СПб.: Питер, 2012. – 208 с.
2. SketchUp, <https://www.sketchup.com/ru>, last accessed 2019/01/29.
3. 3Ds Max, <https://www.autodesk.com/products/3ds-max/overview>, last accessed 2019/01/29.
4. Давыдов Е. 3D-анимации и спецэффектов / Е. Давыдов. – Изд.: Maxis3D, 2013. – 133 с.
5. Роджерс Д., Адамс Дж. Математические основы машинной графики / Д. Роджерс, Дж. Адамс. – М.: Мир, 2001. – 604 с.
6. Ли К. Основы САПР (CAD/CAM/CAE) / К. Ли. – СПб.: Питер, 2004. – 560 с.
7. Бочков М. Д. Основы 3D-моделирования / М. Д. Бочков, СПб.: Питер, 2003. – 106 с.
8. Ванін В. В. Визначення та основні положення структурно-параметричного геометричного моделювання / Ванін В. В., Вірченко Г. А. // Геометричне та комп'ютерне моделювання. – Вип. 23. – Харків: ХДУХТ, 2009. – С. 42–48.
9. Бородавка Є. В. Цифрова модель об'єкта як засіб інтеграції архітектурно-будівельних програмних комплексів / Є. В. Бородавка // Східноєвропейський журнал передових технологій. – 2006. – №2/2(20). – С. 1-4.
10. Київська К. І. Принципи параметричного моделювання об'єктів будівництва / К. І. Київська // Тези доповідей II Міжнародного науково-практичного конгресу «Міське середовище – XXI ст. «Архітектура. будівництво. дизайн» – К.: НАУ, 2016. – с. 24–25.
11. Завьялов Ю. С. Сплайны в инженерной геометрии / Ю. С. Завьялов, В. А. Леус, В. А. Скороспелов. – М.: Машиностроение, 1985. – 223 с.

А. П. Бойко, А. В. Леонов
ЧНУ ім. Петра Могили, г. Николаев

КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ 3D-МОДЕЛЕЙ СЛОЖНЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

В данной работе представлена концепция построения 3D моделей сложных инженерных сооружений с использованием современных САД-систем. Проведен обзор методов математического представления поверхностей сложных геометрических моделей, базирующихся на теории В-сплайнов или их совершенной модификации NURBS (Non-Uniform Rational B-

Spline). Предоставлено краткое описание возможностей программных комплексов, используемых в работе для создания и редактирования 3D-моделей: SketchUp, 3Ds max, Substance painter, ZBrush. Показана последовательность и особенности методики создания виртуальной 3D модели на примере учебного комплекса ЧНУ имени Петра Могилы. Сделан акцент на практической реализации процесса моделирования корпусов и элементов.

Основным отличием предлагаемого подхода является применение нескольких программных сред для более точного и эффективного моделирования. А также использование исходных данных в виде строительных чертежей, реальных фотографий, съемок с БПЛА и натурных замеров.

Созданная 3D модель может быть использована для облегчения внешней и внутренней навигации, планирования строительных и ремонтных работ в учебном комплексе. А также предоставляет возможность для создания интерактивного 3D-приложения – программного продукта, позволяющего осуществлять визуализацию, навигацию, взаимодействие с 3D-моделью в режиме реального времени.

Предложенный авторами подход может быть использован не только при воспроизведении моделей уже построенных сооружений, но и при генерировании новых дизайнерских решений.

Ключевые слова: 3D модель; моделирование; навигация; компьютерная графика; визуализация; текстурирование.

A. P. Boiko, A. V. Leonov

Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv

THE CONCEPT OF CREATING VIRTUAL 3D MODELS OF COMPLEX ENGINEERING STRUCTURES

This work presents the concept of making the 3D model of complex engineering structures using the modern CAD systems. An overview of the methods of mathematical representation of surfaces of complex geometric models based on the theory of B-splines or their more perfect modification NURBS (Non-Uniform Rational B-Spline) has been carried out. A brief description of the opportunities of the software complexes that were used for creation and editing of the 3D models was provided: SketchUp, 3Ds max, Substance painter, ZBrush. The distinctive features of the method of creating a virtual model of educational buildings of Petro Mohyla Black Sea National University were shown. A special attention to the practical implementation of the process of modeling buildings and their elements was attended. The main difference of the proposed approach is the use of several software environments for more accurate and efficient modeling. As well as the use of complex source dates in the form of building drawings, real photographs, shootings from UAVs and full-scale measurements. The created 3D model can be used for facilitating external and internal navigation, planning of constructions and repairing works in the educational complex. As well as it gives an opportunity for creating of the interactive 3D application-a software product that allows you to visualize, navigate and interact with the 3D model in real time. The variant which is proposed by the authors can be used not only for creating models of the already constructed buildings, but it also can be used for generation of the new design decisions.

Key words: 3D model; modeling; navigation; computer graphics; visualization; texturing.

Рецензенти: Мусієнко М. П., д-р техн. наук, професор;
Донченко М. В., канд. техн. наук, доцент.

© Бойко А. П., Леонов А. В., 2018

Дата надходження статті до редколегії 04.12.2018

ПРОЦЕССЫ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА В СУДОВЫХ СИСТЕМАХ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

В условиях постоянного химического загрязнения воздуха при перевозке на судах химически опасных грузов, оптимальное регулирующее воздействие метеорологических параметрами микроклимата на состояние человека внутри кондиционируемых помещений осуществимо только при непрерывной фильтрации приточного воздуха. Концентрация химически опасных загрязнителей воздуха должна быть не выше предельно допустимых концентраций (ПДК) и не допускается инфильтрация загрязненного воздуха открытых территорий через наружный контур жилой надстройки судна.

В рассматриваемом случае процесс выделения химического загрязнения из воздуха поглотителем (т. е. водой) состоит из диффузии химического загрязнения к поверхности частиц воды в воздухе, т. е. имеет место фактически молекулярная диффузия газа в газ к поверхности раздела, выступающей в виде третьей фазы, капель воды. Таким образом, процесс поглощения каплями воды молекул аммиака носит обменный или конвекционный характер. Перемещение молекул аммиака находит свое отражение в процесса естественной и принудительной конвекционной диффузии, сопровождаемая молекулярной диффузией.

Полученные результаты исследований в среде Simintech позволяют в первом приближении определить конструктивные и эксплуатационные характеристики форсунок. Обработка газового состава воздуха в центральном кондиционере позволяет использовать его как неотъемлемую часть комплекса по нормализации газового состава воздуха жилых помещений.

Ключевые слова: параметры микроклимата; санитарно - гигиенические требования; воздухообработка; судовых систем кондиционирования воздуха; фильтр; форсунка.

В судовой энергетике просматривается тенденция к ужесточению национальных ограничений на загрязнение окружающей среды и к принятию мер, стимулирующих внедрение природоохранных технологий. В течение последнего десятилетия были резко ужесточены требования по предельно допустимым концентрациям вредных выбросов. В связи с этим перед судовладельцами, судостроительными и судоремонтными заводами, отраслевыми и контролирующими институтами встает вопрос об обеспечении квалифицированной оценки количественных концентраций токсичных компонентов отработанных газов в процессе эксплуатации и, что особенно актуально, на стадии проектирования и при производстве работ по глубокой модернизации судовой энергетической установки [1; 2; 3; 4].

В условиях постоянного химического загрязнения воздуха при перевозке на судах химически опасных грузов, оптимальное регулирующее воздействие метеорологическими параметрами микроклимата на сос-

тояние человека внутри кондиционируемых помещений осуществимо только при непрерывной фильтрации приточного воздуха [5; 6; 9]. Концентрация химически опасных загрязнителей воздуха должна быть не выше предельно допустимых концентраций (ПДК) (рис. 1.) и не допускается инфильтрация загрязненного воздуха открытых территорий через наружный контур жилой надстройки судна [1].

В рассматриваемом случае процесс выделения химического загрязнения из воздуха поглотителем (т. е. водой) состоит из диффузии химического загрязнения к поверхности частиц воды в воздухе, т. е. имеет место фактически молекулярная диффузия газа в газ к поверхности раздела, выступающей в виде третьей фазы, капель воды. Таким образом, процесс поглощения каплями воды молекул аммиака носит обменный или конвекционный характер. Перемещение молекул аммиака находит свое отражение в процесса естественной и принудительной конвекционной диффузии, сопровождаемая молекулярной диффузией [8; 10; 12.]

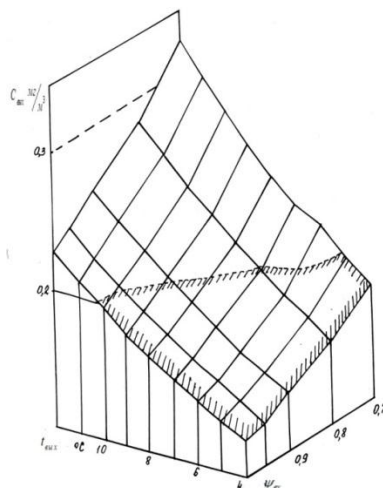


Рис. 1. Зависимость концентрации ингредиента от влажности и температуры (заштрихованная зона соответствует санитарным нормам, т. е. ниже ПДК)

Анализ результатов исследований процессов воздухообработки посредством форсунки в программном комплексе SimInTech [11] позволил установить влияние удельной поверхности капель, скорости падения, плотности орошения, влажности и температуры воздуха на параметры распыла абсорбента на характер очистки.

С учетом, растворения примеси в абсорбенте – морской воде, подаваемой в форсуночную камеру, то следует отметить, что с парами абсорбента в центральный кондиционер поступает также некоторое количество ингредиента [7].

Выработаны рекомендации, на основании которых можно добиться стабильной концентрации ингредиента $1,2 \text{ мг/м}^3$. Однако, влажность и температура газовой фазы является на выходе функцией температуры и количества абсорбента, подаваемого в форсуночную камеру, температуры и влажности газовой фазы поступающей в форсуночную камеру.

На рис. 1 приведен график зависимости концентрации ингредиента $C_{\text{вых}}$ (мг/м^3) от влажности $\Psi_{\text{вых}}$ и температуры $t_{\text{вых}}$ на выходе из кондиционера при постоянной концентрации, например, аммиака 1 мг/м^3 и влажности на выходе из кондиционера $\Psi = 50\%$.

Эти параметры на выходе из абсорбера в летний период колеблется в следующих пределах $\Psi = 0,7 \dots 1,0$, $t = 15 \dots 23^\circ\text{C}$, т. е. $\Psi_{\text{вх}} = 0,7 \dots 1,0$, $t_{\text{вх}} = 15 \dots 23^\circ\text{C}$.

При технически грамотном регулировании центрального кондиционера можно добиться на выходе, согласно санитарным нормам $\Psi = 0,5$ и температуру на выходе холодильника $t = 4 \dots 12^\circ\text{C}$.

Токая взаимосвязь между концентрацией на выходе и входе в зависимости от параметров газовой фазы на входе и выходе из кондиционера достаточно точно описываются выражениями.

$$C_{\text{вых}} = \frac{C_{\text{вх}} d_{\text{вых}}(\Psi_{\text{вых}}, t_{\text{вых}})}{d_{\text{вх}}(\Psi_{\text{вх}}, t_{\text{вх}})},$$

$$C_{\text{вых}} = C_{\text{вх}} \frac{\Psi_{\text{вых}}^{1,075} t_{\text{вых}}^{1,000255^{2t_{\text{вх}}}}}{\Psi_{\text{вх}}^{1,000255^{2t_{\text{вх}}}} t_{\text{вх}}^{1,075^{t_{\text{вх}}}}}$$

где $C_{\text{вх}}$, $C_{\text{вых}}$ – концентрация ингредиентов на входе и выходе в центральный кондиционер, мг/м^3 ;
 $d_{\text{вх}}$, $d_{\text{вых}}$ – влагосодержание абсорбента в газовой фазе на входе и выходе кондиционера, г/кг ;
 $\Psi_{\text{вх}}$, $\Psi_{\text{вых}}$ – относительная влажность в газовой фазе на входе и выходе кондиционера;
 $t_{\text{вх}}$, $t_{\text{вых}}$ – температура в газовой фазе на входе и выходе кондиционера, $^\circ\text{C}$.

Данная зависимость распространяется только на физическую абсорбцию (растворение ингредиентов в различных абсорбентах без вступления с ними в реакцию).

Результаты исследований показывают существенную зависимость от температуры воздуха и поддерживаемой влажности на выходе из кондиционера. В тоже время необходимо учитывать ограничения по температуре воздуха на выходе, так как ниже определенного предела понижать температуру экономически не целесообразно. Можно добиться варьируя концен-

трацией на входе в кондиционер, температурой и влажностью газовой фазы существенного снижения концентрации при оптимальных энергозатратах.

На (рис. 1.) выделены штриховкой зона, соответствующая всем санитарным нормам по концентрации и влажности ($C_{\text{вых}}$, $\Psi_{\text{вых}}$).

Аналогичные зависимости можно получить для других ингредиентов, на которые распространяется физическая абсорбция.

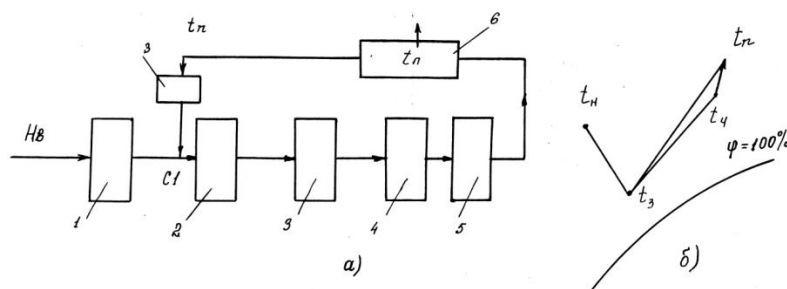


Рис. 2. Процессы очистки воздуха в судовых систем кондиционирования воздуха: а – структурная схема системы нормализации газового состава; б – график тепловлажностных характеристик воздуха в процессе нормализации газового состава: 1 – форсуночная камера, 2 – воздушный фильтр, 3 – охладитель кондиционера, 4 – пароподогреватель, 5 – вентилятор, 6 – кондиционируемое помещение.

Типовая структура «фильтрующее устройство – центральный кондиционер – система кондиционирования воздуха» приведена на рисунке 1, а.

При такой структуре процессы, происходящие, в ней без учета обработки воздуха в пароподогревателе характеризуются изменением тепловлажностных па-

раметров приведенных на рис. 1, б. В этой схеме оптимальность газового состава может быть достигнута только за счет количества подаваемого абсорбента и его температуры, тепловлажностных характеристик на выходе из кондиционера.

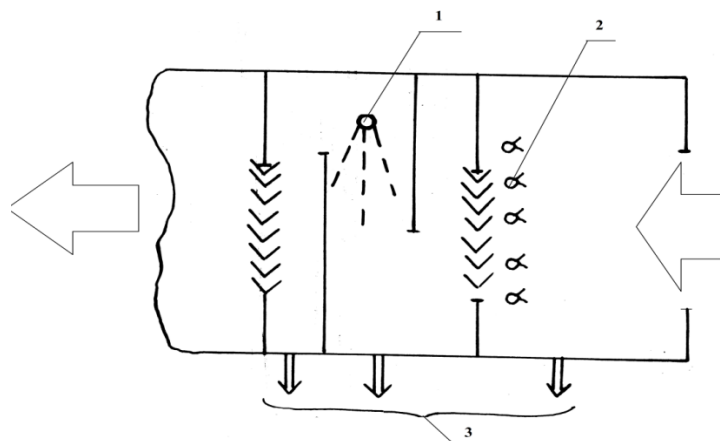


Рис. 3. Предлагаемая схема форсуночной камеры: 1 – форсунки крупного распыла; 2 – форсунки мелкого распыла; 3 – отвод абсорбента с ингредиентами

С точки оптимизации характеристик газового состава форсуночной камеры и уменьшения влажной нагрузки на охладитель кондиционера более качественная воздухообработка может быть получена по схеме форсуночной камеры, приведенной на рис. 3

В этом варианте камера разделена на три зоны:

1-я зона обеспечивает образование мелкодисперсной водяной завесы (удельная поверхность здесь должна иметь значение не ниже $14 \cdot 10^4 \dots 15 \cdot 10^5$). Здесь происходит основная обработка газового состава и отвод из зоны абсорбента с поглощенным ингредиентом.

2-я зона: посредством крупнокапельных форсунок происходит более тонкая обработка газового состава - снижение влагосодержания абсорбента и удаление его из зоны. Это достигается двумя элементами рядов крупнокапельных форсунок, где подаваемый абсорбент поглощает мелкодисперсную и паровую состав-

ляющие с ингредиентом. Дополнительно к этому устанавливается два ряда каплеотбойников жалюзийного типа. Эту схему дополняют изгибы и сужение проходных сечений, что дает эффект трубок Вентури, т. е. снижение влагосодержания абсорбента и, соответственно, концентрации ингредиента на выходе в центральный кондиционер.

3-я зона. Центральный кондиционер, где происходит тонкая доводка газового состава до соответствия санитарным нормам.

В этой зоне в качестве увлажнителя - подогревателя возможно целесообразнее использовать небольшую форсуночную камеру (рис. 4), где помимо дополнительного увлажнения он выполняет функцию подогревателя капельного типа.

Выбирая температуру распыляемого абсорбента (воды) можно добиться итоговой влажности температуры на выходе.

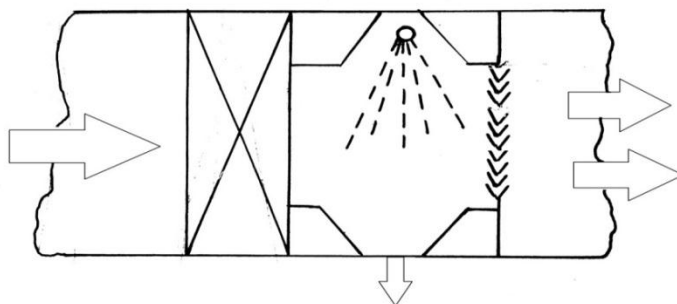


Рис. 4. Схема форсуночної камери

В результате исследований получены аналитические зависимости параметров тепломассобмена физической абсорбции от параметров распыла форсунок.

Анализируя полученные результаты, можно сделать следующие выводы:

1. Рост удельной поверхности капель уменьшается с ростом скорости капель и тем существеннее, чем выше плотность орошения;

2. При одинаковом значении удельной поверхности более существенное влияние на ее изменение оказывает усредненный диаметр капель;

3. Капли движущиеся вверх и вниз при впрыске абсорбента в газовый поток, что сказывается на массотдачу в абсорбере;

4. Начальный угол впрыска форсунки оказывает существенное влияние на скорость движения капель, чем меньше, тем существеннее уменьшение скорости

капель в процессе их движения, а в итоге изменение массобмена.

5. Изменение скорости капель составляет 0, 5 ... 0, 64 м/с, что составляет изменение удельной поверхности капель $\pm 15\%$;

6. Изменение давления перед форсункой не оказывает существенного влияния на величину диаметра капли, только увеличивает объемный расход, а значит площадь контакта.

Полученные результаты позволяют в первом приближении определить конструктивные и эксплуатационные характеристики форсунок. Обработка газового состава воздуха в центральном кондиционере позволяет использовать его как неотъемлемую часть комплекса по нормализации газового состава воздуха жилых помещений.

Список використаних джерел

1. Цюпко Ю. М., Пипченко А. Г., Понамаренко В. В., Демидов В. В. Эксплуатация танкеров-газовозов. Одесса: ЦПАП, 1998. – 142 с.
2. Сандлер, А. К., Никольский, В. В., Хнюнин, С. Г. Использование волоконно-оптических устройств для предотвращения техногенных катастроф на судах. // Автоматизация судовых технических средств. – Одесса: ОНМА. – 2004. – Вып. 9. – С. 82–90.
3. Гворган Н. Г. Михайлова К. Н., Потемкина М. Д., Романенко А. А., Смольский Д. А. Судовые вентиляционные и смежные с ней системы // Молодой ученый. – 2018. №33. – С. 15–17.
4. Голиков В. А., Мамкичев Н. А. Безопасная перевозка химически опасных грузов // Автоматизация судовых технических средств: Науч.-техн. сб. – Одесса: ОГМА, 1999. – Вып. 3. – С. 13–20.
5. Шафран Л. М., Фадеев В. И., Голиков В. А., Покора Л. И. Гигиеническая оценка эффективности средств коллективной защиты экипажей судов-газовозов // Гигиена и санитария. – 1986. – № 6 – С. 86–88.
6. Синицын В. И. К вопросу об улучшении эксплуатационных показателей форсуночных камер кондиционеров. Холодильная техника, 1980, № 11 С. 26–29.
7. Цюпко Ю. М. Исследование subprocessов воздухообработки в судовых системах кондиционирования воздуха. Научные труды науч. Журн. – Вып. 305. Т. 317. Компьютерные технологии. – Николаев: Изд-во ЧНУ им. П. Могили, 2018. – С. 112–116.
8. Сандлер, А. К., Цюпко, Ю. М. Новое схемотехническое решение волоконного газоанализатора // Автоматизация судовых технических средств. – Одесса: ОНМА. – 2012. – Вып. 18. – С. 93–96.
9. Бойко П. А. Проблемы безопасности эксплуатации танкеров-газовозов при строительстве СПГ-Терминала в Украине. Водный транспорт. – 2012. – С. 22–28.
10. Цюпко Ю. М. Волоконно-оптический датчик метана. // Наукові праці. Комп'ютерні технології. – Миколаїв : ЧНУ ім. Петра Могили. – 2016. – том 283 номер 271. – С. 87–91.
11. Программный продукт SimInTech Электронный ресурс. Режим доступа : www.3v-services.com.
12. Лейбович Л. И. Очистка рециркуляционного воздуха в судовых системах кондиционирования // Судостроение. – 1987. – № 3 – С.13–15.

Ю. М. Цюпко,
НУ «ОМА», м. Одеса

ПРОЦЕСИ ОЧИЩЕННЯ ПОВІТРЯ В СУДНОВИХ СИСТЕМАХ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

В умовах постійного хімічного забруднення повітря під час перевезення на судах хімічно небезпечних вантажів, оптимальний регулюючий вплив метеорологічними параметрами мікроклімату на стан людини усередині кондиціонованих при-

міцень здійсненне тільки при безперервній фільтрації приточного повітря. Концентрація хімічно небезпечних забруднювачів повітря повинна бути не вище гранично допустимих концентрацій (ПДК) і не допускається інфільтрація забрудненого повітря відкритих територій через зовнішній контур житлової надбудови судна.

У розглянутому випадку процес виділення хімічного забруднення з повітря поглиначим (тобто водою) складається з дифузії хімічного забруднення до поверхні часток води в повітрі, тобто має місце фактично молекулярна дифузія газу в газ до поверхні розділу, що виступає у вигляді третьої фази, крапля води. Таким чином, процес поглинання краплями води молекул аміаку носить обмінний або конвекційний характер. Переміщення молекул аміаку знаходить своє відбиття в процесу природної і примусової конвекційної дифузії, супроводжувана молекулярною дифузією.

Отримані результати досліджень в середовищу Simintech дозволяють у першій наближенні визначити конструктивні й експлуатаційні характеристики форсунок. Обробка газового состава повітря в центральному кондиціонері дозволяє використовувати його як невід'ємну частину комплексу по нормалізації газового состава повітря житлових приміщень.

Ключові слова: параметри мікроклімату; санітарно - гігієнічні вимоги; повітряобробка суднових систем кондиціонування повітря; фільтр; форсунка.

Y. M. Tsyupko,

National university «Odesa Sea Academy», Odesa

PROCESSES OF PURIFICATION OF AIR SHIP AIR CONDITIONING SYSTEMS

In the conditions of continuous chemical air pollution in transit on vessels of chemically dangerous freights, the optimum regulating influence by meteorological parameters of a microclimate on a condition of the person in the conditioned rooms is feasible only at continuous filtration of stitched air. Concentration of chemically dangerous pollutants of air has to be not higher than the threshold limit values and infiltration of the polluted air of open territories through an external contour of an inhabited superstructure of the vessel is not allowed.

In the case under consideration process of allocation of chemical pollution of air the absorber (i.e. water) consists of diffusion of chemical pollution to a surface of particles of water in air, i.e. actually molecular diffusion of gas in gas to the interface acting in the form of the third phase, water drops takes place. Thus, absorption process by drops of water of molecules of ammonia has exchange or convection character. Movement of molecules of ammonia finds the reflection in process of natural and compulsory convection diffusion, accompanied with molecular diffusion. The received results allow drawing the following conclusions:

Growth of a specific surface of drops decreases with growth of speed of drops and subjects it is more essential, than irrigation density is higher;

At identical value of a specific surface the average diameter of drops has more significant effect on its change;

Drops moving up and down at injection of absorbent in a gas stream that effects on a mass output in an absorber;

The initial angle of injection of a nozzle has significant effect on the speed of the movement of drops, the it is less, the reduction of speed of drops in the course of their movement, and as a result mass exchange change is more essential.

Change of speed of drops makes 0, 5... 0, 64 m/s that makes change of a specific surface of drops $\pm 15\%$; Change of pressure before a nozzle has no significant effect on the size of diameter of a drop, only increases a volume expense, so the area of contact.

The received results of researches y to the Simintech environment allow defining as first approximation constructive and operational characteristics of nozzles. Processing of gas composition of air in the central conditioner allows using it as an integral part of a complex on normalization of gas composition of air of premises.

Key words: microclimate parameters; medical - hygienic requirements; air processing; ship air conditioning systems; the filter; a nozzle.

Рецензенти: Мусієнко М. П., д-р техн. наук, професор;

Журавська І. М., канд. техн. наук, доцент.

© Цюпко Ю. М., 2018

Дата надходження статті до редколегії 01.11.2018

МАТЕМАТИЧНІ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНІ МОДЕЛІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ІОТ ПРИСТРОЇВ НА БАЗІ П'ЄЗОКЕРАМІЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

В роботі розглядаються математичні та функціональні моделі IoT пристроїв на базі п'єзокерамічних перетворювачів, які дозволяють проектувати енергоефективні IoT пристрої з автономним живленням. В результаті досліджень отримано аналітичний опис параметрів п'єзокераміки з урахуванням орієнтаційних ефектів доменів у п'єзокераміки за рахунок врахування конструктивних та фізичних параметрів біморфних п'єзоелементів. Отримані функціональні моделі консольних біморфних доменно-дисипативних п'єзоперетворювачів, що дозволяє розраховувати лінійні розміри п'єзоелементів і пластин при проектуванні п'єзоперетворювачів з максимальним рівнем вихідного сигналу. Розроблено математичну модель функціонування IoT пристроїв в умовах обмеженого енергозабезпечення, яка враховує енергію, що генерується п'єзокерамічними перетворювачами.

Ключові слова: IoT пристрої; енергоефективність; консольні асиметричні біморфні доменно-дисипативні п'єзоперетворювачі.

Аналіз проблеми і постановка завдання. Впровадження 4-ї промислової революції характеризується поширенням багатьох нових технологій, в тому числі IoT (англ. Internet of Things) – взаємопов'язаних фізичних пристроїв, які мають вбудовані датчики, а також програмне забезпечення, що дозволяє здійснювати передачу і обмін даними між фізичним світом і комп'ютерними системами за допомогою використання стандартних протоколів зв'язку.

Однією з важливих характеристик IoT пристроїв є живлення від автономних джерел енергії, таких як батарейне / акумуляторне живлення або відновлювальних джерел енергії (сонячна енергія, енергія вітру, вібрації тощо). Тобто розробка IoT пристроїв вимагає великої уваги до енергоефективності, оскільки від цього залежить тривалість їхньої роботи. Останнім часом стрімко розвиваються нові джерела живлення, такі як живлення від енергії вимірюваного сигналу, хвилі радіофіру (наприклад, бездротова зарядка). З іншого боку, з'являються мікроелектронні елементи техніки з низьким енергоспоживанням, які можуть працювати від живлення зазначених малих джерел енергії. У зв'язку з цим пошук рішень, спрямованих на зниження енергоспоживання, займає одне з найголовніших місць у сучасних наукових дослідженнях, пов'язаних зі створенням IoT пристроїв.

Перспективним джерелом енергії є п'єзокерамічні перетворювачі. Вони мають високу чутливість і жорсткість (дуже мала деформація при навантаженні), малі габарити і масу, високу завадостійкість, малий рівень власних шумів, підвищену радіаційну стійкість, технологічність виготовлення тощо, що є безумовною перевагою для їх використання в якості джерел енергії

в IoT пристроях. Проте мале значення енергії, що генерується п'єзоелементом, стримувало використання п'єзокерамічних перетворювачів в якості джерел напруги. До недавнього часу вдосконалення п'єзокерамічних перетворювачів обмежувалося, в основному, лише зміною форми, розмірів і матеріалу п'єзоелемента, а також виду збуджуючих коливань [1; 2]. Таким чином, розробка нових моделей, методів та засобів підвищення енергоефективності IoT пристроїв на базі п'єзокерамічних перетворювачів, що сприятиме подовженню часу роботи IoT пристроїв з автономним живленням, є актуальною задачею.

Метою роботи є розробка математичних та функціональних моделей IoT пристроїв, які дозволяють проектувати енергоефективні IoT пристрої з автономним живленням на базі п'єзокерамічних перетворювачів.

Виклад основного матеріалу. Аналіз прикладів використання п'єзокерамічних перетворювачів в якості джерел енергії показав, що підвищення вихідної напруги п'єзокерамічних перетворювачів, можливе за рахунок застосування трьох методів [3–7]:

- застосування доменно-дисипативних п'єзоелементів;
- застосування асиметричних біморфних п'єзоелементів;
- виконання цих перетворювачів у консольному закріпленні.

Як відомо, збільшення вихідної напруги на електродних п'єзоелементів можливе при їх використанні в якості доменно-дисипативних п'єзоелементів (ДДПЕ). Значення рівня вихідного сигналу п'єзокерамічних елементів залежить не тільки від значень електричних

і пружних п'єзоконстант [8; 9], а й від просторового співвідношення векторних величин: **P** – вектора поляризації, **F** – вектора сили, що впливає на п'єзоелемент та **E** – вектора напруженості поля між вихідними електродами. В роботах [1; 2] показано, що при перпендикулярному розташуванні векторів **P** та **E**, тобто при ДДПЕ, можна досягти більшої чутливості п'єзоелемента, ніж при їх традиційному паралельному розташуванні.

$$d_{31} = d_{31}^{(0)} - \frac{2}{\pi^2} \int_0^{\frac{1}{4}\sin(\delta)} d\delta \cdot (X_1 \cos^2(\delta) + Y_1) \sqrt{\sin^2(\delta) - \cos^2(\delta)} \times \arcsin \sqrt{\frac{\cos^2(\delta) - \sigma_p}{1 - \cos^2(\delta)}},$$

де $\sigma_p = \sigma_c/\sigma$, σ – механічна напруга на біморфному ПП; σ_c – критична механічна напруга домену; X_1 та Y_1 – коефіцієнти, що визначаються відповідними значеннями п'єзомодулів.

Для визначення рівня вихідного сигналу біморфних ПП в залежності від розміщення вихідних електродів, тобто від кута δ між векторами **P** і **E**, визначалися основні величини, що характеризують властивості п'єзокераміки. Так, отримана залежність значення п'єзомодуля d_{31} від кута δ і механічних напруг для біморфних ПП має вигляд:

Залежність основного значення п'єзомодуля d_{31} від кута δ і механічних напруг, що утворюються при фізичному впливі на п'єзоелемент, показана на рис. 1.

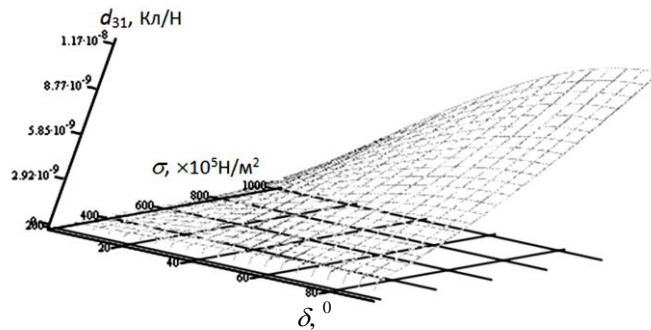


Рис. 1. Залежність значень п'єзомодуля d_{31} від кута та механічної напруги

З рис. 1 видно, що результуючі значення мають нелінійний характер і потребують розрахунків при проектуванні конструкцій ДДПЕ. Отриманий аналітичний опис дозволяє визначати необхідну форму, розміри та розташування електродів для досягнення необхідних кутів між основними трьома векторами, а отже досягати максимального рівня вихідного сигналу.

Другим важливим питанням при проектуванні п'єзоперетворювачів для IoT пристроїв є визначення необхідних лінійних розмірів п'єзоелементів та металевих біморфних та консольних пластин.

Відоме математичне моделювання добре підходить для мономорфних, але не ефективно для біморф-

них п'єлементів [3]. Використання схемотехнічного моделювання також неефективне в випадку застосування двох пластин: біморфної та консольної. Тому в роботі було запропоновано функціональне моделювання п'єзоперетворювачів для визначення необхідних лінійних розмірів п'єзоелементів та пластин.

Одна з функціональних моделей асиметричного біморфного доменно-дисипативного п'єзоперетворювача при його консольному закріпленні (при умові виконання металевих пластин з однакового матеріалу) показана на рис. 2.

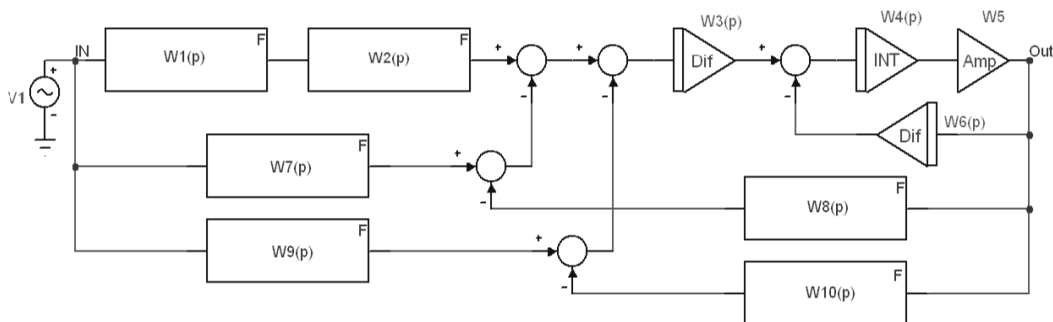


Рис. 2. Функціональна модель асиметричного біморфного доменно-дисипативного п'єзоперетворювача при його консольному закріпленні

Тут ланка $W_1(p)$ відповідає процесу перетворення механічного впливу на ПП в механічну напругу; $W_2(p)$ – перетворення механічної напруги в заряд на ПП; $W_3(p)$ – перетворенню заряду в струм; $W_4(p)$ – перетворенню сумарного струму у вхідну напругу U_{BX} ; W_5 – підсиленню операційного підсилювача; $W_6(p)$ – перетворенню вихідної напруги $U_{ВИХ}$ в струм, що протікає

через конденсатор зворотного зв'язку [2]; $W_7(p)$ – перетворенню механічного впливу на ПП в механічну напругу в металевій пластині біморфного ПП; $W_8(p)$ – впливу ПП на деформацію металевієї пластини біморфного ПП; $W_9(p)$ та $W_{10}(p)$ – відповідно ланкам $W_7(p)$ та $W_8(p)$ для консольної пластини.

Передавальна функція має вигляд:

$$W(p) = \frac{W_2(p)W_3(p)W_4(p)W_5\{W_1(p) W_7(p) W_9(p)\}}{1 + W_4(p)W_5W_6(p) W_2(p)W_3(p)W_4(p)W_5\{W_1(p) W_7(p) W_9(p)\}}$$

В роботі, з використанням програмного пакета СхСАПР, були отримані та досліджені АЧХ, ФЧХ, перехідні характеристики і відгуки на спеціальні впливи для різних типів п'єзоперетворювачів. За допомогою критерію Найквіста досліджено стійкість різних моделей перетворювачів. Аналіз отриманих годографів показав, що система залишається стійкою при різних значеннях лінійних розмірів п'єзоелементів та металевих пластин.

Важливим питанням при розробці IoT пристроїв з автономним живленням є значення часу, скільки змо-

же пристрій пропрацювати від того чи іншого джерела енергії. Крім того, враховуючи, що сучасні пристрої можуть складатися з різних модулів та живитися декількома джерелами енергії, необхідно знати, скільки необхідно застосувати джерел енергії і в якій кількості їх застосувати для того чи іншого модуля.

Для цього в роботі розроблені математична модель, яка на рис. 3 представлена у вигляді «сірого» ящика.

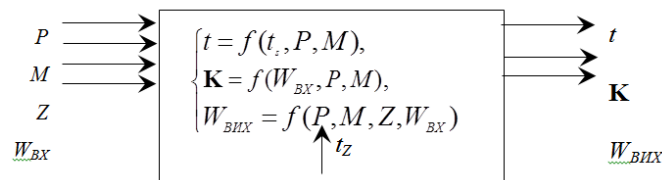


Рис. 3. Подання системи у вигляді моделі «сірого ящика»

На вхід системи подаються параметри: P – кількість п'єзоелементів, що генерують енергію, $i = \overline{1, p}$; M – кількість обчислювальних модулів, $j = \overline{1, m}$; Z – завдання, що необхідно виконати пристрою, $s = \overline{1, z}$; $W_{\hat{A}\hat{O}}$ – енергія, яка подається на вхід та складається з попередньо накопиченої енергії ($W_{\hat{I}\hat{A}\hat{E}}$), енергії, що генерується п'єзоперетворювачами ($W_{\hat{I}\hat{I}}$), енергоспоживання електронних компонент пристрою

($W_{\hat{E}\hat{I}\hat{I}}$) та енергоспоживання мікропроцесорів (W_{CPU}). Крім того, на вхід системи подаються часові проміжки виконання завдань – t_Z . На виході системи: t – час роботи IoT пристрою; K – матриця з'єднань п'єзоперетворювачів з модулями; $W_{\hat{A}\hat{E}\hat{O}}$ – енергоспоживання системи.

Для побудови математичної моделі функціонування IoT пристроїв сформульовано умову безперервної роботи системи:

$$\sum_{j=1}^m W_{\hat{I}\hat{A}\hat{E}}^j + \sum_{s=1}^p W_{\hat{I}\hat{I}}^s \geq \sum_{j=1}^m W_{\hat{E}\hat{I}\hat{I}}^j + \sum_{j=1}^m W_{CPU}^j$$

Сформована матриця з'єднань п'єзоперетворювачів з модулями:

$$K = [k_{ij}]_{\substack{i=1..p, \\ j=1..m}}$$

в якій кожен елемент може приймати такі значення:

- $k_{ij} = 1$, якщо i -й п'єзоелемент живить j -й модуль;

– $k_{ij} = 0$, якщо i -й п'єзоелемент не живить j -й модуль.

В такому випадку для работоздатності IoT пристрою для кожного його j -го окремого модуля повинна виконуватися умова:

$$W_{\hat{I}\hat{A}\hat{E}}^j + \sum_{s=1}^p W_{\hat{I}\hat{I}}^s k_{ij} - (W_{\hat{E}\hat{I}\hat{I}}^j + W_{CPU}^j) \geq 0$$

Тоді енергоефективність системи буде максимальною при виконанні умови:

$$\sum_{j=1}^m W_{IA\hat{E}}^j + \sum_{s=1}^p W_{\hat{H}}^s k_{ij} \rightarrow \min.$$

$$\sum_{j=1}^m \sum_{s=1}^z W_{CPU}^{js} + \sum_{j=1}^m W_{E\hat{H}}^j \leq \sum_{j=1}^m W_{IA\hat{E}}^j + \sum_{j=1}^m \sum_{s=1}^p W_{\hat{H}}^s k_{ij}.$$

Для максимально швидкого виконання s -го завдання обирається максимальна кількість модулів X_{js} , тобто необхідне виконання умови:

$$k_{ij} X_{ij} \rightarrow \max, \text{ i} \partial \partial \partial t_s = \min_{j=1}^m (t_{js}), X_{ij} \in M.$$

Математична модель функціонування IoT з максимальною енергоефективністю має вигляд:

$$\sum_{j=1}^m W_{IA\hat{E}}^j + \sum_{s=1}^p W_{\hat{H}}^s \geq \sum_{j=1}^m W_{E\hat{H}}^j + \sum_{j=1}^m W_{CPU}^j,$$

$$W_{IA\hat{E}}^j + \sum_{s=1}^p W_{\hat{H}}^s k_{ij} (W_{E\hat{H}}^j + W_{CPU}^j) \geq 0,$$

$$\sum_{j=1}^m W_{IA\hat{E}}^j + \sum_{s=1}^p W_{\hat{H}}^s k_{ij} \rightarrow \min,$$

$$\sum_{j=1}^m \sum_{s=1}^z W_{CPU}^{js} + \sum_{j=1}^m W_{E\hat{H}}^j \leq \sum_{j=1}^m W_{IA\hat{E}}^j + \sum_{j=1}^m \sum_{s=1}^p W_{\hat{H}}^s k_{ij},$$

$$k_{ij} X_{ij} \rightarrow \max, \text{ i} \partial \partial \partial t_s = \min_{j=1}^m (t_{js}), X_{ij} \in M.$$

Отримана модель роботи IoT пристрою описує ключові параметри системи: час роботи, енергоспоживання, а також враховує енергетичні обмеження системи, що дозволяє розробнику визначити, скільки часу IoT пристрій зможе працювати при наявності певної кількості ДДПЕ в якості джерела додаткової енергії, а також необхідну кількість перетворювачів та їх підключення до відповідних модулів.

Результати проведених експериментальних досліджень підтвердили отримані теоретичні положення, що були викладені у попередніх розділах. Розроблені конструктивні рішення було впроваджено при розробці IoT Smart Toys в стартапі Subomania [10]. Використання консольних пластин дозволило до 10 % подолати роботу інтелектуальної іграшки.

При виконанні s -го завдання, енергія, що споживається мікропроцесором j -го модуля, повинна бути не більше суми накопиченої енергії і енергії, що надійшла від п'єзоелемента, тобто повинна виконуватися умова:

Висновки. В роботі запропонований аналітичний опис параметрів п'єзокераміки з урахуванням орієнтаційних ефектів доменів у п'єзокераміці, що дозволяє визначити форми біморфних п'єзоелементів, їх електродів, а також необхідного механічного напруження для збільшення потужності вихідного сигналу IoT пристроїв на базі п'єзокерамічних перетворювачів. Розроблені та досліджені функціональні моделі консольних біморфних доменно-дисипативних п'єзоперетворювачів, що дозволяють розраховувати лінійні розміри п'єзоелементів, а також металеві та консольної пластин. Розроблена математична модель функціонування IoT пристроїв в умовах обмеженого енергозабезпечення, що дозволяє визначити можливість та час автономної роботи таких пристроїв.

Список використаних джерел

1. Шарапов В. М. Мусиенко М. П., Шарапова Е. В. Пьезоэлектрические датчики : монография / Под ред. В. М.Шарапова. – Москва: Техносфера, 2006. – 632 с. – ISBN 5-94836-100-4.
2. Мусиенко М. П. Теоретические основы, методы и средства структурно-энергосилового преобразования на основе полупроводниковых пьезокерамических элементов для систем управления : диссертация д-ра техн. наук: 05.13.05. – Одесса, 2006. – 495 с.
3. Мусиенко М. П., Корецька О. О. Консольні п'єзоелектричні накопичувачі вібрації для IoT пристроїв. Наукові праці: науковий журнал. Серія «Комп'ютерні технології». Вип. 296. Т. 308. Миколаїв: ЧНУ ім. Петра Могили. 2017. С. 139–145.

4. Корецька О. О. Розробка енерго-ефективних IoT пристроїв з живленням від п'єзоелементів. Матеріали Міжнародна наукова конференція «Ольвійський форум–2018: стратегії країн Причорноморського регіону в геополітичному просторі», 7–10 червня 2018. Миколаїв: Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили. 2018. С. 96.
5. Мусієнко М. П., Корецька О. О. Накопичувачі енергії вібрації IoT-пристроїв на основі консольних п'єзоелементів. Матеріали XI Міжнар. наук.-практ. конф., «Інтернет – Освіта – Наука – 2018», 22-25 травня 2018. Вінниця: ВНТУ. 2018. С. 93–94.
6. Мусієнко М. П., Корецька О. О. Підвищення чутливості датчиків п'єзомагнітних тахометрів. Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції «Датчики, прилади та системи – 2018», 17-21 вересня 2018. Черкаси: видавець Гордієнко Є. І., 2018. С. 9–12.
7. Корецька О.О. Доменно-дисипативні п'єзоперетворювачі в конструкціях п'єзомагнітних тахометрів. Матеріали XXI Всеукр. наук.-метод. конф «Могилянські читання – 2018», 12–17 листопада 2018. Миколаїв: Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили. 2018. С. 100–101.
8. Бородин В. З., Дорошенко В. А., Крамаров О. П., Мадорский В. В. Ориентационные эффекты в сегнетокерамике при действии одномерного сжатия, параллельно оси поляризации // Пьезоэлектрические материалы и преобразователи. – Изд-во Ростовского университета, 1971. – С. 49–58.
9. Дорошенко В. А., Пикалев Э. М., Виталинская Г. Н., Поздняков Н. Н. Доменные процессы в сегнетокерамике при действии сильного поперечного сжатия // Пьезоэлектрические материалы и преобразователи. Изд-во Ростовского университета, 1976. – С. 66–73.
10. Cubomania. Reshaping education with blockchain [Електронний ресурс] / Cubomania. – Режим доступу : <https://cubomania.io>.

А. О. Корецкая,
ЧНУ им. Петра Могили, г. Николаев

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ IOT УСТРОЙСТВ НА БАЗЕ ПЬЕЗОКЕРАМИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

В работе рассматриваются математические и функциональные модели IoT устройств на базе пьезокерамических преобразователей, которые позволяют проектировать энергоэффективные IoT устройства с автономным питанием. В результате исследований получено аналитическое описание параметров пьезокерамики с учетом ориентационных эффектов доменов в пьезокерамике за счет учета конструктивных и физических параметров биморфных пьезоэлементов. Полученные функциональные модели консольных биморфных доменно-диссипативных пьезопреобразователей, что позволяет рассчитывать линейные размеры пьезоэлементов и пластин при проектировании пьезопреобразователей с максимальным уровнем выходного сигнала. Разработана математическая модель функционирования IoT устройств в условиях ограниченного энергоснабжения, которая учитывает энергию, генерируемую пьезокерамическими преобразователями.

Ключевые слова: IoT устройства; энергоэффективность; консольные асимметричные биморфные доменно-диссипативные пьезопреобразователи.

О. О. Koretska,
Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv

MATHEMATICAL AND FUNCTIONAL MODELS OF ENERGY-EFFICIENT IOT DEVICES BASED ON PIEZOCERAMIC TRANSDUCERS

We consider mathematical and functional models of IoT devices based on piezoceramic transducers that allow you to design energy-efficient IoT devices with autonomous power. As a result of the research, an analytical description of the parameters of piezoelectric ceramics has been obtained, taking into account the orientation effects of domains in piezoceramics, by taking into account the design and physical parameters of bimorph piezoelements. The resulting functional models of cantilever bimorph domain-dissipative piezo transducers, which allows to calculate the linear dimensions of piezoelectric elements and plates when designing piezo transducers with the maximum output signal level. A mathematical model was developed for the functioning of IoT devices under conditions of limited power supply, which takes into account the energy generated by piezoceramic transducers.

Key words: IoT devices; energy efficiency; console asymmetric bimorph domain-dissipative piezo transducers.

Рецензенти: Кутковецький В. Я., д-р техн. наук, професор;
Журавська І. М., канд. техн. наук, доцент.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТОКА МАКСИМАЛЬНОГО БЫСТРОДЕЙСТВИЯ В СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Достаточно часто между узлами сети требуется передавать большие объемы информации и для передачи данных нужно задействовать большие ресурсы компьютерной памяти и времени. Поэтому актуальной является задача получения потока максимального быстродействия для одновременной передачи данных по многим путям. В статье рассматривается оценка запаздывания или скорости передачи потока в сети передачи данных путем решения задачи о потоке минимальной стоимости, определенным образом интерпретируя и задавая условия задачи.

Ключевые слова: передача данных; поток минимальной стоимости; время запаздывания линии связи; скорость передачи данных.

При создании сетевых соединений решается задача поиска минимального пути в нагруженном графе, что позволяет добиться максимального быстродействия передачи данных между двумя узлами. При этом требуется передавать большие объемы информации и для передачи данных нужно задействовать больше ресурсов сети. Поэтому актуальной является задача получения потока максимального быстродействия для одновременной передачи данных по многим путям [1].

Модель передачи потоков данных в компьютерной сети можно представить в виде транспортной сети. Нужно получить величину запаздывания единицы потока при перемещении всего потока от истока к стоку (запаздывание сети), и по этой величине оценивать быстродействие сети. Также можно оценивать нагруженность линий связи (ветвей) сети, исключать из сети линии согласно заданному условию и сравнивать запаздывание измененной т. о. сети с запаздыванием исходной, выбирать количество «нитей» потока [1].

Задача о потоке минимальной стоимости формулируется следующим образом.

Дана транспортная сеть $G(V, E)$ (взвешенный граф [2]) с источником $s \in V$ и стоком $t \in V$, где ребра $(u, v) \in V$ имеют пропускную способность $c(u, v)$, поток $f(u, v)$ и цену $a(u, v)$. Цена пересылки потока $f(u, v) \cdot a(u, v)$. Необходимо переслать d единиц потока.

Поэтому требуется найти поток $f(u, v)$, минимизирующий его общую стоимость:

$$\sum_{(u,v) \in V} f(u, v) \cdot a(u, v)$$

Задачу о потоке минимальной стоимости [3–4] можно свести к двум частным задачам – задаче о максимальном потоке [4], если стоимости потоков всех ветвей единичные и задаче о минимальной средней стоимости, если пропускные способности всех ветвей единичные.

Первая задача - оценка скорости передачи потока в сети передачи данных - по сути, задача о максимальном потоке. Для задания условий задачи каждой ветви (u, v) нужно задать ее максимально возможную пропускную способность $c(u, v)$ (скорость передачи, которую невозможно превысить – величина, обратная времени запаздывания ветви). Полученное значение максимального потока $\sum_{(u,v) \in V} f(u, v) \cdot a(u, v)$ – скорость передачи единицы потока сетью. Обратная величина – искомое запаздывание транспортной сети.

Если линии связи многоканальные, скорость передачи данных линии умножаются на количество каналов.

Вторая задача – оценка запаздывания потока в сети передачи данных – по сути, задача о минимальной средней стоимости потока. Для задания условий зада-

чи каждой ветви нужно задать ее стоимость передачи потока $a(u,v)$ (запаздывание).

Если линии связи многоканальные, временная задержка передачи данных линии делится на количество каналов, используемых при передаче данных.

Также запаздывание потока в сети передачи данных можно получить путем решения задачи о потоке минимальной стоимости.

Для задания условий задачи каждой ветви нужно задать ее максимально возможную пропускную способность $c(u,v)$ и стоимость передачи потока $a(u,v)$ (запаздывание).

Так как задаче о максимальном потоке уделено достаточно большое внимание [2–3], рассмотрим более подробно модель передачи пакетов в компьютерной сети для решения задачи минимальной средней стоимости потока [7–10], которая может быть представлена графом со следующими свойствами.

Вес ветви $a(u,v)$ – длительность времени прохождения пакетом линии связи, соответствующей ветви.

По одной линии связи (ветви) одновременно может проходить только один пакет.

Количество передаваемых пакетов равно количеству путей следования по сети (каждому пакету соответствует уникальный путь).

Потенциал узла $p(v)$ – время прибытия в узел последнего пакета.

Разность потенциалов для линии связи $p(u)-p(v)$ – длительность времени, в течение которого по ней передаются пакеты. Должна быть положительной (пакеты не могут передаваться в прошлое, т.о. можно определять направление передачи и запрещать или разрешать передачу, если линия однонаправленная). Количество проходящих по линии связи пакетов $\frac{p(u)-p(v)}{a(u,v)}$ – частное от деления разности потенциалов

на длительность времени прохождения 1-м пакетом линии связи (целочисленное).

Частное от деления разности потенциалов выхода и входа транспортной сети на количество передаваемых пакетов $\frac{p(t)-p(s)}{d}$ – (среднее) время, затрачиваемое транспортной сетью на передачу одного пакета.

Должны выполняться законы Кирхгофа [5] – сколько пакетов в узел вошло, столько из него должно выйти, закон Ома (Количество проходящих по линии связи пакетов - частное от деления разности потенциалов на длительность времени прохождения 1-м пакетом линии связи (целочисленное)), сумма разностей любых потенциалов в любом замкнутом контуре сети равно 0, т. к. каждый потенциал в эту сумму входит

2 раза с противоположными знаками и ЭДС отсутствуют.

Распределение пакетов можно получить, применяя алгоритм Дейкстры [6].

Цель – получить минимальное время прихода для пакета, пришедшего в сток последнего (для получения минимального среднего времени, приходящегося на передачу одного пакета).

Для первого пакета получаем минимальное время прихода в сток с помощью алгоритма Дейкстры. Для каждого ребра отмечаем, сколько пакетов по нему прошло.

Для следующего пакета отметки в узлах получаем с учетом того, что вес проходимого ребра увеличивается в количество раз, равное количеству прошедших через него пакетов. Получаем минимальное время прибытия в сток последнего пакета и опять для каждого ребра отмечаем, сколько пакетов по нему прошло.

Процесс продолжается до тех пор, пока среднее время, приходящееся на передачу одного пакета, уменьшается либо остается постоянным.

Используя целочисленный закон Ома, распределение потока можно выразить значениями потенциалов в узлах. При применении вышеприведенного алгоритма закон Ома может выполняться не для всех ветвей, поэтому необходимо отметить ветви исключения или скорректировать значения потенциалов.

Рассмотрим решение задачи о минимальной средней стоимости потока на примере. На Рис1 а. показано начальное состояние транспортной сети. 1-й узел – исток, 5-й узел – сток. Отмечены временные задержки ветвей и потенциалы узлов (время прихода последнего пакета данных). Потенциал узла стока имеет значение 0, потенциалы остальных узлов имеют бесконечное значение. На рисунках Рис 1 b, c, d показаны значения потенциалов узлов при передаче 1-го, 2-х и 3-х пакетов. Ищем для пакетов пути, позволяющие получить минимальный потенциал в стоке с учетом законов Кирхгофа. Среднее время передачи (частное от деления разности потенциалов стока и истока на количество передаваемых пакетов) $20(20/1)$, $14(28/2)$, $10,66(32/3)$ для 1-го, 2-х и 3-х пакетов соответственно. Минимальное среднее время передачи $10,66(32/3)$.

Пример показывает, что поток из трех нитей позволит получить минимальное среднее время для передачи одного пакета.

Поскольку разность потенциалов ветви не всегда соответствует нагрузке на ветвь, можно дополнительно отметить нагрузки ветвей на графе (см. рис 2).

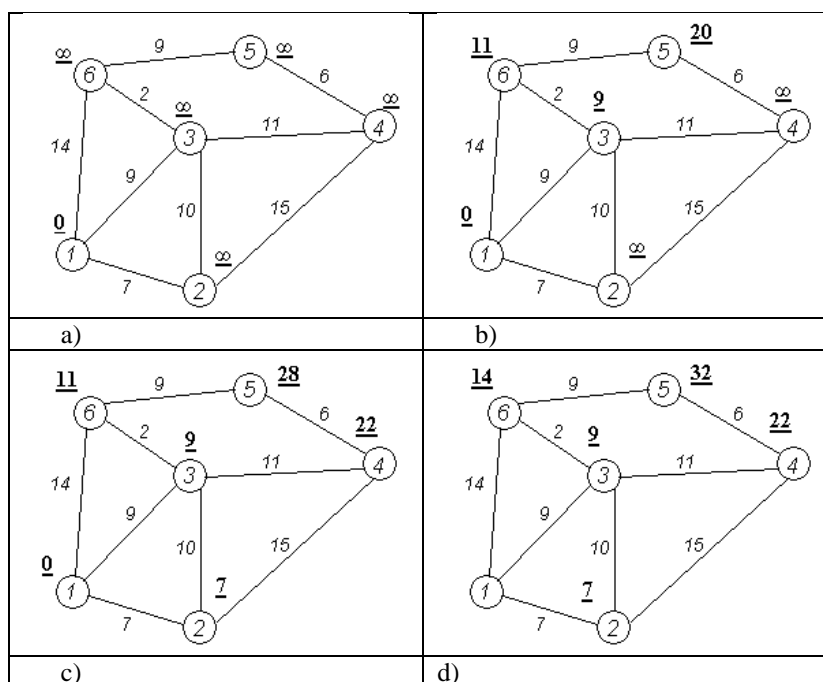


Рис.1. Пример решения задачи о минимальной средней стоимости потока.

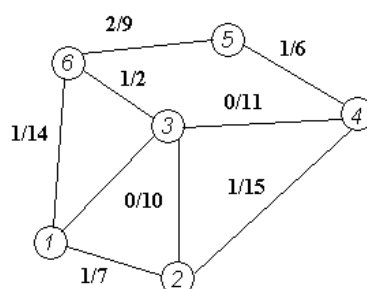


Рис. 2. Граф транспортной сети и распределения в ней потока минимальной средней стоимости. В знаменателе – вес ветви (временная задержка), в числителе – нагрузка на ветвь.

Таким образом, в статье подробно рассмотрена модель передачи пакетов в компьютерной сети для решения задачи минимальной средней стоимости потока с целью получить минимальное среднее время,

приходящееся на передачу одного пакета. Модель позволяет разделить общий поток на нити и оценить вклад в передачу данных каждой нити потока и каждой ветви сети.

Список використаних джерел

1. Таненбаум Э. Компьютерные сети. / Таненбаум Э., Уэзеролл Д. 5-е изд. – СПб.: Питер, 2012. – 960 с.
2. Дистель Р. Теория графов Пер. с англ. – Новосибирск: Изд-во Ин-та математики, 2002. – 336 с.
3. Кормен Т. Алгоритмы: построение и анализ / Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р., Штайн К. / Под ред. И. В. Красикова. – 2-е изд. – М.: Вильямс, 2005. – 1296 с.
4. Ahuja, Ravindra K. Network flows : theory, algorithms, and applications / Ravindra K. Ahuja, Thomas L. Magnanti, James B. Orlin.- Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, c1993 xv, 846 p.
5. Основы теории цепей: Учебник для вузов. / Г. В. Зевеке, П. А. Ионкин, А. В. Негушил, С. В. Страхов. / Под ред. Г. В. Зевеке. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 530 с.
6. Левитин А. В. Алгоритмы. Введение в разработку и анализ – М.: Вильямс, 2006. – С. 189–195. – 576 с.
7. Andrew V. Goldberg & Robert E. Tarjan. Finding minimum cost circulations by canceling negative cycles. Journal of the ACM.- 1989.-36(4): 873–886.
8. Jack Edmonds & Richard M. Karp. Theoretical improvements in algorithmic efficiency for network flow problems. Journal of the ACM. - 1972.-19(2): 248–264.
9. Andrew V. Goldberg & Robert E. Tarjan. Finding minimum cost circulations by successive approximation. Math. Oper. Res.- 1990.-15(3): 430–466.
10. James B. Orlin. «A polynomial time primal network simplex algorithm for minimum cost flows». Mathematical Programming.- 1997.-78: 109–129.

ВИЗНАЧЕННЯ ПОТОКА МАКСИМАЛЬНОЇ ШВИДКОДІЇ В МЕРЕЖІ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ

Досить часто між вузлами мережі потрібно передавати великі обсяги інформації і для передачі даних потрібно задіювати великі ресурси комп'ютерної пам'яті і часу. Тому актуальною є задача отримання потоку максимального швидкодії для одночасної передачі даних по багатьом шляхам. У статті розглядається оцінка запізнювання або швидкості передачі потоку в мережі передачі даних шляхом вирішення задачі про потік мінімальної вартості, певним чином інтерпретуючи і задаючи умови задачі.

При створенні мережевих з'єднань вирішується завдання пошуку мінімального шляху в навантаженому графі, що дозволяє домогтися максимальної швидкодії передачі даних між двома вузлами. При цьому потрібно передавати великі обсяги інформації і для передачі даних потрібно задіяти більше ресурсів мережі. Тому актуальною є задача отримання потоку максимального швидкодії для одночасної передачі даних по багатьом шляхам.

Модель передачі потоків даних в комп'ютерній мережі можна представити у вигляді транспортної мережі. Потрібно отримати величину запізнювання одиниці потоку при переміщенні всього потоку від джерела до стоку, і по цій величині оцінювати швидкодію мережі.

Завдання про потік мінімальної вартості можна звести до двох приватних задач - задачі про максимальний потік, якщо вартості потоків всіх гілок поодинокі і задачі про мінімальну середньої вартості, якщо пропускні спроможності всіх гілок поодинокі. Перше завдання - оцінка швидкості передачі потоку в мережі передачі даних - по суті, завдання про максимальний потік. Друге завдання - оцінка запізнювання потоку в мережі передачі даних - по суті, завдання про мінімальну середньої вартості потоку.

Оскільки до завдання про максимальний потік приділено чималу увагу більш детально розглянута модель передачі пакетів в комп'ютерній мережі для вирішення задачі мінімальної середньої вартості потоку з метою отримати мінімальний час приходу для пакета, який прийшов в стік останнім (для отримання мінімального середнього часу, що припадає на передачу одного пакету). Рішення завдання розглянуто на прикладі.

Ключові слова: передача даних; потік мінімальної вартості; час запізнювання лінії зв'язку; швидкість передачі даних.

V. Yu. Hnatenko, V. V. Martsun, P. V. Stupen,
Odessa National Polytechnic University, Odessa

THE MAXIMUM SPEED FLOW DETERMINATION IN THE DATA TRANSMISSION NETWORK

Quite often, it is required to transfer large amounts of information between network nodes and to transfer data it is necessary to use large resources of computer memory and time. Therefore, the urgent task is to obtain a stream of maximum speed for the simultaneous transmission of data in many ways. The article discusses the evaluation of the lag or the rate of transmission of a stream in a data network by solving the problem of the flow of minimum cost, by interpreting and setting the conditions of the problem in a certain way.

When creating a network connection, the problem of finding the minimum path in a loaded graph is solved, which makes it possible to achieve maximum data transfer speed between two nodes. At the same time, it is necessary to transfer large amounts of information and to transfer data it is necessary to use more network resources. Therefore, the urgent task is to obtain a stream of maximum speed for the simultaneous transmission of data in many ways.

The model of transmission of data streams in a computer network can be represented as a transport network. It is necessary to obtain the magnitude of the lag of the flow unit when the entire flow moves from the source to the drain, and to estimate the speed of the network from this value.

The minimum cost flow problem can be reduced to two particular problems – the maximum flow problem, if the costs of flows of all branches are single and the minimum average cost problem, if the capacities of all branches are single. The first task is to estimate the transmission rate of a stream in a data network - in fact, the problem of maximum stream. The second task is to estimate the lag of a stream in a data network - in fact, the problem of the minimum average cost of a stream.

Since the maximum flow problem was given quite a lot of attention, the model of packet transmission in a computer network was considered in more detail to solve the minimum average cost of a flow problem in order to obtain the minimum arrival time for the last packet in the drain (to obtain the minimum average time per transmission of one packet). The solution of the problem is considered on an example.

Key words: data transfer; the flow of the minimum cost; the delay (latency) time of the communication line; data transfer rate.

Рецензенти: Мусієнко М. П., д-р техн. наук, професор;
Крайник Я. М., канд. техн. наук.

WEB-ЗАСТОСУНОК СКЛАДСЬКОГО ОБЛІКУ В НЕАВТОМАТИЗОВАНИХ ТОРГОВИХ ТОЧКАХ

У рамках дослідження розглядаються проблеми складського обліку в неавтоматизованих торгових точках з точки зору необхідності ведення товарних та грошових залишків та початок та кінець звітного періоду. Складність реалізації задачі обумовлена відсутністю в неавтоматизованій точці комп'ютерного та торговельного обладнання, що робить неможливим он-лайн облік торговельних операцій. Встановлення ж відповідного обладнання вирішує проблему лише частково, оскільки вимагає додаткової кваліфікації співробітників та наявності додаткового часу на фіксацію торговельних операцій.

Наведено аналіз існуючих на ринку систем автоматизації складського обліку та зазначені основні їх недоліки. Недоліком всіх існуючих рішень є неможливість ведення у достатній мірі спрощеного документообігу. Враховуючи тенденцію переходу від класичної трьох ланкової архітектури до веб-додатків серед головних вимог є веб-орієнтованість та кроссплатформність застосунку.

Мета дослідження полягає у підвищенні ефективності управління товарними залишками та грошовими засобами у НТТ за рахунок зниження рівня облікових помилок та підвищення швидкості отримання звітної інформації шляхом розробки кроссплатформної системи обліку в НТТ. Для досягнення зазначеної мети необхідно виконати моделювання автоматизованої системи обліку товарних залишків та грошових засобів у неавтоматизованих торгових точках та програмну реалізацію серверної (back-end) та клієнтської (front-end) частин.

У ході дослідження для моделювання системи була використана методологія структурного аналізу і проектування SADT, та представлені моделі системи за допомогою методології функціонального моделювання і графічного описання процесів IDEF0. Також наведено даталогічні моделі окремих функціональних модулів.

Результатом виконання дослідження є веб-орієнтований застосунок складського обліку в неавтоматизованій торговій точці, що дозволяє отримувати оперативні дані щодо товарних та грошових залишків, а також будувати звіти щодо обсягів продажу та прибутків організації. При цьому система не вимагає наявності у торговій точці спеціалізованого торговельного або стаціонарного комп'ютерного обладнання. Вимоги щодо частоти та обсягів введення даних до системи є мінімальними.

Ключові слова: торгівля; роздрібна торгівля; неавтоматизована торгова точка; складський облік; інвентаризаційна відомість; база даних; трьох ланкова архітектура; веб-додаток; кроссплатформність; система керування базами даних; сутність; відношення; ERD; SADT; IDEF0; MySQL.

Постановка проблеми. Торгівля – це складова сфери послуг, яка забезпечує реалізацію товарів шляхом купівлі-продажу та виконує роль посередника між виробниками та споживачами. [1]. Серед напрямків торгівлі основне місце займає роздрібна торгівля, що є видом діяльності різних комерційних та торгових організацій, що займаються продажем продукції клієнтам для особистих потреб. До роздрібно торгівлі відноситься продаж різноманітної продукції, товарів населенню за готівку, незважаючи на спосіб. Серед товарів, що реалізуються через підприємства роздрібно торгівлі в Україні, найбільшу частку складають

продукти харчування, вироби легкої промисловості, побутова техніка тощо.

Незважаючи на те, що провідні позиції за обсягами продажу посідають великі торговельні мережі, місце невеликих торговельних точок, що мають вузьку спеціалізацію та зручне розташування не може бути недооцінене. За способом ведення обліку торговельні точки можуть бути класифіковані на автоматизовані та неавтоматизовані. Автоматизована торгова точка – засоби технічного забезпечення або специфіка торговельної діяльності якої дозволяють як мінімум щодня формувати детальний звіт про продані товари для по-

дальшого введення в інформаційну базу. У загальному випадку наявність комп'ютерної техніки, фіскального реєстратора та спеціалізованого програмного забезпечення дозволяє при необхідному рівні підготовки персоналу фіксувати продажі товару у кількісному та сумовому вираженні в режимі он-лайн. Даний підхід надає переваги при формуванні аналітичних звітів для аналізу діяльності підприємства та при автоматичній подачі звітності до контролюючих органів.

Однак слід зазначити, що даний підхід також має ряд суттєвих недоліків. По-перше, вимагаються додаткові фінансові вкладення на придбання комп'ютерного та торговельного обладнання та їх подальше обслуговування та модернізацію. Також автоматизована торгова точка передбачає використання спеціалізованого програмного забезпечення, більшість з якого не є безкоштовним. Крім того, використання всіх вищенаведених засобів вимагає додаткової кваліфікації персоналу, а отже більш високого рівня оплати праці. І, на завершення, слід зазначити, що у разі відсутності штрих-кодування товарів, що досить часто зустрічається при реалізації вагового товару, використання програмного забезпечення сповільнює процес обслуговування покупців та веде до створення черг, що врешті рещт може привести до втрати клієнтів.

Враховуючи вищенаведене, використання неавтоматизованих торгових точок у роздрібній торгівлі нерідко може бути виправданим. Неавтоматизована торгова точка (НТТ) – точка продажів, облік в якій ведеться без використання комп'ютерної техніки і програмно-технічних засобів автоматизації. Звіт про продані товари в таких точках не складається щодня. Робиться лише інвентаризація в кінці місяця. Розрахунок торгової націнки може проводитися в кінці місяця [2]. У неавтоматизованій торговій точці контрольно-касові машини, якщо такі є у наявності, використовуються тільки для реєстрації грошових сум, отриманих від покупців, що досить для дотримання діючих правил використання контрольно-касової техніки. При цьому передбачається, що контрольно-касові машини не пов'язані з інформаційною базою і працюють в автономному режимі.

При використанні даного підходу маємо проблеми із обліком товарно-матеріальних цінностей, обліком грошових засобів та аналізом роботи торговельної організації. По перше, відсутні дані про кількість проданих товарів для ведення залишків та можливості проведення інвентаризації товарів на складі для виявлення нестач та надлишків з метою усунення пересортів та матеріальної відповідальності співробітників. Також відсутня фіксація грошових засобів, що веде до неможливості контролю правильності проведення інкасації торговельної точки у кінці робочої зміни. Відсутність у системі закупівельних та роздрібних цін на продукцію веде до неможливості отримання звіту про прибутки та розрахунку рентабельності точки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Говорячи про автоматизацію роздрібної торгівлі слід зазначити велику кількість проведених досліджень та реалізованого програмного забезпечення [3–10]. Стисло розглянемо наявні програмні засоби та проаналізуємо їх основні переваги та недоліки.

Почнемо із розробки «МойСклад» ООО «Логнекс» [3]. Даний застосунок дозволяє стежити за динамікою виручки на торговельних точках, товарними залиш-

ками на віддаленому складі та іншими показниками в режимі реального часу, відмінно підходить для роздрібною, оптової і онлайн-торгівлі, керує будь-яким числом роздрібних точок і інтернет-магазинів, дозволяє швидко і з мінімальними витратами об'єднати в одній системі декілька географічно віддалених офісів, магазинів або складів. Також є у наявності мобільні застосунки для iOS та Android. Серед недоліків системи можна зазначити неможливість збереження інформаційної БД локально, наявний лише варіант збереження у хмарі, що унеможлиблює користування без наявного інтернет-з'єднання та знижує безпеку. Крім того, система вимагає постійного внесення абонентської плати, що не завжди є прийнятним для маленьких організацій.

Заслужує уваги вітчизняна розробка «Універсальний складський облік «УкрСклад» [4]. Застосунок дозволяє оформлювати такі документи, як прибуткова та видаткова накладна, накладна на переміщення, акт інвентаризації, прибутковий та видатковий касовий ордер та ін. Можливе ведення обліку по декільком організаціям одночасно. Програма автоматично будує таку звітність, як залишки та рухи товарів на складі, взаєморозрахунки, прайс-листи, касу та багато інших. Є модулі синхронізації з мобільним агентом, експорт податкової звітності, українські та російські форми друкованих документів. Недоліками ПЗ є складність адаптації під замовника, відсутність спрощеної схеми документообігу та безкоштовної версії.

Окрему увагу слід приділити найбільш популярному на пострадянському просторі рішення Управління торговельним підприємством на базі 1С:Підприємство 8.3 – комплексне рішення, призначене для автоматизації всіх завдань управління і обліку на підприємствах різних форм власності та галузевої приналежності [5; 6; 10]. Серед можливостей складського обліку слід відмітити можливість здійснення управління залишками товарно-матеріальних цінностей (далі ТМЦ) в різних одиницях виміру на безлічі складів; ведення окремого обліку власних товарів, товарів, прийнятих і переданих на реалізацію, зворотної тари; здійснення контролю та обліку серій і термінів придатності; можливість задати довільні характеристики партії і вести облік по партіях в розрізі складів та багато інших. Основним недоліком даного рішення є висока вартість та складність системи, яка є свого роду платою за її універсальність.

Враховуючи вищенаведене, основним недоліком більшості існуючих систем автоматизації складського обліку є відносна складність документообігу, що з одного боку вимагає додаткових часових витрат на внесення вхідних даних, а з іншого більш високої кваліфікації персоналу. Крім того, далеко не всі системи є крос платформними, підтримують оф-лайн режим роботи та не вимагають фіксації торговельних операцій в режимі реального часу.

Постановка завдання. Отже, актуальним постає питання розробки програмного забезпечення, що надає можливість збереження списку продукції із наведеними закупівельних та роздрібних цін, та отримання даних про товарні та грошові залишки на початок-кінець звітного періоду. Зазначене програмне забезпечення мінімізує обсяг та частоту вводу даних шляхом вводу лише трьох типів документів – прибуткова накладна, що фіксує надходження товару у неавтома-

тизовану торгову точку, інкасацію у кінці робочої зміни, та інвентаризацію у кінці звітного періоду. Документи реалізація продукції та надходження грошових засобів формуються автоматично при оформленні інвентаризації.

Об'єктом дослідження даної роботи є особливості обліку товарних залишків та грошових засобів у неавтоматизованих торгових точках. Предметом дослідження є кросплатформна система обліку товарних залишків та грошових засобів у неавтоматизованих торгових точках. Мета дослідження полягає у підвищенні ефективності управління товарними залишками та грошовими засобами у НТТ за рахунок зниження рівня облікових помилок та підвищення швидкості отримання звітної інформації шляхом розробки кросплатформної системи обліку в НТТ. Для досягнення

зазначеної мети необхідно виконати моделювання автоматизованої системи обліку товарних залишків та грошових засобів у неавтоматизованих торгових точках та програмну реалізацію серверної (back-end) та клієнтської (front-end) частин.

Виклад основного матеріалу. Для моделювання системи була використана методологія структурного аналізу і проектування SADT, що інтегрує процес моделювання, управління конфігурацією проекту [11–12]. Моделі представлені за допомогою методології функціонального моделювання і графічного описання процесів IDEF0, призначеної для формалізації і опису бізнес-процесів. На рис.1 наведено нульовий рівень IDEF0 для web-застосунку складського обліку неавтоматизованої робочої точки.

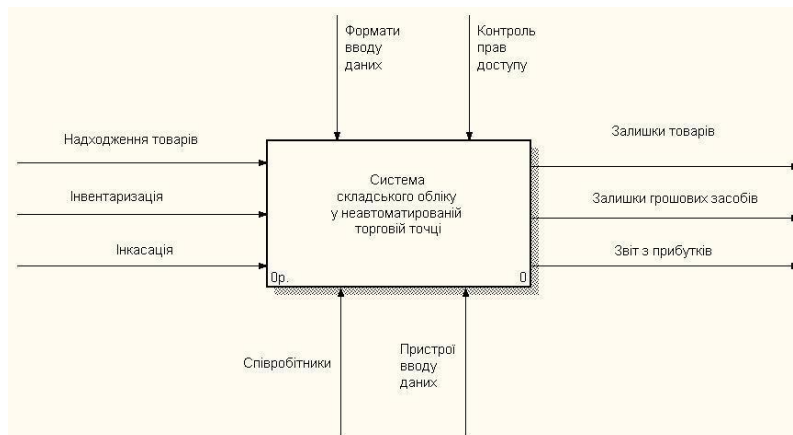


Рис. 1. IDEF0 web-застосунку складського обліку неавтоматизованої робочої точки – 0 рівень.

Як можна побачити на рисунку, система має співробітників та пристрої вводу у якості ресурсів, однак слід зазначити, що немає вимоги щодо постійної їх доступності. Керуючими впливами виступають формати вводу даних, що можуть бути введені як безпосередньо через форми вводу даних, так і через імпорт із зовнішніх форматів.

Вхідними даними є інформація про надходження товарів, що має бути занесена у систему на момент інвентаризації у повному обсязі, дані по інкасації грошових засобів у кінці кожної робочої зміни, та безпосередньо дані по проведеним інвентаризаціям товарно-мате-

ріальних цінностей. Вимоги щодо вихідних даних системи включають наявність інформації щодо товарних залишків в аналітиці номенклатури, залишків грошових засобів у касі та звітних даних щодо обсягів реалізації та прибутків організації. Слід зазначити, що у майбутньому система також може бути розширена модулем ведення розрахунків із постачальниками.

Перейшовши на перший рівень деталізації виділяємо чотири основні задачі, що покладаються на застосунок – це ведення документообігу, товарних та грошових залишків та отримання звітної інформації щодо реалізації та прибутків рис.2.

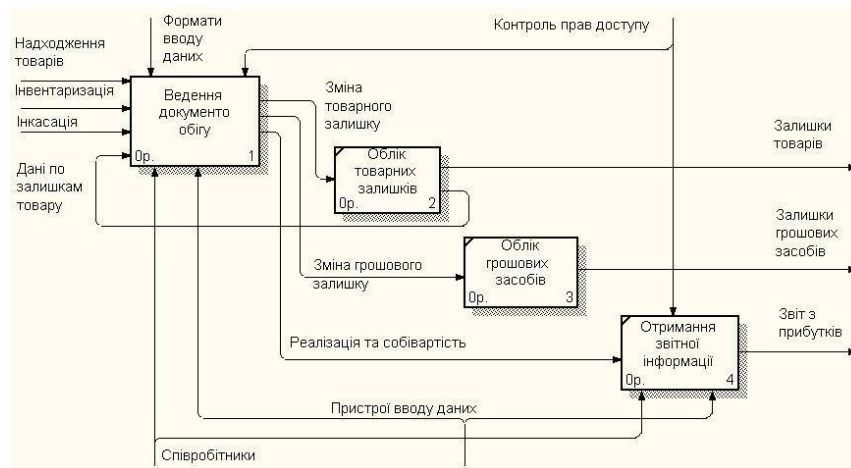


Рис. 2. IDEF0 – декомпозиція першого рівня

Модулі обліку товарних та грошових залишків є суто автоматичними та працюють автономно від ресурсів, тобто незалежно від користувачів системи. На вхід до них подаються відповідні документи, занесені за допомогою модуля ведення документообігу, виходами ж є дані щодо товарних та грошових залишків.

Користувачі працюють безпосередньо із модулями ведення документообігу та отримання звітної інформації. На вході модуля документообігу маємо відповідно 3 типи документів, що підтримуються у системі – надходження товарів, інвентаризація та інкасація від-

повідно. Крім того, вхідним потоком є дані по залишкам товару, у випадку контролю достатньої кількості у наявності при внесенні видаткових документів. Модуль документообігу надає дані на вхід інших трьох модулів, оскільки змінює дані, що використовуються ними при вирішенні наступних задач.

На останок розглянемо декомпозицію модуля документообігу, що також представлена у вигляді чотирьох функціональних блоків – оформлення прибуткової накладної, видаткової накладної, акту інвентаризації та інкасації (рис.3).

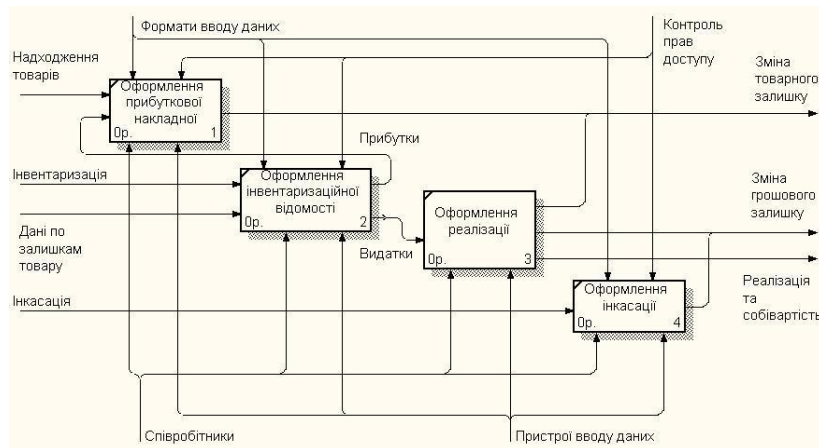


Рис. 3. Декомпозиція другого рівня функціонального модуля ведення документообігу.

Оформлення інвентаризаційної відомості та інкасації відбувається в ручному режимі один раз у кінці звітного періоду. Після завершення вводу інвентаризаційної відомості система автоматично формує прибуткову накладну відповідно до товарних надлишків та видаткову накладну відповідно нестачі товарно-матеріальних цінностей. Прибуткові накладні також можуть бути сформовані у ручному режимі при нових надходженнях товару до неавтоматизованої торгової точки. Передбачений ввід в оперативному режимі безпосередньо під час надходження через мобільні пристрої вводу із підтримкою режиму завантаження електронної накладної та неоперативний режим у кінці робочої зміни або взагалі звітного періоду.

Оскільки при реалізації системи складського обліку НТТ акцент робився на WEB-орієнтовану open-source систему, та критичною була вимога транзакційного режиму роботи із дотриманням вимог ACID

[13–16], вибір СКБД був зроблений на користь MySQL (також може бути використана платформа MariaDB). Далі розглянемо даталогічну модель системи. Для зручності представлення розділимо модель на окремі складові, відповідно до їх функціонального спрямування. Спершу на рис.4 розглянемо загальну схему взаємодії сутностей на прикладі документу «прибуткова накладна» (наявність у схемі всіх типів документів веде до великої кількості перехресних зв'язків та ускладнення її розуміння). Сутність sklad_user зберігає список користувачів та використовується для автентифікації та ведення журналу операцій. Сутності good, client, warehouse та tyrdoc представляють довідники товарів, постачальників, складів та типів документів відповідно. Довідник документів, на відміну від інших, має ієрархічну структуру, реалізовану за допомогою атрибуту group_id та сутності group із атрибутом parent_id.

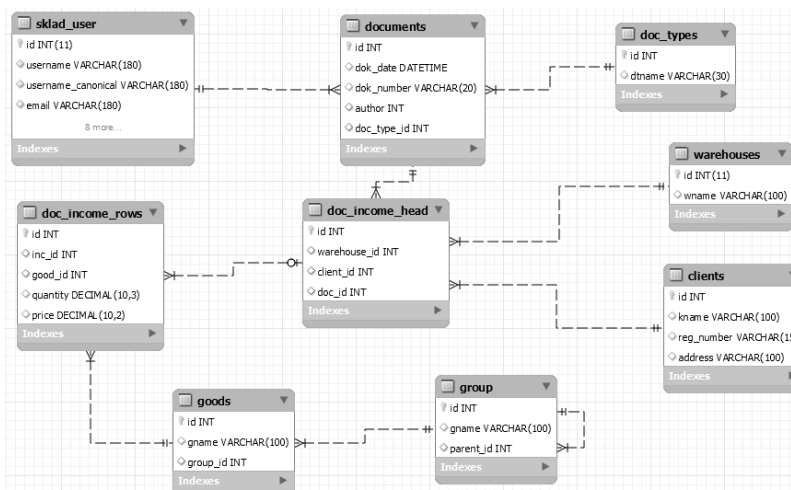


Рис. 4. Загальна схема взаємодії сутностей на прикладі документу «прибуткова накладна»

Загальна інформація щодо всіх типів документів представлена в таблиці documents, це є дата та номер, автор та тип документа. Кожен тип документа, як видно на прикладі прибуткової накладної, представлений двома сутностями – шапка документа, у якій представлені атрибути, що мають тип відношення до документа один-до-одного. У другій сутності представлені рядки табличної частини документа, що мають тип відношення багато-до-одного. У прибутковій накладній до шапки відносяться склад та постачаль-

ник, а до табличної частини товар, кількість та ціна поставки.

На рис.5 представлені сутності price та price_type, що дозволяють оперувати різними типами ціни при реалізації ТМЦ. Даний механізм дозволяє реалізувати гнучкий механізм закупівельних та роздрібних цін без задіяння додаткових механізмів. Таблиці good_remainder та money_remainder виступають свого роду регістрами накопичення для відображення рухів щодо товарно матеріальних цінностей та грошових засобів.

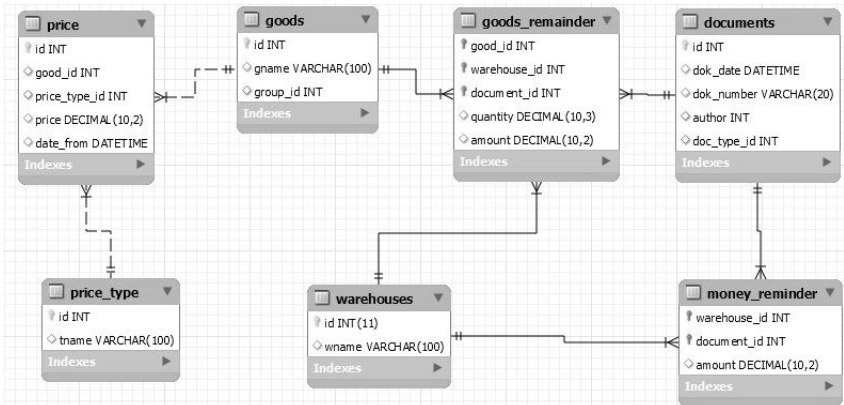


Рис. 5. Підсистема ціноутворення та регістри товарних та грошових залишків

Сутності документів інкасація та видаткова накладна та їх положення у загальній діаграмі сутностей та зв'язків представлені на рис.6. Документ інкасація, на відміну від попередньо описаної прибуткової накладної, представлений лише однією таблицею, оскільки не має табличної частини, а лише атрибути склад та сума інкасації, що мають тип відношення із докумен-

том один-до-одного. Документ видаткова накладна має типову із прибутковою накладною структуру за відміною атрибуту price_type, що є посиланням на сутність тип ціни та дозволяє визначити ціни, за якими відбуватиметься реалізація товару. Даний фактор має безпосередній вплив на обсяг грошового залишку та дані звіту з реалізації та прибутків.

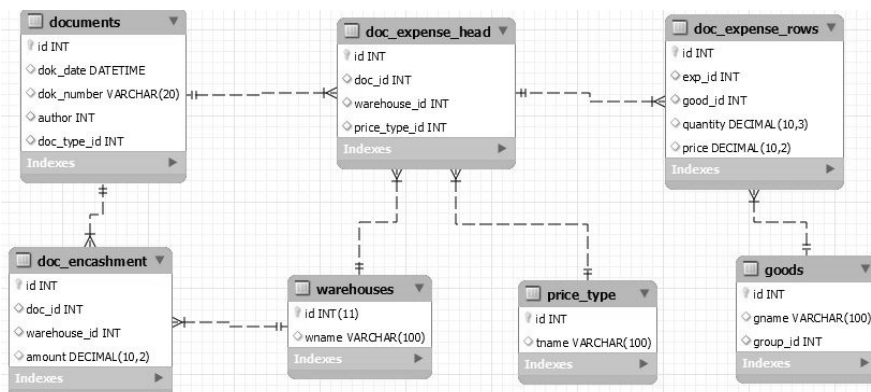


Рис. 6. Документи видаткова накладна та інкасація

Одну з центральних ролей у системі обліку товарних та грошових залишків в НТТ відіграє документ інвентаризація (рис.7).

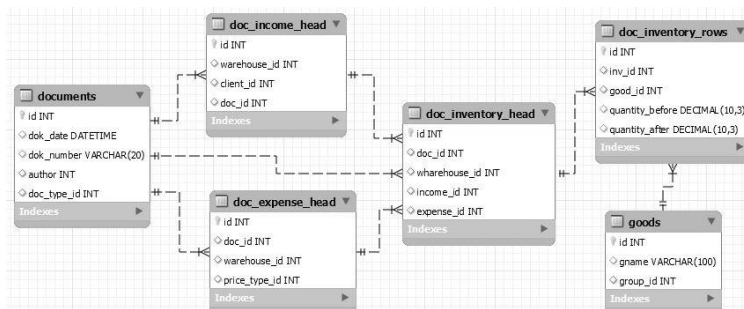


Рис. 7. Документ інвентаризація та його зв'язок з іншими сутностями системи

Задля спрощення обліку та зменшення обсягів даних, що мають бути внесені до системи, даний документ оформлюється один раз наприкінці звітнього періоду та може охоплювати як весь товарний асортимент, так і деяку його обмежену частину. У порівнянні із попередньо розглянутими прибутковою та видатковою накладними даний документ не має атрибуту клієнт, та має два атрибути щодо кількості – до та після проведення інвентаризації. Крім того, документ має посилання на сутності прибуткова та видаткова накладні, що формуються системою автоматично при остаточному збереженні документа. В прибуткову та видаткову накладні потрапляють відповідно надлишки та нестачі товарно-матеріальних цінностей, що були виявлені у ході інвентаризації.

Маючи описаними всі окремі модулі та підсистеми, виконаємо загальний огляд послідовності дій, виконуваних при роботі із системою складського обліку у неавтоматизованій торговій точці. Процес обумовлено головною особливістю – відсутністю стаціонарного комп'ютерного та торговельного обладнання, а також часу і кваліфікації співробітників, що робить неможливим он-лайн фіксацію торговельних операцій. Від системи вимагається отримання товарних та грошових залишків наприкінці звітнього періоду та отримання звіту з прибутків.

Першою операцією є ввід прибуткової накладної, що може бути здійснена власником або іншою відповідальною особою незалежно від співробітника НТТ. Для спрощення подальшої матеріальної відповідальності особи від НТТ документ має друковану форму, за якою може бути здійснена передача ТМЦ. Наступна операція, що має бути здійснена в НТТ наприкінці звітнього періоду – інвентаризація ТМЦ. Всі товари, мають знаходитись в НТТ, та не були виявлені, вважаються такими, що були проданими протягом звітнього періоду та потрапляють до видаткової накладної, яка у свою чергу зменшує товарний залишок для спрощення подальшого обліку та збільшує залишок грошових засобів. В разі наявності надлишків (що може мати місце через помилки обліку) формується прибуткова накладна. Також у ході роботи (частота

оформлення залежить від особливостей обліку в НТТ) формуються документи інкасації.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Під час виконання даного дослідження було проаналізовано специфіку роздрібної торгівлі в неавтоматизованих торгових точках, що полягає у відсутності комп'ютерного та торговельного обладнання та нестачі кваліфікованих співробітників, що робить складним, а іноді неможливим процес он-лайн фіксації торговельних операцій. Також було проаналізовано основні підходи щодо реалізації складського обліку на підприємстві та розглянуто недоліки найбільш розповсюджених додатків щодо автоматизації складського обліку роздрібної торгівлі. Як результат аналізу наведено головні спільні недоліки даних систем та обґрунтовано актуальність дослідження.

В основному розділі виконано моделювання системи із використанням методології структурного аналізу і проектування SADT. Моделі представлені за допомогою методології функціонального моделювання і графічного описання процесів IDEF0, призначеної для формалізації і опису бізнес-процесів. Також наведено даталогічну модель системи, що була попередньо розбита відповідно до окремих функціональних модулів згідно декомпозиції задачі автоматизації документообігу та задач обліку товарних та грошових залишків.

Розроблена система позбавляє працівників необхідності фіксації всіх торговельних операцій, що вимагає додаткового часу та кваліфікації працівників. Натомість 1 раз наприкінці звітнього періоду відображаються документи надходження товарів та інвентаризація товарних цінностей, на базі якої формуються документи реалізації товарів, що дозволяють визначити залишки товару та грошових засобів. Дана програма поєднує в собі зручний інтерфейс, функціональність і простоту використання: доступні і зрозумілі діалогові вікна, форми для занесення інформації, структуровані каталоги, розбиті за категоріями склади, з якими можна взаємодіяти вносячи та змінюючи всередині кожного складу необхідну інформацію, переглядаючи вже наявну в виді таблиць та при необхідності повного видалення складу.

Список використаних джерел

1. Торгівля як вид послуг. Торгівля в Україні. [Електронний ресурс]. Режим доступу : URL : <https://mozok.click/233-torgvlya-yak-vid-poslug-torgvlya-v-ukrayin.html>. – Загол.з екрану.
2. Неавтоматизированная торговая точка. [Електронний ресурс]. Режим доступу : URL: http://www.yasnoo.ru/chto_takoe_neavtomatizirovannaya_torgovaya_tochka.htm. – Загол.з екрану.
3. Торговля, склад и CRM в облаке. [Електронний ресурс]. Режим доступу : URL: <https://www.moysklad.ru> - Загол.з екрану.
4. УкрСклад. Универсальный складской учет. [Електронний ресурс]. Режим доступу : URL: <https://www.ukrsklad.com>. – Загол.з екрану.
5. 1С:Предприятие 8. Управление торговым предприятием для Украины. [Електронний ресурс]. Режим доступу : URL: http://rarus.com.ua/torgovyy-i-skladskoy-uchet/1S_Predpriyatie_8_Upravlenie_torgovym_predpriyatiem_dlya_Ukrainy_. – Загол.з екрану.
6. Дворецкий М.Л. Интеллектуальный анализ данных в 1С: 8.0. Наукові праці: наук.-метод. журнал.–Миколаїв: Вид-во МДГУ ім. Петра Могили, том 68, 2007. – с. 141–150
7. Некрасова Н. Облік товарів в роздрібній торгівлі // Практична бухгалтерія. – 2006. – № 11. – С. 18:
8. Наталья Козлюк, Светлана Угримова. Складской учет на предприятиях торговли. Феникс, 2005. – 285 с.
9. Дворецкий М. Л., Дворецька С. В., Давиденко Є. О. Розробка системи управління знаннями організації на базі CMS WORDPRESS Проблеми інформаційних технологій. Херсон, 2018. №1 (023).

10. Алексей Гладкий. Складской учет на компьютере. Лучшие программы, включая 1С 8.2 – М.: Литрес, 2013. – 532 с.
11. Описание бизнес-процессов: SADT, IDEF0, IDEF3, DFD, UML, ARIS. [Электронный ресурс]. Режим доступа : URL: <http://www.interface.ru/home.asp?artId=22559>. – Загол.з экрану.
12. SADT. [Электронный ресурс]. Режим доступа : URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/SADT>. - Загол.з экрану.
13. Фісун М.Т., Дворецкий М.Л., Юхатов А.В. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПОБУДОВИ OLAP-СИСТЕМ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ЗАСОБІВ MS SQL SERVER ТА ORACLE. Наукові праці. Комп'ютерні технології, 2016. Том 283 (271).
14. Джеффри Д. Ульман, Дженнифер Уидом, Гектор Гарсиа-Молина. Системы баз данных. Полный курс. Вильямс, 2004. – 1088 с.
15. Максим Кузнецов, Игорь Симдянов. MySQL 5. СПб.: БХВ-Петербург, 2010. – 342 с.
16. Шварц Б., Зайцев П., Ткаченко В. и др. – MySQL. Оптимизация производительности (2-е издание). Символ, 2010. – 823 с.

М. Л. Дворецкий, С. В. Дворецкая, С. Ю. Боровльова,
ЧНУ им. П. Могила, г. Николаев

WEB-ПРИЛОЖЕНИЕ СКЛАДСКОГО УЧЕТА В НЕАВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ТОРГОВЫХ ТОЧКАХ

В рамках исследования рассматриваются проблемы складского учета в неавтоматизированных торговых точках с точки зрения необходимости ведения товарных и денежных остатков и начало и конец отчетного периода. Сложность реализации задачи обусловлена отсутствием в неавтоматизированной точке компьютерного и торгового оборудования, что делает невозможным онлайн учет торговых операций. Установка же соответствующего оборудования решает проблему лишь частично, поскольку требует дополнительной квалификации сотрудников и наличия дополнительного времени на фиксацию торговых операций.

Приведен анализ существующих на рынке систем автоматизации складского учета и указаны основные их недостатки. Главным недостатком всех существующих решений приведены невозможность ведения в достаточной мере упрощенного документооборота. Учитывая тенденцию перехода от классической трех звеньевой архитектуры веб-приложений среди главных требований является веб-ориентированность и кроссплатформенность приложения.

Цель исследования заключается в повышении эффективности управления товарными остатками и денежными средствами в НТТ за счет снижения уровня учетных ошибок и повышения скорости получения отчетной информации путем разработки кроссплатформенной системы учета в НТТ. Для достижения указанной цели необходимо выполнить моделирование автоматизированной системы учета товарных остатков и денежных средств в неавтоматизированных торговых точках и программную реализацию серверной (back-end) и клиентской (front-end) частей.

В ходе исследования для моделирования системы была использована методология структурного анализа и проектирования SADT, и представлены модели системы с помощью методологии функционального моделирования и графического описания процессов IDEF0. Также приведены даталогические модели отдельных функциональных модулей.

Результатом выполнения исследования является веб-ориентированное приложение складского учета в неавтоматизированной торговой точке, позволяет получать оперативные данные о товарных и денежных остатках, а также строить отчеты по объемам продаж и прибыли организации. При этом система не требует наличия в торговой точке специализированного торгового или стационарного компьютерного оборудования. Требования к частоте и объему ввода данных в систему минимальны.

Ключевые слова: торговля; розничная торговля; неавтоматизированная торговая точка; складской учет; инвентаризационная ведомость; база данных; трех звеньевая архитектура; веб-приложение; кроссплатформенность; система управления базами данных; сущность; отношение; ERD; SADT; IDEF0; MySQL.

M. L. Dvoretzkyi, S. V. Dvoretzskaya, S. Yu. Borovlyova,
Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv

WEB-APPICATION OF WAREHOUSE ACCOUNTING IN NON AUTOMATED TRADING POINTS

The research reviews the problems of warehouse accounting in non-automated points of sale in terms of the need to maintain commodity and cash balances both for the beginning and for the end of the reporting period. The complexity of implementing the task is due to the lack of computer and trade equipment at the non-automated point, which makes it impossible for online trading transactions. Installing the same equipment solves the problem only partially, because it requires additional qualification of the staff and the availability of additional time to commit trade operations.

The analysis of the existing systems on the warehouse accounting automation market is given and their main disadvantages are pointed. The main disadvantage of all existing solutions is the impossibility of maintaining a sufficiently simplified workflow. Taking into account the trend of the transition from the classic three-tiered architecture of Web applications, the main requirements to the application are web-oriented and cross-platform demands.

The research goal is to improve the efficiency of goods and cash balances managing in non-automated trading points by reducing the level of accounting errors and increasing the speed of obtaining reporting information by developing a cross-platform accounting system in non-automated points of sale. To achieve this goal, it is necessary to build models of the automated system for accounting for commodity balances and cash in non-automated sales outlets and create software implementation of the back-end and front-end parts.

During the research, the methodology of structural analysis and design of SADT was used to model the system, and the model of the system was presented using the methodology of functional modeling and graphical description of IDEF0 processes. Also the data models of individual functional modules are given.

The result of the research is a web-based application of warehouse accounting in a non-automated point of sale, which allows you to obtain operational data on commodity and cash balances, as well as build reports on sales and profit of the organization. At the same time, the system does not require the presence of specialized commercial or stationary computer equipment at the sales point. Requirements for the frequency and volume of data entry into the system are minimal.

Key words: *trade; retail; non-automated point of sale; warehouse accounting; inventory; database; three-tiered architecture; web-application; cross-platform; database management system; entity; relation; ERD; SADT; IDEF0; MySQL.*

Рецензенти: **Фісун М. Т.**, д-р техн. наук, професор;
Давиденко Є. О., канд. техн. наук.

© Дворецький М. Л., Дворецька С. В., Боровльова С. Ю., 2018

Дата надходження статті до редколегії 17.10.2018

ВИКОРИСТАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДЛЯ РАНЬОГО ВИЯВЛЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Сучасний рівень суспільних відносин вимагає зниження ризиків виникнення надзвичайних ситуацій, пов'язаних з людськими жертвами, забрудненням довкілля чи великими економічними втратами. На практиці використовують наступні напрямки забезпечення безпеки: організаційні; конструктивні; інформаційні; діагностичні; оцінки і прогнозування; захисту від неправильних дій людей. Найбільш ефективними є такі, які дозволяють виявити і не допустити катастрофи. В роботі пропонується використання геоінформаційної системи, як базової, для створення системи раннього виявлення надзвичайних ситуацій на потенційно небезпечних об'єктах.

Ключові слова: безпека; надзвичайні ситуації; геоінформаційні системи; потенційно-небезпечні об'єкти.

Постановка проблеми. Відповідно до Закону України «Про правові засади цивільного захисту» [1] одним з найбільш ефективних чинників зниження ризиків виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру, мінімізування наслідків у разі їх виникнення є створення та впровадження новітніх інформаційних і телекомунікаційних технологій контролювання джерел небезпеки на потенційно небезпечних об'єктах та територіях.

Вагомим кроком у цьому напрямку стало розроблення та впровадження в практичну діяльність Правил улаштування, експлуатації та технічного обслуговування систем раннього виявлення надзвичайних ситуацій та оповіщення людей у разі їх виникнення, затверджених наказом МНС від 15.05.2006 № 288, зареєстрованим у Мін'юсті 05.07.2006 за № 785/12659 [2].

Небезпека – це можливість різкої зміни стану системи, яка приводить до людських, економічних, екологічних, інформаційних, моральних чи духовних втрат. Іншими словами – це загроза появи ненормального функціонування системи, яка приводить до перерахованих вище втрат [7].

Загроза – це можливі негативні явища чи процеси, які можуть привести до погіршення стану системи (ненормального функціонування) чи нанесення втрат. Таким чином можна сказати, що нормальне функціонування – це існування системи в сприятливих умовах при відсутності загроз. Але в природі такого не буває. На функціонування системи впливають багато факто-

рів (в нашому контексті їх можна вважати різного рівня загрозами), як зовнішніх так і внутрішніх. Тому можна вести мову про сильні, слабкі чи відтерміновані загрози.

Оскільки стан системи динамічно міняється в умовах впливу великої кількості змінних і випадкових факторів, то описати, змодельовати чи спрогнозувати такий стан дуже складно. Але виходячи з багаторічного досвіду людства в боротьбі з небезпечними загрозами можна виділити найбільш вагомий вплив і, в якійсь мірі, їх оцінити. Тому питання забезпечення безпеки дуже широко використовується на практиці. Можна виділити такі напрямки забезпечення безпеки:

- організаційні;
- конструктивні;
- інформаційні;
- діагностичні;
- оцінки і прогнозування;
- захисту від неправильних дій людей.

Організаційні методи забезпечення нормального функціонування дозволяють шляхом організації управління, захисту, боротьби з несприятливими факторами системи уникати, знижувати чи протидіяти впливам зовнішніх і внутрішніх несприятливих чи загрозливих факторів, боротися за живучість.

Конструктивні методи – дозволяють шляхом закладання в конструкцію системи засобів активної і пасивної протидії впливам несприятливих факторів і виживання в екстремальних і аварійних ситуаціях.

Інформаційні методи дозволяють накопичувати, аналізувати, моделювати і прогнозувати, як появу аварійної ситуації так і цілеспрямовано управляти боротьбою за живучість, рятівними роботами, коли вона уже сталася.

Діагностичні методи дозволяють за допомогою датчиків, відео спостереження, локаторів, обміну інформацією з іншими системами отримувати потрібне інформаційне поле. Аналіз інформаційного поля як самої системи, так і навколишнього середовища, та його динамічних змін дозволяють зарані виявити появу загроз, що дозволить підготуватися і вчасно провести захисні операції.

Аналіз останніх досліджень проблеми. Методи оцінки параметрів безпеки (небезпеки, загроз, аварійного і післяаварійного стану) грають визначальну роль в забезпеченні безпеки системи і всього з нею пов'язаного. Незважаючи на важливість цього напрямку йому приділяють менше уваги ніж питанням фізичного забезпечення безпеки [4]. Це пов'язано як з великою складністю проблеми, так і із значною невідомістю при її розв'язанні.

Захист від неправильних дій людини при управлінні і експлуатації системи виник із трагічної констатації того, що в системі «Об'єкт-людина» самою слабкою ланкою є людина, в силу її специфічних особливостей.

Наприклад, за статистикою, близько 70 % аварій морських суден сталися з причин неправильних дій екіпажів [4]. Тому підвищення безпеки в цьому напрямку можна виконувати шляхом нарощування самоорганізації системи з метою максимального виключення людини з процесу управління. Підвищення комп'ютеризації і інформатизації робочого місця оператора, аналізу інформаційного поля функціонування системи допоможе йому своєчасно і правильно прийняти рішення в екстремальних ситуаціях.

По суті, проблема безпеки, а, точніше, проблема забезпечення безпеки, повинна розв'язуватися методами підтримки прийняття рішення. Тільки збалансований комплексний підхід до розв'язання проблеми конкретної системи, для конкретних умов і при конкретних загрозах дозволить отримати бажані результати.

Невирішеною частиною проблеми є необхідність в інформаційній моделі для обслуговування систем безпеки і попередження появи надзвичайних ситуацій, особливо для потенційно-небезпечних об'єктів. Як показує практика, аварію легше попередити ніж боротися з нею, коли вона настала. Що стосується наслідків, то вони можуть бути катастрофічними. Тому системи раннього виявлення є і будуть надзвичайно актуальними.

Система раннього виявлення надзвичайних ситуацій (СРВНС) представляє собою дуже складну та ба-

гатоаспектну сукупність дій, спрямованих на запобігання виникненню надзвичайних ситуацій, особливо на потенційно небезпечних об'єктах. Ефективне виконання зазначених дій неможливе без оперативної та достатньої інформаційної підтримки.

Потенційно-небезпечні об'єкти часто займають достатньо велику територію, тому для раннього виявлення виникнення надзвичайної ситуації і оперативного прийняття правильних рішень зручно використовувати геоінформаційні системи (ГІС) і **метою статті** є розгляд можливості створення спеціалізованої ГІС для аналізу стану, попередження виникнення надзвичайної ситуації і управління ліквідації наслідків, якщо вона все-таки настала.

Сутність заключається в тому, щоб створити таку просторово-розподілену систему, яка дозволяла б в режимі реального часу отримувати інформацію про стан потенційно небезпечних елементів об'єкта у вигляді критичних параметрів, аналізувати їх, виділяти за динамікою негативних змін чи наближенням до граничних порогових значень, автоматично виводити інформацію про них на дисплей оператора, а у випадку явної загрози – автоматично виконувати оповіщення обслуговуючого персоналу, МНС і органів місцевої влади у відповідності до регламентуючих документів [2; 3].

Виклад основного матеріалу. Геоінформаційна система створюється для надання інформації про стан просторово-розподіленого об'єкта для прийняття рішення при появі критичних ситуацій. В нашому випадку при появі умов-передвісників надзвичайної ситуації (аварії, катастрофи).

Основою такої спеціалізованої ГІС є багатопланова електронна карта місцевості на якій знаходиться потенційно-небезпечний об'єкт. Вона може включати, за необхідності, всю наявну 2D і 3D-просторову інформацію про об'єкт і відповідне довкілля.

Детальний аналіз всіх можливих процесів, ситуацій і впливів, які можуть привести (провокувати) потенційно-небезпечний об'єкт до аварійного стану, дозволить виділити найбільш суттєві загрози для нормального функціонування об'єкта і сформувати інформаційне поле для контролю впливу факторів, кожний з яких, чи в сукупності можуть привести до критичної ситуації.

Для цього на об'єкті в потенційно-небезпечних місцях встановлюються датчики, з яких шляхом регулярного опитування знімають дані про небезпечні зміни в цих місцях, крім того в місцях де візуальний контроль є ефективним, встановлюють відеокамери.

На рисунку 1, як приклад, наводиться електронна карта гідроакумуляуючої електростанції із схемою нанесення датчиків (матеріал скачаний з інтернету і доопрацьований для наглядності).

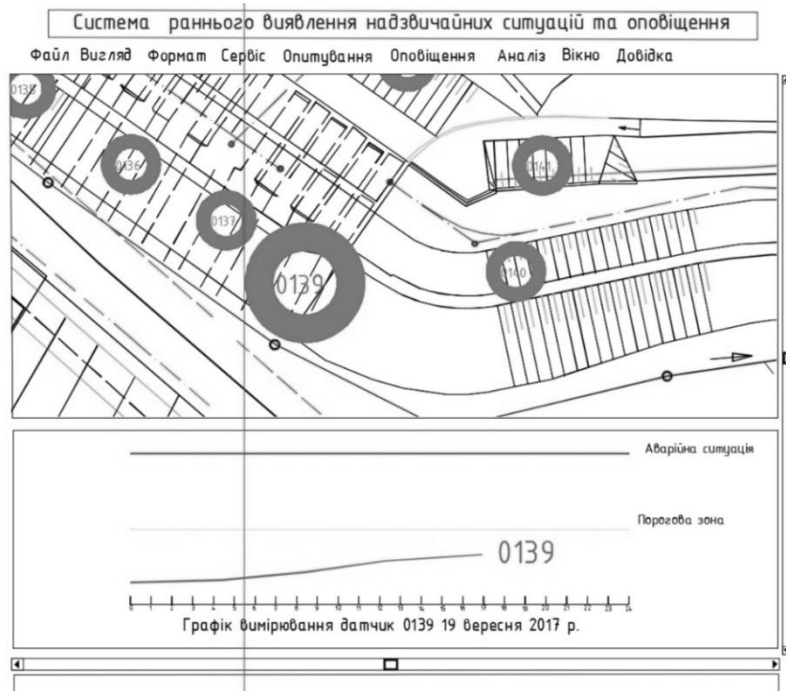


Рис. 1. Приклад плану ГАЕС з нанесеними датчиками.



Рис 2. Робоче вікно ГІС СРВНС

Дані опитування датчиків через контролери поступають в аналітичний центр, де аналізуються і накопичуються.

Для кожного типу даних визначаються порогові і передаварійні значення для різних станів елемента, а також динаміка наростання негативних змін.

На рисунку 2 наведено робоче вікно ГІС системи раннього виявлення надзвичайних ситуацій з виведеним графіком опитування датчика 139.

В разі досягнення значень параметра порогового значення датчик і графік виводяться в жовтому кольорі у вікнах графіку зміни параметру і розташування елемента на схемі (плані) об'єкта і виводяться на дисплеї оператора і експерта. Оператор у цьому ж ві-

кні може призначити оперативні дії, а якщо є сумніви щодо справності датчика, може призначити повторне опитування датчика чи послати чергову бригаду ремонтників або переглянути відео. Для узагальнення картини є можливість переглянути і порівняти дані опитування сусідніх датчиків. У випадку досягнення значення датчика рівня передаварійного стану активізується система оповіщення МНС і місцевої влади. Оператор і експерт перевіряють достовірність інформації і, якщо вона не достовірна, можуть блокувати оповіщення. Інформація має обмежений доступ і автоматично зберігається на серверах.

Висновки й перспективи подальших досліджень. Використання ГІС для створення системи раннього

виявлення надзвичайних ситуацій є можливим, ефективним, наглядним і зручним. Більше того, ГІС розширює можливості в плані ефективного використання і для експлуатаційних та відновлювальних робіт і, навіть, для рятувально-пошукових робіт після аварій.

Використання ГІС дозволяє:

- оперативно і візуально відслідковувати зміни на потенційно-небезпечному об'єкті;
- отримувати просторову інформацію з використанням географічних карт місцевості, супутникових знімків, фото, відео чи 3D-моделей;
- показувати всю панораму об'єкта і довкілля чи виводити автоматично на дисплей підозрілий елемент чи зону підвищеної небезпеки;

- виводити інформацію про підозрілий об'єкт разом з його розташуванням (зображенням);
- прогнозувати можливий розвиток подій у просторі і часі;
- аналізувати ситуацію і пропонувати аналітику і оператору варіанти найбільш важливих рішень для критичної ситуації, що склалася;
- готувати автоматично оповіщення і, в разі необхідності, відправляти до МНС, керівництву об'єктом і місцевої влади.
- оперативно приймати рішення щодо ліквідації загрозливих ситуацій;
- оперативно керувати рятувальними роботами у випадку настання аварії на об'єкті.

Список використаних джерел

1. Закон України «Про правові засади цивільного захисту» № 1859-4 від 24 червня 2004 року.
2. Наказ Міністерства з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи «Про Затвердження правил улаштування, експлуатації, та технічного обслуговування систем раннього виявлення надзвичайних ситуацій та оповіщення людей у випадку їх виникнення» № 288 від 15 червня 2006 року.
3. Постанова Кабінету міністрів України № 192 «Про затвердження Положення про організацію оповіщення і зв'язку у надзвичайних ситуаціях» від 15 лютого 1999 року.
4. Підвищення безпеки суден на базі геоінформаційних систем. Наукові праці: наук. журн./ Чорном. нац. ун-т ім П. Могили. – Миколаїв, 2017. – Т. 307. Вип. 295. – 132 с.
5. Геоинформационные системы: учебное пособие/ Р.В. Ковин, Н.Г. Марков. – Томск: Изд-во Томского политехнического у-та, 2008.
6. Геоинформатика в рациональном недропользовании /А.Н. Петин, П.В.Васильев – Белгород: Изд-во БелГУ, 2011. – 268 с.
7. БЕЗПЕКА // Юридична енциклопедія : [в 6-ти т.] / ред. кол. Ю. С. Шемшученко (відп. ред.) [та ін.]. – К. : Українська енциклопедія, 1998. – ISBN 966-749-200-1.
8. Ветошкин А.Г., Таранцева К.Р. Техногенный риск и безопасность. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2001. – с.: ил.
9. Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития : сборник научных статей молодых ученых, аспирантов и студентов / Тамб. гос. техн. ун-т. – Тамбов, 2011. – Вып. II. – 344 с.
10. Либерман Аркадий Нисонович Техногенная безопасность: человеческий фактор. СПб, 2006 г.

М. В. Донченко,
ЧНУ ім. Петра Могили, г. Николаев
А. Я. Казарезов,
НУК ім. адм. Макарова, г. Николаев

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ РАННЕГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Современный уровень общественных отношений требует снижения рисков возникновения чрезвычайных ситуаций, связанных с человеческими жертвами, загрязнением окружающей среды или большими экономическими потерями. На практике используют следующие направления обеспечения безопасности: организационные; конструктивные; информационные; диагностические; оценки и прогнозирования; защиты от неправильных действий людей. Наиболее эффективными являются такие, которые позволяют заранее определить возможность появления предаварийного состояния и не допустить катастрофы.

Система раннего выявления чрезвычайных ситуаций представляет собой очень сложную и многоаспектную совокупность действий, направленных на предотвращение возникновения чрезвычайных ситуаций, особенно на потенциально опасных объектах. Эффективное выполнение указанных действий невозможно без оперативной и достаточной информационной поддержки.

Потенциально-опасные объекты часто занимают достаточно большую территорию, поэтому для раннего выявления возникновения чрезвычайной ситуации и оперативного принятия правильных решений удобно использовать геоинформационные системы.

В работе рассматривается возможность использования геоинформационной системы, как базовой, для создания системы раннего выявления чрезвычайных ситуаций на потенциально-опасных объектах. На примере гидроаккумулирующей электростанции описывается общая методика диагностики состояния потенциально-опасных зон (мест), путем установки соответствующих датчиков и постоянного их опрашивания, анализа значений параметров, динамики их нарастания. При достижении обеспокояющего критического значения система автоматически включает контроль показаний и, если датчик исправен, оповещает дежурного оператора и аналитика. Они отправляют на место бригаду ремонтников, если устранить угрожающую ситуацию сложно или невозможно, уведомление отправляется местным органам власти и МЧС.

Ключевые слова: безопасность; чрезвычайные ситуации; геоинформационные системы; потенциально-опасные объекты.

M. V. Donchenko,
Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv,
A. Y. Kasarezov,
The Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv

USE OF GEOINFORMATIVE SYSTEMS FOR EARLY DETECTION OF EMERGENCY SITUATIONS

The modern level of public relations requires reducing the risks of emergencies associated with human casualties, pollution or large economic losses. In practice, the following areas of safety are used: organizational; constructive; informational; diagnostic; evaluation and forecasting; protection from the wrong actions of people. The most effective are those that allow you to detect the possibility of a pre-emergency condition in advance and to prevent a catastrophe.

The system of emergency situations early detection is a very complex and multidimensional set of actions aimed at preventing the occurrence of emergency situations, especially at potentially dangerous objects. Effective implementation of these actions is impossible without prompt and sufficient information support.

Potentially dangerous objects often occupy a large enough area, therefore it is convenient to use geographic information systems in order to early detect of an emergency situation and to adopt of prompt correct solutions.

The possibility of using the geographic information system as a base for creating a system for the early detection of emergency situations at potentially dangerous objects are considered in the article. On the example of a hydro-accumulating power plant, a general method for the diagnosing of the potentially dangerous zones (places) state by installing appropriate sensors and constantly interrogating them, analyzing the parameters, and the dynamics of their growth is described. At achievement of well-founded critical parameter the system automatically switches on the indications control and/ if the sensor is serviceable, gives warning the duty operator and the analyst. They send a team of repairers to the place, and if it is difficult or impossible to eliminate a menacing situation, the notification to the local authorities and to the Ministry of Emergency Situations is sent.

Key words: *safety; emergency situations; the geoinformational systems; potentially-dangerous installations; dangerous; parameter; diagnosing.*

Рецензенти: **Коваленко І. І.**, д-р техн. наук, професор;
Фісун М. Т., д-р техн. наук, професор.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОНИТОРИНГА ВЕБ-СТРАНИЦ

По мере развития интернет маркетинга и онлайнторговли, основной проблемой становится рост информации, относящейся к искомому товару. В результате этого торговые сети сталкиваются с выбором: либо привлечь к работе большое количество специалистов по исследованию рынка, либо ухудшить качество своей работы. Оба варианта приводят к снижению конкурентоспособности и чреваты потерей места на рынке.

Из всего вышеизложенного вытекает постановка задачи: максимально автоматизировать сбор информации с сайтов поставщиков и конкурентов.

На данный момент одно из часто используемых решений поставленной задачи - это скрапинг веб-страниц. В статье будут рассмотрены его недостатки и предложен вариант альтернативного парсера веб-страниц, который будет самостоятельно выделять информацию, интересующую пользователя, после чего отсортированная информация будет передаваться нейронной сети, встроенной в парсер. Также будет рассмотрена подготовка нейронной сети к обучению для приобретения качества, необходимых для обработки полученных данных.

Универсальность предложенного способа заключается в том, что после обучения нейронной сети парсер будет способен получать и классифицировать информацию с веб-сайта любого интернет-магазина без предварительной изменения его кода и конфигурации.

Ключевые слова: машинное обучение; искусственная нейронная сеть; парсер; перцептрон; веб-страница.

С развитием интернет торговли получили распространение новые виды сбора информации с веб-страниц. В связи с этим появилась потребность следить за ценами и ассортиментом магазинов-конкурентов. Для обычного магазина подобную информацию получают с помощью контрольной закупки по основным интересующим товарам в ассортименте конкурента. В интернет магазине доступ к ассортименту проще и можно следить за ценами у большего количества конкурентов, но, при выполнении этой работы человеком, затрачивается много времени. С каждым днем объем информации растет, а с его обработкой эффективно не может справиться даже узкопрофильный специалист. Для решения данной задачи были предложены веб-скраперы, иначе – парсеры. Скрапинг – это автоматический процесс сбора и обработки больших объемов информации со страниц веб сайтов [1]. Его принцип работы состоит в том, что специально обученный алгоритм заходит на главную страницу сайта и начинает переходить по всем внутренним ссылкам, тщательно собирая содержание ука-

занных аналитиком тегов (как правило, контейнеров, определяемых тегомdiv). Результатом работы скрапера является CSV файл, в котором вся нужная информация лежит в строгом порядке [2].

Но у скрапинга есть значительные недостатки [1]:

- Ни один сайт не имеет идеальной верстки с точки зрения догматов веб-дизайна.
- В зависимости от сезона или тематики целевого материала на сайте могут быть использованы разные макеты.
- Кроме полезных блоков, веб-страница часто изобилует «мусором» в виде рекламы, комментариев, дополнительных элементов навигации и т. д.
- Сайт может определить страну, в которой находится сервер парсера и отдать информацию не на желаемом языке.
- Для получения максимального качества контента существуют следующие варианты [1]:
- При необходимости получать данные из большого количества источников лучше создается от-

дельный скрапер и настраивается под нужные сайты (качество получаемого контента – близко к 100 %).

– Использование комплексного подхода в выборе скрапера, если нужно получать информацию из большого количества источников (до 95% качества).

Однако, данные варианты не являются максимально эффективными, так как скрапер все равно с изменением дизайнов сайтов необходимо дорабатывать, либо перерабатывать практически с нуля, а под новый сайт или комплекс сайтов его нужно разрабатывать заново.

Сайты действительно не имеют идеальной верстки, но существуют общие стандарты для поисковых систем, которыми руководствуются разработчики. В данной статье рассмотрены сайты интернет магазинов, а этот сегмент старается придерживаться стандартов поисковой оптимизации (SEO), что помогает занимать более высокие позиции при поисковой выдаче. Например, если рассматривать контент-зону (тег body), то у контента на странице должна быть четкая структура, по которой поисковик и пользователи смогут ориентироваться что и где находится [3]. Вероятней всего, заголовков страницы будет находиться в теге h1.

HTML – стандартизированный язык разметки документов. Большинство веб-страниц содержат описание разметки на языке HTML [5]. При разработке парсера учитываются особенности и структура данного тегового языка разметки документов. Любой документ на языке HTML представляет собой набор элементов, причём начало и конец каждого элемента обозначается специальными пометками – тегами. Элементы могут быть пустыми, то есть не содержащими никакого текста и других данных. [5] Такие элементы можно сразу исключить из обработки, что будет рассмотрено подробнее. У тега могут быть свойства, называемые атрибутами, дающие дополнительные возможности форматирования текста. Они записываются в виде сочетания: имя атрибута-

значения, причём текстовые значения заключаются в кавычки [4] Сам же текст между тегами называется содержанием элемента. Содержание элемента может включать в себя любой текст, в том числе и другие элементы. Рассмотрим фрагмент HTML кода страницы с товаром одного из интернет-магазинов:

```
<div class=«wrapper»>
<div class=«page»>
<div class=«title-additional»>
<h1 class=«product-title « itemprop=«name»
id=«product-title-h1»>
НАЗВАНИЕ</h1>
<p class=«product-ids»>
Код товара</p></div></div></div>
```

Из данного примера видно, что веб-страница имеет древовидную структуру. Этим можно воспользоваться, разделив содержание элементов, которые видит посетитель сайта (в примере это «НАЗВАНИЕ» и «Код товара») и прикрепить к ним теги и атрибуты, которые к данному содержанию относятся. На примере фрагмента кода, удалив повторы, ссылку и символы (<, «, >, =, -) можно выделить массив: div, class, wrapper, page, title, additional, h1, product, itemprop, name, id. И далее на основе данной выборки возможно обучить нейронную сеть классифицировать: какой набор тегов и атрибутов относится к цене, а какой к названию.

Для упрощения разделения веб-страницы на массивы можно воспользоваться графом. Наиболее подходящим является корневое дерево. Корневое дерево (Рис.1) - это ориентированное дерево, в котором можно выделить вершины трех видов: корень, листья и остальные вершины. Должны быть выполнены следующие условия: из листьев не выходит ни одна дуга; из других вершин может выходить сколько угодно дуг; в корень не заходит ни одна дуга; во все остальные вершины заходит ровно по одной дуге [6].

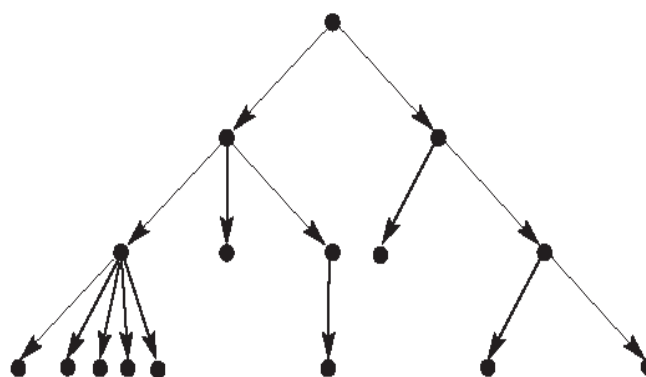


Рис. 1. Корневое дерево

Корнем дерева является тег body, листьями – текстовые содержания элемента, а остальные вершины обрабатываются, выделяя требуемые данные для нейронной сети. Анализ html кодов страниц товаров известных интернет магазинов можно выделяет основные признаки, по которым возможен оптимальный отбор требуемой информации. Для повышения эффективности, а именно, уменьшения затрат, требуемых

для работы нейронной сети, необходимо предварительно обработать содержание html страницы, а именно, убрать теги, которые гарантированно не содержат требуемого контента. С помощью регулярных выражений и библиотеки Jsoup удаляются (фильтруются) следующие теги: head, script, noscript, style, noindex, svg, iframe, input и link. Затем фильтруются все пустые теги. Результат представлен в табл.1.

Результат обробки веб-сторінок

Сайт	Кол-во знаків до очищення	Кол-во знаків після очищення
27.ua	155656	60121
allo.ua	658759	231266
mojo.ua	63183	22062
citrus.ua	119974	27994

Затем обрабатываем страница интернет магазина обрабатывается и в результате получается массив с тегами и текстовыми содержаниями элемента, приведенный результатобработкисостоит из двух массивов следующего содержания:

– [`<div class=«wrapper»>`, `<div class=«page»>`, `<div class=«title-additional»>`, `<h1 class=«product-title itemprop=«name» id=«product-title-h1»>`, Название]

– [`<div class=«wrapper»>`, `<div class=«page»>`, `<div class=«title-additional»>`, `<p class=«product-ids»>`, Код-товара]

Перед тем как передать данные массивы на нейронную сеть для классификации, их необходимо обработать. После выполнения обработки можно определить, что «название» можно охарактеризовать следующими тегами и атрибутами: `div`, `class`, `wrapper`, `page`, `title`, `additional`, `h1`, `product`, `itemprop`, `name`, `id`. «Кодтовара» – `div`, `class`, `wrapper`, `page`, `title`, `additional`, `p`, `product`, `ids`. В приведенном примере отличительными чертами для определения названия товара являются теги и атрибуты: `h1`, `name`, `id` и `itemprop`. Такие подготовленные данные можно передавать нейронной сети для классификации.

Искусственная нейронная сеть (ИНС) – математическая модель, а также её программное или аппаратное воплощение, построенная по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей – сетей нервных клеток живого организма. Это понятие возникло при изучении процессов, протекающих в мозге, и при попытке смоделировать эти процессы [7]. Данная нейронная сеть будет обучаться с

учителем. Обучение с учителем - один из способов машинного обучения, в ходе которого испытуемая система принудительно обучается с помощью примеров «стимул-реакция». Это означает наличие обучающего набора, этот набор будет содержать примеры с истинными значениями: тегами, классами, показателями [8].

Искусственная нейронная сеть состоит из трех компонентов [9]:

- Входной слой – принимает входные данные;
- Скрытые (вычислительные) слои - выполняют математические вычисления со входными данными;
- Выходной слой – выдает результат.

Задачей данногоисследования являетсяподбороптимального количества скрытых слоев и нейронов в слоях, требуемых для анализа данных. Обучение начинается с определения парсером цены, названия товара и других данных на веб-странице.

Для решение данной задачи будем использоватьсяперцептрон, который обрабатываетподготовленные массивы с веб-страницы.Перцептрон – математическая или компьютерная модель восприятия информации мозгом (кибернетическая модель мозга), он является одной из первых моделей нейростей. Перцептрон состоит из трёх типов элементов, а именно: поступающие от датчиков (сенсорных элементов) сигналы передаются ассоциативным элементам, а затем реагирующим элементам. Таким образом, перцептроны позволяют создать набор «ассоциаций» между входными стимулами и необходимой реакцией на выходе (Рис. 2) [10].

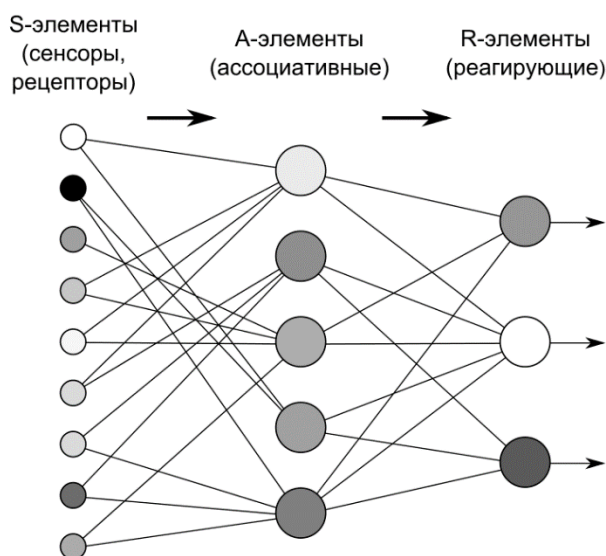


Рис. 2. Логическая схема перцептрона с тремя выходами

Данная нейронная сеть классифицирует входящую информацию по группам: цена, название товара и

другое (та информация с веб-страницы, которая на данный момент не представляет интереса для анализа).

Количество нейронов в входном слое равно размеру словаря, создаваемого во время обучения. Для экономии вычислительных ресурсов его можно будет ограничить во время обучения нейронной сети. А количество скрытых слоев подбирается экспериментально.

Обучение сети состоит в том, что сеть подстраивает свои веса связей, участвующие в вычислениях, таким образом, чтобы при заранее известном наборе чисел на входном слое получить заранее известный набор чисел на выходном слое. Подстраивание весов – процесс ите-

ративный и происходит до тех пор, пока сеть не достигнет заданной точности на обучающей выборке либо пока не достигнет определенного числа итераций [11].

Для обучения подготовлено две выборки, в которых 134 варианта подготовленных тегов с веб-страниц из них: 44 – название товара, 44 – цена и 46 – другое. В первой выборке есть, числа, знаки препинания и ссылки, вот второй выборке они удалены. Примеры из обучающей выборки с ценой в табл.2:

Таблица 2

Сравнение массивов из двух обучающих выборок

До очистки	После очистки
<code>span class price p regular sym 6 id product 690978 div itemprop offers itemscope metric box td one col tr row tbody table cont wrapper action with credit shop essential form //allo.ua/ru/checkout/cart/add/uenc/aHR0cDovL2Fsbg8udWEvcnUvdmVsb3NpcGVkeS8yNC1kaXNjb3Zlcnktem9ja2V0LWFtMi0xNGctZGQtMTUtc3Qta3Jhc25vLWJlbG8tY2hlc m55ai1zLWtyeWxvbS0yMDE5LW9wcy1kaXMtMjQtMTM3Lmh0bWw /product/690978/form key/dsIRANc8M05vn8wJ/ method post addtocartonkeypress return event.keyCode ! 13; mainTab content tab view simple main col1 layout page</code>	<code>span class price p regular sym id product div itemprop offers itemscope metric box td one col tr row tbody table cont wrapper action with credit shop essential form method post addtocartonkeypress return event.keyCode mainTab content tab view simple main col1 layout page</code>
<code>span class number div price base product prices buy block content col sm 6 xs 12 data v 0ca1b9fa delivery row info lg 7 md 8 showcase scroll container big shadow padding margin btn main layout id</code>	<code>span class number div price base product prices buy block content col smxs data v 0ca1b9fa delivery row info lg md showcase scroll container big shadow padding margin btn main layout id</code>
<code>span class price wrapper title Цена: 111.96 грн div factualPrice columns xsmall 12 modulFeatures location cart row medium 6 large 3 order 2 productFeaturescomercBlockproductCard section container product card top part</code>	<code>span class price wrapper title Ценагрн div factualPrice columns xsmallmodulFeatures location cart row medium large order productFeaturescomercBlockproductCard section container product card top part</code>

После обучения нейронной сети получены следующие результаты:

Размер словаря в случае с выборкой до очистки 208 строк, и соответственно входов в нейронной сети 208, а в случае с выборкой после очистки словарь – 185 строк, и входных нейронов 185. Для проверки качества обучения сети использовались одинаковые подборки массивов.

Массивы до очистки:

- Один скрытый слой – 104 нейрона: Точность – 40 %;
 - Один скрытый слой – 20 нейронов: Точность – 40 %;
 - Один скрытый слой – 41 нейрон: Точность – 40 %;
 - Два скрытых слоя – 41/41 нейрон: Точность – 40 %;
 - Два скрытых слоя – 20/20 нейронов: Точность – 40 %.
- Массивы после очистки:
- Один скрытый слой – 92 нейрона: Точность – 60 %;
 - Один скрытый слой – 18 нейронов: Точность – 40 %;
 - Один скрытый слой – 37 нейронов: Точность – 40 %;
 - Два скрытых слоя – 38/38 нейрона: Точность – 60 %;

– Два скрытых слоя – 18/18 нейрона: Точность – 40 %.

После изучения ошибки в точности работы нейронной сети было определено, что ошибки возможны только с определением массивов, которые относятся к группе «Другие», происходит ложное срабатывание. Категория «Другие» классифицируется как «Цена» или «Название товара».

Результаты анализа и обучения нейронной сети показали, что предварительная фильтрация содержимого страницы позволяет существенно уменьшить количество элементов входного слоя и при сходном количестве скрытых слоев и элементов в них повысить точность классификации в 1.5 раза.

В связи с ограниченной величиной ресурсов, используемой для обучения нейронной сети максимальная точность составила всего 60%. Для более высокого качества решения данной задачи требуется увеличить обучающую подборку в 10 раз и доработать словарь, удалив редко используемые слова, что повысит точность работы программы.

Инновационное решение поставленной задачи обеспечивает возможность пользователю автоматически получать данные с веб-страниц после обучения нейронной сети. Данный парсер будет получать информацию о цене и названии товара с веб-страницы любого интернет-магазина без предварительной доработки, единственное что потребуется от пользователя это предоставить парсеру файл со ссылками на интересующие его веб-страницы.

Список використаних джерел

1. Веб-скрапінг – что это и как он работает - JetRubyAgency [Електронний ресурс]. – Режим доступа : <https://jetruby.com/ru/blog/web-scraping-cto-eto/>.
2. WebScraping – что это такое и с чем его едят? [Електронний ресурс]. – Режим доступа : http://setmefirst.ru/blog/web_scraping_cto_eto_takoe_i_s_chem_ego_edyat.
3. SEO – Стандарти верстки компании JetStyle [Електронний ресурс]. – Режим доступа : <http://jetstyle.github.io/html-guidelines/seo.html>.
4. Тег (языки разметки) – Википедия [Електронний ресурс]. – Режим доступа : [https://ru.wikipedia.org/wiki/Тег_\(языки_разметки\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Тег_(языки_разметки)).
5. HTML – Википедия [Електронний ресурс]. – Режим доступа : <https://ru.wikipedia.org/wiki/HTML>.
6. НОУ ИНТУИТ | Лекция | Графы и деревья [Електронний ресурс]. – Режим доступа : <https://www.intuit.ru/studies/courses/41/41/lecture/1237?page=3>.
7. Искусственная нейронная сеть – Википедия [Електронний ресурс]. – Режим доступа : https://ru.wikipedia.org/wiki/Искусственная_нейронная_сеть.
8. Обучение с учителем – Википедия [Електронний ресурс]. – Режим доступа : https://ru.wikipedia.org/wiki/Обучение_с_учителем.
9. Как работает нейронная сеть: обучение, функции активации и потери [Електронний ресурс]. – Режим доступа : <https://neurohive.io/ru/osnovy-data-science/osnovy-nejronnyh-setej-algoritmy-obuchenie-funkcii-aktivacii-i-poteri/>.
10. Перцептрон – Википедия [Електронний ресурс]. – Режим доступа : <https://ru.wikipedia.org/wiki/Перцептрон>.
11. Классификация текста с помощью нейронной сети на Java / Хабр [Електронний ресурс]. – Режим доступа : <https://habr.com/post/332078>.

О. М. Лук'янець, О. В. Стрельцов,
ОНПУ, м. Одеса

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МОНІТОРИНГУ ВЕБ-СТОРИНОК

По мірі розвитку інтернет маркетингу і онлайнторговлі, основною проблемою стає зростання інформації, що відноситься до шуканого товару. Причому, ця проблема виникає відразу у всіх компонентах торгової ланцюжка, а зокрема у торгових мережах в результаті цього вони стикаються з неприємним вибором: або залучати до роботи велику кількість фахівців з дослідження ринку, що призводить до збільшення накладних витрат, або погіршувати якість своєї роботи. Обидва варіанти призводять до зниження конкурентоспроможності і загрожують втратою місця на ринку.

З усього вищевикладеного випливає постановка задачі:

Максимально автоматизувати збір інформації з сайтів постачальників і конкурентів.

На даний момент одне з використовуваних рішень проблеми - це скрапінг веб-сторінок, але його недоліком є те, що він недостатньо універсальний, в силу того, що під кожен сайт або комплекс сайтів потрібна попередня розробка скрапера, і будь-які зміни в структурі веб-сторінки з великою ймовірністю можуть вплинути на якість його роботи. Пропонується усунення цього недоліку шляхом розробки парсеру веб-сторінок, який буде самостійно виділяти інформацію, цікаву для користувача, без додаткового втручання в код або настройки програми, після чого відсортована інформація буде передаватися нейронній мережі, вбудованій в парсер. Розглянуто підготовку нейронної мережі до навчання, (яке буде відбуватися з учителем) для придбання якостей, необхідних для обробки отриманих даних. Зміст веб-сторінокінтернет-магазинів класифікується за категоріями «Ціна» і «Найменування» товару.

Універсальність запропонованого способу полягає в тому, що після навчання нейронної мережі парсер буде здатен отримувати та класифікувати інформацію з веб-сторінки будь-якого інтернет-магазину без попередньої зміни його коду та конфігурації.

Ключові слова: машинне навчання; штучна нейронна мережа; парсер; перцептрон; веб-сторінка.

О. М. Lukianets, O. V. Streltsov,
Odessa National Polytechnic University, Odessa

RESEARCH METHODS TO INCREASE THE EFFICIENCY OF MONITORING THE WEB-PAGES

As Internet marketing and online commerce develop, the main problem is the growth of information related to the product you are looking for. Moreover, this problem occurs immediately in all components of the trading chain, and in particular, in retail chains, they face an unpleasant choice: either to attract a large number of market research specialists, which leads to an increase in overhead costs, or degrade the quality of their work. Both options lead to a decrease in competitiveness and are fraught with loss of space in the market.

From the foregoing, the statement of the problem follows: automate the collection of information from sites of suppliers and competitors.

At the moment, one of the used solutions to the problem is scraping web pages, but its disadvantage is that it is not universal enough, due to the fact that for each site or complex of sites preliminary scraper development is required, and any changes in the web structure Pages are likely to affect the quality of its work. It is proposed to eliminate this drawback by developing a web page parser that will independently allocate information that interests the user without additional intervention in the code or program set-

tings, after which the sorted information will be transmitted to the neural network built into the parser. There will also be considered the preparation of a neural network for training (which will occur with the teacher) for acquiring the qualities necessary for processing the received data. The «Price» and «Name» of the product located on the processed web page will be determined.

The versatility of this method lies in the fact that after learning a neural network, this parser will receive information from the web page of any online store without prior revision.

Key words: machine learning; artificial neural network; parser; perceptron; web page.

Рецензенти: Мусієнко М. П., д-р техн. наук, професор;
Давиденко Є. О., канд. техн. наук.

© Лук'янець О. М., Стрельцов О. В., 2018

Дата надходження статті до редколегії 13.11.2018

МОДЕЛЮВАННЯ ВЗАЄМОДІЇ WEB-SERVISIV В MASHUP-SISTEMAH НА ОСНОВІ КОЛЬОРОВИХ МЕРЕЖ ПЕТРІ

В статті розглянуто питання моделювання взаємодії web-сервісів в mashup-системах за допомогою кольорових мереж Петрі. Представлено особливості побудови взаємодії web-сервісів mashup-систем. Наведена класифікація та опис математичних моделей взаємодії web-сервісів. Розроблені спеціалізовані операції взаємодії web-сервісів на основі алгебри для моделювання взаємодії web-сервісів. Для представлення та моделювання композиційної взаємодії web-сервісів запропоновані наступні операції: ітераційна послідовність, ітераційна довільна послідовність, ітераційний вибір, ітераційний динамічний вибір. Представлено детальний математичний опис кожної операції. Після визначення кожної операції дається формальна семантика оператора в термінах кольорових мереж Петрі. Описано алгебраїчні властивості операторів. Були побудовані моделі web-сервісів для збору та накопичення інформації в середовищі CPN Tools. Наведено приклад взаємодії web-сервісів при побудові ріелтєрського web-сервісу.

Ключові слова: web-сервіс; взаємодія web-сервісів; операції взаємодії; ітераційна послідовність; ітераційна довільна послідовність; ітераційний вибір; ітераційний динамічний вибір; кольорові мережі Петрі.

Вступ. Практичні питання опрацювання та ефективного використання великих об'ємів інформації різних типів та різноманітної структури, що знаходяться в web-системах при їх агрегації, пов'язані з вирішенням задач покращення пошуку інформації в Інтернет, інтеграції гетерогенних інформаційних систем, що вміщують інформаційні ресурси різного типу і ефективної взаємодії різноманітних сервісів, визначають величезний попит на системи агрегації даних на основі технології Mashup. Mashup - це технологія для розробки web-систем, яка дозволяє користувачам об'єднувати та агрегувати різну інформацію з декількох джерел в одну інтегровану систему. Mashup системи відкривають нові і широкі можливості використання інформаційних ресурсів різного типу, і тому при створенні програмних продуктів все більше розробників переходять на використання Mashup технології для підвищення ефективності отримання необхідної інформації.

Разом з проблемою інтеграції різних типів інформації в сучасних Mashup-системах виникає проблема ефективної взаємодії web-сервісів при агрегації різноманітної інформації. Для вирішення цього завдання використовується підхід на основі побудови моделей взаємодії web-сервісів на основі спеціалізованої алгебри сервісів [2]. Але для більш ефективної взаємодії web-сервісів необхідно розробити операції, які дозволять ефективно здійснювати агрегацію інформації у web-системах.

Постановка задачі. Розробити та дослідити операції взаємодії web-сервісів на основі спеціалізованої алгебри сервісів, які дозволяють більш ефективно агрегувати інформацію у Mashup системах, та побудувати імітаційні моделі web-систем за допомогою кольорових мереж Петрі.

Виклад основного матеріалу. За механізмом взаємодії web-сервісів моделі взаємодії можливо поділити на:

– *Моделі взаємодії web-сервісів за агрегованими відношеннями* (механізм $\langle Agr, Ws_n, \mathbb{R}, f \rangle$). Де f - це оператор, який співставляє web-сервісам, які взаємодіють деяке відношення \mathbb{R} . $R = f(\mathbb{R}) = f(\mathbb{R}_1, \dots, \mathbb{R}_d)$, яке називається *агрегованим*, а взаємодія задається рівнянням:

$$U^{Agr}_{Rf}(Ws) = U_{f(R)}(Ws).$$

Як спосіб агрегування f використовуються теоретико-множинні операції, а також більш складні - які є суперпозиціями теоретико-множинних операцій і операцій над відношеннями. Необхідність в операції над відношеннями виникає, наприклад, при виділенні з відносин R головної частини $R \setminus R^{-1}$ симетричної частини $R \cap R^{-1}$, при переході до двійкового відношення $(R^{-1}) = \Omega^2 \setminus R^{-1}$ та інш.

– *Взаємодія, заснована на композиції* (механізм $\langle Com, Ws_n, R, f \rangle$). Йому у відповідність ставиться функція взаємодії:

$$U_{R,f}^{Com}(Ws) = f(U_{R1}(Ws), \dots, U_{Rd}(Ws)).$$

Так, як спосіб композиції f визначається теоретико-множинними операціями, то існує ще сукупно-екстремальна взаємодія, яка є окремим випадком композиції, її можна записати у вигляді:

$$U^{C\exists}(Ws) = \bigcup_{i=1}^d U_{W_i}(Ws),$$

де W_i – відношення, яке відповідає критерію f_i .

– *Послідовна взаємодія* (механізм $\langle Seq, Ws_n, R, O \rangle$). Параметр O – це операція суперпозиції, а функція взаємодії задається рівнянням:

$$U_{R}^{Seq}(Ws) = U_{Rd}(\dots U_{R2}(U_{R1}(Ws))\dots).$$

Послідовна модель взаємодії є узагальненням лексикографічного впорядкування, яка може бути представлено у вигляді:

$$U_{\lambda}(Ws) = U_{Wd}(\dots U_{W2}(U_{W1}(Ws))\dots)$$

– *Паралельна взаємодія* (механізм $\langle Parl, Ws, R, O \rangle$). Параметр O – це операція суперпозиції, а функція взаємодії задається рівнянням:

$$U_{R}^{Parl}(Ws) = U_{Rd}(\dots U_{R2}(U_{R1}(Ws))\dots)$$

Комбінацією цих механізмів взаємодії можуть бути інші, складніші типи взаємодії, які можуть бути створені за допомогою теоретико-множинних операцій, наприклад циклічна взаємодія, динамічний вибір тощо.

– *Композиція взаємодії web-сервісів за агрегованими відношеннями* (механізм $\langle AC, R, g, f \rangle$, де $g = (g_1, \dots, g_k)$ – набір способів агрегування; f – спосіб композиції, який беруться із тих же класів, що і раніше. При цьому:

$$U_{Rg,f}^{AC}(Ws) = f(U_{g1(\bar{R})}(Ws), \dots, U_{gk(\bar{R})}(Ws))$$

Це найбільш складний тип композиції взаємодії web-сервісів, який надає можливість створювати багатофункціональні web-додатки з великими сервісними можливостями.

Для представлення композиційної взаємодії web-сервісів запропоновані наступні операції: *ітераційна послідовність*, *ітераційна довільна послідовність*, *ітераційний вибір*, *ітераційний динамічний вибір*. Детальний опис операторів та математичне представлення взаємодії представлено в таблиці 1. Графічне представлення сервісів здійснено за допомогою мереж Петрі [1; 3; 5; 6; 7; 9].

Таблиця 1

Комбіновані оператори взаємодії web-сервісів

№	Позначення оператора	Опис оператора	Математичний опис	Графічне представлення
1.	<i>Ітераційна послідовність</i> $Loop(Seq(Ws_1, Ws_2))$	Оператор ітераційної послідовності моделює виконання комбінованого сервісу, який виконується певну кількість разів. В якості комбінованого сервісу мається на увазі виконання двох сервісних операцій WS_1 та WS_2 послідовно, тобто, одна за іншою.	$Loop(Seq(Ws_1, Ws_2)) = (NameWs, Desc, Loc, URL, CS, SN)$, де: – $NameWs$ - це ім'я нового сервісу, – $Desc$ - опис нової послуги, – Loc - це місце розташування нового сервісу (може бути на тому ж сервері, що і один з компонентів сервісу). – URL - це виклик нового сервісу, – $CS = WS_1 \cup WS_2$, – $SN = (P, T, W, i, o, l)$, де: – $P = P_1 \cup P_2 \cup \{i, o\}$, – $T = T_1 \cup T_2 \cup \{st_1, t_{in}, t_{out}, t_{loop}\}$, – $W = W_1 \cup W_2 \cup \{(i, t_{in}), (t_{in}, i_1), (o_1, st_1), (st_1, i_2), (o_2, t_{out}), (t_{out}, o), (o_2, t_{loop}), (t_{loop}, i_1)\}$, та – $l = l_1 \cup l_2 \cup \{(st_1, \tau), (t_{in}, \tau), (t_{out}, \tau), (t_{loop}, \tau)\}$.	

<p>2.</p>	<p><i>Ітераційна довільна послідовність</i> <i>Loop (ArbSeq (WS₁, WS₂))</i></p>	<p>Оператор ітераційної довільної послідовності моделює виконання комбінованого сервісу, що виконує два сервіси WS₁ та WS₂ у довільній послідовності, але виконує певну кількість разів. Якщо першим виконано сервіс WS₁, то потім виконується сервіс WS₂. А якщо першим виконано сервіс WS₂, то за ним виконується сервіс WS₁.</p>	<p><i>Loop (ArbSeq (WS₁, WS₂)) = (Desc, Loc, NameWs, URL, CS, SN)</i>, де:</p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>NameWs</i> - це ім'я нового сервісу, – <i>Desc</i> - опис нової послуги, – <i>Loc</i> - це місце розташування нового сервісу (може бути на тому ж сервері, що і один з компонентів сервісу). – <i>URL</i> - це виклик нового сервісу, – <i>CS = WS₁ ∪ WS₂</i>, – <i>SN = (P, T, W, i, o, l)</i> де: – <i>P = P₁ ∪ P₂ ∪ {i, o, p_{in}, p_{mult}, p₁, p₂, p₃, p₄, p₅}</i>, – <i>T = T₁ ∪ T₂ ∪ {t_{in}, t_{out}, t_{loop}, st₁, st₂, st₃, st₄, st₅, st₆}</i>, <i>W = W₁ ∪ W₂ ∪ {(i, t_{in}), (t_{in}, p_{in}), (p_{in}, st₁), (st₁, p₁), (st₁, p₂), (st₁, p₃), (p₁, st₂), (p₂, st₂), (p₂, st₅), (p₂, st₃), (p₃, st₃), (st₂, i₁), (st₃, i₂), (o₁, st₄), (st₄, p₂), (st₄, p₄), (p₄, st₅), (o₂, st₆), (st₆, p₂), (st₆, p₅), (p₅, st₅), (st₅, p_{mult}), (p_{mult}, t_{out}), (t_{out}, o), (p_{mult}, t_{loop}), (t_{loop}, p_{in})}</i>, та <i>l = l₁ ∪ l₂ ∪ {(st₁, τ), (st₂, τ), (st₃, τ), (st₄, τ), (st₅, τ), (st₆, τ), (t_{in}, τ), (t_{out}, τ), (t_{loop}, τ)}</i>. 	
<p>3.</p>	<p><i>Ітераційний вибір</i> <i>Loop (Choice (WS₁, WS₂))</i></p>	<p>Оператор ітераційного вибору – є комбінованим сервісом, який виконує певну кількість разів задання сервісу WS₁, або сервісу WS₂. Якщо один з сервісів обрано, тоді інший сервіс не розглядається.</p>	<p><i>Loop (Choice (WS₁, WS₂)) = (NameWs, Desc, Loc, URL, CS, SN)</i>, де:</p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>NameWs</i> - це ім'я нового сервісу, – <i>Desc</i> - опис нового сервісу, – <i>Loc</i> - це місце розташування нового сервісу, – <i>URL</i> - це виклик нового сервісу, – <i>CS = WS₁ ∪ WS₂</i>, – <i>SN = (P, T, W, i, o, l)</i> де: – <i>P = P₁ ∪ P₂ ∪ {i, o, p_{in}, p_{out}, p₁, p₂, p₃, p₄, p₅}</i>, – <i>T = T₁ ∪ T₂ ∪ {t_{in}, t_{out}, t_{loop}, st₁, st₂, st₃, st₄}</i>, – <i>W = W₁ ∪ W₂ ∪ {(i, t_{in}), (t_{in}, p_{in}), (p_{in}, st₁), (p_{in}, st₂), (st₁, i₁), (st₂, i₂), (o₁, st₃), (o₂, st₄), (st₃, p_{out}), (st₄, p_{out}), (p_{out}, t_{out}), (t_{out}, o), (p_{out}, t_{loop}), (t_{loop}, p_{in})}</i>, та <i>l = l₁ ∪ l₂ ∪ {(st₁, τ), (st₂, τ), (st₃, τ), (st₄, τ), (t_{in}, τ), (t_{out}, τ), (t_{loop}, τ)}</i>. 	
<p>4.</p>	<p><i>Ітераційний динамічний вибір</i> <i>Loop ([WS₁ (p₁, q₁) : WS_n (p_n, q_n)])</i></p>	<p>Оператор ітераційного динамічного вибору моделює виконання комбінованого сервісу, який виконується певну кількість разів і кожен раз дозволяє обирати найкращий сервіс серед кількох конкуруючих сервісів (WS₁, ..., WS_n).</p>	<p><i>Loop ([WS₁ (p₁, q₁) : WS_n (p_n, q_n)]) = (NameWs, Desc, Loc, URL, CS, SN)</i>, де:</p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>NameWs</i> – це ім'я нового сервісу, – <i>Desc</i> – опис нового сервісу, – <i>Loc</i> – це місце розташування нового сервісу, – <i>URL</i> – це виклик нового сервісу, – <i>CS = ∪_{i=1}ⁿ WS_i</i> – <i>SN = (P, T, W, i, o, l)</i> де: – <i>P = ∪_{i=1}ⁿ P_i ∪ {i, o, p, q, p_{in}, p_{out}}</i>, – <i>T = ∪_{i=1}ⁿ T_i ∪ {t_{SendReqServ}, t_o, t_{in}, t_{out}, t_{SelectServ}, t_{loop}} ∪ {t_i, t_i / 1 < i < n}</i>, – <i>W = ∪_{i=1}ⁿ W_i ∪ {(i, t_{in}), (t_{in}, p_{in}), (p_{in}, t_{SendReqServ}), (t_{SelectServ}, p), (q, t_o), (t_o, p_{out}), (p_{out}, t_{out}), (t_{out}, o), (p_{out}, t_{loop}), (t_{loop}, p_{in})} ∪ {(t_{SendReqServ}, p_i), (q_i, t_{SelectServ}), (p, t_j), (t_j, i_j), (o_j, t_j), (t_j, q) / 1 < i < n}</i>, та – <i>l = ∪_{i=1}ⁿ l_i ∪ {(t_{SendReqServ}, τ), (t_{SelectServ}, τ), (t_o, τ), (t_{in}, τ), (t_{out}, τ), (t_{loop}, τ)} ∪ {(t_i, τ), (t_i, τ) / 1 < i < n}</i>. 	

Семантика запропонованих операторів може бути використана для доказу алгебраїчних властивостей конструкцій web-сервісів, тоді коли створюється комплекс web-сервісів, на основі об'єднання існуючих web-сервісів з використанням розроблених операторів. Алгебраїчні властивості можуть потім використо-

вуватися для перетворення і оптимізації комбінованих web-сервісів на основі таких операційних показників web-сервісів, як *вартість* та *ефективність*. Опис алгебраїчних властивостей операторів введених вище, наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Опис алгебраїчних властивостей комбінованих операторів

№	Алгебраїчні властивості
1	$Loop([WS_1(p_1, q_1) : WS_n(p_n, q_n)]) = [WS_1(p_1, q_1) : WS_n(p_n, q_n)]$
2	$Loop(Seq(WS_1, WS_2)) = Seq(WS_1, WS_2)$
3	$Loop(ArbSeq(WS_1, WS_2)) = ArbSeq(WS_1, WS_2)$
4	$Loop(Choice(WS_1, WS_2)) = Choice(WS_1, WS_2)$
5	$Loop(Choice(WS, WS)) = WS$
6	$Loop(Choice(WS_1, WS_2)) = Choice(WS_2, WS_1)$
7	$Loop(Choice(WS_1, Choice(WS_2, WS_3))) = Choice(Choice(WS_1, WS_2), WS_3)$

Побудова моделі взаємодії web-сервісів. Розглянемо моделі складних типів взаємодії web-сервісів. На підставі алгоритму побудови моделі web-сервісу в CPN Tools [3, 4, 9] реалізовані варіанти імітаційних моделей web-сервісів, в яких використано розроблені операції взаємодії web-сервісів. На рис.1 представлено комбінований web-сервіс, що складається з двох базових web-сервісів WS_1, WS_2 . Вони об'єднані оператором ітеративної послідовності ($Loop(Seq(WS_1, WS_2))$). Кожний базовий web-сервіс має 2 позиції (*Busy, Idle*) і 2 переходи (*Start, Stop*). Перехід *Connect*

використовується для з'єднання двох web-сервісів, а перехід *Tloop* використовується для завершення моделювання циклічної структури. Позиції *In* та *Out* є входами та виходами для базових web-сервісів, а переходи *Tin* та *Tout* використовуються для запуску та завершення комбінованого web-сервісу.

У випадку довільного порядку вибору web-сервісів WS_1 і WS_2 при моделюванні їх взаємодії використовується оператор ітеративної довільної послідовності ($Loop(ArbSeq(WS_1, WS_2))$) (рис. 2).

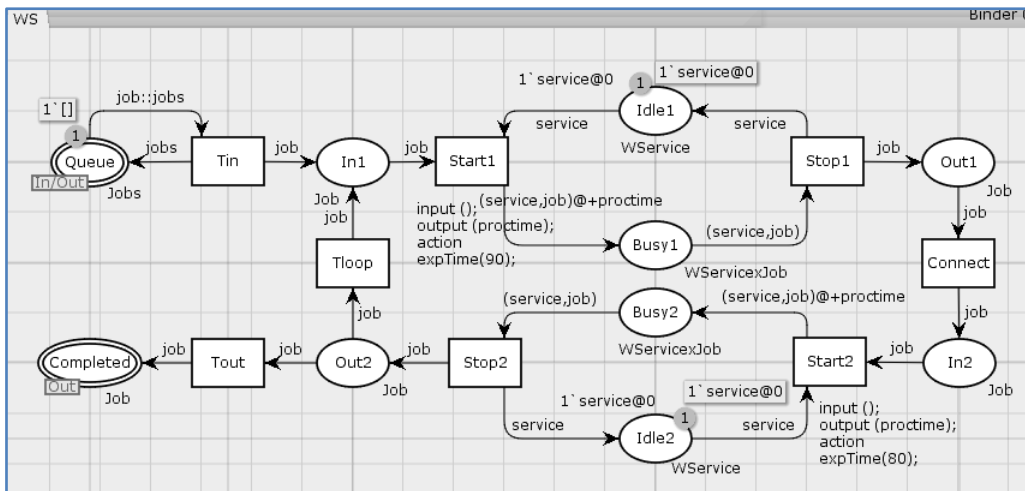


Рис. 1. Модель web-сервісу с оператором ітеративної послідовності

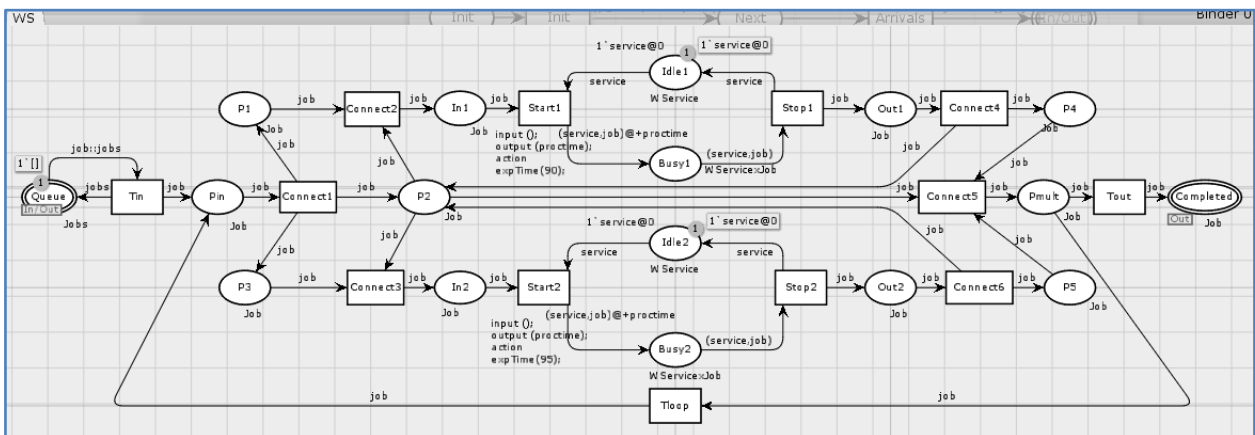


Рис. 2. Модель web-сервісу с оператором ітеративної довільної послідовності

На рисунку 3 представлена модель взаємодії трьох web-сервісів (WS_1, WS_2, WS_3) з використанням ітеративного оператора динамічного вибору ($Loop ([WS_1$

$(p_1, q_1): WS_3 (p_3, q_3)]$). При взаємодії трьох конкуруючих послуг вибирається найкращий web-сервіс.

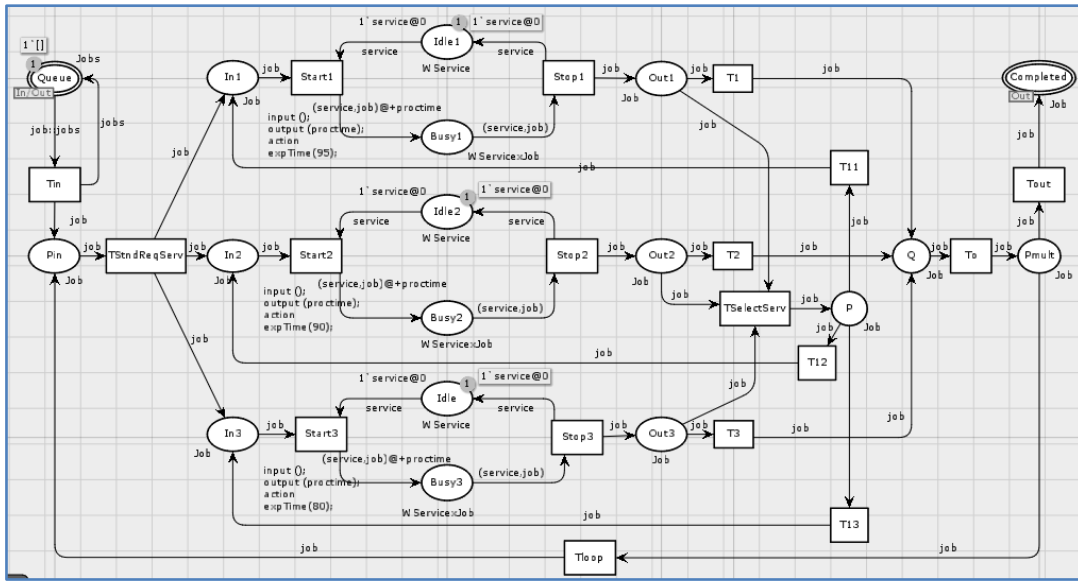


Рис. 3. Модель web-сервісу с оператором ітеративного динамічного вибору

Якщо при кожному ітераційному зверненні до комбінованого web-сервісу необхідно вибрати між двома базовими web-сервісами WS_1 і WS_2 , то для мо-

делювання взаємодії використовують оператор ітераційного вибору ($Loop (Choice (WS_1, WS_2))$) (рис. 4).

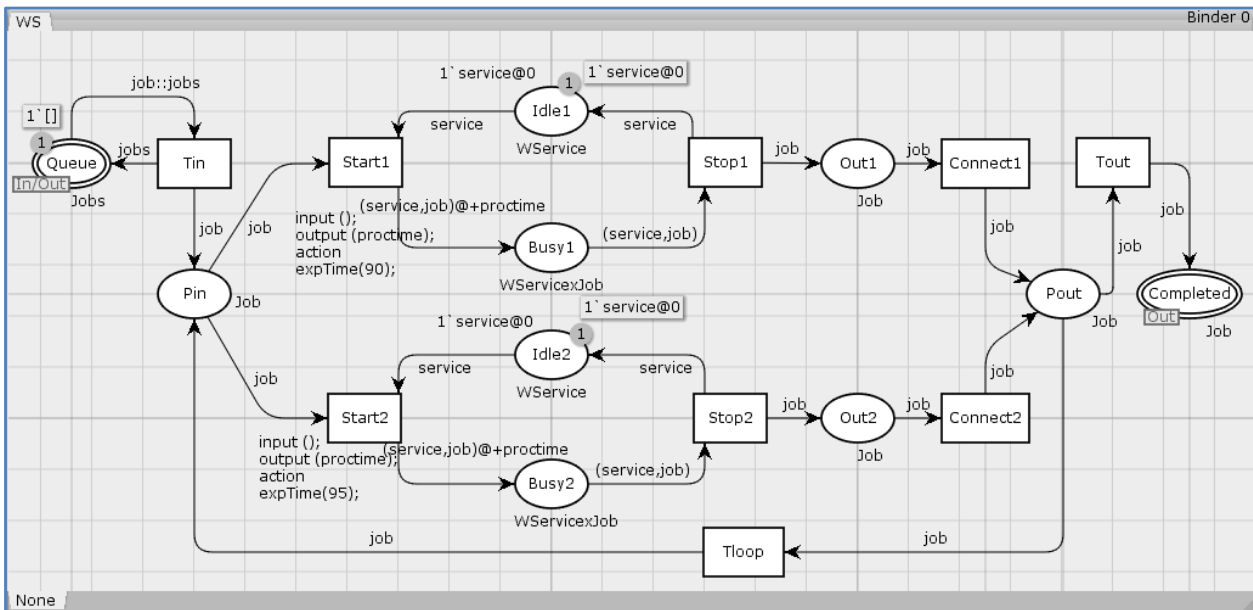


Рис. 4. Модель web-сервісу с оператором ітераційного вибору

Розглянемо модель агрегованого web-сервісу ріелторських послуг для прикладу об'єднання декількох типів операторів взаємодій [2] (рис.5). Ріелторський web-сервіс (RWS) запитує у декількох агентств з нерухомості перелік пропозицій. Моделі web-сервісів агентств з нерухомості взаємодіють за допомогою оператора динамічного вибору ($[WS_1 (p_1, q_1) : WS_3 (p_3, q_3)]$) тому, що web-сервіси агентств (WS_1, WS_2 та WS_3)

конкурують за виконання замовлення клієнта. Web-сервіс ріелторських послуг виконує комплексний запит від клієнта, тому працює паралельно з web-сервісами агентств з нерухомості. Але RWS має з ними обмін інформацією, і при побудові моделі взаємодії двох комбінованих сервісів використовують паралельний оператор зв'язку ($[WS_1 (p_1, q_1) : WS_3 (p_3, q_3)] //_C RWS$).

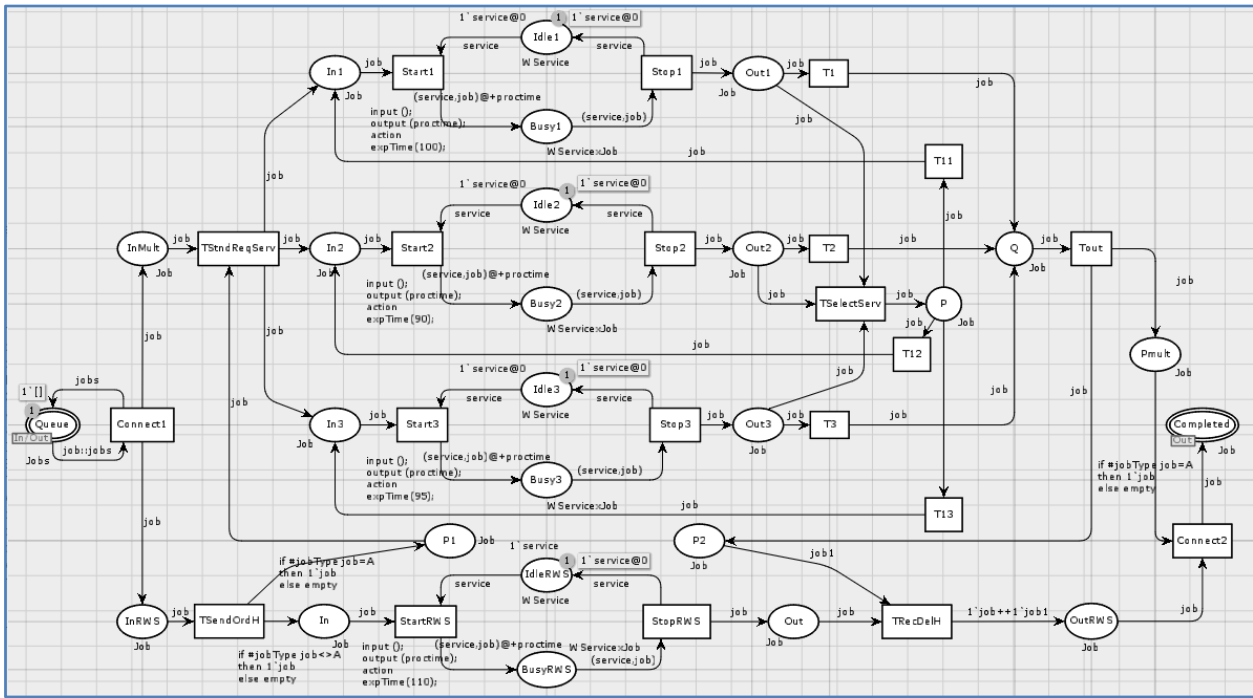


Рис. 5. Модель комбінованого ріелтерського web-сервісу

Висновки. В роботі представлено технологію побудови моделей взаємодії web-сервісів в Mashup-системах за допомогою кольорових мереж Петрі. Для представлення та моделювання композиційної взаємодії web-сервісів запропоновані наступні операції: *ітераційна послідовність, ітераційна довільна послідовність, ітераційний вибір, ітераційний динамічний вибір*. Описано алгебраїчні властивості операторів. Були побудовані моделі web-сервісів для збору

та накопичення інформації. Моделювання проводилось на основі CPN Tools. Представлені моделі на основі кольорових мереж Петрі, які демонструють використання запропонованих операторів В якості прикладу, який об'єднує комбінацію операторів та реалізує Mashup-додаток представлена модель комбінованого ріелтерського web-сервісу. Запропонований підхід дозволяє розробляти Mashup-додатки використовуючи формальні процедури опису.

Список використаних джерел

1. Бодянский Е. В., Кучеренко Е. И., Михалев А. И. Нейро-фаззи сети Петри в задачах моделирования сложных систем : монография. Днепропетровск : Системные технологии, 2005. 311 с.
2. Гожий В. О. Алгебра для моделирования взаимодействия web-сервисов / В. О. Гожий // Системные технологии. – 2018. – Вып. 5 (118). – С. 121–132.
3. Гожий В. О. Використання ієрархічних часових мереж Петрі для моделювання web-сервісів / В. О. Гожий, І. О. Калініна // Наукові праці: науково-методичний журнал. Комп'ютерні технології. – Миколаїв: Вид-во ЧНУ ім. П. Могили. – Миколаїв, 2018. Т. 317. Вип. 305. – С. 30–35.
4. Гожий В. О. Моделювання поліграфічного web-сервісу за допомогою кольорових мереж Петрі / В. О. Гожий // Системные технологии. – 2019. – Вып. 2 (121). – С. 49–56
5. Котов, В. Е. Сети Петри / В. Е. Котов. – М. : Наука. Главная редакция физико– математической литературы, 1984. – 160 с.
6. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем: пер. с англ. / Дж. Питерсон. – М. : Мир, 1984. – 264 с.
7. Jensen K., Kristensen L. M., Wells L. Coloured Petri Nets and CPN Tools for Modelling and Validation of Concurrent Systems. Software Tools for Technology Transfer manuscript. 2007. 40 p.
8. Service-Oriented Computing: A Research Roadmap [Текст] / М. Papazoglou, P. Traverso, S. Dustdar, F. Leymann // Int. Journal of Cooperative Information Systems. – 2008. – Vol. 17, No 2. – P. 223–255.
9. Zaitsev D. A. Simulating Telecommunication Systems with CPN Tools: Students' book / D. A. Zaitsev, T. R. Shmeleva. – Odesa: ONAT, 2006. – 60 p.

В. А. Гожий,
ЧНУ ім. Петра Могили, г. Николаев

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ WEB-СЕРВИСОВ В MASHUP-СИСТЕМАХ НА ОСНОВЕ ЦВЕТНЫХ СЕТЕЙ ПЕТРИ

В статье рассмотрены вопросы моделирования взаимодействия web-сервисов в mashup-системах с помощью цветных сетей Петри. Представлены особенности построения взаимодействия web-сервисов mashup-систем. Приведена классификация и описание математических моделей взаимодействия web-сервисов. Разработаны специализированные операции вза-

и взаимодействия web-сервисов на основе алгебры для моделирования взаимодействия web-сервисов. Для представления и моделирования композиционного взаимодействия web-сервисов предложены следующие операции: итерационная последовательность, итерационная произвольная последовательность, итерационный выбор, итерационный динамический выбор. Представлено подробное математическое описание каждой операции. После определения каждой операции дается формальная семантика оператора в терминах цветных сетей Петри. Описаны алгебраические свойства операторов. Были построены модели web-сервисов в среде CPN Tools, для сбора и накопления информации. Приведен пример взаимодействия web-сервисов при построении риэлтерского web-сервиса.

Ключевые слова: web-сервис; взаимодействие web-сервисов; операции взаимодействия; итерационная последовательность; итерационная произвольная последовательность; итерационный выбор; итерационный динамический выбор; цветные сети Петри.

V. O. Gozhyj

Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv

MODELING OF INTERACTION OF WEB-SERVICE IN MASHUP-SYSTEMS BASED ON COLORED PETRI NETS

In the article the questions of modeling of interaction of web-services in mashup-systems with the help of colored networks Petri are considered. The peculiarities of construction of interaction of web-services of mashup-systems are presented. The classification and description of mathematical models of interaction of web-services is given. Specialized operations of interaction of web-services on the basis of algebra for interaction of web-services are developed. To represent and simulate the compositional interaction of web services, the following operations are suggested: iteration sequence, iterative random sequence, iterative selection, iterative dynamic choice. A detailed mathematical description of each operation is presented. After defining each operation, a formal semantics of the operator is given in terms of colored Petri networks. Algebraic properties of operators are described. We built web-services models for gathering and gathering information in the CPN Tools environment. An example of the interaction of web-services during the construction of a realtor web-service is given.

Key words: web-service; interaction of web-services; interaction operations; iterative sequence; iterative random sequence; iterative choice; iterative dynamic choice; colored networks Petri.

Рецензенти: Мещанинов О. П., д-р пед. наук, професор;
Фісун М. Т., д-р техн. наук, професор.

© Гожий В. О., 2018

Дата надходження статті до редколегії 04.12.2018

ИССЛЕДОВАНИЕ ПСИХОЛОГИИ И ЮЗАБИЛИТИ ВЕБ-ДИЗАЙНА

С бурным развитием информационных технологий происходит появление ряда новых проблем в частности проблемы виртуальности, общения человека с техникой. В веб-пространстве эту проблему одновременно решает и дополняет веб-дизайн. Он упрощает процесс взаимодействия пользователя и машины посредством удобного, легко читаемого интерфейса, а также позволяет с головой погрузиться в виртуальную среду, созданную с целью комфортного пребывания в ней пользователя. Структура веб-дизайна выстраивается с целью управления ощущениями и чувствами веб-пользователя, привлечь его внимание, побудить к совершению каких-либо действий начиная простым общением и заканчивая совершением онлайн-покупок. И всё это происходит незаметно для самого пользователя путём воздействия на него при помощи уже известных механизмов психологии цвета, юзабилити, дизайн-композиций, стилей и т. д. В статье рассматриваются основные понятия юзабилити и психологическая сторона веб-дизайна, правильное использование которых влияет на решения пользователя.

Ключевые слова: юзабилити; веб-дизайн; психология цвета; веб-ресурс; информационные технологии.

Со времени возникновения сети интернет пользовательская виртуальная среда претерпевает непрерывные изменения в своём внешнем виде и функционале. Более 40 лет развития сделали его таким каким мы видим его сегодня. Благодаря ему любой может получить доступ к практически неограниченному количеству информации, общаться с людьми на другом конце планеты или даже начать зарабатывать. Первые веб-сайты были топорными и малофункциональными, со временем они начали обрастать новыми технологиями, начала повышаться скорость интернет-соединения, начали появляться первые интерактивные элементы, среда интернет усложнялась и вместе с тем упрощалось взаимодействие с ней пользователя. Одной из проблем во все времена была проблема грамотной компоновки элементов на странице, построения композиции, сочетания цветов и т. д. На помощь современным дизайнерам приходит психология и юзабилити дизайна, позволяющие повысить удобство, дружелюбность, интуитивность и понятность разрабатываемых сайтов. В статье проводится анализ основных положений веб-дизайна и юзабилити, необходимых для построения эффективного и надёжного сайта.

Понятие веб-дизайн появилось сравнительно недавно. Его развитие до текущего состояния происходило в несколько этапов начиная табличной и заканчивая адаптивной вёрстками. Вот основные из них:

– 1989 – первые страницы не могли отображать ничего кроме текста и ссылок;

– 1995 – рождение браузеров способных отображать табличные структуры при помощи языка разметки HTML придало веб-дизайну очертания его сегодняшнего представления. Позже появляется скриптовый язык JavaScript, что позволило преодолеть ограничения HTML, сделало возможным динамическое отображение элементов на странице;

– 1996 – разработка технологии Flash, способной преодолеть границы возможностей для повышения интерактивности веб-пространства. Она позволила использовать новые инструменты создания сайтов, самые разнообразные анимации, макеты, шрифты и другие интерактивные средства;

– 1998 – CSS, каскадные таблицы стилей, создали условия для совершенствования уже имеющихся возможностей Flash. Позволял перейти на новую ступень работы с представлением контента;

– 2007–2014 – появление сеток, фреймворков и открытие отзывчивого и адаптивного дизайна. С развитием и интеграцией мобильных устройств в повседневную жизнь появилась потребность в удобочитаемом отображении интернет страниц на мобильных браузерах. Решением выступила идея использования сеток со столбцами. Позже был предложен новый подход к разработке дизайна который позволял бы представлять один и тот же контент в разном виде одинаковым посылом как на больших экранах так и на мобильных устройствах. Этот подход был назван Адаптивным веб-дизайном;

– 2015–2018 – мобільний веб, комерція і світле майбутнє. Число використовуваних мобільних пристроїв для користування веб-сайтами значно перевищує число настільних комп'ютерів, підхід до проектування макетів тепер починається з мобільного дизайну, а покупки в інтернеті витісняють покупки в фізичних магазинах. З дивовижною швидкістю розвитку технологій з'являються всі нові можливості зручної організації процесу створення веб-сайтів і композиції дизайну, повна гнучкість і контроль в використанні необхідних інструментів, що набагато спрощує виробничий процес [1].

Юзабіліті – оцінка зручності і простоти використання продукту або веб-сайту [2].

Перші згадки про юзабіліті датуються I століттям до н. е. Вітрувій, римський архітектор, механік і вчений, був, напевно, першим, хто розробив і описав 3 принципи дизайну:

- *Firmitas* (міцність – лат.) – довговічність і стійкість дизайну;
- *Utilitas* (практичність – лат.) – корисність дизайну і придатність для зацікавлених в ньому людей;
- *Venustas* (привабливість – лат.) – краса дизайну.

Під час емпіричних досліджень вимірюючи і враховуючи пропорції людського тіла, він зробив акцент на принципі «*Utilitas*», що дозволяє назвати його першим дослідником ергономіки і юзабіліті [3].

Сучасним найвідомішим дослідником теми юзабіліті веб-сайтів є данський спеціаліст по веб-юзабіліті Якоб Нільсен [4], засновник

і керівник компанії «Nielsen Norman Group», яку він створив разом з Дональдом Норманом [5], колишнім віце-президентом «Apple Computer» [6].

За вимогами зручного дизайну повинні:

- бути простим в використанні настільки, щоб стати звичним для користувача з першого ж контакту з сайтом;
- бути простим в досягненні користувачем своїх цілей з моменту використання сайту;
- бути простим в запам'ятовуванні, щоб користувач міг згадати, як його використовувати при наступних візитах.
- Для досягнення описаних вимог необхідно звертати увагу на візуальні фактори:
 - розмір і колір шрифту – використання кольорів зручних для читання, добре відрізняються від фону;
 - брендинг – логотип компанії, згідно моделі руху очей при читанні слід розміщувати в лівій верхній частині, так як це перше місце, куди погляд людини, читаючої зліва направо;
 - навігація – щоб користувач міг отримати максимальну користь від сайту, потрібно забезпечити йому швидке потрапляння з точки А в точку Б шляхом використання навігації;
 - кольори – кольори повинні бути сумісними згідно палітри доповнювальних кольорів (рис. 1) для підвищення читабельності і естетичної привабливості;
 - абзаци – абзаци повинні бути чіткими і легко розпізнаваними, контент розбитий на невеликі блоки, щоб уникнути перевантаження користувача інформацією [7].

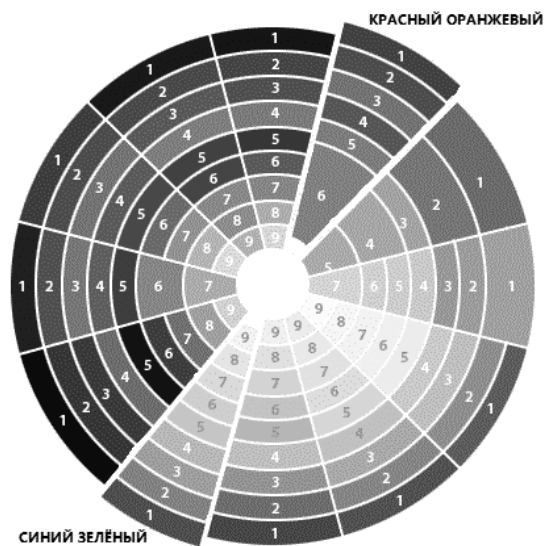


Рис. 1. Палітра доповнювальних кольорів

З бурним розвитком інформаційних технологій стався стрибок і в розвитку веб-проективання. Сьогодні будь-який людина може почати створення віртуального простору без яких-небудь особливих зусиль. В мінімальному наближенні можна обійтися навіть без програмування серверної частини т.к. існує величезна кількість інструментів для організації веб-сторінок і їх змісту.

Говорячи про психологію веб-дизайну, слід особливим чином виділити три компоненти:

- колір;
- шрифт;
- робота з простором.

Існує поняття «білий простір» – області дизайну, не вимагають уваги користувача. Воно грає важливу роль в дизайні, так як дає візуальне місце для відпочинку відвідувача сайту. Наприклад,

если каждый сантиметр страницы заполнен графикой, рисунками и текстом, пользователь может почувствовать дискомфорт [8]. Для предотвращения этого используется работа с пространством, в частности

стоит выделить важный принцип – принцип близости. Согласно ему набор объектов расположенных близко друг к другу воспринимается пользователем как группа(рис. 2) [9].

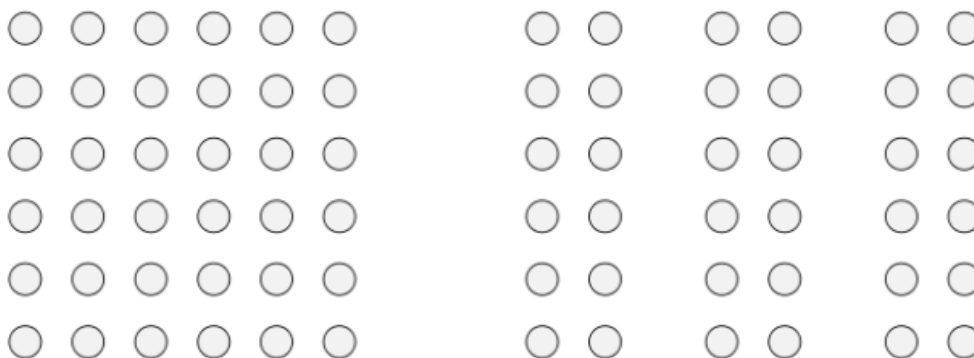


Рис. 2. По принципу близости правая часть рисунка воспринимается как три столбика

Исследование «Влияние цвета на маркетинг» показало, что почти 90% суждений о товаре посетители составляют только на основе цвета. Цвет является одним из мощнейших механизмов воздействия на человека. При помощи цвета можно пробудить определённую эмоцию у пользователя. Например, красный символизирует энергию, розовый пробуждает чувство мягкости, а синий вызывает ощущение надёжности и открытости. Посредством использования комPLEMENTАРНЫХ цветов можно облегчить нахождение пользователя на странице [10].

Шрифты спроектированы для использования в определённых обстоятельствах и для конкретных целей. Например, шрифты с засечками (Times New Roman), часто ассоциируются с профессионализмом, учёностью и серьёзностью, в то время как шрифты без засечек (Helvetica) немного более чистые, современные и неформальные. Например, такие новостные веб-сайты как The New York Times используют шрифты с засечками для пробуждения у пользователей чувства традиции, важности и знания(рис.3) [8].



Рис. 3. Шрифты без засечек на примере новостного сайта The New York Times

Экспериментальная проверка эффективности юзабилити была проведена путём юзабилити-тестирования. Группа из пяти человек с разным уровнем навыка владения компьютером выполнила ряд заданий на одном и том же сайте до оптимизации и

после, по завершении им следовало оценить сайт по ряду критериев по шкале от 1 до 5.

Критерии тестирования:

1. Сайт в общем привлекателен.
2. Графика сайта приятная.

3. На сайті хороший баланс графіки і тексту.
4. Цвіта, використовується на сайті, привлекательна.
5. Типографія (надписи, заголовки) привлекательна.
6. Легко знайти свій шлях по сайту.
7. Я можу швидко отримати інформацію.

8. Легко запам'ятувати, де знайти речі.
 9. Інформація легко читається.
 10. Сайт відображає прогресивний, передовий дизайн.
- Результати тестів представлені в таблиці 1 і таблиці 2 до і після відповідно.

Таблиця 1

Вопрос/ пользователь	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	4	3	3	4	3	4	3	4	3	4
2	3	5	4	3	4	3	3	5	4	3
3	3	4	3	3	3	5	4	4	3	4
4	4	3	5	4	3	5	4	4	5	3
5	3	4	4	5	4	4	3	4	4	3

Таблиця 2

Вопрос/ пользователь	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	4	3	5	4	4	3	4	4	4	3
2	5	5	4	5	3	4	5	3	4	4
3	5	4	3	4	4	3	4	4	3	4
4	4	4	5	4	3	5	5	3	5	5
5	4	3	4	3	4	4	3	4	4	4

Нахождение среднего арифметического значения каждой отдельной таблицы показало, что оптимизация юзабилити послужила увеличению эффективности работы дизайнера и восприятия его пользователем.

Таким образом, проанализировав и выделив основные принципы построения дизайна и юзабилити веб-страницы, позволило улучшить восприятие сайта посетителями, что подтверждено в процессе тестирования.

Список використаних джерел

1. A brief history of web design for designers [Електронний ресурс]. – Режим доступа : <http://blog.froont.com/brief-history-of-web-design-for-designers>.
2. Юзабилити как способ продвижения сайта [Електронний ресурс]. – Режим доступа : <https://scienceforum.ru/2014/article/2014001504>.
3. The history of Usability: From Simplicity To Complexity [Електронний ресурс]. – Режим доступа : <https://www.smashing-magazine.com/2012/05/the-history-of-usability-from-simplicity-to-complexity>.
4. Нильсен Якоб Веб-дизайн: анализ удобства использования веб-сайтов по движению глаз – Eyetracking Web Usability / Якоб Нильсен, Кара Перниче. – М. : Изд-во «Вильямс», 2010. – 618 с.
5. Дональд А. Норман: Дизайн привычных вещей.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 384 с.
6. Якоб Нильсен и переводы его статей [Електронний ресурс]. – Режим доступа : <http://www.webmascon.com/personas/nielsen.asp>.
7. What is Usability [Електронний ресурс]. – Режим доступа : <https://www.interaction-design.org/literature/topics/usability>.
8. The psychology of Web design: How colors, typefaces and spacing affect your mood [Електронний ресурс]. – Режим доступа : <https://thenextweb.com/dd/2017/11/08/psychology-web-design>.
9. Психология в юзабилити [Електронний ресурс]. – Режим доступа : <https://vaden-pro.ru/blog/veb-dizayn-i-yuzabiliti/psihologiya-v-yuzabiliti>
10. How to Make Use of Psychology in Web Design [Електронний ресурс]. – Режим доступа : <https://speckyboy.com/psychology-in-web-design/>

Д. Г. Тютюнник, В. С. Ситников,
ОНПУ, м. Одеса

ДОСЛІДЖЕННЯ ПСИХОЛОГІЇ ТА ЮЗАБІЛІТІ ВЕБ-ДИЗАЙНУ

З бурхливим розвитком інформаційних технологій відбувається поява ряду нових проблем, зокрема проблеми віртуальності, спілкування людини з технікою. У веб-просторі цю проблему одночасно вирішує і доповнює веб-дизайн. Він спрощує процес взаємодії користувача і машини за допомогою зручного, легко читаемого інтерфейсу, а також дозволяє з головою зануритися в віртуальне середовище, створене з метою комфортного перебування в ньому користувача. З огляду на темпи сьогодишнього розвитку і зміни мережі інтернет користувач здатний мало не кожен день знаходити щось нове в вірту-

альному просторі. Безліч способів роботи з юзабіліті, відкриті до сих пір, неодноразово перевірялися на правильність, з паралельним зростанням кількості нових знахідок. При створенні веб-сайту слід враховувати також і очікування користувачів, адже якщо створена структура не буде відповідати звичним для користувача нормам, він може просто піти. Щоб цього не допустити, крім юзабіліті існує ще безліч інших якісних показників ефективності дизайну, що полегшують роботу користувача з інтерфейсом. Однак юзабіліті може сприйматися різними відвідувачами по-різному, адже те, що приємно оку однієї людини, може драгувати іншу. Для запобігання подібних неприємних ситуацій і розробки дійсно якісного і зручного продукту для цільової аудиторії, слід проводити ряд тестів і досліджень, націлених на кінцевого користувача. Ці дослідження складаються з збору інформації про користувачів, про те, яким чином вони використовують продукт, в якій обстановці, з якою метою і т.д. Структура веб-дизайну вибудовується з метою управління відчуттями і почуттями веб-користувача, привернути його увагу, спонукати до здійснення будь-яких дій починаючи простим спілкуванням і закінчуючи здійсненням онлайн-покупок. І все це відбувається непомітно для самого користувача шляхом впливу на нього за допомогою вже відомих механізмів психології кольору, юзабіліті, дизайн-композицій, стилів і т.д. У статті розглядаються основні поняття юзабіліті і психологічна сторона веб-дизайну, правильне використання яких впливає на рішення користувача.

Ключові слова: юзабіліті; веб-дизайн; психологія кольору; веб-ресурс; інформаційні технології.

D. G. Tiutiunnik, V. S. Sytnikov,
Odessa National Polytechnic University, Odessa

RESEARCH OF PSYCHOLOGY AND USABILITY OF WEB DESIGN

With the rapid development of information technology, a number of new problems are emerging, including the problems of virtuality, human communication with technology. In the web space, this problem is solved and complemented at the same time by web design. It simplifies the process of interaction between the user and the machine with a convenient, easy-to-read interface, and also lets you dip into the virtual environment created with the aim on comfortable staying user in it. Given the pace of today's development and change of the Internet, the user can almost every day find something new in the virtual space. Many ways to work with usability, have been opened so far, have been repeatedly checked for correctness, with the parallel increase in the number of new finds. When creating a website, you should also take into consideration the expectations of users, because if the created structure does not match to what customer is acquainted with, he can simply go away. In order to prevent this, in addition to usability, there are many other qualitative indicators of design efficiency that facilitate the user's work with the interface. However, usability can be perceived by different visitors in different ways, because what pleases the eye of one person can irritate another. In order to prevent such unpleasant situations and develop a truly high-quality and convenient product for the target audience, a series of tests and studies aimed at the end user should be conducted. These studies consist of gathering information about users, how they use the product, in which environment, for what purpose, etc. The structure of web design is built in order to control the feelings and feelings of the web user, draw attention to it, and encourage them to take any action from simple communication to online purchases. And all this happens imperceptibly to the user by influencing it using already known mechanisms of psychology of color, usability, design compositions, styles, etc. This article proposes an approach to constructing a design layout and a visual hierarchy, which allows to improve the process of interaction between the user and the website. The article discusses the basic concepts of usability and the psychological side of web design, the proper use of which affects the user's decisions.

Key words: usability; web design; color psychology; web resource; information technologies.

Рецензенти: Мусієнко М. П., д-р техн. наук, професор;
Давиденко Є. О., канд. техн. наук.

ВИКОРИСТАННЯ WEB-СЕРВЕРУ У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ

Розглянуті головні задачі, виконання яких покладено на навчально методичний сервер кафедри комп'ютерної інженерії. Обговорено технічні передумови їх успішного виконання. Визначено, що основою стабільності роботи системи є систематичне її супроводження, яке виконується на основі аналізу LOG-файлів. Зроблено огляд програмного забезпечення, призначеного для виконання такого аналізу. З'ясовано основні переваги та недоліки наявного програмного забезпечення.

Наведено опис автоматизованої системи генерації звітів навчально-методичного WEB-серверу і результати її експлуатації у 2016/17 та 2017/18 навчальних роках. Представлений типовий алгоритм генерації звіту, який включає в себе 4 етапи. Визначено склад і структура звітів. При розробці системи були широко використані можливості скриптінегу у операційній системі Unix. Відібрано найбільш зручні інструменти для створення сценаріїв. Формат звітів, що генеруються системою, є зручним для аналізу за допомогою сучасних табличних процесорів. Процес аналізу починається з обчислення середніх, максимальних і мінімальних значень кількості запитів до сервера і його помилок. За результатами зібраної статистики відбувається побудова гістограм і графіків завантаження навчально-методичного сервера і визначення трендів. Статистичні звіти про завантаження навчально-методичних матеріалів сервера використовуються для планування подальшого розвитку його інформаційної складової, більш тісної інтеграції з навчальним процесом в лабораторіях, і забезпечення зручності при виконанні самостійної роботи студентами.

Показано, що своєчасний комплексний аналіз звітів навчально-методичного WEB-серверу є потужним інструментом моніторингу, адміністрування та керування його інформаційним вмістом, який дозволяє підвищити зручність користування, стабільність та швидкість його роботи, значно зменшити кількість помилок та відмов обслуговування.

Ключові слова: WEB-сервер; LOG-файл; CSV-файл; скриптінг; програмний канал; користувацький агент; DoS атака; MS Excel; гістограма.

Для підвищення ефективності навчального процесу на кафедрі комп'ютерної інженерії був створений навчально-методичний WEB-сервер. Головні задачі, що на нього покладені є такими:

- забезпечення студентів навчально-методичною документацією під час виконання лабораторних та практичних робіт;
- забезпечення оперативного поточного, модульного та підсумкового контролю знань студентів;
- сприяння у плануванні та виконанні студентами самостійної роботи.

Технічною передумовою для вирішення цих задач є забезпечення цілодобової доступності даних, що зберігаються на сервері, підвищення стабільності та швидкості його роботи, зменшення кількості помилок та відмов обслуговування [0]. Виконання цієї вимоги можливо тільки при постійному супроводженні обчислювальної системи WEB-серверу [2]. Супроводження обчислювальної системи уявляє собою комплекс робіт, головними з яких є:

- захист обчислювальної системи від впливу негативних факторів зовнішнього середовища;
- забезпечення цілісності інформаційної складової обчислювальної системи;
- оперативне реагування на помилки та технічні проблеми, які виникають у процесі експлуатації.

Для своєчасного виявлення джерел помилок та інших технічних проблем у роботі сервера виконується систематичний аналіз його LOG-файлів [3].

Все програмне забезпечення призначене для аналізу LOG-файлів може бути розділено на такі три групи:

- зовнішні Internet-сервіси, такі як Yandex Analytics або Advanced Web Statistics;
- спеціалізоване програмне забезпечення від сторонніх виробників;
- власне програмне забезпечення адміністратора WEB-серверу.

Для використання зовнішніх сервісів потрібно на сторінки WEB-сайту вносити додатковий код для збору діагностичних даних, а також резервувати певну частину зовнішнього трафіку для їх передачі. Крім того зовнішні сервіси враховують тільки успішні звертання до сайту від «справжніх» користувачів та ігнорують неуспішні звертання, а також звертання різноманітних ботів, «павуків» та парсерів [4]. Спеціалізоване програмне забезпечення, як правило, не є безкоштовним, не передбачає внесення змін кінцевими користувачами та застосування сторонніх модулів, а безкоштовні варіанти таких програм мають дуже обмежену функціональність. Таким чином створення власного програмного забезпечення адміністратором WEB-сервера є найбільш оптимальним як з фінансового, так і з функціонального боку.

Типовий алгоритм генерації звітів має такі головні кроки:

- читання LOG-файлу;
- розбиття прочитаних даних на окремі рядки;
- розкладання кожного рядка на окремі поля за допомогою регулярних виразів [5];
- використання значень відповідних полів при побудові звітів залежно від їх складу та призначення.

```
cat $1 | cut -d « « -f 4 | cut -d «:» -f 2 | grep «\w» | sort -n |
uniq -c | awk '{print($2 «;» $1)}' >> hours.csv
```

Рис. 1. Програмний канал для підрахунку кількості запитів до навчально-методичного серверу протягом доби

Побудовані програмні канали використовуються для генерації таких типів звітів:

- звіти про помилки у даних та конфігурації сервера;
- звіти про обсяг навантаження сервера;
- статистичні звіти про використання навчально-методичних матеріалів сервера.

Інформація, що міститься у звітах про помилки у даних та конфігурації сервера дозволяє оперативно виявити та усунути, як внутрішні джерела помилок, так і зовнішні спроби зламу системи. Під час підготовки цих звітів генеруються такі списки:

- Список унікальних IP-адрес, з яких зроблено запит. Його аналіз дозволяє зробити оцінку обсягу аудиторії WEB-сайту.

- Список запитів, що є причиною помилки з кодом 404 [7]. Поява такої помилки може сигналізувати про порушення його інформаційної структури, а також про спроби зламу сервера.

- Список запитів, що є причиною помилки з доступу до даних Permission denied. Поява такої помилки може сигналізувати про некоректне конфігурування серверу, а також про спробу його зламу.

- Списки користувачьких агентів [8] з відомостями про операційні системи, на яких вони запущені, відсортовані за кількістю звернень до серверу. Їх аналіз дозволяє з'ясувати найбільш популярні конфігурації комп'ютерів клієнтів та визначити перспективні шляхи вдосконалення змісту та структури WEB- сервера [9].

Інформація, що міститься у звітах про обсяг навантаження сервера дозволяє з'ясувати причини зменшення стабільності та швидкості його роботи, появи випадків відмов обслуговування клієнтів. Під час підготовки цих звітів генеруються такі списки:

- список найбільш активних IP – адрес клієнтів;
- список найбільш активних користувачьких агентів;
- список з порожніми іменами користувачьких агентів;

Для створення інструментів аналізу LOG-файлів були широко використані можливості скриптіну у операційній системі Unix. Для генерації звітів за допомогою вбудованих утиліт, таких, як awk, sort, uniq, head та інших, були побудовані програмні канали [6]. Зразок програмного каналу для підрахунку кількості запитів до навчально-методичного серверу протягом доби наведено на рисунку Рис. 1.

- список прямих звернень до медіа-матеріалів;
- сумарний обсяг трафіку у кілобайтах за кодами статусу.

Комплексний аналіз цих списків дозволяє своєчасно виявити факти DoS атак [10], спроб зламу та несанкціонованого втручання різноманітними ботами, крадіжок медійного трафіку [11], тощо.

Статистичні звіти про перегляд навчально-методичних матеріалів сервера використовуються для планування подальшого розвитку його інформаційної складової, більш тісної інтеграції з навчальним процесом у лабораторіях, та забезпечення зручності при виконанні самостійної роботи студентами [12]. Під час підготовки цих звітів генеруються такі списки:

- кількість та динаміка запитів за навчальний тиждень, за день, за годину;
- кількість та динаміка унікальних відвідувачів за навчальний тиждень, за день, за годину;
- список найбільш популярних URL – адрес;
- список найбільш популярних медіа – матеріалів;
- список найбільш використовуваних користувачьких агентів та операційних систем.

Значною перевагою розробленої системи є можливість представлення звітної інформації у формі CSV - файлів. Це дає змогу виконувати їх аналіз за допомогою звичайних табличних процесорів, таких як MS Excel [13]. Процес аналізу полягає у обчисленні середніх, максимальних та мінімальних значень кількості запитів до серверу та його помилок, побудові гістограм та графіків його завантаження та визначені трендів [14].

Так, на гістограмі, що наведена на Рис. 2 видно, що найбільша кількість запитів до сервера відбувається о 9, 10, 12 та 13 годинах. Це відповідає початку першої, другої, третьої та четвертої пари. Коли студенти одержують завдання та знайомляться з інструкціями щодо їх виконання. Пізніше, після 15 години, під час самостійної роботи студентів, сервер використовується дуже мало.

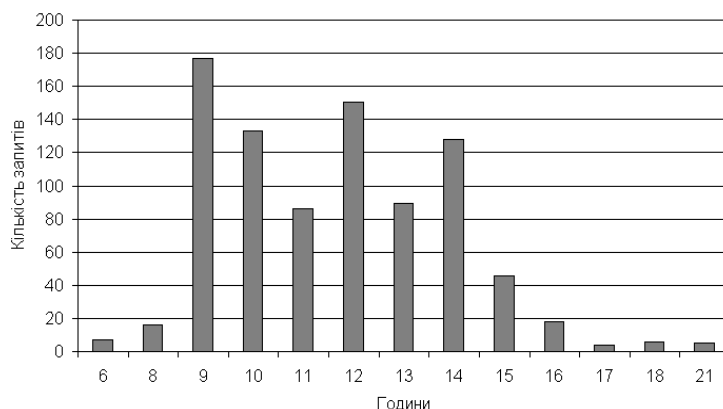


Рис. 2. Середня кількість запитів до навчально-методичного серверу протягом доби

На гістограмі, що наведена на рисунку Рис. 3 подано розподіл середньої кількості запитів за днями навчального тижня. Найбільша кількість запитів від-

бувається протягом робочих днів та дуже залежить від навчального розкладу. Під час вихідних днів сервер майже не використовується.

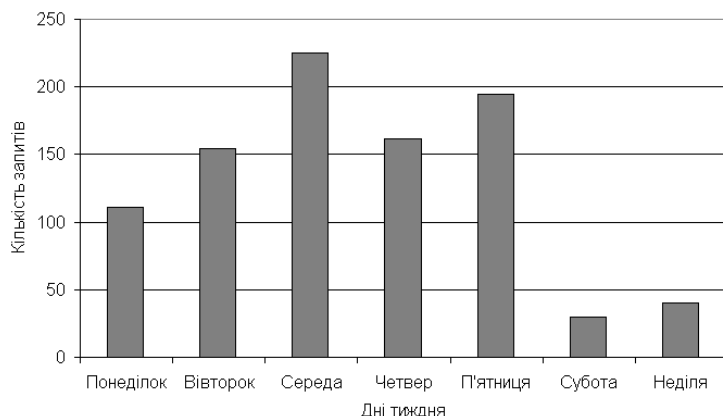


Рис. 3. Середня кількість запитів до навчально-методичного серверу протягом тижня

Це обумовлено тим, що він знаходиться у локальному IP просторі та не є доступним для запитів ззовні. Однак ці гістограми наочно демонструють досить рівномірне завантаження сервера під час навчального процесу.

методичного серверу протягом доби. Найбільша кількість помилок відбувається о 9 годині, на початку робочого дня, коли зростає навантаження на всю локальну мережу університету.

На гістограмі, що наведена на рисунку Рис. 4 подано розподіл середньої кількості помилок навчально-

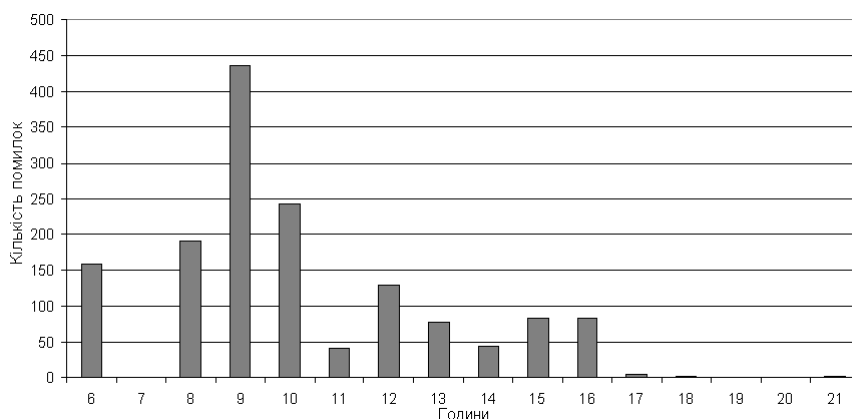


Рис. 4. Середня кількість помилок навчально-методичного серверу протягом доби

На гістограмі, що наведена на рисунку Рис. 5 подано розподіл середньої кількості помилок навчально-методичного серверу протягом тижня.

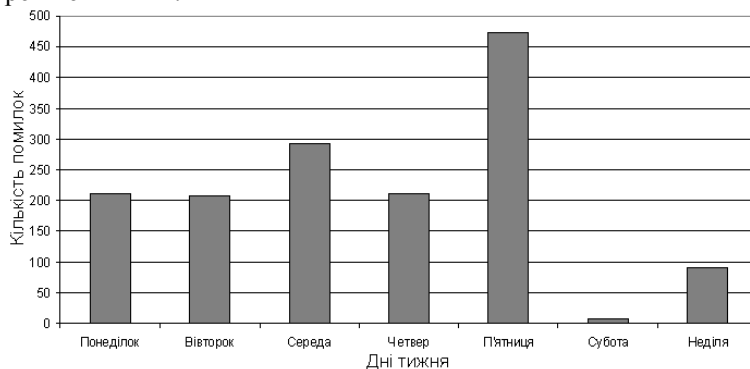


Рис. 5. Середня кількість помилок навчально-методичного серверу протягом тижня

На гістограмі, що наведена на рисунку Рис. 6 подано динаміку зміни кількості помилок з доступу до даних протягом усього часу роботи сервера. Кількість помилок такого типу звичайно зростає на початку на-

вчального року, у вересні – листопаді, а також між навчальними семестрами, у січні. Це обумовлене активною перебудовою викладачами інформаційної складової навчального сервера.

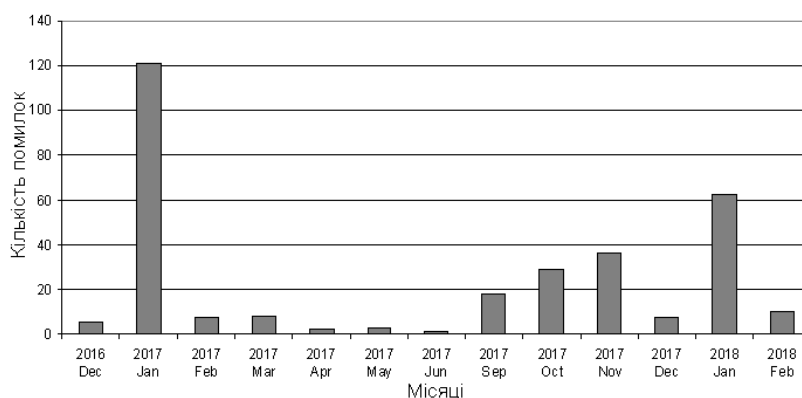


Рис. 6. Кількість помилок навчально-методичного серверу з доступу до даних за місяцями

На гістограмі, що наведена на рисунку Рис. 7 подано динаміку зміни місячної кількості помилок усіх типів протягом усього часу роботи сервера. Протягом перших п'яти місяців відбувалося тестування інформаційної складової навчального серверу, накопичення

статистики, визначення трендів. За результатами проведеного аналізу були вжиті необхідні адміністративні заходи. Про ефективність вжитих заходів свідчить те, що у подальшому місячна кількість помилок серверу не перевищувала 100.

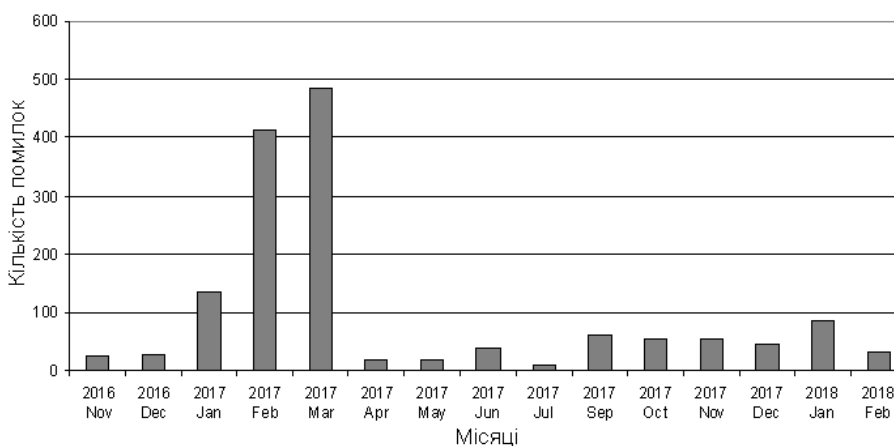


Рис. 7. Загальна кількість помилок усіх типів навчально-методичного серверу за місяцями

Таким чином комплексний аналіз LOG – файлів WEB – серверу є потужним засобом своєчасного виявлення та оперативного усунення проблем, що вини-

кають в процесі його роботи, підвищення стабільності та швидкості надання інформаційних послуг, зменшення кількості помилок та відмов обслуговування.

Список використаних джерел

1. Минаси, Марк Windows Server 2012 R2. Полное руководство. Том 1. Установка и конфигурирование сервера, сети, DNS / Марк Минаси и др. – М.: Диалектика, 2014. – 960 с.
2. Уорд Б. Внутреннее устройство Linux. - СПб.: Питер, 2016. – 384 с.
3. Хокинс Скотт. Администрирование Web-сервера Apache и руководство по электронной коммерции. : Пер. с англ. М. : Издательский дом «Вильямс», 2001. – 336 с.
4. Денис Колисниченко. Поисковые системы и продвижение сайтов в Интернете. М. : Издательский дом «Вильямс», 2007. – 272 с.
5. Фридл Дж. Регулярные выражения, 3-е издание. – Пер. с англ. – СПб.: Символ-Плюс, 2008. – 608 с.
6. Марк Митчелл, Джеффри Оулдем, Алекс Самьюэл. Программирование для Linux. Профессиональный подход. : Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 288 с.
7. Фленов, Михаил Web-сервер глазами хакера (+ CD-ROM) / Михаил Фленов. – М.: БХВ-Петербург, 2012. – 320 с.
8. Крис, Адамс Администрирование сервера IIS 7 / Крис Адамс. – М.: Бином-Пресс, 2010. – 362 с.
9. Хеффельфингер, Дэвид Java EE 6 и сервер приложений GlassFish 3 / Дэвид Хеффельфингер. – М.: ДМК Пресс, 2013. – 416 с.
10. Айвалиотис, Дмитрий Администрирование сервера NGINX / Дмитрий Айвалиотис. – М.: ДМК Пресс, 2013. – 288 с.
11. Андерсен, Бент Б. Мультимедиа в образовании / Андерсен Бент Б. – М.: Дрофа, 2017. – 396 с.
12. Якобсон, Й. Концепция разработки Web-сайтов. Как успешно разработать Web-сайт с применением мультимедиа-технологий / Й. Якобсон. – М.: ИТ Пресс, 2015. – 496 с.
13. Дубина А., Орлова С., Шубина И., Хромов А. Excel для экономистов и менеджеров. Экономические расчёты и оптимизационное моделирование в среде Excel. – СПб.: Питер, 2004. – 295 с.
14. Лавренов С.М. Excel. Сборник примеров и задач. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 336 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ WEB- СЕРВЕРА В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Рассмотрены главные задачи, выполнение которых возложено на учебно методический сервер кафедры компьютерной инженерии. Обсуждены технические предпосылки их успешного выполнения. Определено, что основой стабильности работы системы является систематическое её сопровождение, которое выполняется на основе анализа LOG-файлов. Сделан обзор программного обеспечения, предназначенного для выполнения такого анализа. Выявлены основные преимущества и недостатки имеющегося программного обеспечения.

Приведено описание автоматизированной системы генерации отчётов учебно-методического WEB- сервера и результаты её эксплуатации в 2016/17 и 2017/18 учебных годах. Представлен типичный алгоритм генерации отчета, который включает в себя 4 этапа. Определены состав и структура отчетов. При разработке системы были широко использованы возможности скриптинга в операционной системе Unix. Отобраны наиболее подходящие инструменты для создания сценариев. Формат отчётов, генерируемых системой, является удобным для анализа с помощью современных табличных процессоров. Процесс анализа начинается с вычисления средних, максимальных и минимальных значений количества запросов к серверу и его ошибок. По результатам собранной статистики происходит построение гистограмм и графиков загрузки учебно-методического сервера и определения трендов. Статистические отчёты о загрузке учебных-методических материалов сервера используются для планирования дальнейшего развития его информационной составляющей, более тесной интеграции с учебным процессом в лабораториях, и обеспечения удобства при выполнении самостоятельной работы студентами.

Показано, что своевременный комплексный анализ отчётов учебно-методического WEB- сервера является мощным инструментом мониторинга, администрирования и управления его информационным содержанием, который позволяет повысить удобство пользования, стабильность и скорость его работы, значительно уменьшить количество ошибок и отказов обслуживания.

Ключевые слова: WEB-сервер; LOG-файл; CSV-файл; скриптинг; программный канал; пользовательский агент; DoS атака; MS Excel; гистограмма.

V. V. Starchenko,
Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv

USING A WEB SERVER IN THE TEACHING PROCESS

The main tasks, the implementation of which is entrusted to the educational and methodical server of the department of computer engineering, are considered. Discussed the technical background of their successful implementation. It was determined that the basis for the stability of the system is its systematic maintenance, which is performed based on the analysis of LOG-files. A review of the software designed to perform such an analysis has been made. The main advantages and disadvantages of the existing software are clarified.

The article describes the automated reporting system for the training and methodical web server and results of its operation in 2016/17 and 2017/18 academic years. A typical report generation algorithm is presented, which includes 4 steps. The composition and structure of the reports are determined. When developing the system, scripting capabilities in the Unix operating system were widely used. Most suitable scripting tools are selected. The reports format generated by the system is convenient for analysis using modern spreadsheet processors. The analysis process begins with the calculation of the average, maximum and minimum values of the number of requests to the server and its errors. According to the results of the collected statistics, the construction of histograms and graphs of loading the training server and determining trends is taking place. Statistical reports on the loading of educational and methodological materials of the server are used to plan the further development of its information component, closer integration with the educational process in laboratories, and provide convenience when performing independent work by students.

It is shown that timely comprehensive analysis of the training and methodical WEB-server reports is a powerful tool for monitoring, administrating and managing its information content, which allows increasing the usability, stability and speed of its operation, and significantly reducing the number of errors and service failures.

Key words: WEB-server; LOG-file; CSV-file; scripting; program pipe; user-agent; DoS-attack; MS Excel; histogram.

Рецензенти: Фісун. М. Т., д-р техн. наук, професор;
Горбань Г. В., канд. техн. наук

РОЗПОДІЛЕНА АПАРАТНО-ПРОГРАМНА СИСТЕМА ТА МЕТОДИ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ В КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ ЛОКАЛЬНИХ МЕРЕЖ

В роботі розроблено розподілену багаторівневу апаратно-програмну систему та методи виявлення файлового зловмисного програмного забезпечення. Розроблені методи дозволяють здійснювати побудову поведінкової сигнатури виконуваної програми та її подальший аналіз на наявність файлового зловмисного програмного коду і розбиття на блоки код виконуваної програми та дослідження її на наявність поліморфного та метаморфного коду вірусу. Метод для виявлення зловмисного програмного забезпечення в мережі інтегрує метод побудови сигнатури та метод виявлення поліморфного і метаморфного коду, а також є інтегрованим в структуру розробленої багаторівневої апаратно-програмної системи. Завдяки цьому досягається перевага застосування розроблених методів за рахунок їх підтримки можливостями розподіленої системи в локальній мережі шляхом залучення до процесу виявлення інших комп'ютерних систем.

Ключові слова: зловмисне програмне забезпечення; розподілені апаратно-програмні системи; комп'ютерні системи; локальна мережа; методи захисту інформації; поліморфний вірус; метаморфний вірус.

Вступ. Постановка проблеми. Розвиток технологій створення і поширення зловмисного програмного забезпечення (ЗПЗ) розширює технічні можливості таких засобів. На сьогодні сучасне ЗПЗ переважно побудоване, як складні багатофункційні програмні системи. В ньому використано ефективні методи створення програмних засобів та поширення зловмисного коду. Використання ЗПЗ постійно зростає. Користувачі комп'ютерних систем (КС) зіштовхуються все частіше з проблемою необхідності дослідження в них наявності ЗПЗ. Застосування зловмисниками ЗПЗ активно здійснюється через віддалені атаки, не потребуючи перебування поряд з об'єктом атаки [1–3]. Для підприємств і організацій захист від таких атак заслуговує на особливу увагу. Такі атаки протягом останніх років суттєво зросли і завдають значних збитків. Крім того, поява нових фінансових інструментів, мотивує зловмисників до подальшого технологічного розвитку ЗПЗ для отримання вигоди. При цьому зловмисники активно залучають обчислювальні потужності не тільки власні, а й інших користувачів, КС яких приєднані до глобальної мережі. Тому, проблема виявлення ЗПЗ для організацій та підприємств є актуальною.

В організаціях та підприємствах для здійснення виявлення ЗПЗ використовують переважно мережеві засоби, які розміщуються в їх корпоративних мережах або локальних сегментах всієї мережі. Вони можуть бути програмними та апаратно-програмними. Також, можуть використовуватись і хостові антивірусні програмні засоби (АПЗ). Вибір типу засобів залежить від особливостей визначеної політики безпеки в організаціях та підприємствах. Ефективність використання засобів виявлення ЗПЗ залежить, зокрема, і від архіте-

ктури таких засобів, а також їх позиціонування та місця розміщення в КС локальних мереж. Дослідження відомих антивірусних методів та засобів вказують, що реалізація нових методів виявлення ЗПЗ шляхом створення відповідних систем потребує подальшого розвитку. Перспективним напрямом досліджень є створення розподілених багаторівневих систем виявлення ЗПЗ [4] для використання в локальних мережах організацій та підприємств, які б мали різні рівні захисту на вимогу користувачів. Зокрема, підвищений рівень захисту міг би досягатись за рахунок апаратно-програмних пристроїв, які були б частиною розподіленої системи. Такі засоби виявлення мають розподілену архітектуру і, тоді, підвищення достовірності виявлення ЗПЗ досягалось би за рахунок залучення КС локальної мережі. В таких розподілених систем виявлення важливим є наявність реалізованих методів, що дозволяли б здійснювати виявлення нового ЗПЗ.

Попередні роботи На сьогодні розроблено і використовуються мережеві антивірусні системи виявлення ЗПЗ.

Відомі реалізації таких систем виявлення переважно мають єдиний центр керування з певним рівнем централізації. До таких засобів відносять: ESET® Endpoint Security для Windows система захисту кінцевих точок у корпоративних мережах [5], «Dr.Web CureNet!» [5; 6], Symantec Endpoint Protection [7], «Malwarebytes Endpoint Security» [8], «Cisco® Network Admission Control (NAC)» [9]. В мережеві системі виявлення Kaspersky Administration Kit реалізовано принцип автономного прийняття рішень. При цьому адміністратор здійснює контроль за прийнятими рішеннями, що вказує на наявність часткової централі-

зації в основі архітектури цієї мережевої системи виявлення ЗПЗ.

Фахівцями із захисту інформації розроблено системи, в яких реалізовано виконання відповідних методів.

В роботі [10] розроблено систему захисту інформації для виявлення кібератак на основі залучення нейромережевих імунних детекторів. Розроблена система захисту інформації складається з двох частин. Перша реалізована апаратно й працює постійно в режимі реального часу. Друга частина представлена програмним забезпеченням на виділеному комп'ютері, який використовується для аналізу поточних атак та створення відповідних засобів захисту. Прийняття рішення про можливий вплив ЗПЗ здійснюється із залученням системи нейромережевих детекторів.

В роботі [11] представлено інтелектуальну адаптивну систему захисту інформації на основі інтеграції штучних імунних систем та штучних нейронних мереж. Така система захисту інформації працює за основними принципами штучної імунної системи, де імунні детектори представляють нейронну мережу і виявляють зловмисний шаблон за допомогою аналізу структури виконуваного коду. Запропонована система володіє функціями самоадаптивності та самонавчання та дозволяє здійснювати виявлення як відомих, так і нових видів ЗПЗ.

В роботі [12] представлено систему захисту інформації для ідентифікації та класифікації мережевих кібератак. Система захисту інформації використовує комбінацію різних методів штучного машинного навчання. Відмінною особливістю цієї системи є багаторівневий аналіз мережевого трафіку, що дає можливість виявляти атаки методом підпису та комбінувати набір адаптивних детекторів на основі методів машинного навчання.

У роботі [13] розроблено гібридну систему захисту інформації для виявлення рідковживаних кібератак на основі використання штучних імунних систем та нечіткої кластеризації, яка спочатку розподіляє навчальні дані на декілька підгруп з використанням методів нечіткої кластеризації. Отримання остаточних результатів здійснюється оцінкою для кожного елемента з сформованих підгруп та виконується їх поєднання з використанням штучної імунної системи.

Аналіз засобів захисту інформації та систем виявлення ЗПЗ показав, що відомі системи захисту інформації, представлені в [10–13], та засоби, представлені в [4–9], здійснюють аналіз мережевого трафіку, файлів аудиту, пакетів, що передаються по мережі, перевіряють конфігурацію відкритих мережевих сервісів, сканують файли виконуваних програм, перевіряють завантажувальний сектор жорсткого диску, сканують оперативний запам'ятовувачий пристрій, здійснюють динамічне трасування процесів. Для встановлення факту порушення роботи КС, відомі системи захисту інформації використовують різні методи машинного навчання, а саме нейронні мережі, штучні імунні системи, метод опорних векторів, Байєсові мережі, нечітку кластеризацію. Проте, основним недоліком представлених систем є переважно їх хост-орієнтований підхід, централізацію при прийнятті рішень для мережевих засобів і систем.

Тому, для ефективного застосування методів та засобів виявлення ЗПЗ необхідно розробити систему

та методи захисту інформації на основі мережевого підходу.

Формулювання цілей статті. Сучасні засоби захисту інформації та системи виявлення ЗПЗ застосовують методи та засоби, які використовують знання про його функціонування та поведінку. Такі знання представляються поведінковими сигнатурами. Дослідження функціонування ЗПЗ в різних КС локальної мережі розподіленими системами виявлення дає змогу здійснити порівняння отриманих поведінкових сигнатур ЗПЗ з різних КС з метою його виявлення. Перевагою мережевого підходу до виявлення ЗПЗ є можливість залучення всіх КС, в які встановлена система виявлення, для організації ефективної протидії ЗПЗ. Також, в протидію ЗПЗ необхідно використовувати не тільки методи виявлення, але і поєднувати їх із засобами, в яких вони реалізовані, тобто ефективна організація методів у взаємодії з засобами. Вибір архітектури таких розподілених систем, яка дозволить ефективно організувати процес виявлення в локальній мережі в порівнянні з виявленням в окремій КС, є перспективним. Крім того, такі засоби повинні мати можливість працювати в декількох режимах для уникнення знань зі сторони зловмисника про їх технічні можливості.

Таким чином, розвиток теорії та практики створення розподілених систем виявлення ЗПЗ в комп'ютерних системах локальних мереж, зокрема і апаратно-програмних, є актуальною проблемою. Метою роботи є розробка розподіленої апаратно-програмної системи та методів виявлення ЗПЗ, які були б інтегровані в неї з метою підвищення надійності захисту інформації.

Основна частина. Розподілена апаратно-програмна система виявлення зловмисного програмного забезпечення в комп'ютерних системах локальних мереж в залежності від вимог політики безпеки організації чи підприємства може використовуватись в двох режимах. Перший режим її функціонування полягає у використанні тільки програмної частини. Така розподілена система детальніше представлена в [4]. Другий режим роботи розподіленої системи передбачає використання апаратно-програмних засобів для підтримки її роботи в більш захищеному режимі. Для цього кожна КС, в яку встановлено компонента розробленої розподіленої системи, комплектується апаратним пристроєм. Тобто всі КС локальної мережі в цьому режимі міститимуть такі однакові пристрої, які надають можливість програмним модулям системи здійснювати початкову ідентифікацію в КС та проводити обчислення рівнів безпеки компоненти та системи в цілому. Для здійснення комунікації між компонентами розподіленої системи розроблено метод їх взаємодії, який дозволяє крім встановлення порядку обміну інформацією та знаннями між ними, також визначати уражену ЗПЗ КС та приймати рішення про відключення КС рештою компонентів розподіленої системи в локальній мережі. В зв'язку з тим, що функціонування системи передбачено в двох режимах, то метод взаємодії використовується однаково в обох режимах, бо він регламентує порядок взаємодії компонентів розподіленої системи тільки для верхнього рівня програмної частини. Наявність апаратно-програмних пристроїв для підвищення захищеності розподіленої системи передбачає їх взаємодію з

внутрішнім рівнем [4] і не взаємодіє із програмною частиною системи зовнішнього рівня. Розглянемо наповнення внутрішніх рівнів системи методами захисту інформації в КС.

Файлове ЗПЗ характеризується тим, що його поширення першочергово має відбуватись в окремій комп'ютерній системі. Воно міститься у файлах виконуваних програм, після запуску виконуваних програм отримує можливість для пошуку програмних файлів для подальшого свого поширення, для виконання деструктивних дій та отримання контролю над КС з метою приховування своєї присутності. Переміщення файлового ЗПЗ в інші КС мережі може бути здійснено переважно користувачами через порушення політик безпеки. Наявність однакового за функціоналом файлового ЗПЗ в різних КС локальної мережі організації чи підприємства потребує для його виявлення наявності таких методів його виявлення, які б дозволяли враховувати результати дослідження в різних КС локальної мережі і приймати рішення про його наявність. Тому, перспективними є методи виявлення файлового ЗПЗ з врахуванням особливостей їх використання саме в розподілених системах. Розроблена розподілена багаторівнева апаратно-програмна система (РБАПС) виявлення ЗПЗ, яка представлена в [4], дозволяє здійснювати виявлення ЗПЗ, як мережевого так і файлового. Для виявлення файлового ЗПЗ розроблено методи, використання яких можливе в окремих КС і які реалізовано в РБАПС. Для використання цих методів в локальній мережі розроблено метод виявлення файлового ЗПЗ в мережах, який інтегрує розроблені методи та використовує організацію розподіленої системи для підвищення достовірності виявлення. Метод виявлення файлового ЗПЗ в комп'ютерних системах локальних мереж базується на основі здійснення взаємодії компонентів РБАПС при прийнятті рішення та використанні розроблених методів виявлення файлового ЗПЗ і складається з таких основних кроків:

1. Сканування виконуваних файлів на основі створення окремих процесів для кожного досліджуваного виконуваного файлу.

2. Збір результатів моніторингу після виявлення певних ймовірно зловмисних проявів в КС у вектор ймовірно зловмисних дій, компонентами якого є АРІ функції.

3. Застосування методу, представленого в [14], виявлення файлового ЗПЗ на основі динамічного формування поведінкової сигнатури шляхом відстеження викликів АРІ функцій.

4. Визначення КС, в якій буде здійснено обробку вектору ймовірно зловмисних дій.

5. Проведення аналізу завантаженості ресурсів КС.

6. Аналіз результатів кроку 5.

6.1. Встановлено віднесення такого вектору до файлового ЗПЗ. Застосування методу виявлення файлового ЗПЗ на основі аналізу функцій обфускації [15].

6.2. Досліджуваний вектор не містить зловмисного навантаження. Здійснити зупинку дослідження процесу, на основі якого він був сформований.

6.3. Досліджуваний вектор містить зловмисне навантаження. Здійснити зупинку відповідного процесу та почати дослідження файлів з таким же іменем в інших КС.

6.4. Здійснення пошуку і дослідження на основі отриманих відомостей про такі ж файли в інших КС

мережі, де встановлена РБАПС її компонентами. Здійснити порівняння поведінкових сигнатур.

7. Обробка варіантів подій із залученням решти компонент РБАПС. На основі варіантів подій з табл.1 виокремлення варіантів, в яких можливе відключення зловмисним програмним забезпеченням компонент РБАПС, і встановлення такої події для оцінки іншими компонентами РБАПС. В цьому випадку здійснення вилучення компоненти з РБАПС.

7.1. Задіяти стратегію 1 на основі прийняття рішення рештою компонент та здійснити вилучення компонент з РБАПС для варіантів 1–256.

7.2. Задіяти стратегію 2 на основі прийняття рішення рештою компонент РБАПС для варіантів 257-320.

7.3. Задіяти стратегію 3 на основі прийняття рішення рештою компонент для варіантів 321-340.

7.4. Задіяти стратегію 4 на основі прийняття рішення всіма компонентами з РБАПС та обміну інформацією між компонентами для варіантів 341–484.

7.5. Задіяти стратегію 5 на основі прийняття рішення всіма компонентами з РБАПС та обміну інформацією між компонентами для варіантів 485–502.

7.6. Для варіантів 503–512 задіяти стратегію 6 на основі прийняття рішення компонентами та обміну інформацією з рештою компонент РБАПС.

8. Обчислення значень ймовірностей в станах компонент і вимога для інших компонент здійснити обчислення ймовірності бути ураженою для всієї РБАПС.

9. Формування ймовірностей перебування в станах для надсилання іншим компонентам з метою визначення стану РБАПС.

Крок 7 методу вимагає інформації про варіанти подій для визначення роботи РБАПС за певною стратегією. Розглянемо формування таких стратегій. Для виконання кроку 7 проаналізуємо можливі варіанти подій в КС за присутності в ньому компоненти РБАПС та ЗПЗ. На основі їх дослідження визначимо стратегії поведінки компоненти в процесі появи таких подій. Розгляд можливих варіантів проведемо з врахуванням можливої наявності, також, мережевого ЗПЗ, зокрема бот-мереж. Це необхідно враховувати, щоб здійснювати обробку повної множини варіантів для введених подій. Варіантів встановлення компонент РБАПС може бути два: під час нового встановлення програмного забезпечення (ПЗ) КС встановлюється ПЗ компоненти; ПЗ компоненти встановлюється у вже функціонуючу КС. При першому варіанті КС може бути новою і тому потребує встановлення ПЗ або вже використовуваною раніше і потребує повного переустановлення ПЗ. Але навіть, якщо вона є новою, то, як правило, містить операційну систему і до включення її до складу локальної мережі вже міститиме певне визначене ПЗ. Таким чином, вірогідність отримати ЗПЗ при першому варіанті дуже мала, але теоретично можлива. При другому варіанті ймовірність наявності ЗПЗ в КС більша, ніж в першому. Якщо в КС вже створено вузол бот-мережі, тобто завантажено ЗПЗ вузла бот-мережі, отримано контроль над певним ПЗ КС. Якщо вузол бот-мережі міститься в КС, тоді при її запуску стартове зловмисне навантаження повинно проявити себе в одному з процесів, які створюються прописаними виконуваними програмами в файлах автозапуску. Інакше, воно не зможе активуватись в КС при кожному її ввімкненні і,

як наслідок, буде вилучено з часом з бот-мережі. Або воно очікуватиме запуску користувачем певних програм чи програми, що теж може відбутись або не відбутись. Тому, припустимо, що запуск програмного забезпечення вузла бот-мережі здійснюється після ввімкнення КС. В процесі отримання контролю над КС бот-мережа чи на перших етапах свого функціонування вузол бот-мережі здійснить призупинення роботи відомих антивірусних засобів та перейде в режим їх імітації їх роботи. Стратегії компонент в різних варіантах подій:

1) КС контролюється бот-мережею, ПЗ компоненти в КС заблоковано вузлом бот-мережі, але КС виконує поставлені користувачем задачі;

2) КС контролюється бот-мережею, ПЗ компоненти в КС заблоковано вузлом бот-мережі, КС функціонує з тривалими перебоями та затримками у виконанні запитів користувача;

3) КС контролюється бот-мережею, ПЗ компоненти в КС заблоковано вузлом бот-мережі, КС функціо-

нує з тривалими перебоями та затримками у виконанні запитів користувача, файлове ЗПЗ в КС здійснює своє поширення;

4) КС контролюється компонентою, вузол бот-мережі в КС досліджується компонентою, КС виконує поставлені користувачем задачі;

5) КС контролюється компонентою, вузол бот-мережі та файлове ЗПЗ в КС досліджуються компонентою, КС виконує поставлені користувачем задачі;

6) КС контролюється компонентою, яка здійснює моніторинг і обробку подій.

Проаналізуємо логіку взаємодії компоненти РБАПС та ПЗ вузла бот-мережі в КС для отримання стратегій. Шаблони можливих варіантів подій в КС та їх варіації формують одну з шести стратегій. Стратегії для подій в КС локальної мережі представлено в табл. 1. Для подій, коли декілька станів одночасно працюють розрахунок проводиться з врахуванням виконання умов, які представлено в табл. 2.

Таблиця 1

Фрагмент можливих стратегій для подій в КС локальної мережі

№ з/п	«1»		«2»		«3»	«4»	«5»	«6»	«7»	«8»
	К	Б								
1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	
2	1	0	1	1	1	1	0	1	1	
...	
512	0	0	0	0	0	0	0	6	0	

Позначення в таблиці:

К – ПЗ компоненти РБАПС;

Б – ПЗ компоненти бот-мережі;

«1» – встановлення в КС до (1)/після (0) встановлення ПЗ компоненти РБАПС (К) або ПЗ вузла бот-мережі (Б);

«2» – стартовий контроль в КС: так (1) / ні (0);

«3» – атака з цієї КС: так (1) / ні (0);

«4» – атака з цієї КС на КС цієї ж мережі: так (1) / ні (0);

«5» – атака на КС: так (1) / ні (0);

«6» – атака з КС цієї ж локальної мережі: так (1) / ні (0);

«7» – наявність файлового ЗПЗ, встановленого до (1) / після (0) встановлення ПЗ компоненти РБАПС;

«8» – стратегії.

Для виконання кроків 8 і 9 здійснюється визначення стану безпеки РБАПС: стан кожної компоненти від початку поточного запуску, часу перебування в кожному стані кожної компоненти, рівні безпеки в кожному стані кожної компоненти. Обчислення за формулами (1) і (2) стану РБАПС кож-

ною компонентою на основі отриманих даних зі всіх активних компонент РБАПС здійснюємо за формулою (1):

$$R_{b,РБС,1} = \frac{\sum_{l=1}^n (1 - \sum_{s=1}^m k_{s,l} * p_{s,l})}{n}, \quad (1)$$

де $R_{b,РБС,1}$ – рівень безпеки РБАПС, визначений на першому етапі, b – позначення безпеки, l – номер компоненти РБАПС, n – кількість компонент РБАПС, $k_{s,l}$ – коефіцієнт загрози бути ураженим ЗПЗ s – того стану компоненти, значення якого встановлюється з відрізка $[0; 1]$ в залежності від того які функційні навантаження закладено у певний s –ий стан, $p_{s,l}$ – ймовірність бути ураженим ЗПЗ, m – кількість станів компонент.

За формулою 2 РБАПС здійснює визначення подальших дій.

$$g(R_{b,РБС,1}, k, s, s_{c,РБС}) = \begin{cases} 0, \text{ якщо виконується умова 1} \\ 1, \text{ якщо виконується умова 2,} \\ 2, \text{ якщо виконується умова 3} \end{cases} \quad (2)$$

де $g(R_{b,РБС}, k, s, s_{c,РБС})$ – функція визначення подальших кроків для РБАПС, $R_{b,РБС,1}$ – рівень безпеки РБАПС, який отримано на першому етапі за формулою 1, k – кількість активних компонент із загальної кількості n , s – номер стану, $s=1,2,\dots,m$, – кількість станів компонент, $s_{c,РБС}$ – середнє значення для РБАПС на основі сукупності станів її компонент.

Умови для задання функції g представимо в таблиці 3. Загальна кількість таких випадків може бути 64, бо є чотири випадки для рівня безпеки, два випадки для кількості компонент, які входять до центру РБАПС в поточний момент часу, вісім для віднесення центру до одного зі станів за рахунок дослідження його відхилення.

Фрагмент значень функції $g(R_{b,РБС}, k, s, s_{c,РБС})$

Умови для функції g	Значення умов для функції g		
	Значення рівня безпеки $РБАПС, R_{b,РБС}$	Умови, які пов'язані з кількістю компонент	Умови, які пов'язані з середньоквадратичним відхиленням
Умова 1	$R_{b,РБС} > 0,75$	$\frac{k}{n} > 0,5$	$\min\left(\frac{S_{c,РБС}}{S} - 1\right) < 1$ для $S = 1$ або для $S = 8$
	$R_{b,РБС} > 0,75$	$\frac{k}{n} > 0,5$	$\min\left(\frac{S_{c,РБС}}{S} - 1\right) < 1$ для $S = 2$ або для $S = 3$ або $S = 4$

Умова 2	$0,5 < R_{b,РБС} < 0,75$	$\frac{k}{n} < 0,5$	$\min\left(\frac{S_{c,РБС}}{S} - 1\right) < 1$ для $S = 2$ або для $S = 3$
	$0,5 < R_{b,РБС} < 0,75$	$\frac{k}{n} > 0,5$	$\min\left(\frac{S_{c,РБС}}{S} - 1\right) < 1$ для $S = 2$ або для $S = 3$
...

Кроки 8 і 9 розробленого методу виявлення ЗПЗ співвідносяться з кроками методу взаємодії компонент РБАПС, який є основою підтримки цілісності такої розподіленої системи та гнучке переналаштування на подальше виконання завдань. Таким чином, розроблені методи виявлення ЗПЗ інтегровані в метод підтримки цілісності архітектури РБАПС, що фактично створює цілісну систему і методи для виявлення. Розроблений метод виявлення файлового ЗПЗ компонентами РБАПС дозволяє здійснити вилучення ймовірно уражених компонент з РБАПС, встановлення відношення до файлового ЗПЗ на основі обміну і обробки знань, сканування виконуваних файлів створенням для них окремих процесів. Компоненти на основі такого методу виявлення файлового ЗПЗ приймають рішення про зміну структури РБАПС та визначають уражену КС. Завдяки використанню РБАПС між її компонентами здійснюється обмін інформацією про зловмисні процеси в КС для додаткової перевірки та динамічно залучаються обчислювальні ресурси інших КС для виконання певних завдань інших компонентів системи.

Розроблений метод виявлення файлового ЗПЗ в мережі базується на двох методах, представлених детальніше в [14; 15], які здійснюють побудову поведінкової сигнатури та її подальший аналіз на наявність файлового ЗПЗ і розбиття на блоки виконуваної програми та дослідження її на наявність поліморфного та метаморфного коду вірусу. Отримання підвищення достовірності виявлення згідно даної розробленої РБАПС та методу досягається залученням до процесу компонентів РБАПС за рахунок здійснення детальнішого аналізу програмного коду.

Експерименти. Для порівняння розроблених методів і РБАПС було проведено експеримент в КС локальної мережі для перевірки достовірності методом

виявлення файлового ЗПЗ. Для експерименту було залучено 20 комп'ютерних систем в мережі. Для розрахунку достовірності виявлення файлового ЗПЗ був проведений наступний експеримент з різними типами файлового ЗПЗ: файлові віруси, поліморфні віруси, метаморфні віруси, трояські програми. Було згенеровано 600 програмних об'єктів з функціональним навантаженням чотирьох розглядуваних типів файлового ЗПЗ по 150 кожного. Сигнатури згенерованих вірусів відсутні в базах сигнатур АПЗ та розробленої системи. Всі програмні об'єкти було поділено на групи для задання способу їх потрапляння в КС, щоб врахувати усі можливі шляхи проникнення в КС:

- 1) програмні об'єкти скопійовані на жорсткий диск кожної КС;
- 2) програмні об'єкти завантажені на флеш-носії і підключені до кожної КС;
- 3) програмні об'єкти завантажені на попередньо створений web-сайт;
- 4) програмні об'єкти архівовані та відправлені на попередньо створені електронні адреси;
- 5) програмні об'єкти завантажені на попередньо створені ftp-сервери всіх КС.

Запуск на виконання згенерованих програмних об'єктів був здійснений спеціальною програмою, яка встановлена в кожну КС і запустила по одному програмному об'єкту із ЗПЗ в кожній КС одночасно. Потім все розпочиналось знову і вибирався інший програмний об'єкт. Запуск корисних програм в усіх КС не виконувався. Всі КС містили однакове апаратне та програмне забезпечення.

Результати проведеного експерименту та оцінки достовірності виявлення ЗПЗ розподіленою системою Distributed Multilevel System [16], в якій реалізовано методи, представлено в табл. 3. Крім того, за результатами проведеного експерименту було також встанов-

лено кількість компонент, які залучались для дослідження протягом всього експерименту, та кількість компонент, які були заблоковані рештою компонент

розробленої системи, під час виявлення. Це підтверджує застосування решти компонент розподіленої системи в процесі виявлення ЗПЗ окремою компонентою.

Таблиця 3

Результати експерименту для файлового ЗПЗ

Програмні об'єкти з наявними ЗПЗ	Кількість програм, виявлених як підозрілі	Відсоток виявлення, %	Кількість компонент, які залучались для дослідження протягом всього експерименту	Кількість компонент, які були заблоковані рештою компонент розробленої системи, під час виявлення
Файлові віруси	150	97,3	0	2
Поліморфні віруси	150	89,3	57	7
Метаморфні віруси	150	92,3	24	3
Троянські програми	150	85,3	2	5
Всього	600	90,9	20,75	5,7

Для проведення порівняльного аналізу було обрано наступні відомі антивірусні засоби: ESET Smart Security (версія 10.1.204.0), Avast (версія 17.5.2303), Comodo Antivirus (версія 8.2.0.4674), Kaspersky (версія 17.0.0.61), McAfee Internet Security (версія 10.1.0),

Dr.Web (версія 11.0), Microsoft Security Essentials (версія 4.11.15063.446), Avira Antivirus (версія 10.0). Результати роботи розробленої розподіленої системи Distributed Multilevel System виявлення ЗПЗ представлено діаграмою на рис. 1.

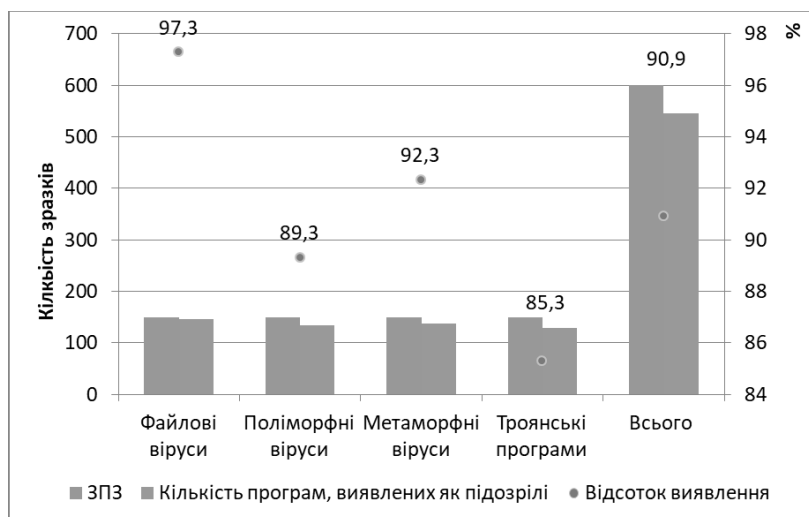


Рис. 1. Результати експерименту

Порівняльний аналіз розробленої системи Distributed Multilevel System з існуючими АПЗ стосовно помилок першого роду (хибні спрацювання) зображено діаграмою на рис.2.

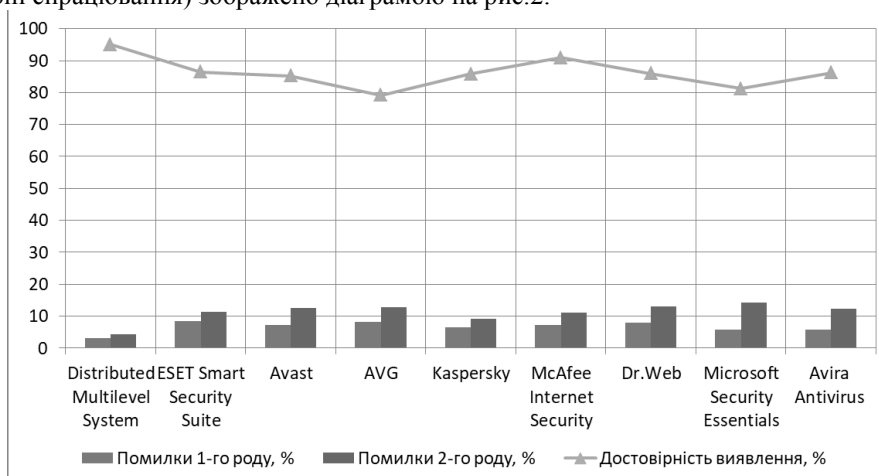


Рис. 2. Порівняльний аналіз розробленої системи Distributed Multilevel System з існуючими АПЗ (достовірність виявлення, %)

Результати експериментальних досліджень з використанням розробленої системи Distributed Multilevel System підтверджують вірність наукових положень ро-

зроблених методів та ефективність архітектури розподіленої багаторівневої апаратно-програмної системи, оскільки її впровадження підвищує достовірність вияв-

лення на 5–12 % в мережевому представленні в порівнянні з хостовим, та на 2–4 % у порівнянні з існуючими мережевими АПЗ виявлення файлового ЗПЗ.

Результати використання розробленої РБАПС Distributed Multilevel System та її підсистем на основі розробленого методу для виявлення певних типів файлового ЗПЗ в КС локальних мереж є достатніми в порівнянні з аналогічними мережевими АПЗ і підтверджують ефективність запропонованих теоретичних моделей та розроблених методів.

Висновки. Розроблена розподілена багаторівнева апаратно-програмна система та методи виявлення файлового ЗПЗ дозволили підвищити достовірність виявлення файлового ЗПЗ на 5–12% в мережевому представленні в порівнянні з хостовим та на 2–4% у порівнянні з існуючими мережевими АПЗ виявлення файлового ЗПЗ. Розроблений метод виявлення файло-

вого ЗПЗ є основою для організації функціонування компонент РБАПС і дозволяє здійснити вилучення ймовірно уражених компонент з РБАПС, встановлення відношення до файлового ЗПЗ на основі обміну і обробки знань, сканування виконуваних файлів створенням для них окремих процесів. Він базується на двох методах, які здійснюють побудову поведінкової сигнатури та її подальший аналіз на наявність файлового ЗПЗ і розбиття на блоки виконуваної програми та дослідження її на наявність поліморфного та метаморфного коду вірусу. Для здійснення детальнішого аналізу програмного коду на основі методу до процесу виявлення залучаються інші компоненти РБАПС.

Напрямок подальших досліджень є розробка нових методів для виявлення ЗПЗ з метою розширення можливостей для виявлення ЗПЗ розподіленою багаторівневою апаратно-програмною системою.

Список використаних джерел

1. Українська правда. Затримали хакерів, які «чистили» банківські рахунки і переводили кошти в криптовалюту [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Електронні дані – Режим доступу : <https://www.pravda.com.ua/news/2019/01/10/7203471/> (дата звернення 25.01.2019). – Назва з екрану.
2. Українська правда. Найвідомішим у Darknet ресурсом заправляли українці – Кіберполіція [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Електронні дані – Режим доступу : <https://www.pravda.com.ua/news/2019/01/28/7205116/> (дата звернення 28.01.2019). – Назва з екрану.
3. Фокус. Хакеры через WordPress пытались атаковать сайт ЦИК, - СБУ [Электронный ресурс]: [Веб-сайт]. – Электронные данные – Режим доступа : <https://focus.ua/ukraine/422005-xakery-cherez-wordpress-pytalis-atakovat-sajt-cik--sbu.html> (дата обращения 25.01.2019). – Название с экрана.
4. Markowsky G. Distributed Malware Detection System Based on Decentralized Architecture in Local Area Networks / G. Markowsky, O. Savenko, A. Sachenko // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. – 2019. – Vol. 871. – Pp.582–598.
5. Security Response Publications. Monthly Threat Report. [Online]. Available: https://www.symantec.com/security_response/publications/monthlythreatreport.jsp. Accessed on: September 15, 2018.
6. McAfee Labs Threat Report. December 2017. [Online]. Available: <https://www.mcafee.com/us/resources/reports/rp-quarterly-threats-dec-2017.pdf>. Accessed on: September 15, 2018.
7. Overview of Symantec Endpoint Protection 12. Part 2. [Online]. Available: https://www.anti-malware.ru/reviews/Symantec_Endpoint_Protection_12_2. Accessed on: September 15, 2018.
8. Malwarebytes. Malwarebytes Endpoint Security. [Online]. Available: <https://ru.malwarebytes.com/business/endpointsecurity/>. Accessed on: September 15, 2018.
9. Cisco NAC Appliance (Clean Access). [Online]. Available: <https://www.cisco.com/c/en/us/products/security/nac-appliance-clean-access/index.html>. Accessed on: September 15, 2018.
10. Komar M. High performance adaptive system for cyber attacks detection / M. Komar, V. Kochan, L. Dubchak, et al // *Proceedings of the 9th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications*. – Bucharest (Romania), 21-23 September, 2017. – Vol. 2. – Pp. 853–858.
11. Golovko V. Neural Network Artificial Immune System for Malicious Code Detection / V.Golovko, S.Bezobrazov // *Brest State Technical University*. – 2015. – Pp. 1–7.
12. Branitskiy A. Hybridization of computational intelligence methods for attack detection in computer networks / A. Branitskiy, I. Kotenko // *Journal of Computational Science*. – 2017. – No.23. – Pp.145–156.
13. Wang G. A new approach to intrusion detection using Artificial Neural Networks and fuzzy clustering / G. Wang, J. Hao, J. Ma, L. Huang. – *Expert Systems with Applications*. – 2010. Vol. 37. – Issue 9. – Pp. 6225–6232.
14. Савенко О.С. Формування сигнатури поведінки програм на основі трасування API викликів / О. С. Савенко, А. О. Нічепорук, А. А. Нічепорук, Ю. О. Нічепорук // *Електротехнічні та комп'ютерні системи*. – 2018. – № 29 (105). – С.67–77.
15. Markowsky G. The technique for metamorphic viruses' detection based on its obfuscation features analysis / G. Markowsky, O. Savenko, S. Lysenko, A. Nicheporuk // *CEUR-WS*. – 2018. – Vol. 2104. – Pp.680–687.
16. Савенко О.С. Архітектура багаторівневої програмної системи виявлення шкідливого програмного забезпечення в локальних комп'ютерних мережах. / О.С. Савенко, В.І. Грибинчук, М.О. Кульчицький // *Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво*. – 2018. – № 30–31. – С. 132–140.

О. С. Савенко,
ХНУ, г. Хмельницький

РАСПРЕДЕЛЕННАЯ АППАРАТНО-ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА И МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ В КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМАХ ЛОКАЛЬНОЙ СЕТИ

В работе разработаны распределенная многоуровневая аппаратно-программная система и методы выявления файлового вредоносного программного обеспечения. В частности, метод выявления в сети интегрирующий разработанные методы, которые осуществляют построение поведенческой сигнатуры и ее последующий анализ на наличие файлового вредоносного программного кода и разбиение на блоки выполняемой программы и исследования ее на наличие полиморфного и метаморфного кода вируса. Метод для выявления в сети является основой для организации функционирования компонентов распределенной многоуровневой аппаратно-программной системы в интеграции с разработанными методами. Для осуществления де-

тального анализа программного кода на основе метода к процессу выявления привлекаются другие компоненты. Метод выявления файлового вредоносного программного обеспечения, который базируется на основе динамического формирования поведенческой сигнатуры путем отслеживания вызовов функций прикладного программного интерфейса (API), позволяет выявлять другие разновидности вирусных программ, в частности новых версий существующих вирусов. Поведенческая сигнатура согласно метода базируется на критических API вызовах по группам злонамеренной активности и отражает частоту их вхождения, а также характер взаимодействия критических API функций вирусной программы и описывает взаимосвязь между критическими API функциями. Это дает возможность разграничить вирусные программы от полезных приложений не только при наличии критических API вызовов, но и за их взаимодействием между собой. Метод обнаружения полиморфных и метаморфных вирусов на основе анализа функций обфускации, особенностью которого является анализ программного объекта и его модифицированных версий, полученных от различных компонентов распределенной многоуровневой аппаратно-программной системы и последующий анализ на основе поиска эквивалентных функциональных блоков, позволяет осуществить детальный анализ кода программного объекта на наличие полиморфных и метаморфных вирусов. Разработанные методы защиты информации реализованы и используются на определенных уровнях распределенной аппаратно-программной системы. Преимущество применения разработанных методов достигается за счет их поддержки возможностями распределенной системы в локальной сети путем вовлечения в процесс выявления других КС сети.

Ключевые слова: вредоносное программное обеспечение; распределенные аппаратно-программные системы; компьютерные системы; локальная сеть; методы защиты информации; полиморфный вирус; метаморфный вирус.

O. S. Savenko,
Khmelnyskyi National University, Khmelnytskyi

DISTRIBUTED COMPUTER AND SOFTWARE SYSTEM AND METHODS OF PROTECTION OF INFORMATION IN COMPUTER SYSTEMS OF LOCAL NETWORKS

The distributed multi-level hardware-software system and methods of detecting file malware have been developed in the work. In particular, a method of detection in the network, based on two developed methods that construct a behavioral signature and its subsequent analysis for the existence of file malware and breakdown into blocks of the executable program and study it for the presence of a polymorphic and metamorphic virus code. The method for detection in the network is the basis for the organization of the operation of components of a distributed multi-level hardware and software system and allows to organize its work and its component. For a more detailed analysis of software code based on the method to the detection process, other components are involved. The method of detecting file malware based on the dynamic behavior of a signature, by tracking application programming interface (API) calls, can detect other types of virus programs, including new versions of existing viruses. The behavioral signature according to the method is based on critical API calls for malicious activity groups and displays the frequency of their occurrence, as well as the nature of the interaction of critical API functions of the virus program and describes the relationship between critical API functions. This allows you to distinguish virus programs from useful applications not only in the presence of critical API calls, but also in their interaction with each other. The method of detecting polymorphic and metamorphic viruses on the basis of the analysis of functions of obfuscation, the peculiarity of which is the analysis of the program object and its modified versions, derived from the various components of the distributed multi-level hardware and software system, and further analysis based on the search of equivalent functional blocks, which allows for a more detailed analysis. Code of the program object for the presence of polymorphic and metamorphic viruses. The developed methods of data protection are implemented and used at certain levels of the distributed hardware and software system. Advantage of the application of the developed methods is achieved due to their support of the distributed system's capabilities in the local network by involving in the process of detecting other network access points.

Key words: malware; distributed hardware and software systems; computer systems; local area network; information security methods; polymorphic virus; metamorphic virus

Рецензенти: Фісун М. Т., д-р техн. наук, професор;
Давиденко Є. О., канд. техн. наук.

РЕАЛІЗАЦІЯ ЗОВНІШНІХ DSL РЕЛЯЦІЙНОЇ АЛГЕБРИ З ВИКОРИСТАННЯМ ХМАРНОГО СЕРВІСУ IAAS

Проаналізовано основні типи хмарних сервісів. Визначено основних вендерів кожного типу сервісів, досліджено можливості віддаленого підключення та налаштування сервісів, можливість використання сервісів типу IaaS для віддаленого навчання курсу «Реляційна алгебра». Виявлено найбільш оптимальний сервіс для реалізації мови реляційної алгебри, що є частиною загального курсу «Організація баз даних». Реалізовано оператори мови реляційної алгебри на основі технології RESTful API за допомогою мови загального призначення Python.

Ключові слова: хмарні сервіси; IaaS; операційні системи; предметно-орієнтовані мови програмування; DSL; інструменти створення мов програмування; ANTLR; Python.

Вступ. Використання хмарних обчислень у сучасному світі інформаційних технологій (ІТ) стало звичною справою. Однією з переваг хмарних технологій є доступність та наявність ліцензійного програмного забезпечення, що для закладів вищої освіти (ЗВО) є значною перевагою. Наприклад, хмарні сервіси Google використовуються для дистанційного навчання, ведення журналів, віддаленого доступу до методичних матеріалів. Окрім цього, для роботи студентам доступні обчислювальні ресурси, що дозволяє однаково працювати в лабораторії та вдома.

Мета статті. Подальший розвиток методів впровадження технологій хмарних обчислень сервісів IaaS для реалізації зовнішнього DSL реляційної алгебри і використання в навчальному процесі для курсу «Організація баз даних».

Аналіз публікацій. Публікації, що присвячені розгляду хмарних технологій для навчального процесу, присвячені аналізу сервісів офісних технологій (Google Documents, Office 365) або загальних принципів SaaS сервісів [1-2]. У той же час сервісам технології IaaS, присвячено значно менше літератури, але ця технологія широко використовуються у різних напрямках інформаційних технологій: розробка Web-застосунків, робота з СКБД [3].

Хмарні сервіси прийнято ділити на три основні групи: SaaS (Software as a Service, програмне забезпечення як послуга), PaaS (Platform as a Service, платформа як послуга) та IaaS (Infrastructure as a Service, інфраструктура як послуга) [2].

Основний матеріал. Поділ хмарних сервісів обумовлений набором функцій:

– сервіси SaaS – представляють собою окремі програмні засоби, як правило доступні за допомогою Web-браузера (наприклад Google Apps до складу якого входять: редактор документів, календар, сховище даних та ін.).

– PaaS являють собою деяку базу для роботи програмного продукту, доступ до хмарних сервісів такого типу забезпечується в залежності від типу реалізації сервісу. Сервіс PaaS може бути реалізований на принципі створення екземплярів віртуальних машин, але з обмеженими обчислювальними ресурсами, найбільш відомим прикладом такого роду сервісів є Amazon Elastic Beanstalk [4], що дозволяє запуск застосунків на мовах: Java, .NET, PHP, Node.js, Python, Ruby, Go.

– IaaS сервіси, на відміну від попередніх двох груп, надають користувачеві обчислювальні потужності та програмне забезпечення. Ціна сервісів даного типу розраховується виходячи з отриманих апаратних потужностей (тактової частоти процесору, об'єму оперативної пам'яті та замовленого дискового простору) помножених на час використання. У більшості випадків вони реалізуються шляхом створення віртуальних машин (екземплярів) з шаблонних образів.

За принципом дії виді хмарних сервісів мають ієрархію, на основі IaaS можуть бути побудовані PaaS, що мають відносно меншу функціональність, а на їх основі можливо реалізувати SaaS (рис. 1).

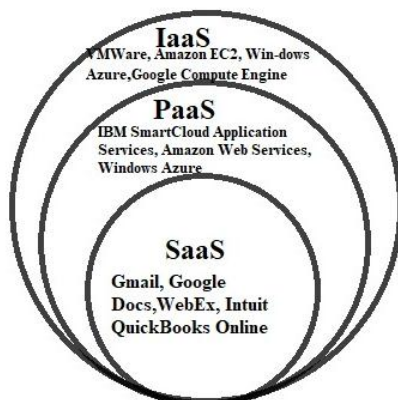


Рис. 1. Відображення ієрархії технологій хмарних сервісів

Створення екземпляру віртуального середовища (Virtual private cloud) за допомогою сервісу типу IaaS дає можливість встановлення будь-яких застосунків для проведення навчального процесу. Використовуючи хмарний сервіс для дисципліни «Організація баз даних» можливо використати будь-яку реляційну СКБД та працювати з однаковими ресурсами у лабораторії університету та вдома.

Використання хмарного сервісу IaaS для навчальних цілей супроводжується рядом проблем: вартість використання ресурсів, налаштування операційних си-

стем у віртуальному середовищі, налаштування інфраструктури мережі та протоколів віддаленого доступу.

Одним з найбільш відомих вендорів хмарних технологій є google, що дозволяє використання сервісу Google Compute Engine [5] безкоштовно протягом року. Такий безкоштовний період є оптимальний для використання у навчальних цілях. Протягом року студент зможе створити та налаштувати віртуальне середовище для роботи з СКБД на хмарному сервісі.

Хмарний сервіс Google Compute Engine дозволяє створювати та контролювати екземпляри віртуальних машин за допомогою браузеру (рис. 2).

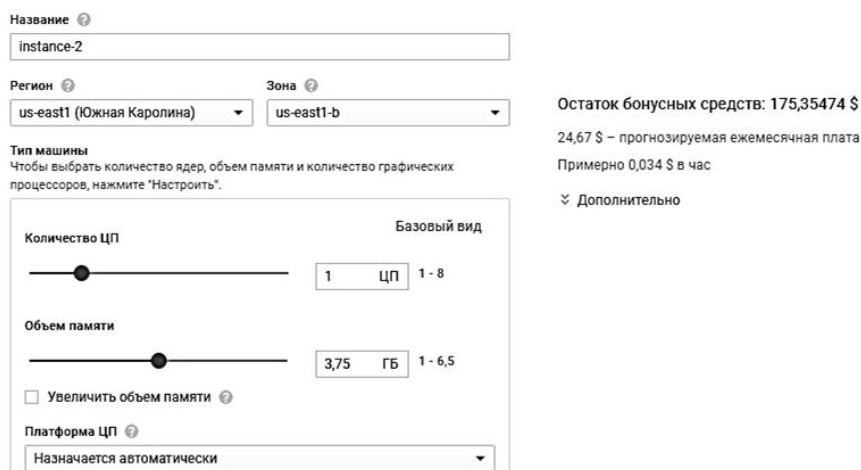


Рис. 2. Вікно створення екземпляру віртуальної машини

Google Compute Engine при створенні нових екземплярів віртуального середовища дозволяє обрати апаратні ресурси, що необхідно задіяти. Першим ресурсом є сервер, на якому буде розміщено екземпляр. Цей параметр впливає на якість мережевого з'єднання. Після налаштування регіону розміщення користувач може встановити кількість віртуальних центрального процесору (ЦП) від 1 до 8, тактова частота залежить від технології. Налаштувавши необхідні ресурси віртуального центрального процесору, користувач може встановити об'єм оперативної пам'яті, що доступна в діапазоні від 3,6 до 26 Гб. За необхідності може збільшити об'єм оперативної пам'яті (більше 26 Гб), при цьому він має підключити спеціалізовані тарифні плани. На відміну від схожих сервісів користувач може обрати тип платформи віртуального ЦП. При цьому доступні три технології: intel skylake,

intel broadwell, intel haswell. Додатково користувач може підключити відео процесор: NVIDIA Tesla P100 та NVIDIA Tesla P100 virtual Workstation.

Налаштувавши апаратні ресурси, користувач має обрати операційну систему (ОС), на якій буде працювати екземпляр. Доступні різні варіанти дистрибутивів на ядрі Linux: Debian GNU/Linux 9, CentOS, CoreOS, Ubuntu 14-18, Red Hat Enterprise Linux, SUSE Linux Enterprise Server. Окрім того, доступно кілька варіантів ОС на ядрі Windows: Windows Server version 1709 Datacenter Core for Containers, Windows Server 2008 R2 Datacenter, Windows Server 2012 R2 Datacenter, Windows Server 2016 Datacenter.

Важливим фактором, при інтеграції в навчальний процес хмарного сервісу є його вартість. Навіть при пробному використанні Google Compute Engine за час використання екземплярів віртуальних середовищ

знімається абонплата, але кожен користувач отримує можливість використання послуг на суму до 300 \$ на час пробного періоду. Кожен параметр впливає на розмір щомісячної абонплати користувача, що при створенні нового екземпляру відображається праворуч від опцій екземпляру (рис. 2).

Використання ядра Linux, а саме дистрибутиву Debian, дозволить скоротити розмір абонплати користувача та отримати необхідне для проведення дисципліни «Організація баз даних» програмне забезпечення.

Процес встановлення операційної системи проводиться автоматично без необхідності підключення користувача. Після етапу встановлення ОС користувач

може налаштувати віртуальну локальну мережу: встановити постійну IP адресу, що зберігатиметься при перезавантаженні екземпляру (дана опція збільшить розмір абонплати), додати правила безпеки у розділі «Мережі VPC» для роботи окремих мережевих портів.

Виконавши попередні кроки, користувач отримує повністю готове до роботи віртуальне середовище. Використавши у якості ОС дистрибутив Debian, користувач може підключитись, використовуючи протокол SSH. Google Compute Engine дозволяє користувачу підключитись до створеного екземпляру, використовуючи браузер (рис 3).

```
Connected, host fingerprint: seh-rsa 2048 AF:A0:09:36:56:11:69:CD:BA:89:E7:51:34
:A1:33:4B:23:03:F6:C9:52:E3:B2:B5:1F:5C:C3:91:FS:E8:DS:EB
Linux channu-test1 4.9.0-6-amd64 #1 SMP Debian 4.9.88-1+deb9u1 (2018-05-07) x86_64

The programs included with the Debian GNU/Linux system are free software;
the exact distribution terms for each program are described in the
individual files in /usr/share/doc/*/copyright.

Debian GNU/Linux comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent
permitted by applicable law.
Last login: Tue Jun 19 19:52:25 2018 from 74.125.74.164
ihor_kandyba@channu-test1:~$
```

Рис. 3. Інтерфейс підключення до віртуального середовища SSH.

Отримавши робоче середовище, до якого можливо отримати доступ з будь-якого місця, де наявне підключення до мережі Інтернет, студент може почати роботу з СКБД. За допомогою вбудованого менеджера керування пакетами. Можливе встановлення наступних СКБД: MySQL, Oracle Database, Postgres, Ingres, Mbase, SQLite.

Важливим елементом вивчення дисципліни «Організація баз даних» є дослідження реляційної алгебри, як теоретичної мови маніпулювання відношеннями в реляційній моделі даних.

((TABLE1 minus TABLE2) where TABLE1.ATR1 = «good» and TABLE2.ATR4 > 120)
union TABLE3) [ATR1, ATR2, ATR3, ATR4];

У цьому виразі послідовність дій наступна: першою виконується дія віднімання (оператор minus), над отриманим відношенням виконується вибірка (where), після якої виконується об'єднання (union) з таблицею/відношенням TABLE3, після чого виконується проекція ([..]) відповідних атрибутів (ATR1, ATR2, ATR3, ATR4).

Зважаючи на специфіку використання мови реляційної алгебри, її можна віднести до предметно-орієнтованих мов програмування або DSL (Domain-specific Language). Реалізація цього класу мов програмування можлива двома шляхами: використанням засобів мови загального призначення - метод «вільний інтерфейс» (fluent interface), що базується на підході використання ланцюгу виклику методів (Method Chaining), та шляхом створення зовнішнього API з реалізацією лексичних та синтаксичних аналізаторів. Наведені методи відрізняються у корні, при використанні засобів мови загального призначення розробник обмежений цією мовою та не може переносити розроблений код на іншу мову без кардинальних змін, а у випадку реалізації предметно-орієнтованої мови програмування (DSL) у вигляді окремих API забезпечує деякий рівень автономності [6]. Реалізуючи мову ре-

ляційної алгебри підтримує два класи операторів: створення й введення даних, аналогічні операторам (CREATE TABLE, INSERT та ін.) та безпосередньо маніпулювання даними: INTERSECT, UNION, MINUS, INNER/LEFT/RIGHT JOIN, DIVIDE BY, WHERE та ін., що запропоновані в [7]. Ця мова підтримує пріоритетність операторів, а використання дужок дозволяє змінювати пріоритет та формувати декілька рівнів вкладеності. Наведемо приклад одного з можливих виразів маніпулювання з таблицями реляційної БД.

ляційної алгебри у вигляді RESTful API, зникає необхідність прив'язуватись до певної мови програмування загального призначення, адже дана технологія підтримується більшістю сучасних мов програмування: python, java, C++, GO, PHP та ін.

На першому етапі інтерпретації DSL, що реалізуються у вигляді окремих API, мають пройти стадію лексичного аналізу. Дана стадія полягає у виділенні токенів та визначенні їх типу. Створення лексичних аналізаторів можливе шляхом написання безпосередньо програмного коду або шляхом генерації вихідного коду спеціалізованими засобами. Більшість інструментів для автоматичної генерації аналізаторів будується на основі заданих розробником правил, що, у свою чергу, значно зменшує об'єм початкового коду та затрати часу на розробку алгоритму роботи, а це, в свою чергу, дозволяє зменшити необхідний на розробку час.

Серед засобів створення лексичних аналізаторів виділяють наступні:

– **Lex** – вважається стандартним генератором лексичних аналізаторів у UNIX подібних ОС. Цей інструмент працює разом з генератором синтаксичних правил YACC;

– **JLanguageTool** – спеціалізований набір інструментів для генерації лексичних аналізаторів на мові Java. У якості прототипу правил використовує файл формату *.XML;

– **ANTLR (ANother Tool for Language Recognition)** – набір інструментів для побудови LL-аналізаторів, розроблений на мові Java. Основною задачею ANTLR є генерація вихідного коду аналізаторів на мовах загального призначення. Підтримуються наступні мови загального призначення: C++, Java, C#, Python, Ruby, PHP [8];

– **JetBrains MPS (metaprogramming system)** – середовище, що реалізує парадигму мовно-орієнтованого програмування. Являє собою середовище для розробки мов програмування та одночасно середовище для роботи у розроблених мовах програмування. Процес створення мов програмування у даному середовищі має декілька етапів: побудова правил для аналізаторів, побудова правил для компілятора та побудова правил для роботи у графічному середовищі. Вибір мов загального призначення, на яких може базуватись розроблена мова, обмежений: C++, Java, JavaScript.

З перерахованих інструментів варто виділити ANTLR, що має ряд переваг: синтаксично правила для побудови генераторів схожі на правила БНФ та використовуються для одночасної побудови лексичного та синтаксичного аналізаторів. Отримані таким чином генератори представляють собою окремі класи для мови загального призначення. Вони надають ши-

рокий вибір мов загального призначення та наявність графічного середовища для створення граматик [9]. Наприклад, при використанні цього інструменту для реалізації мови реляційної алгебри оператор проєкції матиме наступний вигляд:

```

prsrserProjection
:projection_stmt{self.SetTypeOfOper(«Projection»)}EOF;
projection_stmt
:table_name {self.SetTableFirst($table_name.text)}{'
listOfFields {self.SetListsField($listOfFields.text)} '};
fieldName
: IDENTIFIER;
listOfFields
:fieldName (' , ' fieldName)*;
IDENTIFIER
:[a-zA-Z_] [a-zA-Z_0-9]*;
    
```

Правила ANTLR допускають використання в середині операторів мови загального призначення, що виділяються операторними дужками. У якості мови загального призначення використано Python.

Python – об'єктно-орієнтована мова загального призначення з динамічною типізацією. Дана мова для роботи використовує інтерпретатор, що в свою чергу забезпечує легку переносність розробленого застосунку на різні ОС. Значною перевагою мови Python є можливість використання спеціалізованого типу колекцій (tuple) – кортежу, що являє собою аналог кортежам у реляційній алгебрі (рис 4).

Title	CHAR	Type	CHAR	KEY	INTEGER
роза		квіти			1

Рис. 4. Схематичне зображення кортежу реляційної алгебри

Окрім використання мови загального призначення для реалізації мови реляційної алгебри необхідно використати систему керування базою даних (СКБД), для реалізації можливості маніпуляції відношеннями. Мова загального призначення Python підтримує можливість роботи з різними СКБД: MySQL, SQLite, PostgreSQL та реалізації об'єктно-реляційного відображення (ORM).

Серед доступних СКБД найбільш оптимальним є SQLite. Ця система керування базами даних, що представлена у вигляді окремих бібліотек та не має окремого серверу [10-11]. Перевагою використання даної СКБД є можливість перенесення створеної бази даних на локальний комп'ютер шляхом простого копіювання та наявність реалізованих операцій реляційної алгебри.

Створення RESTful API мови реляційної алгебри на основі мови Python потребує наявності додаткового інструменту, що забезпечить можливість виконання WEB-запитів до за стосунку, розміщеному на хмарному сервісі типу IaaS. Найбільш розповсюдженим засобом створення RESTful API для Python є Flask.

Flask представляє собою «мікрофреймворк». По суті не великий набір бібліотек для реалізації веб-розробки на мові Python. Не зважаючи на невеликий фу-

нкціонал, Flask має усі необхідні інструменти для реалізації RESTful API.

Реалізація запиту методом GET не потребує великих об'ємів коду. Підключення порту для віддаленого доступу та налаштування доступних інтерфейсів потребує лише створення спеціального об'єкту Flask, а для запуску створюється окремий потік, що запускається методом **run()**. Отже, для запуску WEB серверу з підключеними аналізаторами та можливості передачі даних методом GET код виглядатиме наступним чином:

```

from flask import Flask, redirect, url_for, request
from antlr4 import *
from REAL_MinusLexer import REAL_MinusLexer
from REAL_MinusParser import REAL_MinusParser
app = Flask(__name__)
@app.route(«/real», methods= ['GET'])
def q():
    query = request.args.get('query')
    lexer = REAL_MinusLexer(query)
    stream = CommonTokenStream(lexer)
    parser = REAL_MinusParser(stream)
    parser.Starts()
    return rez
if __name__ == «__main__»:
    app.run(host= '0.0.0.0')
    
```

Застосунки, що розроблюються на основі об'єктно-орієнтовного підходу, як правило, мають складну структуру. Для підключення генерованих

аналізаторів та використання Flask розроблено наступну діаграму класів (рис 5):

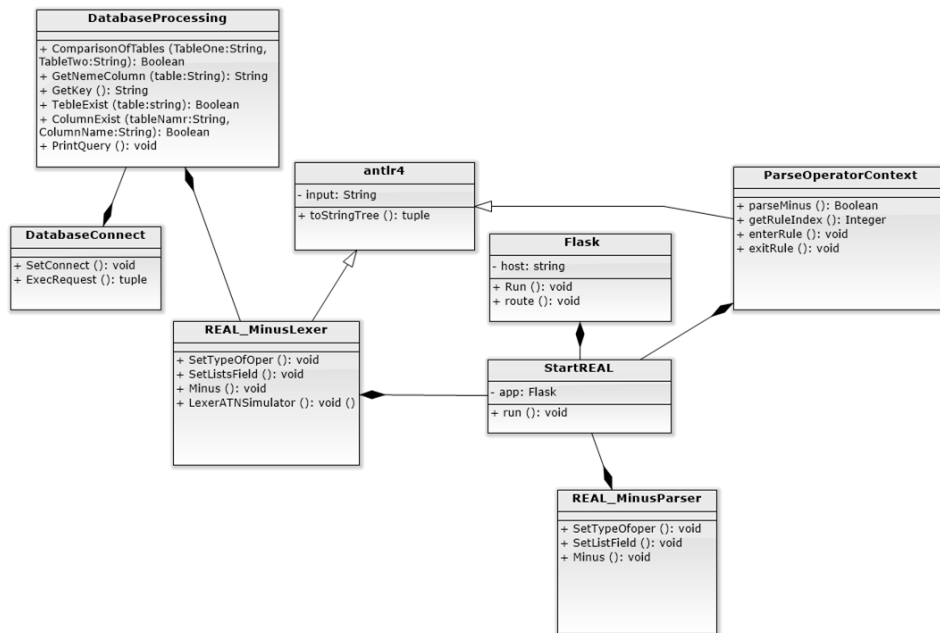


Рис. 5. Діаграма класів застосунку API мови реляційної алгебри

Використання Flask надає можливість реалізувати RESTful API на основі WEB-запитів, наприклад у вигляді GET-запиту. Даний тип запиту вимагає передачі даних у рядку адреси, що, в свою чергу, дозволяє використати розроблене API у браузері.

Застосунок потребує наявності бази даних. Для тестового виконання оператора «minus» створено дві таблиці з полями key і Title (рис 6).

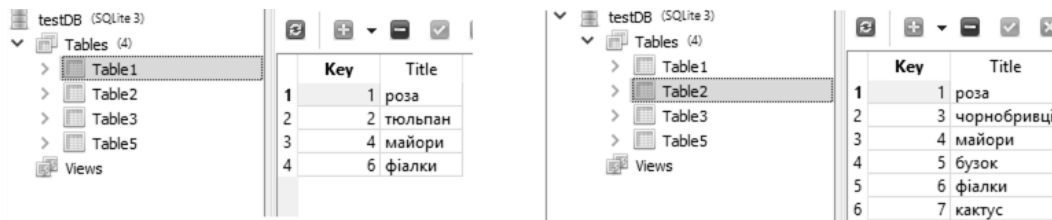


Рис. 6. Тестова таблиця у СКБД SQLite

RESTful API потребує можливості виводу отриманих даних. Ця можливість реалізована шляхом підк-

лючення додаткової змінної «Type», запит на мові SQL та результат запиту (рис 7, 8).



Рис. 7. Виведення запиту SQL

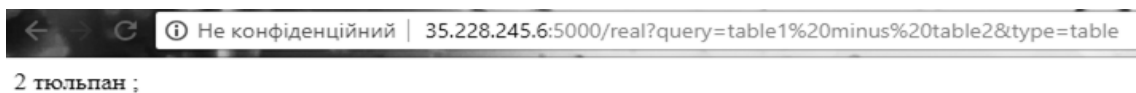


Рис. 8. Результат віднімання table1 від table2 у вигляді даних з БД

Використання розробленого RESTful API у якості зовнішнього API потребує підключення спеціалізованих об'єктів. В Python, наприклад, таким об'єктом є urllib. Метод для виконання запиту ваглядає наступним чином:

`urllib.urlopen(«http://35.228.245.6:5000/real?query=table2 minus table1 &type=que»)`
 А результат запиту виводиться у консоль Python (рис. 9).

```
kio@chmnu-test1: ~
kio@chmnu-test1:~$ python testReq.py
SELECT table2.Key, table2.Title, table1.Title, table1.Title FROM table2 LEFT JOIN
table1 ON table2.Key = table1.Key WHERE ((table1.Title) Is Null);
```

Рис. 9. Використання розробленого API

Висновки та перспективи подальших досліджень. Шляхом аналізу ринку хмарних технологій визначено три основні категорії послуг, що надаються. Досліджено можливості кожної категорії. Обрано найбільш підходящий сервіс для застосування в навчальному процесі, а саме для проведення занять з дисципліни «Організація баз даних» - сервіс типу IaaS: Google Compute Engine.

Продемонстровано основні можливості налаштування віртуального середовища для проведення занять студентів. Визначено оптимальні параметри апаратного забезпечення, що надає сервіс Google Compute Engine.

Розроблено застосунок для інтерпретації мови реляційної алгебри, що є частиною курсу «Організація баз даних». Розроблений застосунок являє собою інтерпретатор зовнішньої предметно орієнтовної мови на основі технології RESTful API. Мовою загального призначення, на якій працює розроблений DSL, є Python, що реалізує ще й можливість використання WEB-запитів.

Планується використати розроблений DSL для проведення навчального процесу дисципліни «Організація баз даних».

Список використаних джерел

1. Соколова Т. Н., Дёмина А. В. «Использование облачных сервисов в образовательном процессе» Информационная безопасность регионов № 2 (13), 2013, pp. 14–16
2. Шекербекова Ш.Т., Несипкалиев У. Возможности внедрение и использование облачных технологий в образовании // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 6–1. – С. 51–55;
3. Довгаль В. А. «Анализ основных современных направлений развития облачных технологий e-Learning» Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4 : Естественно-математические и технические науки, no. 3 (166), 2015, pp. 131–136.
4. Jurg van Vliet, Flavia Paganelli, Steven van Wel, Dara Dowd. Elastic Beanstalk, O'Reilly Media, 2011 – 88 с.
5. Legorie Rajan PS Google Cloud Platform Cookbook, Packt Publishing, 2018. – 280 p.
6. Фаулер Мартин. Предметно-ориентированные языки программирования : Пер. с англ. М. : ООО «И.Д. Вильямс», 2011. – 576 с
7. Дейт К. Дж. Введение в системы баз данных. – Киев*Москва : Диалектика, 1998. – 787 с.
8. Теренс Парр. The Definitive ANTLR 4 Reference. – Pragmatic Bookshelf, 2011. – 322 p.
9. Фісун М. Т., Кандиба І. О. Використання програмної системи ANTRL для створення мови реляційної алгебри // The eleventh International Scientific-Practical Conference. INTERNET-EDUCATION-SCIENCE – 2018. Proceedings. – Ukraine Vinnytsia, 22–25 May, 2018. – pp. 287–288.
10. Jay A Kreibich. Using SQLite : O'Reilly Media, 2010 – Sebastopol, California, 2010 – 530.
11. Фісун М. Т. Кандиба І. О. Застосування об'єктно-орієнтованого підходу до зберігання даних у операційній системі android. Наукові праці : науково-методичний журнал. – Вип. 296. Т. 308. Комп'ютерні технології. – Миколаїв : Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2017. – С. 53–57.

Н. Т. Фісун, Ю. А. Нездолий, І. А. Кандиба,
ЧНУ ім. Петра Могили, г. Николаев

РЕАЛИЗАЦИЯ ВНЕШНИХ DSL РЕЛЯЦИОННОЙ АЛГЕБРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБЛАЧНЫХ СЕРВИСОВ IAAS

Проанализированы основные типы облачных сервисов. Определены основные вендоров каждого типа сервисов, исследованы возможности удаленного подключения и настройки сервисов, возможность использования сервисов типа IaaS для удаленного обучения курса «Реляционная алгебра». Выявлены наиболее оптимальный сервис для реализации языка реляционной алгебры, является частью общего курса «Организация баз данных». Реализовано операторы языка реляционной алгебры на основе технологии RESTful API с помощью языка общего назначения Python.

Ключевые слова: *облачные сервисы; IaaS; операционные системы; предметно-ориентированные языки программирования; DSL; инструменты создания языков программирования; ANTLR; Python.*

М. Т. Fisun, Yu. O. Nezdoliy, I. O. Kandyba,
Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv

IMPLEMENTATION OF EXTERNAL DSL OF RELATIONAL ALGEBRA USING CLOUD SERVICE IAAS

This article is devoted to the development of DSL (Domain-specific language) of a relational algebra's language.

Nowadays, cloud technologies are increasingly used in various fields of industrial software development, one of which is the work with databases. That is why working with the cloud technologies in teaching the course «Organization of databases» is advisable and creates additional prospects.

One of Google's most famous Google Compute Engine cloud services is discussed in details. This service is attractive for use in today's institution of higher education what with a pricing policy, wide range of technical features and ease of use.

On account of relational algebra is a subject-oriented programming language, the author mentions the application of two methods for implementing this class of languages:

- «free interface» (fluent interface);
- construction of an external API with the implementation of lexical and syntactic analyzers,

the last of which is universal and can be adapted to many platforms.

In the implementation of the language of relational algebra in the form of RESTful API there is no binding to a specific general-purpose programming language. This technology is supported by most programming languages: Python, Java, C++, GO, PHP, etc.

In conclusion, the implementation of the language operators for the relational algebra, based on the RESTful API with the help of Python, SQLite database management system (DBMS) SQLite and the Flask's framework is revealed. A functional of a Flask has all the necessary tools for realization the API in the form of WEB-requests.

Key words: cloud services; IaaS; operating systems; object-oriented programming languages; DSL; programming language development tools; ANTLR; Python.

Рецензенти: Коваленко І. І., д-р техн. наук, професор;
Швед А. В., канд. техн. наук.

© Фісун М. Т., Нездолій Ю. О., Кандиба І. О., 2018

Дата надходження статті до редколегії 20.11.2018

Потєха В. Ю.,
бакалавр,
e-mail: vladislavpoteha@gmail.com,
Дікусар К. В.,
старший викладач,
e-mail: semuella@gmail.com,
Ступень П. В.,
канд. техн. наук., доцент,
e-mail: stek2000@gmail.com
Гнатенко В. Ю.,
старший викладач
e-mail: hnatenko@ori.ua
ОНПУ, м. Одеса

СИСТЕМА КЛІМАТ-КОНТРОЛЬ ДЛЯ МОБІЛЬНИХ ПЛАТФОРМ

В статті розглянуто інноваційне рішення для рухомих об'єктів для забезпечення комфорту водія і як наслідок безпеки руху. Важливим питанням в роботі оператора на мобільній платформі є створення комфортних умов. Це потребує розробки власної системи клімат-контролю рухомої платформи старих випусків, що забезпечить її доступність та низьку вартість за рахунок невеликої кількості компонентів. Така система створена на базі мікроконтролеру ATmega 16 та цифрових датчиків температури (DS18B20) та вологості (DHT22). Система керує включенням кондиціонера, швидкістю та напрямом повітря, що задається користувачем, а також відображає на дисплеї напругу бортової мережі, температуру навколишнього середовища, температуру і вологість в салоні. Розроблено програмне забезпечення для управління кліматичною установкою та проведено моделювання функціонування пристрою.

Ключові слова: клімат-контроль; система керування; мобільна платформа; кондиціонер; температура; вологість; апаратне забезпечення; програмне забезпечення; моделювання пристрою.

Сучасні умови розвитку суспільства вимагають створення комфортних умов для робітників. Напружена робота оператора на мобільній платформі вимагає створення таких умов, оскільки складні температурні та інші характеристики середовища або ускладнюють, або об'єднують оперативність керування. Узагальнене поняття мобільна платформа відносимо до будь якого рухомого об'єкту: трактор, комбайн, екскаватор, автомобіль та ін. Слід відмітити, що ці рухомі об'єкти старих випусків, оскільки сучасні машини вже мають системи клімат-контролю для створення комфортних умов для оператора [1].

Клімат контроль – це високотехнологічна система, прообразом якої став кондиціонер. Вона складається з великої кількості елементів: опалювальної системи, датчиків, кондиціонера, системи фільтрації, а також електронного блоку управління [2; 3].

Система управління мікрокліматом призначена для створення комфортних умов для оператора. Вона підтримує температуру повітря в салоні рухомого об'єкта в межах діапазону, який найбільш зручний

для людей. Комфортна температура допомагає водієві зберігати пильність і бути уважним. Визначення ідеального показника безпосередньо залежить від зовнішніх кліматичних умов.

Сучасний розвиток мікроелектроніки дозволяє побудувати просту, компактну та автоматичну систему для будь якої платформи. Власникові системи клімат-контролю з авторегулюванням потрібно встановити необхідну температуру по своєму бажанню. Після цього всю іншу роботу по настройці і регулюванню виконує пристрій на базі мікропроцесора, спираючись на показники численних датчиків. Безумовно, при бажанні власник такої системи може зробити налаштування і в ручному режимі на свій розсуд.

Система клімат-контролю об'єднує кліматичну установку і систему управління. Типова кліматична установка, в свою чергу, включає конструктивні елементи систем опалення, вентиляції та кондиціонування, в тому числі радіатор опалення, вентилятор повітря та кондиціонер, що складається з випарника, компресора, конденсатора і ресивера, рис. 1 [4].

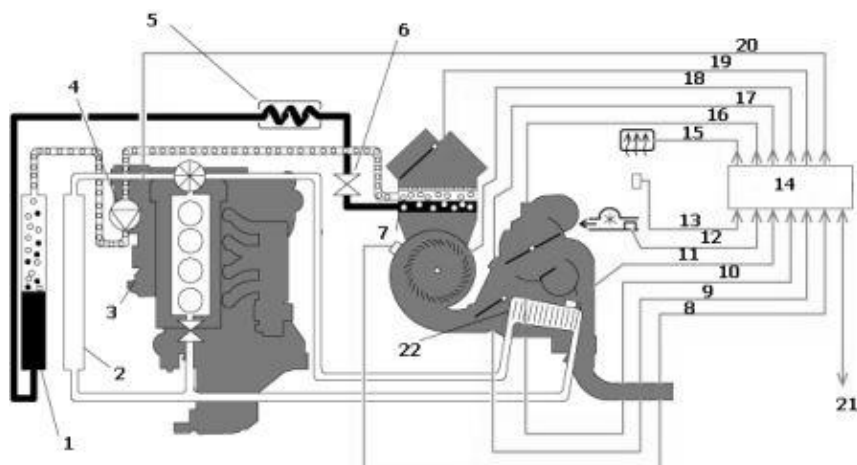


Рис. 1. Схема системи клімат-контролю

- 1 – конденсатор, 2 – радіатор, 3 – двигун, 4 – компресор, 5 – ресивер, 6 – клапан управління потоком, 7 – випарник, 8 – датчик температури зовнішнього повітря, 9 – потенціометр заслінки, 10 – потенціометр заслінки, 11 – датчик температури змішаного повітря, 12 – датчик вихідний температури, 13 – датчик рівня сонячного випромінювання, 14 – електронний блок управління, 15 – електричний нагрівач заднього скла, 16 – заслінка припливного повітря, 17 – заслінка температурного регулювання, 18 – електродвигун вентилятора, 19 – клапан управління рециркуляцією, 20 – муфта приводу компресора, 21 – панель управління, 22 – обігрівач.

Управління кліматичної установкою здійснює відповідна система. Основними елементами цієї системи є вхідні датчики, блок управління і виконавчі пристрої [5; 6].

Вхідні датчики вимірюють відповідні фізичні параметри і перетворюють їх в електричні сигнали. До вхідних датчиків системи управління відносяться датчики температури зовнішнього повітря, вихідної температури, сервоприводи заслінок, температури випарника, тиску в системі кондиціонування.

Кількість датчиків вихідної температури визначається конструкцією системи клімат-контролю. До датчику вихідної температури може бути доданий датчик вихідний температури у дефлекторах.

Потенціометри заслінок фіксують поточний стан повітряних заслінок. Датчики температури випарника і тиску забезпечують роботу системи кондиціонування.

Електронний блок управління приймає сигнали від датчиків і відповідно до закладеної програми формує керуючі впливи на виконавчі пристрої.

До виконавчих пристроїв відносяться приводи заслінок і електродвигун вентилятора припливного повітря, за допомогою яких створюється і підтримується заданий температурний режим. Заслінки можуть мати механічний або електричний привід. У конструкції кліматичної установки можуть застосовуватися такі заслінки: заслінка припливного повітря; центральна заслінка; заслінки температурного регулювання (в системах з 2-ма і більше зонами регулювання); заслінка рециркуляції; заслінки для відтавання стекол.

Система клімат-контролю забезпечує автоматичне регулювання температури в салоні в межах 18–30°C.

Бажане значення температури встановлюється за допомогою регуляторів на панелі керування. Сигнал від регулятора надходить в електронний блок управління, де активується відповідна програма. Відповідно до встановленого алгоритму блок управління обробляє сигнали вхідних датчиків і задіє необхідні виконавчі пристрої. Задана температура підтримується автоматично.

Повітря яке потрапляє в салон, проходить через радіатор опалення і нагрівається теплом охолоджуючої рідини. Ступінь нагрівання повітря регулюється центральною заслінкою (заслінками температурного регулювання) шляхом змішування холодного і гарячого повітря. При необхідності вмикається кондиціонер. Кондиціонер видаляє зайве тепло і вологу з салону.

Тому метою статті є інноваційне рішення за рахунок створення власної системи клімат-контролю рухомої платформи з найменшим числом різних компонентів, так як майже всі функції здатний реалізувати мікроконтролер.

Аналіз початкових даних показав, що систему клімат-контролю платформи слід створити на базі мікроконтролера ATmega 16 та цифрових датчиків температури та вологості DS18B20 та DHT22.

Система повинна керувати швидкістю повітря задану користувачем та його напрямком. Керувати включенням кондиціонеру. Вимірювати напругу бортової мережі, температуру навколишнього середовища, температуру і вологість в салоні та відобразити на дисплеї. Діапазон керуючих температур 18–30 градусів по Цельсію, живлення приладу у діапазоні 11.5–14.3 вольта. Користувач може вибрати як автоматичний так і ручний режим управління мікроклімату. Система повинна постійно зчитувати температури з датчиків, виводити їх на дисплей та коректувати положення заслінок, вмикати кондиціонер, слідкувати за системою у цілому.

Головним пристроєм клімат-контролю є мікроконтролер ATmega 16A. Він проводить основні обчислення, опитування датчиків температури DS18B20 і DHT22, та стану кнопок, обробляє всі отримані дані та на дисплей виводить інформацію про температуру: навколишнього середовища, салону та кондиціонеру. Крім того інформацію про напругу бортової мережі, режим роботи, швидкість вентиляції. Здійснює керування сервоприводами № 1 та № 2, блоком реле, та відправляє команду регістру зсуву на індикацію. Структурна схема пристрою зображена на рис. 2. [7; 8].

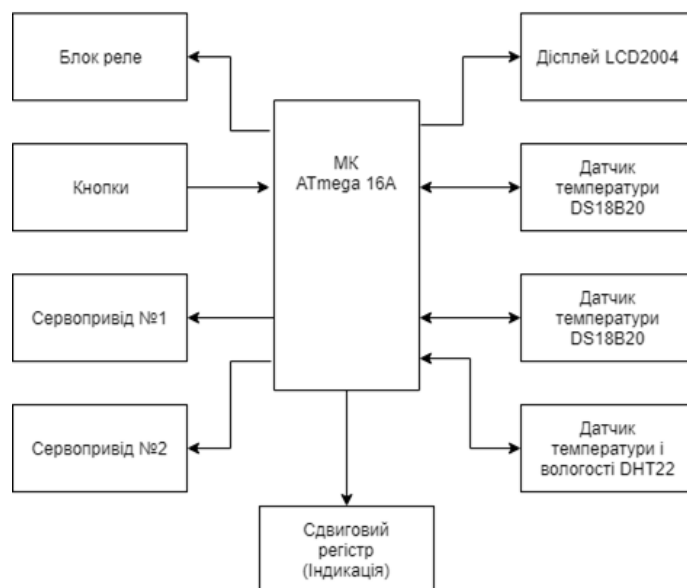


Рис. 2. Структурна схема пристрою

Керування пристроєм виконано теж на мікроконтролері АТmega16.

Для індикації обраного режиму напряму обдува, та активності роботи кондиціонера необхідно вмикати певний світлодіод. Але в ситуації коли не вистачає виходів мікроконтролера, в більшості випадків проблему можна вирішити використовуючи реєстр зсуву 74НС595. Між виходами реєстра і входами індикатора необхідно встановити обмежуючі резистори опором 280 Ом

Для керування інтенсивністю обдува і увімкненням кондиціонеру необхідно використовувати блок реле. Для підключення навантаження до мікроконтролеру найкраще підійде ULN2003А.

Кожна мікросхема серії ULx200xA з семи складових транзисторів Дарлінгтона з виходами підключеними по схемі із загальним колектором. Також до виходів підключені захисні діоди, для можливості перемикання індуктивного навантаження.

Мікросхеми серії ULN2002А розраховані на роботу з МОП структурами з р-каналом при напрузі від 4 В до 25 В. До кожного входу матриці підключений стабілітрон і резистор для обмеження максимального струму до безпечного рівня. У мікросхемах серії ULx2003А є резистор 2.7 кОм в ланцюзі бази складеного транзистора для роботи безпосередньо з ТТЛ або 5 В КМОП логікою.

DHT-22 – це цифровий датчик температури і вологості. Він використовує полімерний емнісний датчик вологості і датчик DS18B20 для вимірювання навколишнього повітря, і видає цифровий сигнал.

Для зчитування показників температур обраний цифровий датчик DS18B20. Це цифровий вимірювач температури, з дозволом перетворення 9–12 розрядів і функцією тривожного сигналу контролю за температурою. Параметри контролю можуть бути задані користувачем і збережені в енергонезалежній пам'яті датчика. DS18B20 обмінюється даними з мікроконтролером однопрвідною лінією зв'язку, використовуючи протокол інтерфейсу 1-Wire.

Живлення датчик може отримувати безпосередньо від лінії даних, без використання зовнішнього джере-

ла. В цьому режимі живлення датчика походить від енергії, запасеної на паразитній ємності.

Діапазон вимірювання температури становить від -55 до +125°C. Для діапазону від -10 до +85°C похибка не перевищує 0,5 °C.

У кожній мікросхемі DS18B20 є унікальний серійний код довжиною 64 розряду, який дозволяє декільком датчикам підключатися на одну загальну лінію зв'язку. Тобто через один порт мікроконтролера можна обмінюватися даними з декількома датчиками, розподіленими на значній відстані. Режим вкрай зручний для використання в системах екологічного контролю, моніторингу температури в будівлях, вузлах устаткування.

Виміряні температури та значення параметрів користувача зручно виводити LCD дисплей 20x4 символів. Для керуванням електродвигуном повітря, та електромуфтою кондиціонера необхідно використовувати силове реле, для керування заслінки напрямку та температурної заслінки слід використовувати аналоговий сервопривід.

Аналоговий сервопривід Power HD – привід з управлінням через негативний зворотний зв'язок, що дозволяє точно керувати параметрами руху. Слід відмітити, що сервоприводом є будь-який тип механічного приводу (пристрої, робочого органу), що має в складі датчик (положення, швидкості, зусилля і т. д.) та блок управління приводом (електронну схему або механічну систему тяг), автоматично підтримує необхідні параметри на датчику відповідно до заданого зовнішнього значення.

Для управління розроблено програмне забезпечення. Алгоритм роботи мікроконтролера наведено на рис. 3, а на рис. 4 в якості приклада показано Алгоритм підпрограми «Коректування статусу заслінки температури».

Підпрограма починається з порівняння температури салону і заданої температури. В результаті порівняння обирається алгоритм: нагрівання або охолодження. Крім того необхідно визначити оптимальну температуру повітря у дефлекторі, до якої необхідно наблизитися. Доцільно ввести допустиму похибку та перевірку на її величину.

Для перевірки програмного забезпечення використовувалась програма-симулятор Proteus для симулювання роботи схем в реальному часі. Це досить багатофункціональна програма для симуляції різних схем. Власне до складу Proteus'a входять програми з назвами ISIS (програма-симулятор) і ARES (трасування друкованих плат), в якій розведення плат можна трасувати автоматично, по заздалегідь складеною схемою в ISIS. На рис. 5 наведено схему пристрою для моделювання її функціонування.

В результаті моделювання побудовано систему клімат-контролю для мобільних платформ різного призначення. Результати симуляції та спробої експлуатації підтвердили закладені показники на етапі побудови.

Розроблена інноваційна система управління кліматичною установкою мобільної платформи різноманітного призначення, що включає в себе контроль над всіма параметрами, а саме: температуру, вологість, оптимальні параметри напрямку руху повітря та його швидкість. Проаналізовано алгоритми автоматичного керування системою кліматичної установки.

Багатьом користувачам, які не мають системи клімат-контролю в салоні платформи, ця типова промислова система недоступна, у зв'язку з великою вартістю даних систем. Дана розробка є інноваційним рішенням і вирішує цю проблему, та направлена на можливість виробництва систем клімат-контролю для цих платформ.

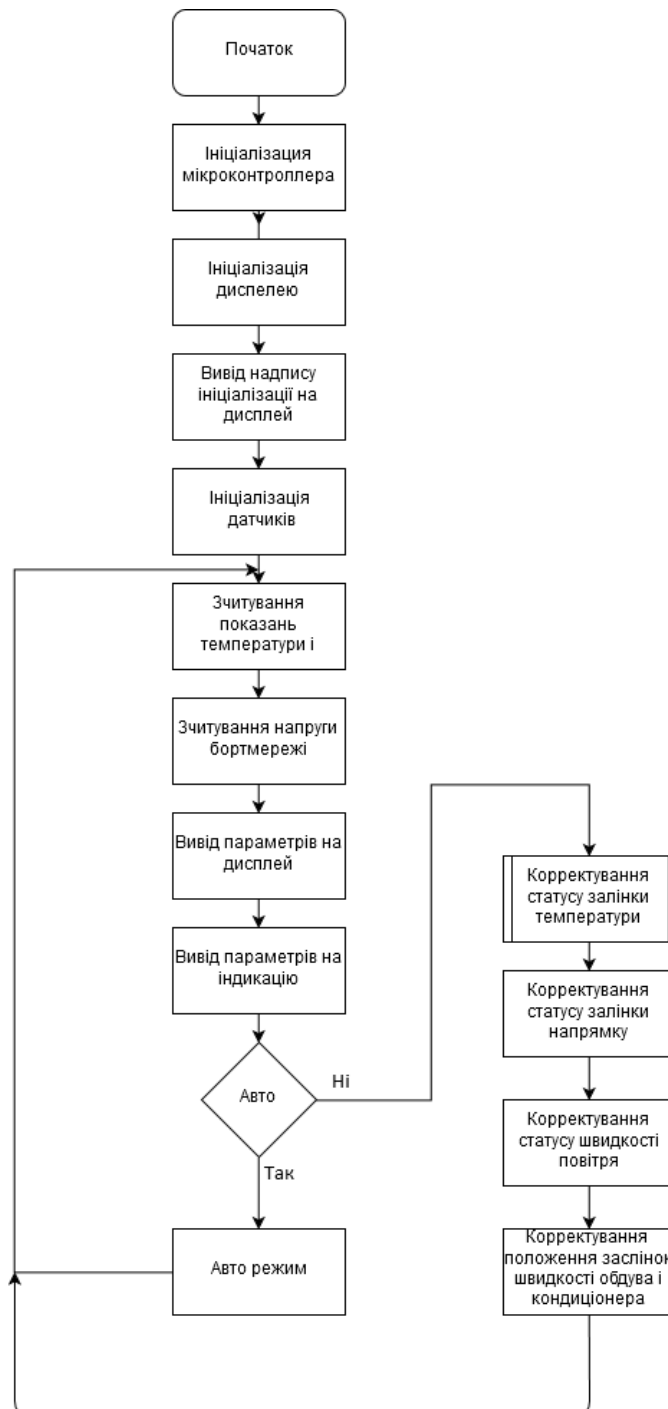


Рис. 3. Алгоритм роботи програми

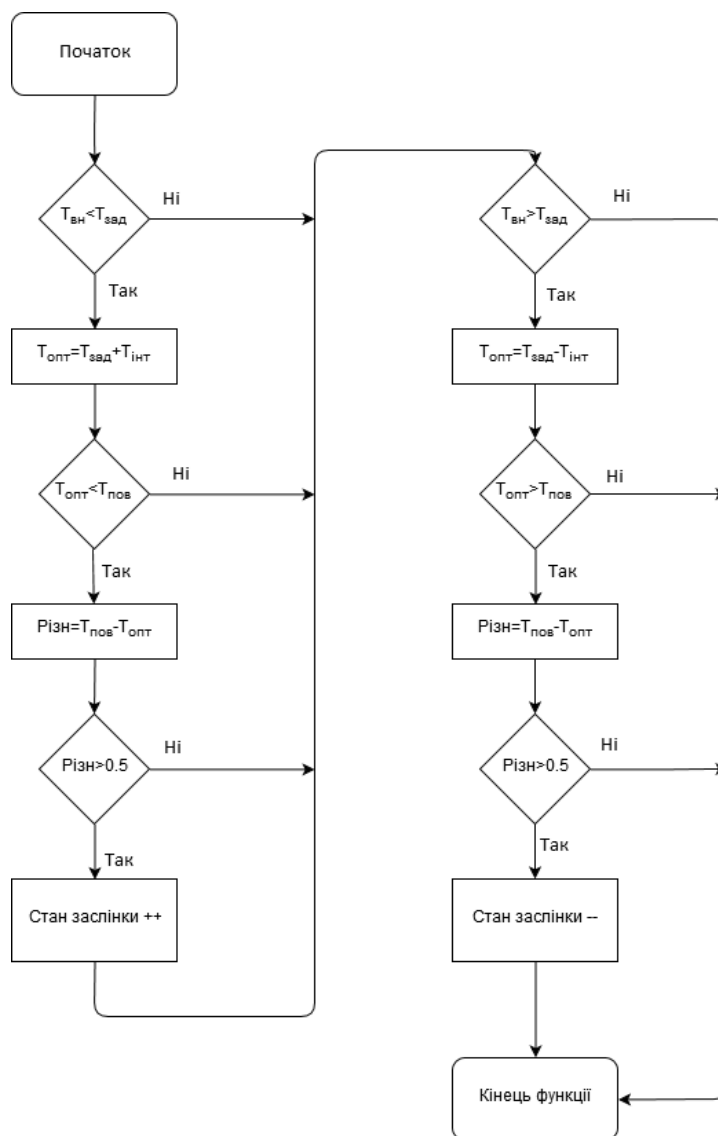


Рис. 4. Підпрограма «Коректування статусу заслінки температури»

де $T_{вн}$ – значення температури у салоні, $T_{зад}$ – значення бажаної температури у салоні, $T_{опт}$ – оптимальна температура повітряного сопла, $T_{пов}$ – дійсне

значення температури повітряного сопла, $Різн$ – диференційна різниця температур.

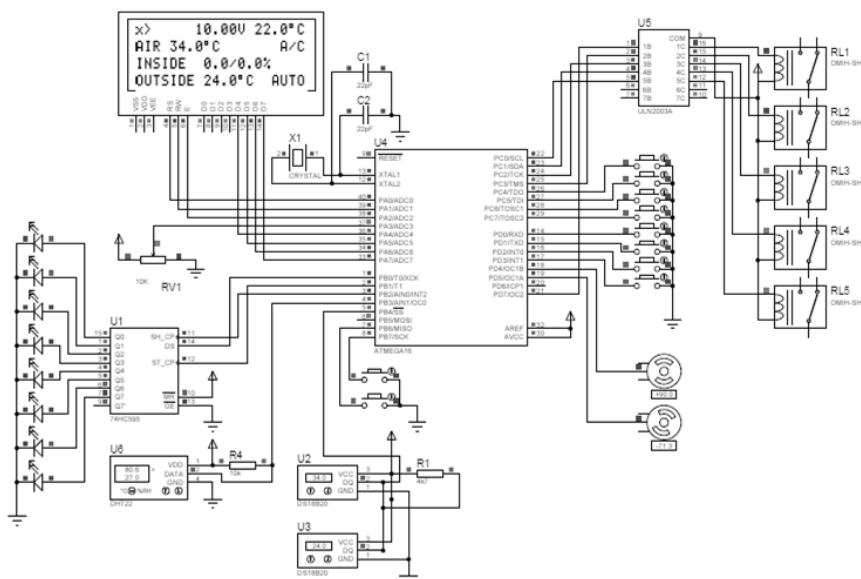


Рис. 5. Схема пристрою для моделювання

Отже, у результаті запропоновано концепції для системи клімат контролю, а саме: автоматизована система, що спрямована на комфортне перебування водія в салоні. Також система допомагає водію не тільки не відволікатися за стеженням дорожньої обстановки,

але й забезпечує збереження здоров'я людини. Завдяки розробленій автоматичній, водій захищений від постійного порушення концентрації уваги та ручної настройки температурних показників. Головне завдання системи – забезпечити безпеку руху та комфорту.

Список використаних джерел

1. Смирнов, Б. А. Анализ и проектирование условий труда. Эргономические аспекты / Б.А. Смирнов, Ю.И. Гулый. - М.: Гуманитарный центр, 2012. – 292 с.
2. Стефанов Е.В. Вентиляция и кондиционирование воздуха. – СПб: АВОК Северо-Запад, 2005. – 402с.
3. Современные кондиционеры. Монтаж, эксплуатация и ремонт. – М: СОЛОН-ПРЕСС, 2010. – 176 с.
4. Схема системы климат-контроля: Электронный ресурс: http://systemsauto.ru/heating/shema_climate_control.html
5. Бабич Н. П. Компьютерная схемотехника. Методы построения и проектирования /Бабич Н. П., Жуков И.А. – К.:»МК-Пресс», 2004.
6. Г.И. Волович. Схемотехника аналоговых и аналогово-цифровых электронных устройств. – М.: «Додэка-XXI», 2005. – 528с.
7. Угрюмов Е.П. Цифровая схемотехника. – СПб.: БХВ-Петербург, 2001. – 528с.
8. М. Джонс. Электроника – практический курс. – М.: Техносфера, 2006. – 510с.

В. Ю. Потеха, Е. В. Дікусар, П. В. Ступень, В. Ю. Гнатенко,
ОНПУ, г. Одеса

СИСТЕМА КЛИМАТ-КОНТРОЛЬ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ ПЛАТФОРМ

В статье рассмотрено инновационное решение для подвижных объектов для обеспечения комфорта водителя и, как следствие, безопасности движения. Важным вопросом в работе оператора на мобильной платформе является создание комфортных условий. Это требует разработки собственной системы климат-контроля подвижной платформы старых выпусков, которая обеспечит ее доступность и низкую стоимость за счет небольшого количества компонентов. Такая система создана на базе микроконтроллера ATmega 16 и цифровых датчиков температуры (DS18B20) и влажности (DHT22). Система управляет включением кондиционера, скоростью и направлением воздуха, задается пользователем, а также отображает на дисплее напряжение бортовой сети, температуру окружающей среды, температуру и влажность в салоне. Разработано программное обеспечение для управления климатической установкой и проведено моделирование функционирования устройства.

Ключевые слова: климат-контроль; система управления; мобильная платформа; кондиционер; температура; влажность; аппаратное обеспечение; программное обеспечение; моделирование устройства.

V. Y. Potiekh, K. V. Dikusar, P. V. Stupen, V. Y. Hnatenko,
Odessa National Polytechnic University, Odesa

CLIMATE CONTROL SYSTEM FOR MOBILE PLATFORMS

The tight work on the mobile platform requires the creation of comfortable conditions for the operator, because the complex temperature and other characteristics of the environment either complicate or facilitate the speed of management. A generalized notion of mobile platform relates to any movable object. Climate control is a high-tech system, the prototype of which has become the air conditioner. The system consists of basic elements: heating system, sensors, air conditioner, filtration system, as well as electronic control unit. In this way, the climate control system combines the climate installation and the control system. It maintains the air temperature in the cabin of the moving object within the range that is most convenient for people. The comfortable temperature helps the driver to stay vigilant and be attentive. Determining the ideal index directly depends on the external climatic conditions. The desired temperature value is set using the controllers in the control panel. The signal from the controller enters the electronic control unit, where the corresponding program is activated. According to the established algorithm, the control unit processes the signals of the input sensors and will activate the necessary actuators. The preset temperature is automatically maintained. The main device of climate control is the microcontroller ATmega 16A. He conducts basic calculations, surveys of temperature sensors DS18B20 and DHT22, and the status of the buttons, processes all the data received and displays the temperature information: the environment, interior and air conditioner. In addition, information about the voltage of the network board, mode of operation, and the speed of ventilation is displayed. As a result, an innovative solution for moving objects was proposed, namely: an automated system aimed at a comfortable driver's stay in the cabin. Also, the system helps the driver not only to not distract from tracking the traffic situation, but also provides for the preservation of human health. Thanks to the developed automation, the driver is protected from constant disturbance of concentration and manual temperature setting.

Key words: climate control; control system; mobile platform; air conditioning; temperature; humidity; hardware; software; device simulation.

Рецензенти: Мусієнко М. П., д-р техн. наук, професор;
Журавська І. М., канд. техн. наук, доцент.

© Потеха В. Ю., Дікусар К. В.,
Ступень П. В., Гнатенко В. Ю., 2018

Дата надходження статті до редколегії 04.12.2018

Стовманенко В. О.,
бакалавр,
e-mail: flaviusglamfenix@gmail.com,
Григор'єв Д. О.,
бакалавр,
e-mail: mozgopluy@gmail.com,
Боровльова С.Ю.,
старший викладач,
e-mail: svetlya1952@gmail.com,
Давиденко Є. О.,
канд. техн. наук,
e-mail: davydenko@chmnu.edu.ua,
ЧНУ ім. Петра Могили, м. Миколаїв

РОБОТА З МЕТАДАНИМИ МР3-ФАЙЛІВ

Обмін даними займає важливе місце у житті суспільства. В той же час ці потоки настільки масштабні, що вибірка потрібних даних може займати дуже багато часу та ресурсів. Для роботи з метаданими існує багато спеціалізованих інструментів. Вони відрізняються функціоналом та направленістю, але кожна з них допомагає дізнатися ту чи іншу інформацію про наявні в користувача дані. В результаті досліджень створено редактор метаданих, який поєднує оптимальний функціонал, сучасний дизайн і зручність використання.

Також в роботі розглянуто питання ідентифікації даних через додавання до основної медіаінформації додаткових даних. Наведено приклади їх використання та можливості застосування. Описано деякі стандарти аудіометаданих, зокрема mp3. Розглянуто підходи до реалізації програмних інструментів для роботи з метаданими. Описано підхід до побудови застосунку та його архітектуру. Проаналізовано інші застосунки, які виконують схожі завдання. Сформовано робочий процес для роботи над IT-проектом.

Ключові слова: метадані; mp3; аудіо; обробка даних; WPF; музична бібліотека; ID3; фрейм.

Постановка проблеми. У сучасному світі обмін даними займає важливе місце у житті суспільства. В той же час ці потоки даних настільки масштабні, що вибірка потрібної інформації може займати невідповідно багато часу та ресурсів. Для кращого управління даними було введено спеціальну категорію «даних про дані». Зараз подібна інформація носить назву метаданих. Для роботи з ними існує багато спеціалізованих засобів. Вони відрізняються функціоналом та направленістю (кожен тип даних, будь-то музика, відео, картинки, документи, або що має свій, часто не сумісний з іншими, формат метаданих), але кожна з них допомагає дізнатися ту чи іншу інформацію про наявні в користувача дані. Так, наприклад, музичний формат mp3 (MPEG Audio Layer III) [7] не передбачав збереження будь-якої інформації про вміст даних. Коли користувачі почали створювати свої аудіоколекції, проблема управління ними стала доволі нагальною. Для цього було створено стандарт метаданих ID3v1 та ID3v2. Вони придатні тільки для форматів, які користуються маркером синхронізації (спеціальна мітка, яка дозволяє визначити, чи є наступна порція даних закодованим аудіосигналом) для підтвердження цілісності даних. В них можна зберігати назву пісні, альбом, рік випуску, жанр і багато іншого (близько сотні текстових полів та декілька десятків полів із визначеним типом даних). В популярних відтворюва-

чах аудіоконтенту вбудовано підтримку метаданих подібного формату. Це дозволяє зручно організувати свої файли і нерозривно пов'язувати інформацію про дані з самими даними.

Навіть у наш час, коли багато людей віддають перевагу хмарним сховищам і не тримають музичні бібліотеки в mp3, в домашніх умовах є ще багато користувачів, які воліють зберігати музику на портативних пристроях, вибираючи тільки те, що потрібно в тому чи іншому випадку. Знаходження потрібного файлу, конвертація у потрібний формат може зайняти багато часу, якщо файли розміщені хаотично [6].

Для вирішення цієї проблеми можна використувати редактор метаданих із можливостями сортування та фільтрації. Простого перегляду назви пісні та імені автора недостатньо, тому велика кількість аудіоплеєрів не підходить для вирішення поставленої задачі. Наявні ж редактори часто не мають потрібного функціоналу. Здебільшого це програми, які дозволяють сформувати список файлів і оглядати інформацію про них у своєму основному вікні. Проте тільки перегляду цих даних недостатньо для забезпечення належної зручності роботи з ними. Чим більші є обсяги даних, які аналізуються, тим доречніше буде впровадити систему автоматизації.

Мета роботи є опис особливостей аудіометаданих для формату mp3, аналіз наявних рішень для ро-

боти mp3-файлами і керування музичними бібліотеками, створення програмного забезпечення для роботи з музичними колекціями, опис бізнес-процес створення подібного застосунку.

Викладення основного матеріалу. Тег (tag – мітка. англ) – це назва усіх метаданих, що зберігаються у даному аудіофайлі не залежно від формату цих даних. Так як mp3, не зважаючи на свої ліцензійні обмеження та технічні недосконалості, є найбільш популярним форматом для збереження та відтворення аудіоданих, то було вирішено розглядати саме мета-

дані, які використовуються для цього аудіоформату. Після нетривалих пошуків було встановлено, що стандартом для метаданих mp3 файлів є ID3 [3] різних версій. ID3 (від англ. IDentify MP3) існує в двох основних не сумісних версіях. ID3v1 (рис. 1) є першою версією стандарту. Згідно з цією версією дані розміщуються у фіксованому блоці даних розміром 128 байт, який знаходиться в кінці файлу. Кожне поле є статичним (його розміри задані в стандарті й не можуть бути змінені). У ньому наявно близько вісімдесяти полів про пісню, виконавця, довжину, жанр і т. д.



Рис. 1. Умовна структура mp3-файлу з тегом ID3v1

Після своєї появи у 1996 році цей стандарт швидко став стандартом де-факто для всіх mp3 файлів. Проте його обмеження були очевидні з самого початку. Серед них:

- фіксована довжина полів (довгі назви композиції або імена артистів доводилося скорочувати або записувати в інші, не придатні для цього поля);
- відсутність підтримки відмінних від ASCII кодувань (не було ніяких міток, які б свідчили про те чи інше кодування даних);
- мала кількість полів для даних і неможливість додати власні.

Для вирішення цих проблем у 1998 році було створено стандарт ID3v2. Він вирішував усі ці проблеми, але не був зворотно сумісним із першою версією. Принциповою відмінністю став поділ даних на фрейми. Фрейм – це контейнер для даних, який має

заголовок, що описує вміст цього контейнера. За рахунок цього з'явилося місце, де можна вказати розмір даних, їх тип і, якщо є необхідність, кодування. Для зручності було вирішено записувати дані на початку файлу (рис. 2). Тег тепер мав заголовок, який містив інформацію про версію стандарту, яка використовується для збереження метаданих, розмір тегу та інші, додаткові властивості, що можуть так чи інакше змінити поведінку програми, яка зчитує дані. Кожен заголовок має фіксований розмір у десять байт. Перші чотири байти місять абревіатуру назви (наприклад TRK2 заголовок свідчить про те, що у фреймі міститься текст із назвою пісні), чотири байти для розміру фрейму (2^{32-4} байт максимальне значення, яке може бути збережене в заголовку) і два байти службових прапорців (у них можна зберігати специфічні для того чи іншого фрейму дані).



Рис. 2. Умовна структура mp3-файлу з метаданими ID3v2

У другій версії є підверсії, які є сумісними одна з одною. Кожна з них приносить додаткові налаштування фреймів або розширення заголовків. У світі найбільш розповсюдженою є версія 2.3, яку і було покладено в основу цієї індивідуальної роботи.

Програмна реалізація стандарту. Для роботи було обрано об'єктно-орієнтовану мову програмування C# і платформу .Net [4]. Обрані технології мають переваги:

- об'єктно-орієнтований підхід мови програмування, що дозволяє максимально ефективно використовувати один раз написаний код для побудови нових компонентів;
- відсутність необхідності слідкувати за виділенням пам'яті;
- строга типізація, яка відфільтровує велику кількість помилок на етапі компіляції;
- переносимість на рівні скомпільованої збірки (зібраний на Windows застосунок може бути без змін

запущений на Linux або будь-якій операційній системі, що підтримує будь-яку з реалізації .Net);

- велика стандартна бібліотека;
- розробка засобу великою корпорацією (.Net – платформа Microsoft, яка активно розвивається).

Алгоритми для роботи із метаданими (рис. 3) вирішено було писати самостійно не зважаючи на наявність збірок для роботи з метаданими таких як Taglib.Sharp. Ця бібліотека дозволяє працювати із метаданими майже будь-якого аудіоформату. Вона розповсюджується за ліцензією GPLv3 (General Public Licence), що дозволяє використовувати її у проєкті без оплати. Дана збірка буде використовуватися у проєкті для роботи з не mp3-файлами, а також для перевірки правильності написаних алгоритмів.

Для зручності, кращого тестування та для забезпечення принципу розділення даних та логіки, весь код, що стосується роботи з метаданими було вирішено виділити в окрему збірку.

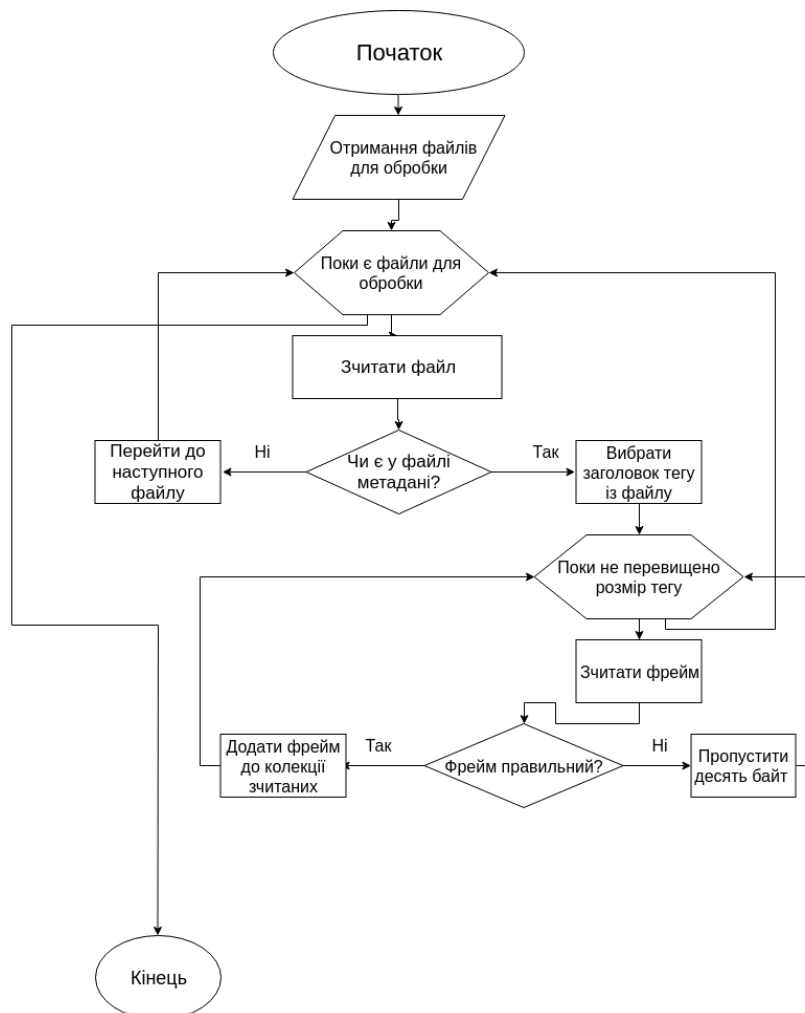


Рис. 3. Блок-схема роботи алгоритму зчитування тегів

Під час дослідження та розробки виникали труднощі зі збереженням відкритих даних.

- під час відкриття файлу зчитувати весь тег і утримувати його в пам'яті (це призводить до збільшеного використання оперативної пам'яті і погіршення швидкодії під час роботи із великою кількістю файлів);

- формування бази даних в пам'яті або словника словників, який би вказував на позицію потрібного фрейму в файлі (вимагає створення інфраструктури словників та постійної підтримки даних про положення того чи іншого фрейму, ускладнює паралельну роботу з фреймами);

– використання комплексного підходу, коли в пам'яті знаходяться тільки ті фрейми та/або файли, які використовуються, для інших формується індексний словник (впровадження додаткової інфраструктури для вирішення чи є дані такими, що використовуються, сповільнення роботи під час занесення даних у пам'ять, коли користувач того не очікує, перспективно гірша робота на комп'ютерах, які мають обмежені можливості паралельного виконання коду).

Було обрано перший варіант так як він є найбільш простим у реалізації, несе найменшу кількість ризиків у разі помилки, а також її буде не складно переробити у разі виявлення критичних недоліків.

Так як всі дані зберігаються безпосередньо в двійковому вигляді, то існує необхідність у методах, які б дозволяли швидко і просто трансформувати бінарні дані у потрібний формат, а також проводити зворотне перетворення для запису. Для тексту та посилань було реалізовано такі методи, які враховували кодування. Декодування графічних даних було залишено графічній підсистемі, яка використовується у проєкті.

Відповідно до механізму роботи із відкритими файлами створено алгоритм, який записує змінені дані. В один момент часу у один файл може писати тільки один потік, причому запис у файл відбувається тільки після оновлення усіх змінених фреймів даних. Зміна фреймів відбувається на вимогу, а не в режимі реального часу (зроблено для покращення швидкодії та часу відгуку) і тільки після запиту на збереження змінений набір фреймів перезаписується у файл. Кожен запис у файл супроводжується його повним зчитуванням і перезаписом. Саме тому не варто записувати у відкритий у іншому застосунку файл.

Реалізація графічного інтерфейсу користувача.

Для зручності роботи з інструментом було створено графічний інтерфейс користувача. Для його створення

було використано технологію WPF, яка є вбудованою частиною .Net Framework. На жаль вона не є портативною і не може бути використаною на інших операційних системах. Для забезпечення повної переносимості розглядається проєкт AvaloniaUI, який є вільною розробкою ентузіастів, що використовує досягнення WPF і на їх основі формує повністю портативну технологію створення інтерфейсу користувача. Проте на поточний момент AvaloniaUI перебуває у статусі бета версії (0.6.1) і більшої частини документації ще немає. Саме тому для побудови графічного інтерфейсу використовується WPF.

– наявність декламативної мови для розмітки інтерфейсу, що дозволяє відділити логіку застосунку від представлення;

– підтримка патерну MVVM [8], що іще більше сприяє відокремленню логіки;

– апаратне прискорення графіки, що забезпечує плавні анімації та майже миттєвий відгук графічних компонентів;

– використання графічного дерева рендерингу для малювання інтерфейсу замість прямого нанесення даних відповідно до FPS.

Для забезпечення одного зовнішнього вигляду застосунку на різних версіях операційної системи було вирішено перевизначити шаблон вікна. WPF дозволяє перевизначити представлення деяких елементів при цьому залишаючи їх поведінку такою, яку було запрограмовано.

Так як на поточний момент застосунок може працювати повноцінно тільки на операційних системах Windows, а їх стилем оформлення за замовчуванням є MetroUI, то і шаблон нового вікна мав повністю відповідати цьому стилю. Також для забезпечення потрібного функціоналу замість системного діалогу відкриття тек використати свій власний (рис. 4).

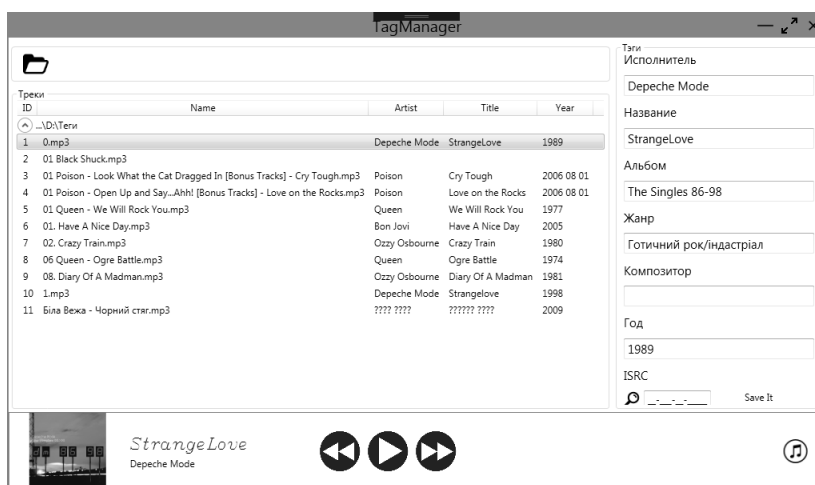


Рис. 4. Список відкритих пісень разом із панеллю редагування основних даних про пісню

На основному вікні є панель відтворення. В майбутньому планується використати сторонній компонент для відтворення відкритих файлів. Планується реалізувати окремий список відтворення в який можна додавати відкриті локальні пісні або відтворювати

потік аудіоданих із мережі, наприклад із сервісу Google Play Music або Spotify [10].

У списку з відкритими піснями уже реалізовано групування відповідно до відкритих тек (рис. 5).

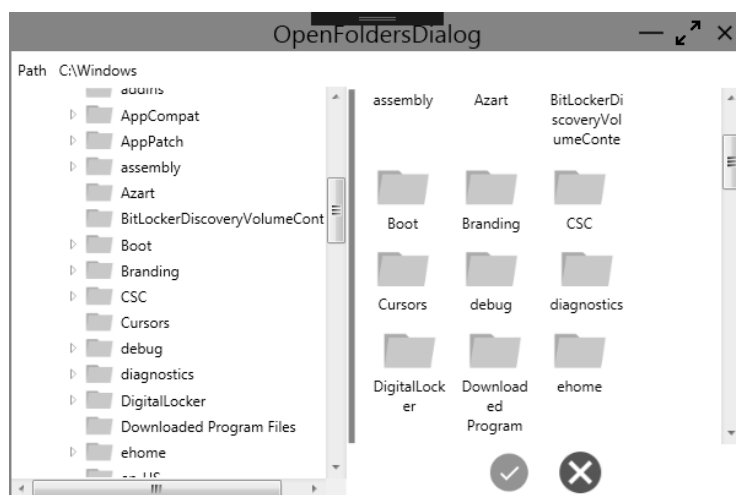


Рис. 5. Діалог відкриття файлу

Організація робочого процесу. Для прискорення процесу і зменшення кількості дефектів у застосунку було вирішено вести облік знайдених та виправлених дефектів, завдань, які слід виконати та формувати список завдань, які варто реалізувати на тому чи іншому етапі роботи над застосунком.

Вся ця інформація зберігається поруч із кодом у публічному репозиторії [1]. Кожна зміна коду супроводжується коментарем про те, що саме ця зміна покликана змінити. Завдання, які планується виконати організовано в списки і кожен елемент потрапляє туди після обговорення.

Для додаткового покращення якості коду написано модульні та інтеграційні тести, які дозволяють перевірити правильність роботи того чи іншого методу/класу/компонента. В якості рушія для тестування використовується NUnit [11], а в якості контролера якості бібліотека «Taglib.Sharp».

Для звітування, додатково, було використано платформу Moodle [2]. У ній відслідковувався статус роботи над поточним етапом, було збережено посилання на основну проектну інформацію.

Висновки. Під час дослідження та розробки, було опрацьовано принципи командної роботи із використанням сторонніх сервісів для контролю версій, обліку завдань та дефектів і ведення звітності. Здійснено комплексне використання системи Moodle та сервісу GitHub. Реалізовано алгоритм для роботи із бінарними даними, що містять закодовані, відповідно до стандарту ID3v2, метадані про аудіо. Написано серію тестів, які перевіряють правильність роботи алгоритму, створено графічний інтерфейс користувача відповідно до панівного стилю Windows 10 – MetroUI. Реалізовано механізми для роботи із групами файлів: сортування, фільтрація, експорт та інше. Впроваджено алгоритм k-means для роботи із зображенням, який належить до сімейства алгоритмів кластерного аналізу.

Список використаних джерел

1. Репозиторій з кодом, сервіс для ведення обліку дефектів та завдань [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://github.com/FlaviusHouk/TagEditor>.
2. Система Moodle ЧНУ ім. Петра Могили [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://moodle.chdu.edu.ua/>.
3. Стандарт ID3 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://id3.org/>.
4. Офіційна документація Microsoft про платформу .Net та похідні технології [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://docs.microsoft.com/uk-ua/>.
5. Сервіс StackOverflow, [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://stackoverflow.com/>.
6. Давиденко Є. О., Стовманенко В. О., Григор'єв Д. О. Робота з метаданими аудіофайлів. Могилянські читання – 2018 : досвід та тенденції розвитку суспільства в Україні: глобальний, національний та регіональний аспекти : XXI Всеукр. наук.-метод. конф. : тези доповідей Комп'ютерні науки. Технічні науки, Миколаїв, 12–17 листоп. 2018 р. / ЧНУ ім. Петра Могили. – Миколаїв : Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2018. – С. 127–128.
7. Стовманенко В. О., Григор'єв Д. О., Давиденко Є. О. Використання алгоритмів системного аналізу для роботи із медіа. Комп'ютерна інженерія і кібербезпека : досягнення та інновації : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. здобувачів вищої освіти й молодих учених (м. Кропивницький, 27–29 листоп. 2018 р.). – Кропивницький : ЦНТУ, 2018. – С. 114–115.
8. MVVM–патерн. Основні принципи та підходи. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://en.wikipedia.org/wiki/Model-view-viewmodel>.
9. База-даних ISRC-кодів [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://isrcsearch.ifpi.org>.
10. Робота з Web-запитами у WPF-застосунках [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://professorweb.ru/my/csharp/web/level7/7_2.php.
11. NUnit – відкрите середовище модульного тестування застосунків для .NET [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://nunit.org/>.

В. А. Стовманенко, Д. А. Григорьев, С. Ю. Боровльова, Е. А. Давыденко,
ЧНУ им. Петра Могилы, г. Николаев

РАБОТА С МЕТАДААННЫМИ МР3-ФАЙЛОВ

Обмен данными занимает важное место в жизни общества. В то же время эти потоки настолько масштабны, что выборка нужных данных может занимать очень много времени и ресурсов. Для работы с метаданными существует много специализированных инструментов. Они отличаются функционалом и направленностью, но каждая из них помогает узнать ту или иную информацию об имеющихся у пользователя данных. В результате исследований создан редактор метаданных, который сочетает оптимальный функционал, современный дизайн и удобство использования.

Также в статье был рассмотрен вопрос идентификации данных через добавление дополнительной информации к основным метаданным. Приведены примеры их применения и возможности для их использования. Описаны некоторые стандарты аудиометаданных, в частности mp3. Рассмотрены подходы реализации программных инструментов с метаданными. Описан подход к построению и архитектуру такого приложения. Проанализировано другие приложения, которые выполняют похожие задания. Сформирован рабочий процесс для работы над IT-проектом.

Ключевые слова: метаданные; mp3; аудио; обработка данных; WPF; музыкальная библиотека; ID3; фрейм.

V. A. Stomanenko, D. A. Hryhoriev, S. Yu. Borovlyova, Ye. O. Davydenko
Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv

WORKING WITH MP3 FILE METADATA

The exchange of data takes an important part in the life of society. At the same time, these flows are so large that the sampling of the required data can take a lot of time and resources. There are many specialized tools available to work with metadata. They differ in functionality and direction, but each of them helps to find out a particular information about the data available to the user. Even today, when many people prefer cloud storage and do not store music libraries in mp3 at home, there are still many users who prefer to save music on portable devices, choosing only what is needed in one or another case. Finding the desired file, converting to the desired format may take a long time if the files are placed chaotically.

To solve this problem, you can use the metadata editor with the ability to sort and filter. It is not enough to simply view the title of the song and the name of the author, so a large number of audio players is not suitable for solving the task. Existing editors often do not have the required functionality. For the most part, it's programs that allow you to create a list of files and browse the information in their main window.

As a result of the research, a metadata editor was created that combines optimal functionality, modern design and ease of use.

A question of data identification through adding special kind of information to existing metadata was reviewed in this article. Possibilities of using it and examples of applying it was given. Described some standards of audiometadata, mp3 in particular. Reviewed approaches to implementation of programs that work with metadata. Chosed and described approach for creating such application, chossed it's architecture. Other applications that gives opportunity to work with audio metadata was analiezed. Described process for creating IT-project of such kind.

Key words: metadata; mp3; audio; data processing; WPF; music library; ID3; frame.

Рецензенти: Мещанінов О. П., д-р пед. наук, професор;
Швед А. В., канд. техн. наук.

© Стовманенко В. О., Григор'єв Д. О.,
Боровльова С. Ю., Давыденко Є. О., 2018

Дата надходження статті до редколегії 04.12.2018

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМИ ВІЗУАЛЬНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ПОРТАЛІВ НОВИНИХ РЕСУРСІВ

В наш час, коли інтернет стрімко розвивається, захоплюючи все більшу частину нашого життя, важко не помітити його вплив, на здавалося б повсякденні життєві процеси людини. Ми спілкуємося в мережі, дізнаємося прогноз погоди, ділимося своїми враженнями, і звичайно ж читаємо свіжі новини або статті які зачіпають наш вектор інтересів.

Технологічний прогрес досяг того рівня, коли без телефону та інтернету неможливо уявити своє життя, саме в цей момент і гостро стає питання, вирішення проблеми фільтрації інформації яку ми отримуємо. Людина отримує її в колосальному обсязі в результаті звичайної прогулянки по мережі, це незрівнянно з тим, що оброблювалось мозком людей що жили в минулому, коли інформаційний прогрес тільки почав зароджуватися. Тому зараз як ніколи важливо зробити адаптацію людини до неї якомога легшою, хоча б в одній із сфер мережі, де це можливо і доцільно зробити.

Але рішення завдання інформаційного навантаження ускладнюється саме відсутністю можливості нав'язати норми візуального відображення, в наслідок відсутності контролю або ж сфер впливу. У таких випадках відповідальність за візуальний ряд ресурсу лежить на плечах власника і студії розробника ресурсу, що робить в принципі неможливим процес уніфікації інформації для його прямого оточення. Що в свою чергу, при недотриманні умовних норм оформлення, може формувати надлишкове когнітивне навантаження на користувача.

Ключові слова: візуальне навантаження; когнітивне навантаження; новинні ресурси; дослідження навантаження новинних ресурсів; проблеми візуального навантаження.

Кожен день через сенсорний апарат людини проходить купа інформації, яку мозок переробляє та опрацьовує, в залежності від фокусу нашої уваги. Та інформація яку ми вважаємо за доцільне – формує те корисне навантаження, яке мозок опрацьовує, і тільки частина з неї відкладається в довгострокову пам'ять. Це називається когнітивним навантаженням [1].

Однією з значних сфер в нашому житті, де ми отримуємо інформацію, стала і глобальна мережа. Робота за комп'ютером стала для людини звичним ділом, ми працюємо, вчимося та навіть відпочиваємо сидячи за комп'ютером, але не задумуємось що це може супроводжуватися зайвою напругою м'язів тіла і очей. При цьому наші м'язи напружуються не самі по собі - для їхнього порушення необхідні нервові імпульси. Якщо м'язи перебувають в постійно підвищеному тонусі - це означає, що до них безперервно надходять імпульси з певних відділів мозку, що знаходяться в збудженому стані. Таким чином, основна проблема полягає не в статичному або зоровому, а в нервовому напруженні [2].

Цей колосальний обсяг інформації, не порівняний з тим, що переробляється мозком людей, що жили в минулі століття, коли інформаційний прогрес тільки почав зароджуватись, тому саме важливо зробити адаптацію мозку до неї, як можна легшою насамперед, хоча б в одній із сфер мережі, де це зараз можливо і доцільно зробити.

Комп'ютер має власні ритми подачі і обробки інформації, які проявляються, наприклад, в нечіткому для ока миготіння зображення, яке негативно діє на наш мозок. Підлаштовуючись, наш мозок теж змушений змінювати свої ритми, свою біоелектричну активність (вона стає більш інтенсивною). Якийсь час мозок може працювати не гірше машини, але не так довго як сама машина з майже не обмеженим ресурсом. Комп'ютер, як правило, підключений до зовнішнього джерела енергії, а мозок витрачає власні ресурси на оновлення яких необхідний час та відсутність зовнішніх подразників. Таж втома та погіршення концентрації уваги, сигналізує про те що ресурс вже вичерпаний, та організм потребує відпочинку [3].

Складовою описаної проблеми є токсичність інтернет простору в цілому, так як значну частину роботи за комп'ютером проходить за роботою саме в глобальній мережі. Ми так тісно пов'язані з інформаційними технологіями, що складно знайти хоча б одну сферу нашого життя яка б не відносилась до них хоча б опосередковано.

На сам перед процес знайомства з інформаційним порталом, з точки зору інформаційного навантаження на мозок людини, є вагомою проблемою для нашого мозку. Перше з чим зустрічається сенсорний апарат людини в обличчі бінокулярного апарату – це інтерфейс порталу, мозок обробляє цілу низку логічних завдань по пошуку відповідної категорії чи свіжої новини, що формує когнітивне навантаження на органи сенсорної обробки.

Когнітивне навантаження формує не тільки візуальне відтворення сторінки порталу з статтями, а також і реклама яка може приймати абсолютно різні типи відтворення, а вже потім і саме відтворення текстової інформації, що теж насамперед є складовою завдання яке слід вирішити.

Основні проблеми виходячи з цього можна поділити на глобальні, локальні та суміжні між ними. Таким чином, глобальною проблемою є різниця між графічним дизайном окремих ресурсів та відмінність відображення текстової інформації, локальною - різні типи та норми типографій статей, а суміжною в свою чергу – наявність нав'язаної графічної та текстової контекстної реклами. Саме це і ускладнює адаптацію людини до процесу ознайомлення з інформацією на різних новинних порталах мережі.

Згідно щорічного звіту компанії ComScore за 2013 рік, типовий користувач мережі переглядає 1707 рекламних банерів у місяць, велика частина з яких припадає на сам перед на новинні джерела, беручи до уваги стрімку динаміку розвитку мережі та не великий попит на рекламу такого роду, можна припустити рентабельність такої реклами через її стрімку популяризацію. Виходячи з цього, дохід з кожним роком ресурсу з таким типом монетизації стрімко падає, що веде за собою збільшення об'єму рекламних банерів та збільшення інтенсивності їх відтворення, показано на рис. 1 [4; 5].



Рис. 1. Приклад рекламного забруднення інформаційного порталу

На цьому прикладі можна провести паралелі міграції рекламного інформаційного навантаження на прикладі біл-бордів у містах, в чому яскравим прикладом виступає площа Тайм-сквер, тільки цей приклад є виключенням з правил так як відвідування цього місця є самоціллю туристів, а реклама не сприймається як подразник, що в свою чергу неможливо сказати про динамічні та спливаючі вікна на веб сторінках порталів, такий ефект називається банерною сліпотою.

Також вагомим недоліком з переліку описаних завдань, є не типовість відтворення текстової інформації в новинних ресурсах глобальної мережі. Як правило користувач користується різними джерелами інформації для отримання більш детального опису інформаційного поведи, і в такому випадку гостро стоїть завдання уніфікації форматування інформації в текстовому вигляді, так як при постійній зміні ресурсу з різними видами візуального відтворення графічного інтерфейсу, та редагування текстової інформації, навантаження на відділи головного мозку, які відпові-

дають за ряд процесів адаптації та обробку інформації, отриманої з ряду різних ресурсів за короткий проміжок часу. В кращому випадку орган отримує легкий стрес, що є звичною частиною роботи ряду відділів головного мозку, в гіршому надмірне навантаження згубно впливає на подальший процес обробки та освоєння інформації.

Еталонами в сфері інформаційних ресурсів серед іменитих інтернет видань слід вважати The New York Times та The Wall Street Journal. Вони мають витримане графічне середовище, та уніфікований метод відтворення тексту, суміжний з їх паперовими попередниками. Але і це не є панацеєю, тому як кожен організм є унікальним, і сказати що існує ідеальний стиль подачі інформації буде не зовсім коректно. В даному випадку доцільно дати можливість користувачу персонально налаштувати свій унікальний, зручний саме йому стиль графічного та текстового відтворення. Різниця між типами форматування показана на Рис. 2.

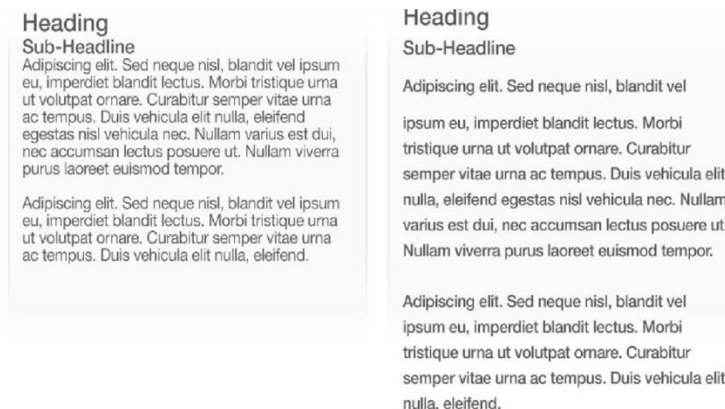


Рис. 2. Приклади поганої та задовільної типографії

В цьому напрямку існують дослідження Кевіна Ларсона та Розалі Пікард, працівників Microsoft та MIT, на тему «як типографія впливає на настрої читачів та їх можливість вирішувати задачі». Вони провели два дослідження, в ході яких прийняло участь 20 піддослідних. Їх розділили на дві групи і дали по 20 хвилин кожній, щоб прочитати номер видання The New Yorker. Одній з груп дістався текст з поганою типографією, іншій – з задовільною. В ході експерименту учасників переривали і запитували, скільки, по їх міркам вони витратили часу на ознайомлення зі статтею з моменту початку експерименту. З чого з'ясувалося, що обидві команди невірно оцінили час витрачений на читання, піддослідні яким був запропонований текст з гарною типографією, значно недооцінили час, в зрівнянні з групою осіб у яких був текст з поганою типографією [6]. Також це підтверджують дані психологічного дослідження Waybrev, де йдеться про те, що люди котрі знаходять своє заняття приємним і перебувають в позитивному настрої, вважають, що витратили набагато менше часу на читання.

Після першого етапу, обидві групи попросили вирішити задачу на логіку. Не один із піддослідних

команди у якої був текст з поганою типографією не вирішив поставлену задачу, на відміну від іншої, де менша частина людей все ж таки змогла її вирішити.

В результаті дослідження було встановлено, що тип форматування прямо впливає на процес залучення до інформації яка подається, що також впливає і на розумові здібності після перегляду та читання тексту [7].

Слід зазначити що освітлення цього завдання не є першим, однією із перших хто запропонував рішення, була як не дивно, компанія Apple. Рішення розробників веб-браузера Safari було досить водночас простим, але і не зовсім, до програмного забезпечення з оновленням було додано режим перегляду статей, де усе зайве оточення, яке шкодить читачеві було усунене, та до уваги користувача було представлено тільки потрібна інформація яка стосується тільки новини. В подальшому була додана можливість налаштовувати комфортний для читача колір фону, розмір та стиль тексту. На жаль дослідження компанії відсутні у відкритому доступі, тому як проект є комерційним, так ознайомитись з ними зараз не є можливим [8]. На Рис. 3 показана сторінка до, та після використання функції.



Рис. 3. Функція читання статей в браузері Safari

Але насправді проблема не вирішена, як здається на перший погляд, справа в тому що доля Safari на ринку мобільних та десктопних браузерів менше 10 %, в той час як монополістом ринку є Google Chrome з вагомими 63 % загальних користувачів. Тому як Safari є вла-

сною розробкою компанії і з недавніх пір розповсюджується і підтримується тільки на пристроях компанії, без відкритого програмного коду, на відміну від браузера компанії Google [9]. В результаті чого, більшість людей просто змушена переглядати ресурси без

можливості налаштувати візуальний ряд сторінки, в той час коли майже кожен другий користувач Safari користується такою можливістю.

Узявши до уваги усі рекомендації щодо рішення завдання, однією з яких є і відсутність можливості застосовувати функцію яка не непередбачена веб-браузером Google Chrome, було

запропоновано веб застосунок аналогічний за функціями до описаної вбудованої функції браузеру Safari. Був розроблений алгоритм який аналізує веб розмітку сторінки та виділяє тільки ту інформацію яка безпосередньо стосується новини, представлений на рис. 4.

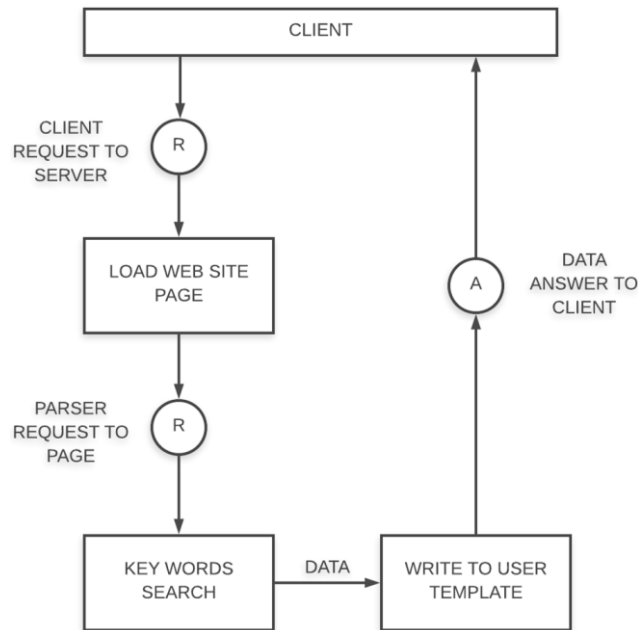


Рис. 4. Діаграма роботи розробленого алгоритму

Розроблене програмне забезпечення працює за принципом звичайного парсера, тільки з рядом користувацьких доповнень. Він представляє собою спеціальний алгоритм в процесі виконання якого, робиться синтаксичний аналіз інформації, після чого відбувається вибірковий витяг великої кількості інформації з метою її подальшої обробки, саме це називається парсингом [10].

Спочатку користувач ініціює доступ до ресурсу через запит до DNS-серверу, після чого отримує відповідь у вигляді HTML-коду та CSS, який відтворю-

ється в нашому браузері у звичному вигляді веб сторінки, на цьому етапі і починається робота алгоритму. Застосунок аналізує код сторінки та робить вибірку з елементів розмітки які відповідають за відтворення блоку статті, записує їх у буфер, та відтворює у спеціально підготовленому шаблоні сторінки на пристрої користувача. В свою чергу користувач має можливість зберігати заготовлені налаштування щодо візуального відтворення та коректувати їх у будь який час (рис. 5).

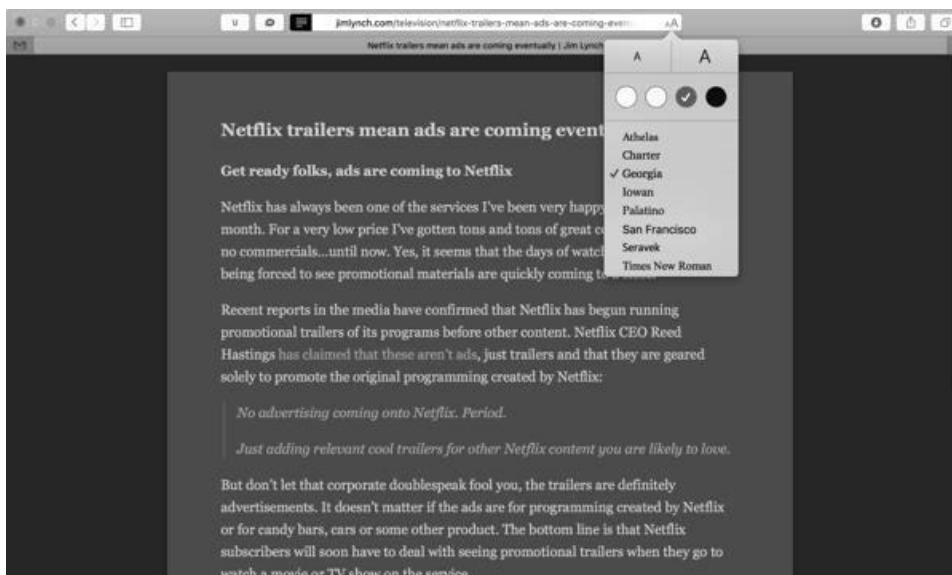


Рис. 5. Прилад налаштованого шаблону відтворення сторінки

Проаналізувавши та провівши експеримент, аналогічний експерименту який проводили Кевін Ларсон та Розалін Пікард, в якому приймали участь дві фокус групи по 7 чоловік доведено пряму залежність зручно відформатованого тексту без надлишкових елементів дизайну сторінки до позитивного результату освоєння інформації та оцінки часу затраченого на нього.

До уваги однієї групи було представлено ряд статей різного об'єму на різних ресурсах без зміни візуального відтворення сторінки, іншій групі дали змогу налаштувати стиль візуального відтворення на свій смак. Обом групам дали необмежений час для ознайомлення зі статтями, але було поставлено ряд, обмежень основними з яких були:

- зосереджено читати ряд статей звичайною швидкістю;
- не відволікатись на сторонні подразники;
- не переривати процес читання.

Список використаних джерел

1. Теорія когнитивного навантаження [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.youtube.com/watch?v=8F8IJBpbPg>.
2. Інформаційне перенавантаження [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://www.nmc.at.ua/informacijne_perenavantazhennja.doc.
3. Когнитивная нагрузка: как облегчить восприятие интерфейса продукта [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.vc.ru/flood/4821-avoid-overwhelming-users>.
4. 2013 U.S. Digital Future in Focus [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.comscore.com/Insights/Presentations-and-Whitepapers/2013/2013-US-Digital-Future-in-Focus>.
5. Банерная слепота [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.news.online.ua/730233/chto-takoe-bannernaya-slepota-i-kak-s-ney-borotsya-chast-1/>.
6. The Aesthetics of Reading [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.affect.media.mit.edu/pdfs/05.larson-picard.pdf>.
7. Waybrew Psychological Research [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://vc.ru/3759-waybrew>.
8. How to Use and Customize Safari Reader in iOS [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.tekrevue.com/tip/safari-reader-ios-font-color-size/>.
9. Browser Market Share [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.netmarketshare.com/browser-market-share.aspx>.
10. Что такое парсинг? [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://1comp.spb.ru/chto-takoe-parsing.html>.

Д. С. Доценко, Д. П. Яковлев,
ОНПУ, г. Одесса, Украина

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ ВИЗУАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ ПОРТАЛОВ НОВОСТНЫХ РЕСУРСОВ

В наше время, когда интернет стремительно развивается, захватывая все большую часть нашей жизни, трудно не заметить его влияние на казалось бы обыденные жизненные процессы человека. Мы общаемся в сети, узнаем прогноз погоды, делимся своими впечатлениями, и конечно же читаем свежие новости или статьи затрагивающих наш вектор интересов.

Технологический прогресс достиг того уровня, когда без телефона и интернета невозможно представить свою жизнь, именно в этот момент и остро становится вопрос, решение проблемы фильтрации информации которую мы получаем. С одной стороны, можно сказать, что человек это делает самостоятельно, ограничивая область своего внимания, не обращая его на вещи, которые ее не интересуют, но в то же время мы нечаянно подвергаем себя воздействию лишнего информационной нагрузки в процессе знакомства с информацией которая пришла к нам по душе.

Человек получает ее в колоссальном объеме в результате обычной прогулки по сети, это несравнимо с тем, что обрабатывалось мозгом людей живших в прошлом, когда информационный прогресс только начал зарождаться. Поэтому сейчас как никогда важно сделать адаптацию человека к ней как можно легче, хотя бы в одной из сфер сети, где это возможно и целесообразно сделать.

Но решение задачи информационной нагрузки осложняется именно отсутствием возможности навязать нормы визуального отображения, в результате отсутствия контроля или сфер влияния. В таких случаях ответственность за визуальный ряд ресурса лежит на плечах владельца и студии разработчика ресурса, что делает в принципе невозможным процесс унификации информации для его прямого окружения. Что в свою очередь, при несоблюдении условных норм оформления, может формировать избыточную когнитивную нагрузку на пользователя.

Организм человека является уникальным и сложным механизмом, который имеет различные физические и интеллектуальные способности, в том числе и обработки информации, это обусловлено различными аспектами жизни и развития каждого человека индивидуально, поэтому трудно и даже невозможно унифицировать информацию так, чтобы это было одинаково удобно для каждого пользователя.

Также следует отметить, что избыточную нагрузку формирует не только визуальное воспроизведение страницы, а и в том числе и реклама как одна из его составляющих, которая может принимать совершенно разные типы воспроизведения, а уже потом и само отображение текстовой информации, тоже в первую очередь является составной задачи которую следует решить.

Ключевые слова: визуальная нагрузка, когнитивная нагрузка, новостные ресурсы, исследование нагрузки новостных ресурсов, проблемы визуальной нагрузки.

D. S. Dotsenko, D.P. Yakovlev,
Odessa National Polytechnic University, Odessa

RESEARCH OF THE VISUAL INFORMATION LOAD PROBLEM IN NEWS RESOURCES

Nowadays, when the Internet is rapidly developing, capturing an increasing part of our life, it is difficult not to notice its influence on the seemingly ordinary human life processes. We communicate online, find out the weather forecast, share our impressions, and of course, read the latest news or articles affecting our vector of interests.

Technological progress has reached a level where it is impossible to imagine your life without a telephone and the Internet, it is precisely at this moment that the question becomes acute, the solution to the problem of filtering the information we receive. On the one hand, we can say that a person does it on his own, limiting his area of attention, not paying him to things that she is not interested in, but at the same time we inadvertently expose ourselves to the effect of excessive information load in the process of getting acquainted with the information that came to us to the soul

A person receives it in an enormous amount as a result of the usual walk through the network, this is incomparable with what was processed by the brain of people who lived in the past, when information progress had only just begun to emerge. Therefore, it is now more important than ever to make a person's adaptation to it as easy as possible, at least in one of the network areas where it is possible and expedient to do so.

But the solution to the problem of information load is complicated by the lack of the ability to impose visual display norms, as a result of a lack of control or spheres of influence. In such cases, the responsibility for the visual range of the resource lies on the shoulders of the owner and the developer of the resource developer, which makes it in principle impossible to unify the information for its direct environment. That, in turn, if non-compliance with the conditional norms of design, can form an excessive cognitive load on the user.

It should also be noted that not only the visual reproduction of the page forms an excessive load, but also advertising as one of its components, which can accept completely different types of reproduction, and only then the display of the textual information itself is also primarily a component tasks to be solved.

Key words: visual loading; cognitive load; news resources; research of the load of news resources; problems of visual loading.

Рецензенти: Мусієнко М. П., д-р техн. наук, професор;
Давиденко Є. О., канд. техн. наук.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ШВИДКОСТІ ВІДОБРАЖЕННЯ ТАБЛИЧНОГО ІНТЕРФЕЙСУ ДЛЯ Apple Watch OS

В сучасному світі люди завжди хочуть мати актуальну інформацію під рукою. Так як техніка швидко розвивається, то ця корисна інформація є на руці, за допомогою розумного годинника. Це майже телефон з малим екраном. Кожен користувач хоче щоб потрібна інформація відображалась швидко, але поки що швидкість загрузки інформації на прикладі табличного інтерфейсу, є недостатньо швидка. Тому в роботі розглянуто основні методи представлення табличного інтерфейсу, проведено аналіз та запропоновано метод підвищення швидкості табличного інтерфейсу на прикладі операційної системи watchOS.

Ключові слова: SpriteKit; Apple Watch; Watch OS; WKInterfaceTable; табличний інтерфейс; комірка; скролінг; функціонал.

На сьогоднішній день комп'ютерні пристрої відіграють для людей дуже важливу роль. Перші комп'ютери займали дуже багато місця, але з часом їх розвиток зробив зменшення їх розмірів до стаціонарних, які стоять у кожного вдома. Потім до компактних, які можна носити з собою. Та мобільних, які вміщаються в карман джинсів, це так звані мобільні телефони, які є у кожного. У них не тільки зменшувались розміри, але і збільшувався функціонал. Комп'ютер став розміром з годинник в якому зберігається багато інформації і для якого можна писати програми, які допоможуть людям спростити життя. Так як технології написання програм для годинника тільки розвиваються то стандартні методи для написання програм мають багато недоліків.

У статті представлено варіант покращення стандартної технології представлення табличного інтерфейсу для розумного годинника Apple Watch. Розглянуті методи представлення табличного інтерфейсу та покращення швидкості його відображення. Запропоновано реалізацію табличного інтерфейсу для операційної системи Watch OS.

Розробляючи програми для годинника Apple, програміст зустрічається з дуже урізаним стандартним набором функцій [1]. На годиннику AppleWatch можливо зробити тільки те що представила Apple в стандартних налаштуваннях.

Іншим підходом є можливість використання фреймворк для написання 2D-ігор SpriteKit [2].

Розглянемо переваги та недоліки стандартного інструменту для показу табличного інтерфейсу WKInterfaceTable. Великою перевагою є те що в

WKInterfaceTable все готове, скролінг, натискання, переходи, графічне представлення.

З недоліків це те, що максимальна кількість комірок при якому часи швидко працюють складає 20 штук [4], при більшій кількості відбувається зависання, або збільшується час очікування загрузки табличного інтерфейсу. Однак, при загрузці 150 комірок цим методом швидкість складала не менше ніж 3 секунди, при збільшенні кількості комірок очікування завантаження збільшується.

Єдина заміна яка можлива при розробці для AppleWatch, це SpriteKit [3]. В цій технології основна перевага полягає у реалізації табличного інтерфейсу з новими функціональними можливостями.

Для реалізації табличного інтерфейсу потрібно зробити декілька етапів:

- рисування,
- скролінг,
- обмеження скролінгу,
- натискання.

Після того як встановлюється і виставляються всі потрібні конфігурації для опрацювання з фреймворком SpriteKit, з'являється нескінченна координатна площина на якій потрібно намалювати спочатку область самої таблиці, а в ній самі комірки в яких буде розташовуватись інформація, що відображується.

Візуальне представлення таблиці готове, але поки що неможливо рухатись вгору та вниз по таблиці. Екран та область таблиці, що відображаються стоять на початку координат x , у рис. 1, де x , y – координатна площина, 1 – екран дисплея, 2 – область табличного представлення, 3 – комірка таблиці.

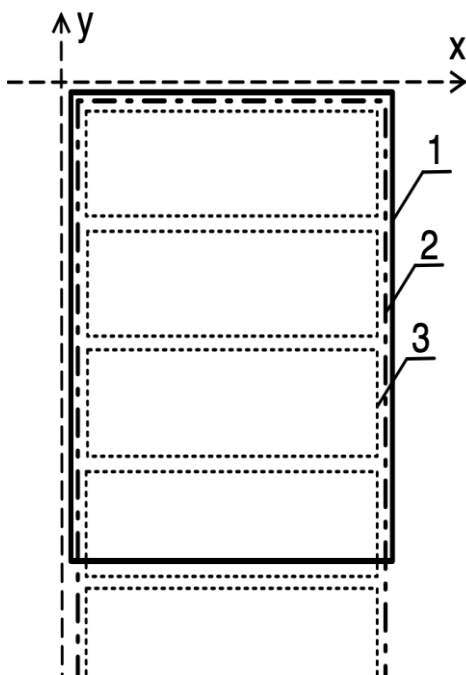


Рис. 1. Зображення екрану дисплея та табличного представлення з комірками без скролінгу

Для того щоб рухатись по таблиці необхідно зробити скролінг [5]. В SpriteKit немає готового скролінгу. Є тільки точки (координати на екрані) які можна отримати при доторканні або натисканні на дисплей. За допомогою цих точок написаний власний скролінг. Коли користувач веде пальцем по дисплею при кожній зміні доторкання отримуємо нову координату. Тобто, якщо користувач доторкнувся до дисплею і провів пальцем вниз на 10 пікселів то отримаємо 10 нових точок координат. Отже, так як відома точка початкового доторкання, та точки які отримуємо при веденні пальцем, отримаємо висоту на яку потрібно пі-

дняти або опустити область представлення таблиці від початкової точки. Таким чином, маємо співвідношення:

$$K_p + (K_n - K_t) = K, \quad (1)$$

де K_p – координата представлення таблиці, K_n – координата початку доторкання до дисплею, K_t – теперішня координата при веденні по дисплею пальцем, K – нова координата для таблиці.

Коли користувач водитиме по екрану годинника, то кожен раз при зміні координат доторкання на дисплеї значення нових координат таблиці будуть обчислені по виразу 1 і таблиця буде займати нове положення.

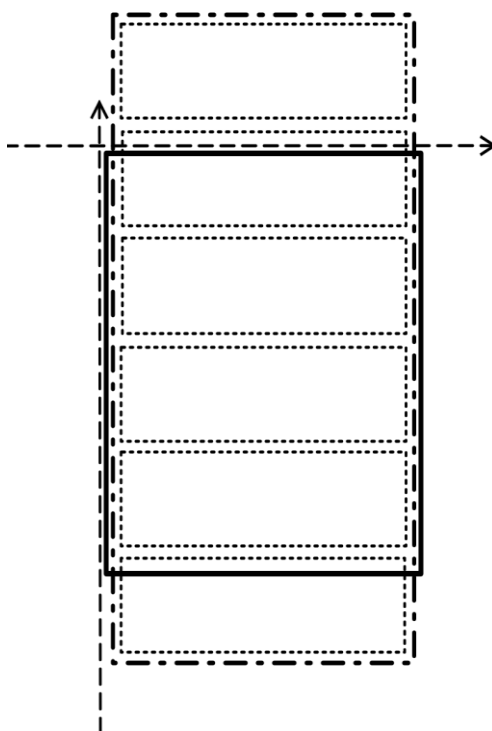


Рис. 2. Зображення екрану дисплея та табличного представлення з скролінгом

Поки що таблиця за допомогою скролінгу може вийти далеко за межі екрану, але потрібно зробити обмеження скролінгу, для того щоб коли таблиця закінчилася не було видно її межі і таблиця завжди залишалася на екрані. Так як початок координат завжди

знаходиться на початку екрану в лівому верхньому куті і висота екрану та таблиці відома, потрібно заборонити перерисовування таблиці, якщо вона виходить за область екрану.

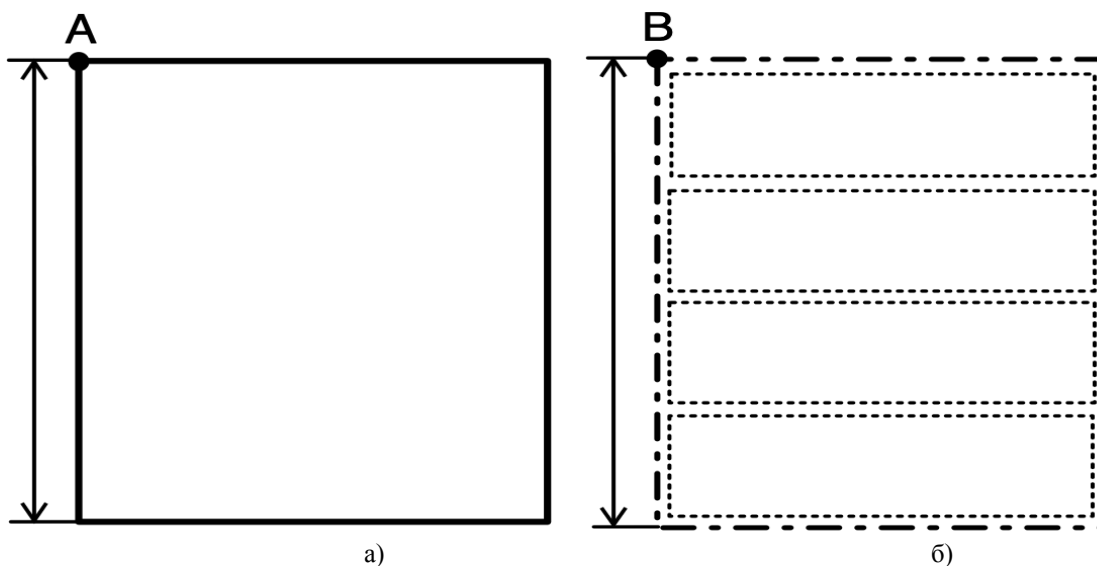


Рис. 3. Зображення екрану, де: а) - точка координат А та висота екрану; б) - точка координат В та висота табличного представлення.

При прокрутці вниз як зображено на рис. 4 якщо таблиця опускається вниз і її координати виходять за координати екрану то вона залишається на цих координатах.

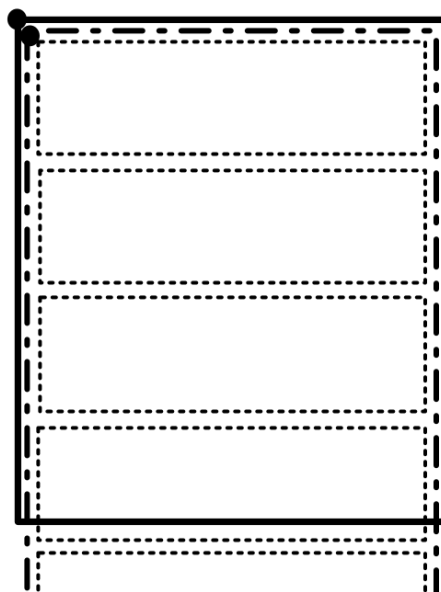


Рис. 4. Зображення припинення скролінгу вниз

При прокрутці вгору, як показано на рис. 5 потрібно дізнатися нижні координати таблиці і екрану. Це можна зробити віднявши від координати таблиці по 'у' висоту таблиці. Також для того щоб дізнатися нижню координату екрану потрібно від координати ек-

рану по 'у' відняти висоту екрану. По аналогії з прокруткою вниз, якщо нижня координата таблиці буде знаходитись вище нижньої координати екрану то таблиця залишається на цих координатах.

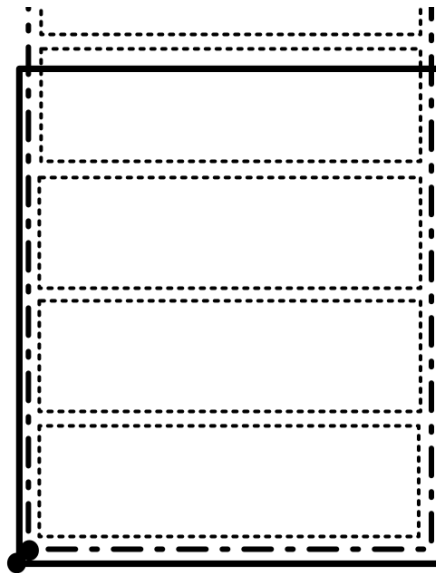


Рис. 5. Зображення припинення скролінгу вгору

Таким чином, сформована таблиця яка повноцінно відображає інформацію і переміщується вгору або вниз. В SpriteKit є можливість дізнатися скільки об'єктів знаходяться в певній точці і вибрати потрібний нам об'єкт. Також у SpriteKit є можливість зберігати інформацію у вигляді словника, і коли ми вибираємо потрібний нам об'єкт то можемо прочитати те що він зберігає для подальших дій з ним.

При натисканні на таблицю отримуємо координати натискання по яким перевіряємо чи є в цих координатах комірка, якщо так то беремо інформацію з

комірки яку при її створенні записали та робимо потрібні дії, такі як відкриття нового екрану.

В результаті представлення табличного інтерфейсу за допомогою SpriteKit отримано більш швидшу загрузку таблиці в порівнянні з використанням стандартного табличного інтерфейсу WKInterfaceTable. Крім того проведені досліді загрузки процесора в програмі для розробки програм продукції Apple XCode, де було виявлено менше навантаження процесора, як показано на рис. 6.

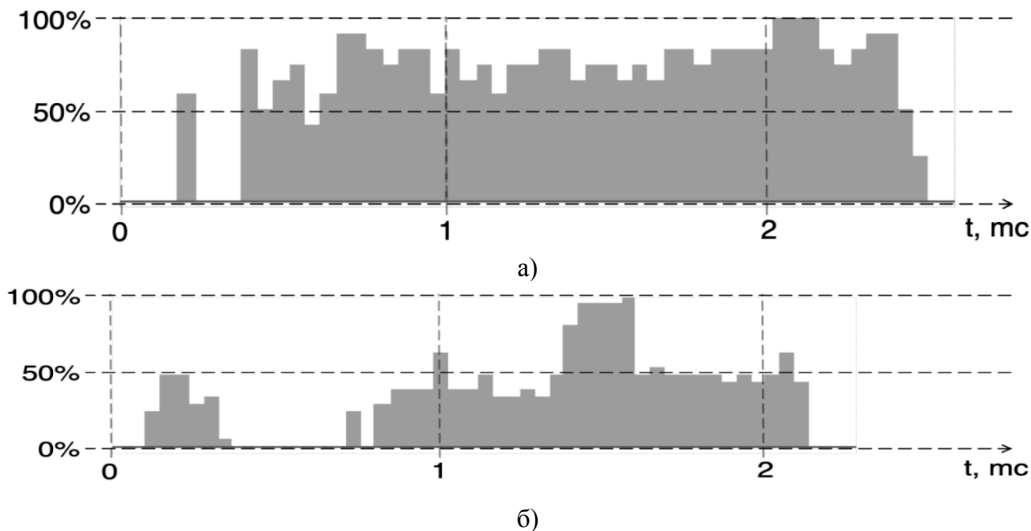


Рис. 6. Графіки навантаження процесора: а) – при використанні WKInterfaceTable; б) – при використанні табличного інтерфейсу написаного за допомогою SpriteKit.

Таким чином, у проведеній роботі розглянуто метод, який швидше загрузає табличний інтерфейс в порівнянні з стандартним методом на прикладі Watch OS. Перевага цього методу полягає в швидкості за-

грузки табличного інтерфейсу, однак недоліком є збільшення часу при розробці програм і більшій кількості коду на реалізацію.

Список використаних джерел

1. Developing for Apple Watch. [Електронний ресурс], Режим доступу : https://developer.apple.com/library/archive/documentation/General/Conceptual/WatchKitProgrammingGuide/index.html#apple_ref/doc/uid/TP40014969-CH8-SW1.
2. Documentation SpriteKit. [Електронний ресурс], Режим доступу : <https://developer.apple.com/documentation/spritekit>.

- Documentation and Resources SpriteKit. [Електронний ресурс], Режим доступу : <https://developer.apple.com/spritekit>.
- Class WKInterfaceTable [Електронний ресурс], Режим доступу : <https://developer.apple.com/documentation/watchkit/wkinterfacetable>.
- Wikipedia Scrolling [Електронний ресурс], Режим доступу : <https://en.wikipedia.org/wiki/Scrolling>.
- Xcode 10 [Електронний ресурс], Режим доступу : <https://developer.apple.com/xcode>.
- Apple Watch [Електронний ресурс], Режим доступу : <https://www.apple.com/watch>.
- Instruments Tutorial with Swift: Getting Started [Електронний ресурс], Режим доступу : <https://www.raywenderlich.com/397-instruments-tutorial-with-swift-getting-started>.
- Tables [Електронний ресурс], Режим доступу : <https://developer.apple.com/library/archive/documentation/General/Conceptual/WatchKitProgrammingGuide/Tables.html>.
- SpriteKit - no magic required [Електронний ресурс], Режим доступу : <https://www.skilled.io/u/playgroundscon/spritekit>.

И. Р. Яромий., Д. П. Яковлев
ОНПУ, г. Одесса

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ СКОРОСТИ ОТОБРАЖЕНИЯ ТАБЛИЧНОГО ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ Apple Watch OS

В работе рассмотрены основные методы представления табличного интерфейса, проведен анализ и предложен метод повышения скорости табличного интерфейса на примере операционной системы watchOS.

Целью статьи является рассмотрение методов представления табличного интерфейса и улучшения скорости его отображения. Предложено примера реализации табличного интерфейса, предложенных для операционной системы Watch OS.

Разрабатывая программы для часов Apple, программист встречается с очень урезанным стандартным набором функций. На часах AppleWatch возможно сделать только то, что представила Apple в стандартных настройках.

Другим подходом является возможность использования фреймворк для написания 2D-игр SpriteKit.

Рассмотрим преимущества и недостатки стандартного инструмента для показа табличного интерфейса WKInterfaceTable. Большим преимуществом является то, что в WKInterfaceTable все готово, скроллинг, нажатие, переходы, графическое представление.

Из недостатков это то, что максимальное количество ячеек при котором времена быстро работают составляет 20 штук, при большем количестве происходит зависание, или увеличивается время ожидания загрузки табличного интерфейса. Однако, при загрузке 150 ячеек этим методом скорость составляла не менее 3 секунды, при увеличении количества ячеек ожидания загрузки увеличивается.

Единственная замена которая возможна при разработке для AppleWatch, это SpriteKit. В этой технологии основное преимущество заключается в реализации табличного интерфейса с новыми функциональными возможностями.

В проводимой работе рассмотрен метод, который скорее загружает табличный интерфейс по сравнению со стандартным методом на примере Watch OS. Преимущество этого метода заключается в скорости загрузки табличного интерфейса, однако недостатком является увеличение времени при разработке программ и большем количестве кода на реализацию.

Ключевые слова: SpriteKit; Apple Watch; Watch OS; WKInterfaceTable; табличный интерфейс; ячейка; скроллинг; функционал.

I. R. Yaromii, D. P. Yakovlev,
Odessa National Polytechnic University, Odessa

RESEARCH METHODS FOR INCREASING THE SPEED DISPLAY TABULAR INTERFACE FOR APPLE WATCH OS

The paper discusses the main methods of presenting a tabular interface, analyzes and suggests a method for increasing the speed of a tabular interface using the watchOS operating system as an example.

The purpose of the article is to consider the methods of presenting a tabular interface and improve its display speed. Proposal of an example of the implementation of the tabular interface proposed for the operating system Watch OS.

When developing programs for Apple watches, the programmer comes across a very curtailed standard set of functions. On the AppleWatch watch it is possible to do only what Apple presented in the standard settings.

Another approach is the ability to use the framework for writing SpriteKit 2D games.

Consider the advantages and disadvantages of the standard tool for displaying the table interface WKInterfaceTable. The big advantage is that in WKInterfaceTable everything is ready, scrolling, clicking, transitions, graphical representation.

The disadvantage is that the maximum number of cells at which times quickly work is 20 pieces, with a larger number of them hang, or the waiting time for loading the tabular interface increases. However, when loading 150 cells with this method, the speed was at least 3 seconds, with an increase in the number of cells waiting for loading increases.

The only replacement that is possible with AppleWatch development is SpriteKit. In this technology, the main advantage is the implementation of a tabular interface with new functionality.

In this paper, we consider a method that loads a tabular interface rather than a standard method using the example of Watch OS. The advantage of this method lies in the speed of loading the table interface, but the disadvantage is an increase in time during the development of programs and more code for implementation.

Key words: SpriteKit; Apple Watch; Watch OS; WKInterfaceTable; Table Interface; Cell; Scroll; Functional.

Рецензенти: Мусієнко М. П., д-р техн. наук, професор;
Журавська І. М., канд. техн. наук, доцент.

ПРО ЄДИНІСТЬ РІВНОВАГИ ЗА НЕШЕМ У СТОХАСТИЧНИХ ІГРАХ НАКОПИЧЕННЯ КАПІТАЛУ НА ГРАФІ

Основною метою даної роботи є вивчення застосування керованих випадкових полів, заданих на скінченному неорієнтованому графі до задачі єдиності нешівської рівноваги для стохастичних ігор накопичення капіталу з багатьма гравцями. Гравці розташовані у вершинах графа взаємодії Γ , ребра позначають зв'язки між гравцями. Припускається, що рішення гравців синхронізуються з використанням стандартного припущення про прийняття рішень у послідовних іграх з дискретним часом.

Ключові слова: марковський процес прийняття рішень, стохастична гра, рівновага за Нешем, накопичення капіталу, випадкові поля.

Вступ. Протягом останніх десятиліть стрімко розвивалася теорія керування стохастичними процесами і полями. Кількість робіт у цьому напрямку дуже велика. Основною причиною такої ситуації є велика кількість можливих застосувань. Глибшому впровадженню перешкоджає потреба у великій кількості вихідних даних та характеру предмета дослідження. З розвитком сучасних технічних засобів, паралельно з новими можливостями систем обробки великої кількості даних, можливість впровадження додатків різко зростає.

У багатьох застосуваннях в біології, економіці або інженерних дослідженнях випадкові поля описують стан системи протягом певного моменту часу. Еволюція в часі таких систем тоді описується стохастичним процесом з випадковими полями як одно- вимірними маргіналами в часі.

В цій роботі досліджено проблему пошуку умов існування єдиної рівноваги Неша в стохастичних іграх накопичення капіталу. Структура керованої системи описується деяким неорієнтованим скінченим графом, який визначає структуру сусідства. Для таких систем будується кероване випадкове поле. Деталі проблем, що виникають у цьому моделюванні, можна знайти в роботах [2–7].

Економічні застосування таких процесів описані в статтях [8; 9]. Постановку задачі стохастичних ігор накопичення капіталу запропоновано Аміром [10]. Одним з прикладів економічних ігор цього типу є гра видобутку гірничих ресурсів, що вводяться в роботі Леварі і Мірмана [11]. Для даного виду ігор головними результатами є теореми про існування стаціонарної рівноваги для детермінованої версії цієї гри в Сандарамі [12] і два варіанти стохастичних ігор з симетричними гравцями, запропоновані Манджамдаром і Сандарамом [13] та Дутто і Сандарамом [14].

У роботі Балбуса і Новака [15] і Вічека [16] автори знаходять умови існування та єдиності рівноваги для

широкого, ніж в [10], класу задач. У статті [15] було досліджено симетричні ігри накопичення капіталу з нульовою сумою, а Вічек у статті [16] поширив результати [13; 14] на несиметричний випадок.

В роботі [1] було досліджено питання існування рівноваги Неша в стохастичних іграх накопичення капіталу на графі. Загалом знайдені умови не забезпечують єдиності рівноваги. Основним результатом цієї роботи є знаходження умов єдиності рівноваги Неша для спеціального класу задач. Таким чином, результати Балбуса, Новака [15] і Вічека [16] перенесено на ширший клас задач.

Загальна постановка задачі. Матеріал цього розділу підсумовує та модифікує результати робіт [2–7]. Нижче подано визначення стохастичних ігор накопичення капіталу на графі (див. [1]). Для систем з локальною взаємодіючими координатами структура взаємодії визначається деяким неорієнтованим скінченим графом сусідств $\Gamma=(V,B)$ з множиною вершин (вузлів) V і множиною ребер $B \subset V^2 \setminus \text{diag}(V)$. Позначимо $\{k, j\}$ ребро графа, що з'єднує вершини k та j . Околом вершини k є множина вершин $N(k) = \{j \mid \{k, j\} \in B\}$. Повним околом вершини k є

$\tilde{N}(k) = N(k) \cup \{k\}$, тобто окіл вершини k , включно з k . Для всіх $K \subset V$ визначимо окіл $N(K) = \bigcup_{k \in K} N(k) \setminus K$,

і повний окіл $\tilde{N}(K) = N(K) \cup K$.

Нехай X – інтервал, що містить нуль, і називається простором станів або множиною всіх можливих запасів капіталу, $X = [0; \infty)$.

Випадкова величина ξ , визначена на $\langle \Omega, F, P \rangle$ зі значеннями в X , називається (дискретним) випадковим процесом на X .

Всюди в роботі фіксуємо основний імовірнісний простір $\langle \Omega, F, P \rangle$, на якому визначені всі випадкові величини.

Тепер опишемо стохастичну гру з $|V|$ гравцями, яку досліджуватимемо в цій роботі. Гравці зосереджені у вершинах графу взаємодій Γ , ребра презентують зв'язки між гравцями. Множина дій (керуючих впливів), що використовується в моменти прийняття рішень, – $A(x) = \prod_{i \in V} A_i(x)$ на Γ , де $A_i(x) = [0; a(x)]$,

$x \in X$, – множина допустимих дій (рішень) для вершини i . Величина $a(x)$ – обсяг споживання для кожного гравця в стані x .

Також визначимо борелівську множину $\Delta = \{(x, a) \mid x \in X, a \in A\}$.

Означення 1. (1) Нехай α_i^t позначає дію, обрану гравцем (що приймає рішення) у вершині i в момент часу t , $\alpha^t := (\alpha_i^t, i \in V)$ – сумісний вирішувачий вектор всіх гравців у момент часу $t \in \mathbb{N}$ $t \in \mathbb{N}$.

$$\begin{aligned} P\left(\alpha^t \in \prod_{i \in V} B_i \mid \xi^0 = x^0, \alpha^0 = a^0, \dots, \alpha^{t-1} = a^{t-1}, \xi^t = x^t\right) &= \\ = \prod_{i \in V} P\left(\alpha_i^t \in B_i \mid \xi^0 = x^0, \alpha^0 = a^0, \dots, \alpha^{t-1} = a^{t-1}, \xi^t = x^t\right) &= \\ = \prod_{i \in V} \pi_i^t\left(B_i \mid \xi^0 = x^0, \alpha^0 = a^0, \dots, \alpha^{t-1} = a^{t-1}, \xi^t = x^t\right), & \end{aligned}$$

$B_k \in \mathfrak{Z}_k$, $a^s \in A$, $x^s \in X$, де \mathfrak{Z}_k – сигма-поле борелівських підмножин A_k для всіх $k \in V$.

Тепер уведемо різні форми структурованих стратегій.

Означення 2. (1) Якщо в кожен момент часу $t = 0, 1, \dots = \mathbb{N}^+$ рішення α_i^t вершини i вибирається згідно з імовірністю π_i^t , залежно виключно від історії повного околу $\tilde{N}(i)$ вершини i , тобто на підставі інформації про $h_i^t = \left(x^0, a_{\tilde{N}(i)}^0, \dots, x^{t-1}, a_{\tilde{N}(i)}^{t-1}, x^t\right)$, і якщо $\pi_i^t\left(A_i^t(x) \mid h_i^t\right) = 1$, $x^s \in X$, $a_i^s \in A_i^s(x^s)$, то послідовність перехідних імовірностей (рішень) $\pi_i = \{\pi_i^t, t \in \mathbb{N}^+\}$ називатимемо допустимою локальною стратегією вершини i , а $\pi = (\pi_i, i \in V)$ – локально допустимою.

Допустимою локальною стратегією $\pi = (\pi_i, i \in V)$ називатимемо допустимою локальною марковською стратегією, якщо

$$\pi_i^t\left(\cdot \mid x^0, a_{\tilde{N}(i)}^0, \dots, x^{t-1}, a_{\tilde{N}(i)}^{t-1}, x^t\right) = \pi_i^t\left(\cdot \mid x^t\right), i \in V,$$

(3) Допустимою локальною марковською стратегією $\pi = (\pi_i, i \in V)$ називатимемо допустимою стаціонар-

(2) Стратегія (або політика) π для гри з взаємодіючими компонентами визначається як вектор координатних політик $\pi = (\pi_i, i \in V)$, де для вершини i $\pi_i = \{\pi_i^0, \dots, \pi_i^t, \dots\}$ – послідовність перехідних імовірностей $\pi_i^t = \pi_i^t(\cdot \mid x^0, a^0, \dots, x^{t-1}, a^{t-1}, x^t)$.

Таким чином для будь-якої історії $h^t = \left(x^0, a^0, \dots, x^{t-1}, a^{t-1}, x^t\right)$ системи до моменту часу t π_i^t – ймовірнісна міра на A_i , яка вимірним чином залежить від історії $h^t = \left(x^0, a^0, \dots, x^{t-1}, a^{t-1}, x^t\right)$ до моменту часу t .

Припускаємо, що рішення гравців синхронізуються за наступною схемою, яка є синхронним керуючим ядром. Зауважимо, однак, що ця форма синхронізації є стандартним припущенням для прийняття рішень у дискретних послідовних іграх. Навіть ігри з повною інформацією можуть розглядатися як такі, що дозволяють у кожний момент прийняття рішення для одного з клієнтів лише одне «рішення», див. [17, Section 5], що формально призводить до загальної синхронізації.

ною стратегією, якщо $\pi_i^{t'}(\cdot \mid x) = \pi_i^{t''}(\cdot \mid x)$, $i \in V$, для всіх t', t'' і x .

(4) Допустимою детермінованою (нерандомізованою) стаціонарною локальною стратегією $\pi = (\pi_i, i \in V)$ називатимемо допустимою стаціонарною локальною стратегією, якщо $\pi_i^t(\cdot \mid x)$, $i \in V$, – одноточкова міра на $A_i^t(x)$, $i \in V$, для всіх $x \in X$.

Клас усіх допустимих локальних стратегій позначимо LS ; підклас допустимих локальних марковських стратегій – LS_M . Як $LS_S \subseteq LS_M$ позначимо клас допустимих стаціонарних локальних стратегій з інваріантним у часі множинами: $\pi^t = \pi^{t'}$ для всіх $t, t' \in \mathbb{N}$ і $A^t(x) = A(x) = \prod_{i \in V} A_i(x)$ для всіх t , і

$LS_D \subseteq LS_S$ – множину допустимих детермінованих стаціонарних локальних стратегій.

Якщо це зрозуміло з контексту, то далі опускати-мемо слово «допустимий» в описі розглянутих стратегій.

Закон руху системи характеризується множиною інваріантних у часі перехідних імовірностей. Як тільки стан системи $\xi^t = x^t$ і прийнято рішення $\alpha^t = a^t$, то перехідна ймовірність

$$P(\xi^{t+1} \in C | \xi^t = x^t, \alpha^t = a^t) =: Q(C | x^t, a^t),$$

і отже, не залежить від минулого до теперішнього (загального) стану. Далі будемо вважати, що ця ймовірність переходу не залежить від t , рух є однорідним у часі.

Застосовуючи політику керування до залежного від часу марковського випадкового процесу, назвемо двійку (ξ, π) керованою версією ξ , що використовує стратегію π . Керований процес $\xi = (\xi^t)$ у загальному не є марковським, оскільки послідовність (α^t) рішень залежить не лише від поточних локальних станів $a_{\tilde{N}(i)}^t, i \in V$, а й від попередніх локальних керувань $a_{\tilde{N}(i)}^0, \dots, a_{\tilde{N}(i)}^{t-1}$ також. Безпосереднім наслідком з означення 2 є те, що застосування марковської стратегії π до керування

залежного від часу марковського поля призводить до отримання марковського процесу ξ з (ξ, π) .

Означення 3. Двійка (ξ, π) називається керованим стохастичним процесом з локально взаємодіючими синхронними компонентами у відповідності до скінченного графу взаємодій $\Gamma = (V, B)$, якщо $\xi = (\xi^t, t \in \mathbb{N}^+)$ є стохастичним процесом з простором станів X , $\pi = (\pi_i, i \in V)$ – допустимі локальні стратегії, а переходи ξ визначаються, як показано вище в (1). Якщо стратегії π стаціонарні локальні марковські, то двійка (ξ, π) називається керованим марковським процесом з локально взаємодіючими синхронними компонентами і має інваріантний у часі перехідний закон. Обґрунтування побудови цього перехідного закону полягає в наступному.

$$\begin{aligned} P(\xi^{t+1} \in C | \xi^0 = x^0, \alpha^0 = a^0, \dots, \alpha^{t-1} = a^{t-1}, \xi^t = y, \alpha^t = a) &= \\ = P(\xi^{t+1} \in C | \xi^0 = x^0, \dots, \xi^{t-1} = x^{t-1}, \xi^t = y, \alpha^t = a) &= \\ = P(\xi^{t+1} \in C | \xi^t = y, \alpha^t = a) &= \\ = Q(C | y, a), y \in X, a_j \in A_j(y). \end{aligned} \tag{1}$$

ξ коротко називатимемо керованим незалежним від часу випадковим полем.

У кожний момент часу $t \in \mathbb{N}$ гравці приймають рішення на підставі повної інформації про історію станів і попередні рішення їхнього повного околу. Після спільного рішення всіх гравців i -ий гравець (в i -ій вершині) отримує (додатну чи від'ємну) виплату $u_i(x, a_{\tilde{N}(i)})$, $x \in X$, $a_j \in A_j(x)$, $j \in \tilde{N}(i)$, щодо якої вважатимемо, що $u_i : X \times A^{|\tilde{N}(i)|} \rightarrow X$ є обмеженою неперервною корисністю або функцією виплат для кожного гравця. Таким чином, для кожної стратегії π і будь-якого дисконтованого коефіцієнту $\beta_i \in (0; 1)$ n -крокова дисконтована очікувана корисність гравця i

$$\varphi_i^n(x, \pi) = E_x^\pi \sum_{t=1}^n \beta_i^{t-1} u_i(x^t, a_{\tilde{N}(i)}^t),$$

де E_x^π позначає оператор математичного сподівання у відповідності до ймовірнісної міри P_x^π . Дисконтована корисність гравця i на нескінченному горизонті

$$\varphi_i(x, \pi) = \lim_{n \rightarrow \infty} \varphi_i^n(x, \pi),$$

Проблема полягає в тому, щоб знайти рівновагу Неша в наступному сенсі.

Означення 4. Нехай $\pi_{\pi_i \leftrightarrow \pi'_i}$ позначає стратегію системи, де всі гравці $j \in V \setminus \{i\}$ дотримуються стратегії π_j , а i -ий гравець – стратегії π'_i .

Стратегія π називається рівновагою Неша в дисконтованій стохастичній грі тоді й тільки тоді, коли односторонні відхилення від неї не вигідні, тобто для кожного $x \in X$.

$$\varphi_i(x, \pi) \geq \varphi_i(x, \pi_{\pi_i \leftrightarrow \pi'_i})$$

для кожного гравця i і всіх π' . Функції $V_i(\pi) =: \varphi_i(x, \pi)$, $i \in V$, називаються оптимальними функціями вартості гравців. Аналогічно визначаються рівноваги Неша для скінченних ігор.

Основний результат.

В попередній роботі [1] довели існування рівноваги за Нешем в стохастичній грі накопичення капіталу на графі за деяких припущень. Наведемо їх, оскільки вони будуть необхідні для формулювання основної теореми.

Припустимо, що функції корисності u_i , перехідні ймовірності Q і функції, що обмежують споживання, A_i задовольняють наступні умови:

A1: Функції корисності u_i для всіх $i \in V$ залежать від своїх аргументів так, що

$$u_i(x, a_{\tilde{N}(i)}) = u_i\left(x, a_i, \sum_{j \in \tilde{N}(i)} a_j\right).$$

Крім того, $u_i\left(x, \cdot, \sum_{j \in \tilde{N}(i)} a_j\right)$ – неспадна увігнута

функція й $u_i(x, a_i, \cdot)$ – незростаюча опукла функція така, що $u_i(0; 0; 0) = 0$.

A2: Q – перехідна ймовірність з X в X з кумулятивною функцією розподілу $F\left(\cdot | x - \sum_{i \in V} a_i\right)$, тобто

$$Q([0; y] | x, a) := Q\left([0; y] | x - \sum_{i \in V} a_i\right) = F\left(y | x - \sum_{i \in V} a_i\right).$$

Припустимо, що для всіх $y \geq 0$ $F(y | \cdot)$ – незростаюча неперервна опукла функція на X і $F(0 | 0) = 1$.

A3: Для $i \in V$ $A_i(x) = [0; K_i(x)]$ і K_i – неспадна, рівномірно обмежена зверху деякою константою $C_i \in [0; +\infty)$, і задовольняє умову $K_i(0) = 0$ для всіх i , $\sum_{i \in V} K_i(x) \leq x$ для всіх $x \in X$.

Для того, щоб довести існування єдиної рівноваги Неша, введемо додаткові припущення:

A4: Для всіх $i, j \in V$ таких, що $\{i, j\} \in B$, функції K_i, K_j задовольняють

$$0 \leq \frac{K_i(x_1) + K_j(x_1) - K_i(x_2) - K_j(x_2)}{x_1 - x_2} \leq 1.$$

для всіх $x_1 \neq x_2$.

A5: Ефективні чисті стратегії $f_i : [0; +\infty) \rightarrow [0; C_i]$ і функції вартості $v_i : [0; +\infty) \rightarrow [0; +\infty)$ для кожного гравця i задовольняють

$$\begin{aligned} f_i(x) &\leq K_i(x) \quad \forall x \in X; \\ 0 &\leq \frac{f_i(x_1) - f_i(x_2)}{x_1 - x_2} \leq 1 \quad \forall x_1 \neq x_2; \\ v_i &\leq \frac{u_i\left(x, C_i, \sum_{j \in N(i)} C_j\right)}{1 - \beta_i} \quad \forall x \in X, \end{aligned}$$

v – неперервна на $(0; +\infty)$ і неспадна на $[0; +\infty)$ функція.

Теорема 1. Кожен керований стохастичний процес з локально взаємодіючими синхронними компонентами, що задовольняє умови A1–A5, має єдину нерандомізовану марковську рівновагу Неша $\pi \in LS_D$.

Доведення. Доведення спирається на деякі аргументи з робіт Аміра [10] і Вічека [16].

Нехай $B(X)$ – простір всіх обмежених невід’ємних борелівських вимірних функцій $v : [0; +\infty) \rightarrow [0; +\infty)$ таких, що $v(0) = 0$. Нехай $\pi \in LS_D$. Покладемо

$$(T_\pi v_i)(x) = u_i\left(x, \pi_i(x), \sum_{j \in N(i)} \pi_j(x)\right) + \beta_i \int_X v_i(x') dF(x' | y), \quad i \in V, \quad (2)$$

де $y = x - \sum_{i \in V} \pi_i(x)$. Оскільки $v_i(0) = 0$, з A3 випливає, що $T_\pi v_i \in B(X)$.

З припущення A5 маємо

$$(T_\pi v_i)(x) \leq u_i\left(x, C_i, \sum_{j \in N(i)} C_j\right) + \beta_i \frac{u_i\left(x, C_i, \sum_{j \in N(i)} C_j\right)}{1 - \beta_i} = \frac{u_i\left(x, C_i, \sum_{j \in N(i)} C_j\right)}{1 - \beta_i}.$$

Аналогічно до [16] можемо довести аналоги лем 3.1–3.10 [16] і показати єдиність нерухомої точки, що еквівалентно тому, що локально взаємодіючі синхронні компоненти, які задовольняють A1–A5, мають єдину нерандомізовану марковську рівновагу Неша.

Висновок. Існування та єдиність рівноваги Неша в задачах керування мережевими структурами в загальному випадку залишається невирішеним. Водночас, її рішення відкриває шлях до широкого класу завдань теорії прийняття рішень. Цікавий випадок – існування декількох рівноваг Неша. У цьому випадку виникають нові цікаві завдання щодо функціонування систем, наприклад, боротьба за лідерство тощо. Дивно, що в таких випадках найприбутковішою є часто ірраціональна поведінка. Таким чином, поняття оптимальності та її ставлення до раціональності вимагає детального та всебічного розгляду.

Список використаних джерел

1. Chornei R. On the Nash equilibrium in stochastic games of capital accumulation on a graph / O. Chertov, T. Mylovanov, Y. Kondratenko, J. Kasprzyk, V. Kreinovich, V. Stefanuk (eds.) Recent Developments in Data Science and Intelligent Analysis of Information. – Springer International Publishing, Cham. – 2019. – P. 125–133.
2. Chornei R.K., Daduna H., Knopov P.S. Control of Spatially Structured Random Processes and Random Fields with Applications. – Springer Science + Business Media, Inc. – 2006. – 261 p.
3. Chornei R.K. On stochastic games on the graph // Kibernetika i Sistemny Analiz. – 1999. – № 5. – С. 138–144 [in Russian]. English translation in: Cybernetics and Systems Analysis, 35(5), September–October 1999.
4. Chornei R.K., Daduna H., Knopov P.S. Controlled Markov fields with finite state space on graphs // Stochastic Models. – 2005. Vol. 21. – P. 847–874.
5. Chornei R.K., Daduna H., Knopov P.S. Stochastic games for distributed players on graphs // Math. Methods of Oper. Res. – 2004. – Vol. 60, No. 2. – P. 279–298.

6. Daduna H., Knopov P.S., Chornei R.K. Local control of interacting Markov processes on graphs with compact state space // Kibernetika i Sistemny Analiz. – 2001. – № 3. – С. 62–77 [in Russian]. English translation in: Local Control of Markovian Processes of Interaction on a Graph with a Compact Set of States. Cybernetics and Systems Analysis, 37(3):348–360, May 2001.
7. Daduna H., Knopov P.S., Chornei R.K. Controlled semi-Markov fields with graph-structured compact state space // Teor. Ymovirnost. Matem. Statist. – 2003. – С. 38–51 [in Ukrainian]. English translation in: Controlled semi-Markov fields with graph-structured compact state space. Theory of Probability and Mathematical Statistics, 69:39–53, 2004.
8. David P.A., Foray D. Percolation structures, Markov random fields. the economics of edi standards diffusions / Pogorel (ed.) Global telecommunications strategies and technological changes. North-Holland, Amsterdam (1993). First version: Technical report, Center for Economical Policy Research, Stanford University, 1992.
9. David P.A., Foray D., Dalle J.M. Marshallian externalities and the emergence and spatial stability of technological enclaves // Economics of Innovation and New Technology. – 1998. – Vol. 6, No. 2–3. First version: Preprint, Center for Economical Policy Research, Stanford University, 1996.
10. Amir R. Continuous stochastic games of capital accumulation with convex transitions // Games Econ. Behavior. – 1996. – Vol. 15. – P. 111–131.
11. Levhari D., Mirman L. The great fish war: An example using a dynamic Cournot–Nash solution // Bell. J. Econ. – 1980. – Vol. 11. – P. 322–334.
12. Sundaram R.K. Perfect equilibrium in nonrandomized strategies in a class of symmetric dynamic games // J. Econ. Theory. – 1989. – Vol. 47. – P. 153–177.
13. Majumdar M., Sundaram R.K. Symmetric stochastic games of resource extraction: Existence of nonrandomized stationary equilibrium / T.E.S. Raghavan, T.S. Ferguson, T. Parthasarathy, O.J. Vrieze (eds.) Stochastic Games And Related Topics, Theory and Decision Library (Game Theory, Mathematical Programming and Operations Research). – Springer. – Vol. 7. – 1991. – P. 175–190.
14. Dutta P.K., Sundaram R.K. Markovian equilibrium in a class of stochastic games: Existence theorems for discounted and undiscounted models // Econ. Theory. – 1992. – Vol. 2. – P. 197–214.
15. Balbus L., Nowak A.S. Construction of Nash equilibria in symmetric stochastic games of capital accumulation // Math. Meth. Oper. Res. – 2004. – Vol. 60. – P. 267–277.
16. Wiecек P. Continuous convex stochastic games of capital accumulation / A.S. Nowak, K. Szajowski (eds.) Advances in Dynamic Games, Annals of the International Society of Dynamic Games. – Birkhäuser. – Vol. 7. – 2005. – P. 111–125.
17. Federgruen A. On n-person stochastic games with denumerable state space // Adv. Appl. Probab. – 1978. – Vol. 10. – P. 452–471.

Р. К. Чорней,
НУ «КМА», г. Киев

О ЕДИНСТВЕННОСТИ РАВНОВЕСИЯ ПО НЕШУ В СТОХАСТИЧЕСКИХ ИГРАХ НАКОПЛЕНИЯ КАПИТАЛА НА ГРАФЕ

Основной целью данной работы является изучение применения управляемых случайных полей, заданных на некотором неориентированном графе к задаче единственности нешевского равновесия для стохастических игр накопления капитала с многими игроками. Игроки расположены в вершинах графа взаимодействия Γ , ребра обозначают связи между игроками. Предполагается, что решения игроков синхронизируются с использованием стандартного предположения о принятии решений в последовательных играх с дискретным временем.

Ключевые слова: марковский процесс принятия решений; стохастическая игра; равновесие по Нешу; накопление капитала; случайные поля.

Chornei R. K.,
National University of Kyiv-Mohyla Academy, Kyiv

ON THE UNIQUENESS OF THE NASH EQUILIBRIUM IN STOCHASTIC GAMES OF CAPITAL ACCUMULATION ON A GRAPH

Over the past decades, the theory of control of stochastic processes and fields has been developing rapidly. The number of works in this direction is very large. The main reason for this situation is a large number of possible applications. For deeper implementation, the need for a large number of initial data and the nature of the research subject is obstructed. With the development of modern technical means, in parallel with the new possibilities of processing systems with a large number of data, the possibility of introduction to the solution of applications is sharply increasing.

In many applications in biology, in economics, or engineering research, random fields describe the state of a system for some fixed time instant. The evolution over time of such systems is then described by a stochastic process with random fields as one-dimensional marginals in time.

In this paper, the problem of finding the conditions for the existence of a unique Nash equilibrium in stochastic games of capital accumulation is investigated. The structure of a controlled system is described by some undirected finite graph, which defines the structure of neighborhood. For such systems, a controlled random field is constructed.

Key words: Markov decision process; stochastic game; Nash equilibrium; capital accumulation; random fields.

Рецензенти: Фісун М. Т., д-р техн. наук, професор;
Мещанінов О. П., д-р пед. наук, професор.

СТОХАСТИЧНИЙ МЕТОД НАВЧАННЯ АГЕНТІВ У СИСТЕМАХ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Досліджується проблема оптимального прийняття рішень агентами при взаємодії за допомогою стохастичних методів навчання. Сформульовано задачу прийняття рішень, описано метод стохастичного навчання агентів. Розроблено алгоритмічне та програмне забезпечення для моделювання прийняття рішень в умовах невизначеності. Наведено та проаналізовано результати комп'ютерного моделювання процесу прийняття рішень для комах-світляків. У даній роботі розглянуто актуальну тему оптимальних стратегій в іграх з локальною взаємодією, розглянуто стимулююче навчання багатоагентних систем у ігровій постановці. Метою даної роботи є розгляд методу побудови системи з локальною взаємодією агентів на основі завдання «синхронізації» за допомогою марковської моделі стохастичної гри. Метод дослідження – комп'ютерна програма для моделювання завдання з використанням Q-методу навчання.

Ключові слова: стохастична гра; мультиагентна система; адаптивний ігровий метод; Q-метод.

Постановка наукової проблеми. Сучасні організаційні, економічні, технічні, інформаційні та інші системи є динамічними, ієрархічними, розподіленими, з децентралізованим або комбінованим керуванням, масштабованими, відкритими до структурно-функціональної модифікації та взаємодії [1]. Такі системи, як правило, функціонують в умовах апріорної невизначеності, обумовленої неточністю їх математичної моделі. Бажані (оптимальні) режими функціонування системи забезпечуються за допомогою одного або декількох введених у контур зворотного зв'язку агентів [4]. Агент – це автономна активна інтелектуальна система прийняття рішень, здатна опрацювати реакції середовища для цілеспрямованого впливу на його стани за допомогою набору керуючих дій.

Порівняно з одноагентними системами структура, функціонування та дослідження методів багатоагентного Q-навчання значно ускладнюються. За рахунок колективної взаємодії агентів стаціонарне середовище переводиться у клас нестационарних. Зміна станів середовища та значення виграшів кожного агента залежать від дій інших агентів. У загальному випадку у МАС агент не може досягти максимального виграшу, який дорівнює його виграшу в одноагентній системі. Оптимальні виграші агентів повинні бути збалансованими і відповідати критеріям вигодих, справедливості, рівноваги. Так, замість критерію скалярної максимізації виграшів одноагентної системи, вводяться критерії векторної максимізації виграшів МАС, наприклад, рівноваги за Нешем, оптимальності за Парето або ін.

Для побудови МАС необхідно виконати попередні дослідження на основі адекватних математичних моделей, які дають змогу вивчити динаміку системи в умовах невизначеності, побудувати стратегії поведінки агентів, які забезпечують оптимальні техніко-економічні параметри функціонування системи. Враховуючи особливості предметної області, а саме багатоагентність, невизначеність середовища прийняття рішень, антагонізм або конкурентність цілей, комунікативність, координація дій, адаптивність стратегій поведінки агентів, для побудови моделей МАС використовуємо математичний апарат теорії стохастичних ігор [2; 3]. Розв'язування стохастичної гри полягає у пошуку таких стратегій агентів, які максимізують їх виграші так, щоб забезпечити певний колективний баланс інтересів усіх гравців [1]. Шукати оптимальні стратегії гравців в умовах невизначеності будемо за методом заохочувального навчання.

Метою роботи є побудова ігрової моделі самоорганізації мультиагентних систем для підтримки прийняття рішень в умовах невизначеності. Ця мета досягається розв'язуванням таких задач: розроблення математичної моделі мультиагентної стохастичної гри; розроблення самонавчального методу та алгоритму розв'язування стохастичної гри; розроблення програмних засобів моделювання стохастичної гри; аналіз отриманих результатів та вироблення рекомендацій для їх практичного застосування. Методом дослідження є комп'ютерна програма для моделювання задачі.

Аналіз досліджень. Функціонування МАС [4; 5], як правило, здійснюється в умовах апріорної невизна-

ченості інформації про стани середовища прийняття рішень та дії інших агентів. У зв'язку з цим стратегії поведінки агентів повинні бути адаптивними за рахунок здатності агентів до самонавчання [6]. Серед методів навчання в умовах невизначеності практичної привабливості набули методи, які ґрунтуються на заохоченнях [7; 8], оскільки вони не вимагають математичної моделі середовища та забезпечують можливість приймати рішення безпосередньо в процесі навчання. В основу заохочувального навчання покладено механізми рефлексивної поведінки живих організмів з розвинутою нервовою системою. Ефективним методом заохочувального навчання є марківське Q-навчання [10], яке здійснює числову ідентифікацію характеристичної функції динамічної системи у просторі «стан–дія». Як характеристичну функцію переважно використовують функцію сумарної очікуваної винагороди агента.

Використано ідеї статі П.О.Кравця [9] «Ігрова модель самоорганізації мультиагентних систем», яка розглядає основні властивості МАС та зв'язок задачі «імітувати синхронізоване ритмічне світіння колонії комах-світлячків» з МАС. Метою моделювання є визначення умов та механізмів локальної координації агентів, для самоорганізації МАС. Для цього необхідно розв'язати такі задачі: побудувати модель гри, розробити алгоритм для розв'язування та виконати програмне комп'ютерне моделювання для виявлення координації та самоорганізації МАС.

Сучасні дослідження методів навчання агентів переважно ґрунтуються на властивостях стохастичних випадкових процесів [11; 12]. Такі методи є відносно простими для математичного дослідження та зручними для практичної реалізації, оскільки не враховують передісторії динаміки системи прийняття рішень.

Застосування стохастичних моделей є випадковим для кожного формулювання задачі оптимального прийняття рішень, оскільки залежить від природи середовища та динаміки станів досліджуваної системи. Тому з науково-практичного погляду важливим є формування загальних системотворчих засад прийняття рішень в умовах невизначеності та побудова програмних інструментальних засобів дослідження ефективності методів навчання для вироблення оптимальних рішень у реальному масштабі часу.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження. Для виконання експериментів використовуємо обґрунтоване комунікаційне середовище, яке складається з n агентів і l станів, що населяють двовимірний світ з безперервним простором і дискретним часом. Агенти можуть здійснювати фізичні дії в середовищі та комунікаційні дії, які передаються іншим агентам. Вважаємо, що агенти не мають ідентичний простір для дій і спостережень, а обмежені, але вони діють за однією і тією ж стратегією π . Деякі середовища вимагають явного зв'язку між агентами для досягнення найкращої винагороди, тоді як в інших середовищах агенти можуть виконувати тільки фізичні дії.

Сформульована задача може бути розв'язана також за допомогою механізму випадкового вибору стратегій, який може бути рівномірним або ефек-

тивнішим, адаптивним чи побудованим на основі раціональних евристик. Застосування випадкових стратегій особливо доцільне у випадку стохастичної природи середовища прийняття рішень. Як правило, стохастичний вибір стратегій вимагає більше кроків для прийняття оптимальних рішень порівняно з детермінованим вибором.

Для побудови МАС необхідно виконати попередні дослідження на основі адекватних математичних моделей, які дають змогу вивчити динаміку системи в умовах невизначеності, побудувати стратегії поведінки агентів, які забезпечують оптимальні техніко-економічні параметри функціонування системи. Враховуючи особливості предметної області, а саме багатоагентність, невизначеність середовища прийняття рішень, антагонізм або конкурентність цілей, комунікативність, координація дій, адаптивність стратегій поведінки агентів, для побудови моделей МАС використовуємо математичний апарат теорії стохастичних ігор. Розв'язування стохастичної гри полягає у пошуку таких стратегій агентів, які максимізують їх вигрaші так, щоб забезпечити певний колективний баланс інтересів усіх гравців. Шукати оптимальні стратегії гравців в умовах невизначеності будемо за методом заохочувального навчання.

Математична модель стохастичної гри. Середні програші агентів

$$\theta_n^i(\{t, u_n^{Di}\}) = \frac{1}{n} \sum_t^n \xi_t^i, \forall i \in D \quad (1)$$

характеризують якість проведення гри у момент часу n .

Метою кожного агента є мінімізація власної функції середніх програшів:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \theta_n^i \rightarrow \min_{\{u_n^i\}} \forall i \in D. \quad (2)$$

Задача стохастичної гри полягає в тому, що агенти на основі спостереження поточних програшів $\{\xi_t^i\}$, повинні навчитися вибирати чисті стратегії $\{u_n^i\}$ так, щоб з ходом часу $n = 1, 2, \dots$ забезпечити виконання системи критеріїв (2).

Для розв'язування задачі (2) необхідно визначити спосіб формування послідовностей чистих стратегій $\{u_n^i\}$ у часі, які забезпечують виконання умови (4) внаслідок асимптотичної адекватності функцій середніх вигрaшів (3).

Значення функції θ_n^i середніх програшів гравців наближаються до значень функцій V^i середніх програшів відповідної матричної гри:

$$\forall i \in D \lim_{n \rightarrow \infty} n^k M \left\{ [\theta_n^i - V^i(p^{Di*})]^2 \right\} < \infty. \quad (3)$$

Умова доповняльної нежорсткості, зважена елементами векторів змішаних стратегій, описує розв'язки гри як у змішаних, так і у чистих стратегіях:

$$\text{diag}(p_i) \left(\nabla_{p_i} V_i(p) - e^{N_i} V_i(p) \right) = 0, \forall i \in D, \quad (4)$$

де $\text{diag}(p_i)$ – квадратна діагональна матриця порядку N_i , побудована з елементів вектора p_i .

Поточні програші агентів визначимо як штраф за порушення просторової та часової координації стратегій:

$$\xi_n^i = \lambda \sum_{s \in D} \frac{|u_n^i - u_n^s|}{L_i} + (1 - \lambda) |u_n^i - u_{n-1}^i| + \mu_n, \quad (5)$$

де $\xi_n^i \in R^1$; $\lambda \in [0; 1]$ – ваговий коефіцієнт; D_i – множина сусідніх агентів, що відповідає зображенням на рис.2 зв'язкам; $L_i = |D_i|$ – кількість сусідніх агентів; u_n^i – чис-

та стратегія з бінарним значенням; \bar{u}_n^i – інверсне значення чистої стратегії; $\mu_n \sim Normal(0, d)$ – білий гаусівський шум, нормально розподілена випадкова величина з нульовим математичним сподіванням та дисперсією $d > 0$.

Перша складова виразу (5) визначає штраф за порушення просторової (взаємної) координації стратегій гравців у межах підмножини D_i , друга складова – штраф за порушення часової координації у два послідовні моменти часу, а третя складова визначає дію випадкових завад у вигляді білого шуму.

Враховуючи величину періоду $\tau = N_i$ динамічної самоорганізації МАС, формування послідовностей чистих стратегій $\{u_n^i\}$ з потрібними властивостями виконаємо на основі матриць імовірностей переходів між чистими стратегіями агентів:

$$p_n^i = \left[\begin{array}{cccc} p_n^i(1,1) & \dots & p_n^i(1, N_i) & \\ \vdots & \ddots & \vdots & \\ p_n^i(N_i, 1) & \dots & p_n^i(N_i, N_i) & \end{array} \right], \forall i \in D. \quad (6)$$

Рядки матриці p_n^i є змішаними стратегіями i -го гравця, якщо він вибрав чисту стратегію $u_n^i \in U^i$. Елементи $p_n^i(j, k)$ рядків є умовними імовірностями вибору чистих стратегій залежно від поточного варіанта дії u_n^i та отриманого програшу ξ_n^i . Вважатимемо, що вибрані чисті стратегії відповідають станам агента. Тоді p_n^i (6) є матрицею імовірностей зміни станів агента.

Гра розпочинається з ненавчених змішаних стратегій $p_n^i(j, k) = \frac{1}{N_i}$, $j, k = 1 \dots N_i$. Для адаптивного формування розподілу випадкових стратегій, який мінімізує функції середніх програшів (1) усіх гравців, імовірність вибору стратегій з меншими програшами повинна зростати у часі $n = 1, 2, \dots$.

Враховуючи (4), отримаємо такий рекурентний метод зміни векторів змішаних стратегій:

$$p_{n+1}^i = \pi_{\varepsilon_{n+1}} \{ p_n^i(u_n) - \gamma_n \xi_n^i [e(u_n^i) - p_n^i(u_n)] \}, \forall i \in D, \quad (7)$$

де $p_n^i(u_n)$ – змішана стратегія i -го гравця у стані $u_n \in U^i$; $\pi_{\varepsilon_{n+1}}$ – оператор проектування на одиничний ε -симплекс $S_\varepsilon^{N_i} \subseteq S^{N_i}$ [11], який є підмножиною одиничного симплексу S^{N_i} ; $\gamma_n > 0$ – монотонно спадна послідовність додатних величин, яка регулює величину кроку методу; $\varepsilon_n > 0$ – монотонно спадна послідовність додатних величин, яка регулює швидкість розширення ε -симплексу.

Дослідження збіжності методу (11) виконаємо у класі монотонних послідовностей $\{\gamma_n\}$ та $\{\varepsilon_n\}$ виду $\gamma_n = \gamma(n + \alpha)^{-\alpha}$; $\alpha > 0$; $\varepsilon_n = \varepsilon(n + \beta)^{-\beta}$; $\beta > 0$. (8)

Збіжність методу (11) спостерігається:

- 1) з ймовірністю 1, якщо $\alpha \in (0.5; 1]$; $\beta > 0$;
- 2) у середньоквадратичному, якщо $\alpha \in (0, 1]$; $\beta > 0$.

Метод (7) забезпечує адаптивний вибір агентами чистих стратегій завдяки динамічній перебудові змішаних стратегій на основі опрацювання поточних програшів.

На підставі поточного розподілу імовірностей $p_n^i(u_n^i)$ агент здійснює випадковий вибір чистої стратегії $\forall i \in D$.

$$u_n^i = \left\{ \frac{u^i(l)}{l} = \arg \min_l \sum_{k=1}^L p_n^i(j, k) > \omega(j, l = 1 \dots N_i) \right\}, \quad (9)$$

де $\omega \in [0, 1]$ – випадкова величина з рівномірним розподілом.

Отже, якщо в момент часу n агент перебуває у стані u_n^i то на основі змішаної стратегії $p_n^i(u_n^i)$ він вибирає чисту стратегію $u_n^{i'}$ згідно з (3), за що до моменту часу $n + 1$ отримує поточний програш ξ_n^i який використовує для обчислення змішаної стратегії $p_{n+1}^i(u_n^i)$ згідно з (7), після чого переходить у новий стан $u_{n+1}^i = u_n^{i'}$.

Оцінювання ефективності ігрової самоорганізації МАС виконаємо за такими показниками:

- 1) функція середніх втрат або ціна гри:

$$\theta_n = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^L \theta_n^i, \text{ де } L = D / \text{ – кількість гравців;}$$

- 2) коефіцієнт просторової координації стратегій гравців:

$$K_n = \frac{1}{nL} \sum_{t=1}^n \sum_{i=1}^L \chi(\sum_{s \in D_i} |u_t^i - u_t^s| = 0),$$

де $\chi \in \{0, 1\}$ – індикаторна функція події;

Моделювання прикладу. Для прикладу розглянемо стохастичну ігрову модель самоорганізації комах-світлячків (fireflies) із родини Lampyridae, які ведуть нічний спосіб життя у тропічних регіонах світу. Самці цих комах для приваблювання самок запускають механізм люмінесцентного випромінювання свого черевця. Самоорганізація проявляється у виникненні явища ритмічного синхронізованого світіння усієї колонії самців.

Моделювання поведінки світлячків виконаємо за допомогою стохастичної гри агентів, кожен з яких може перебувати в одному із двох станів $u_n^i \in \{0, 1\}$, де 0 позначає відсутність, а 1 – наявність світіння.

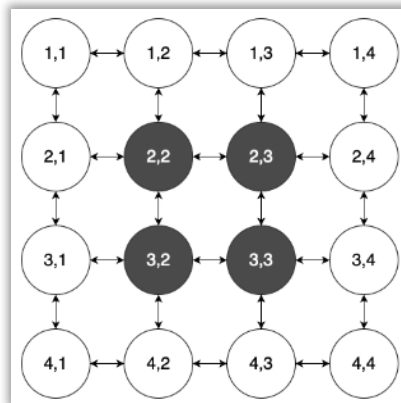


Рис. 1. Модель стохастичної гри «Світлячки»

Виконаємо розв'язування стохастичної гри двох агентів з двома чистими стратегіями у середовищі з двома станами. Кожен агент може спостерігати стани сусідніх агентів та змінювати власний стан так, щоб у діях бути максимально подібним на своїх сусідів. Структура зв'язків між агентами зображена на рис. 1.

Регулярна структура гри задається кількістю агентів $L=m*m$, $m \geq 2$, підмножинами сусідніх агентів D_i та кількістю чистих стратегій $N_i=N=2$, $i=1..L$.

Динаміка процесу самоорганізації складається з просторової та часової координації стратегій агентів. Просторова координація полягає у дотриманні співвідношення стратегій агентів у локально визначених областях D_i , N_i так, як це зображено на рис. 2. Часова координація визначається дотриманням співвідношення стратегій агентів на проміжку часу $\tau = 2$.

В ігровій термінології просторова координація полягає у виборі однакових значень чистих стратегій гравців у фіксовані моменти часу (агенти намагаються повторювати дії один одного), а часова координація – у зміні бінарних стратегій на протилежні значення у два послідовні моменти часу. Результатом самоорганізації агентів є інверсна зміна матриць бінарних чистих стратегій

$$[0]_{m*m} - [1]_{m*m} - [0]_{m*m} - [1]_{m*m}$$

у часі, що моделює ритмічне світіння колоній світлячків.

Така зміна забезпечується матрицями навчених змішаних стратегій

$$p^{i*}(u_n^i) = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}.$$

агентів з однаковими початковими станами (навченими), на рис.1 виділені коліром.

Алгоритм розв'язування стохастичної гри

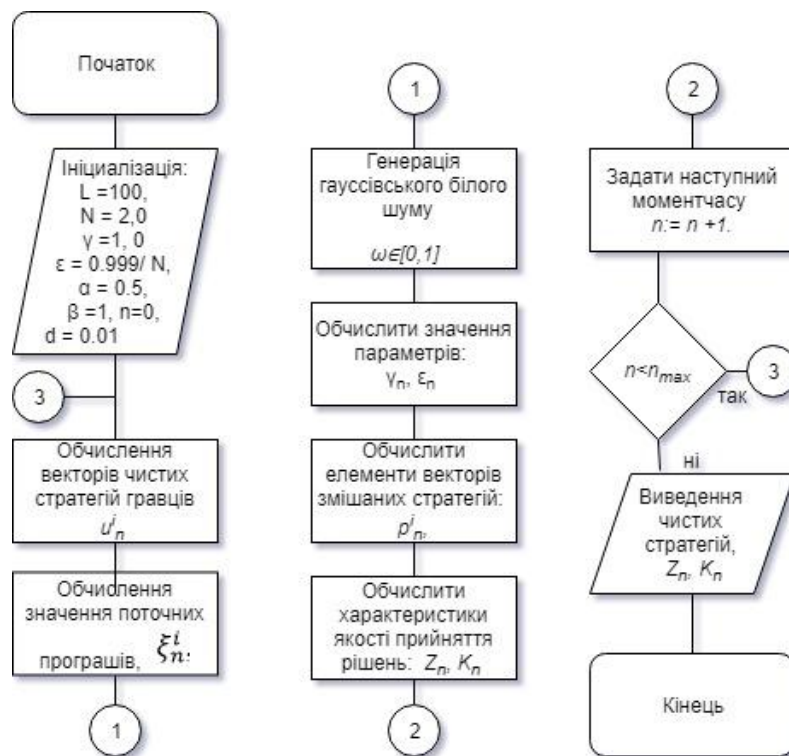


Рис. 2. Графічна схема алгоритму стохастичного Q-навчання

На початковому відрізку часу більшість агентів є ненавченими, і відповідні стратегії повинні забезпечувати можливість мінімального сумарного штрафу, який визначається станами середовища та можливими діями агента. Це забезпечує можливість отримання під час навчання глобального оптимального значення Q -функції. Навчений агент реалізує «правильний» алгоритм поведінки, вибираючи дії, які відповідають максимальним значенням Q -функції, що зменшує час розв'язування оптимізаційної задачі.

У реальних задачах великий розмір колонії комах-світлячків призводить до значного зростання часу навчання. Якщо цей час є критичним, то, за раціональними міркуваннями, виконують кластеризацію простору, обмежуючись пошуком стратегій у локальних областях. Загалом це призводить до отримання субопти-

мальних розв'язків задачі. Застосування випадкових стратегій особливо доцільне у випадку стохастичної природи середовища прийняття рішень. Як правило, стохастичний вибір стратегій вимагає більше кроків для прийняття оптимальних рішень порівняно з детермінованим вибором.

Завдяки локальній координації стратегій агентів даний розв'язок забезпечує самоорганізацію МАС «світлячків». Кожен гравець спостерігає дії сусідніх і отримує власні програти через не співпадіння, що змушує його динамічно обирати стратегії з меншими штрафами. Динамічне обирає стратегій перетворює локально скоординовані дії гравців на глобальну координацію гри, коли колектив гравців поведуться як цілісний організм, дивись рис.3.

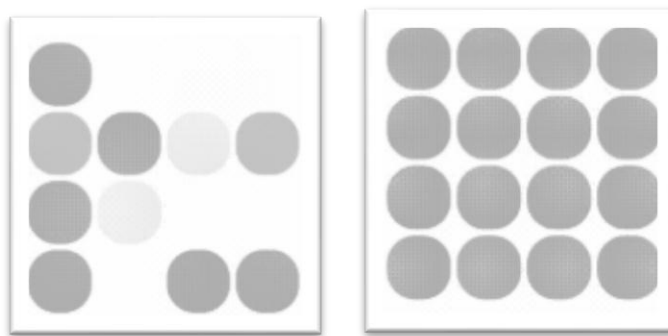


Рис. 3. а) в процесі навчання, б) самоорганізовані агенти

Висновки дослідження. Розв'язано задачу стохастичного навчання агента для прийняття оптимальних рішень в детермінованому середовищі на прикладі імітації світлових ефектів колонії комах-світлячків. Виконано математичне формулювання задачі прийняття рішень з детермінованими та стохастичними стратегіями на основі рекурентного оцінювання критеріальних функцій корисності станів та ефективності варіантів дій агента. Оцінювання критеріальних функцій відбувається у реальному масштабі часу на основі підкріпленого Q -навчання і не вимагає наявності моделі середовища, що важливо для практичних застосувань прийняття рішень в умовах невизначеності.

Досягнутий методом навчання оптимальний розв'язок задачі є стійким до механізму випадкового вибору стратегій, про що свідчать зменшення різницевої функції та стабілізація значення Q -функції з часом. Отримані результати та розроблене алгоритмічно-програмне забезпечення можуть бути адаптовані для розв'язування задач оптимального прийняття рішень у системах з іншим інформаційним базисом.

Розв'язування задач прийняття рішень в ігровому формулюванні є предметом перспективних досліджень у галузі розподіленого штучного інтелекту.

Список використаних джерел

1. Musiyenko M., Zhuravska I., Kulakovska I., Kulakovska A. Simulation the behavior of robot sub swarm in spatial corridors. 2016 IEEE 36th ELNANO. April 19-21, 2016. Kyiv, Ukraine. Page(s) 382-387. DOI: 10.1109/ELNANO.2016.7493090 <http://ieeexplore.ieee.org/document/7493090/>.
2. Fudenberg, D. The Theory of Learning in Games / D. Fudenberg, D. K. Levine. – Cambridge, MA: MIT Press, 1998. – 292 pp.
3. Hu, J. Nash Q-learning for general-sum stochastic games / J. Hu, M. P. Wellman // Machine Learning Research. – 2003. – No. 4. – PP. 1039 – 1069.
4. Wooldridge M. An Introduction to Multiagent Systems / M. Wooldridge. – John Wiley & Sons, 2002. – 366 pp.
5. Weiss, G. Multiagent Systems. A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence / G. Weiss, editor. – Springer Verlag, Berlin, 1996. – 643 pp.
6. Назин А. В. Адаптивный выбор вариантов : Рекуррентные алгоритмы / А. В. Назин, А. С. Позняк. – М.: Наука, 1986. – 288 с.
7. Kaelbling, Leslie. Reinforcement learning: A survey / Leslie Kaelbling, Michael L. Littman, Andrew W. Moore. Journal of Artificial Intelligence Research. – 1996. – No. 4. – PP. 237–285.
8. Sutton, R. S. Reinforcement Learning: An Introduction / Richard S. Sutton, Andrew G. Barto. – MIT Press, 1998. – 322 pp.
9. Кравець П. О. Ігрова модель самоорганізації мультиагентних систем / П. О. Кравець // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія: Інформаційні системи та мережі : збірник наукових праць. – 2015. – № 829. – С. 161–176.
10. Watkins, C.J.C.H. Q-Learning / C.J.C.H. Watkins, P. Dayan // Machine Learning. – Kluwer Academic Publishers, Boston. – 1992. – No. 8. – PP. 279–292.
11. Майн, Х. Марковские процессы принятия решений / Х. Майн, С. Осаки. –М.: Наука, 1977. – 176 pp.
12. Filar, J. Competitive Markov Decision Processes / Jerzy Filar, Koos Vrieze. – Springer-Verlag, 1997. – 393 pp.

В. Д. Асеев, И. В. Кулаковская,
ЧНУ им. Петра Могиля, г. Николаев

СТОХАСТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОБУЧЕНИЯ АГЕНТОВ В СИСТЕМАХ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Исследуется проблема оптимального принятия решений агентами при взаимодействии с помощью стохастических методов обучения. Сформулирована задача принятия решений, описан метод стохастического обучения агентов. Разработано алгоритмическое и программное обеспечение для моделирования принятия решений в условиях неопределенности. Приведены и проанализированы результаты компьютерного моделирования процесса принятия решений для насекомых-светлячков. В данной работе рассмотрены актуальную тему оптимальных стратегий в играх с локальным взаимодействием, рассмотрены стимулирующее обучение многоагентных систем в игровой постановке. Целью данной работы является рассмотрение метода построения системы с локальным взаимодействием агентов на основе задания «синхронизации» с

помощью марковской модели стохастической игры. Метод исследования - компьютерная программа для моделирования задачи с использованием Q-метода обучения.

Ключевые слова: стохастическая игра; многоагентная система; метод адаптивных игр; Q-метод.

V. D. Asieiev, I. V. Kulakovska,
Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv

STOCHASTIC METHOD OF TRAINING AGENTS IN DECISION-MAKING SYSTEMS

The problem of optimal decision making by agents during interaction with the help of stochastic teaching methods is studied. The problem of decision making is formulated, the method of stochastic training of agents is described. Algorithmic and software for decision making modeling under uncertainty conditions are developed. The results of computer simulation of decision making process for insect-firefly are presented and analyzed. In this paper, an actual theme of optimal strategies in games with local interaction is considered, the stimulating training of multi-agent systems in gaming is considered.

The purpose of this work is to consider the method of constructing a system with local interaction of agents based on the task of «synchronization» using the Markov model of the stochastic game. The research method is a computer program for modeling a task using the Q-method of training.

The solution to a stochastic game is to seek out strategies of agents that maximize their winnings so as to provide a certain collective balance of interests for all players. To search optimal strategies of players in conditions of uncertainty we will use the method of encouraging learning.

The optimal solution of the problem achieved by the learning method is stable to the mechanism of random selection of strategies, as evidenced by the reduction of the difference function and the stabilization of the Q-function over time. Solving decision-making problems in game formulation is the subject of promising research in the field of distributed artificial intelligence.

Key words: stochastic game; multiagent system; adaptive gaming method; Q-method.

Рецензенти: Коваленко І. І., д-р техн. наук, професор;
Швед А. В., канд. техн. наук.

© Асеев В. Д., Кулаковська І. В., 2018

Дата надходження статті до редколегії 19.11.2018

РОЗПІЗНАВАННЯ ОБРАЗІВ КУРЦІВ У ГРОМАДСЬКИХ МІСЦЯХ

Розглянуті існуючі способи фільтрації та обробки зображення. Проаналізовані їх основні переваги, та недоліки. Проведено реалізацію нейронної мережі з використанням функцій комп'ютерного зору, яка несе у собі реалізацію розпізнавальної системи курців. Аналіз існуючих подібних систем показав, що більшість з них є комерційні, тому дослідити їхню структуру не є можливим. Однією з найпопулярніших некомерційних систем є YOLO Darknet. У випадку розробленої системи при зашумленні фото, або якщо людина прикриває цигарку, скоріш за все, фото розпізнано не буде. Для усунення цих проблем, розглянуто методи попередньої фільтрації та обробки зображень.

Ключові слова: нейронна мережа; фільтрація; курці; об'єкт; тренування системи; розбиття на квадрати; елемент.

Останнім часом країну захлинула велика проблема – куріння у громадських місцях. Багато людей страждають від пасивного куріння, через те, що правоохоронні органи не можуть повністю відслідкувати за кожною людиною. Діти дихаючи димом з дитинства мають проблеми з диханням, що є фатальною проблемою для нашої країни. Для вирішення даної проблеми було розроблено систему, яку побудовано на нейронній мережі, та інкапсулює у собі використання бібліотеки комп'ютерного зору.

Для застосування нейронної мережі треба виділити основні її функції [3]:

1) Розпізнавання. Найпоширеніша задача нейронних мереж. Використовується будь-де, особливо зараз, наприклад за допомогою Google ви шукаєте фото, та маєте змогу його знайти.

2) Класифікація. Зараз дуже поширене поняття кластеризації яке по суті, займається категоризацією усіх вхідних параметрів. Наприклад, ми можемо вирішити, кому видавати кредит, а кому не видавати, за

допомогою нейронної мережі. Для цього буде достатньо деякої кількості параметрів людини.

3) Передбачення. Деяка можливість передбачити події раніше вже не деяких фактах з минулого та теперішнього. Люди матимуть змогу передбачити зростання або падіння акцій, для подальшої нормалізації економіки країни [10]

Якщо аналізувати існуючі рішення варто звернути увагу на систему – Darknet YOLO. Така назва виникла через те, що саме ця система дозволяє з одного погляду класифікувати та розпізнати об'єкт у режимі реального часу. Побудовано систему розпізнавання курців буде на основі системи YOLO, дана система є однією з кращих з відкритим вихідним кодом [4].

Нейронна мережа є згортувальною. Тренується дана система масивом збережених фото – ImageNet. Дану систему побудовано на основі архітектури YOLO v3 яка має 106 шарів, експериментальним шляхом, було виявлено, що в загальній кількості 256 нейронів, загальним підрахунком в усіх шарах [5]. У нейронах закладені функції обробки рисунок 1:

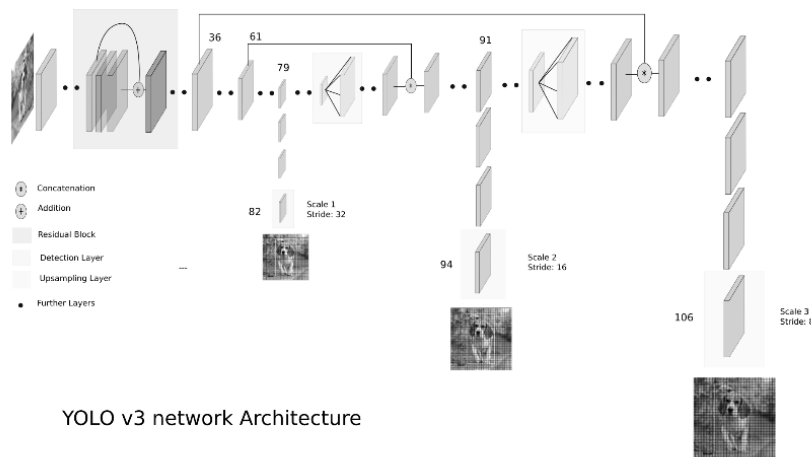


Рис. 1. Обрана архітектура YOLO v3

Для розуміння, розглянемо роботу систему YOLO. На початку система проводить декомпозицію вхідного зображення - $S \times S$ клітинок. Кожна клітинка передбачає B -множину зв'язаних клітинок яка виділяється квадратом та імовірність класу позначена як - C . Прогноз обмежувального квадрату характеризується п'ятьма параметрами - $(x, y, w, h, \text{впевненість})$. Координати x, y – характеризують центр квадрату відносно розташування комірки сітки, w, h – потрібні як характеристика нормалізації між $[0..1]$ щодо розміру зображення. Також необхідно передбачити класові ймовірності які можна виразити як $\text{Pr}(\text{Class}(i) | \text{Object})$.

Дана формула означає, що об'єкт можна віднести тільки до одного класу, а також якщо значення яке відсутнє у системі для даного об'єкту, то система не зможе розпізнати дану клітину [4].

Мережа прогнозує лише один набір класових ймовірностей на кожен клітину, незалежно від розміру квадрату B . Це збігається з ймовірністю класу $S \times S \times C$. При передбаченні класу до вихідного вектору ми отримуємо тензор $S \times S \times (B * 5 + C)$, який у загальному випадку буде вихідним [3]. Тобто простою мовою кожна комірка сітки робить прогноз B -граничного квадрату, рисунок 2:

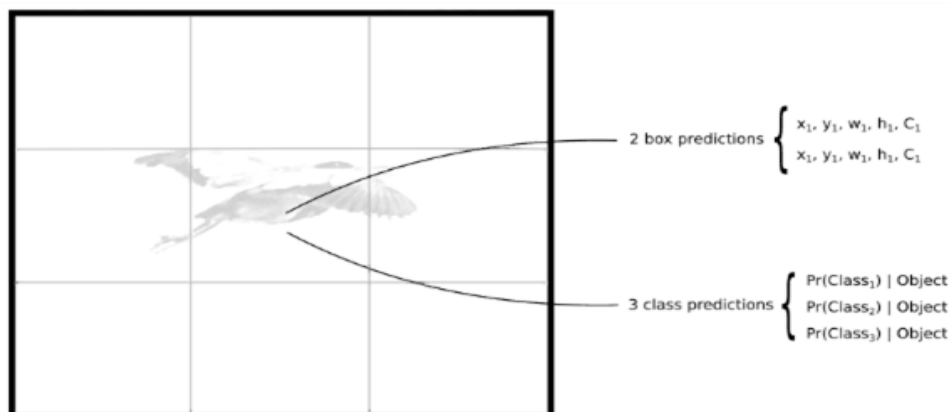


Рис. 2. Квадратичне розбиття зображення

Варто звернути увагу на таке поняття як функція втрати. Це поняття буде спіткати кожне оброблене зображення. Дана функція використовується для розрахунку між реальними та вже отриманими результатами. Головним завданням при розробці даної системи - є нівелювання до мінімуму такої помилки. Таким чином, функція втрати дає змогу приблизитися до еталонного отримання результату. Функція втрати дозволяє виміряти наскільки якісна нейронна мережа у формуванні результатів. Вона залежить від змінних – ваги та зміщення, які є системо утворюючими. Функція втрат розглядалася у контексті можливої втрати яка відповідна до системи YOLO. Виглядає наступним чином [5]:

$$L_{coord} = \sum_{i=0}^{S2} \sum_{j=0}^B 1_{ij}^{obj} (x_i - x'_i)^2 + (y_i - y'_i)$$

Варто зауважити, що після тестування системи розпізнавання курців, буде проведено розрахунок коефіцієнту втрати з урахуванням даної функції.

Перед безпосередньою реалізацією даної системи, потрібно провести декілька сукупних дій, які треба проводити послідовно. Першим етапом є класифікація, курця та цигарки:

- Клас – людина
- Об'єкт – цигарка
- Властивості цигарки – предмет розміром – 100-110 мм, діаметр 7-8 мм, довжина – 89 мм. Характерний колір – жовто-білий, коричневий

Важливим етапом обробки зображення є його попередня фільтрація. Як правило зображення не є ідеа-

льними та в основному мають багато різних зашумлень або дефектів. Ця проблема є доволі поширеною тому більшість дослідницьких робіт містить доволі різні точки зору з приводу того, як правильно проводити фільтрацію з різними дефектами. Для прикладу, фотографії з камер відеоспостереження в основному є дуже неякісними через слабку апаратуру [1].

Першим рішенням є - бінаризація по порозу, вибір області гистограми. За своєю сутністю це операція порогового розділення, яка дає у результаті бінарне зображення. Його основною метою є зменшення інформації яке міститься на зображенні. У його процесі зображення яке має якість значення яскравості перетворюється у чорно-біле зображення. У цьому випадку значення пікселів зображення - 0 та 1 відповідно [9]. Бінаризацію за порогом можна виразити формулою:

$$f'(m, n) = \begin{cases} 0, & f(m, n) \leq t; \\ 1, & f(m, n) > t; \end{cases}$$

Усі значення замість критерію перетворюються у значення 1(у даному випадку 255(значення для білого кольору)), та усі значення амплітуди пікселів(t) – 0.

Тобто $f(m, n)$ – яскравість пікселю на вихідному зображенні;

$f'(m, n)$ – значення пікселю результуючого зображення;

t – порогове значення бінаризації

Варто зауважити що будь-яка точка зображення для якої виконується умова $f(m, n) > t$ – буде точкою об'єкту, у іншому випадку – фоновою точкою.

Наступним можливим методом фільтрації, є класичні методи – ФНЧ, ФВЧ та Фур'є. Одразу слід за-

уважити, що одновірний метод Фур'є фактично не використовується для обробки зображень і чистому вигляді проте у нього є великий плюс – даний метод добре застосовується до компресії зображень. Можна використати більш місткий метод двовірного перетворення [2].

Представимо двовірний варіант формули методу Фур'є:

$$G_{uw} = \frac{1}{NM} \sum_{n=1}^{N-1} \sum_{m=1}^{M-1} x_{mn} e^{-2\pi j \left[\frac{w2m}{M} + \frac{w2n}{N} \right]}$$

Взагалі дану фільтрацію можна розділити на чотири етапи:

1. Пряме перетворення Фур'є
2. Аналіз спектру сигналу по образу та вибору фільтру та його параметрів
3. Генерація фільтрів та його застосування до об'єктів
4. Обернене перетворення для отримання відфільтрованого зображення

Великою перевагою даного фільтру є можливість у реальному масштабі часу аналізувати спектр сигналу, на базі даного аналізу можна підбирати параметри фільтру та коригувати їх в залежності від отриманого результату.

Наступним способом фільтрації зображення – використання вейвлетів. Вейвлет – це математична функція яка дозволяє проводити повний частотний аналіз того чи іншого компонента з представленням результатів у вигляді хвильовидної амплітуди з деяким коливанням я зменшується до нульового значення на віддаленій відстані від початку координат.

Після проведених експериментів було вирішено використати фільтрацію бінаризацією через те що даний метод найкращим чином фільтрує фотографії курців. Варто зауважити що усі методи було протестовано, та саме фільтрація бінаризацією мала найкращий результат [8].

Наступним етапом після фільтрації є обробка зображення. Одним з найпоширеніших методів обробки зображення – є метод особливих точок. Даний метод представлений наступним набором класів:

Клас 1. Особливі точки які є стабільними на протязі декількох секунд. Дані точки створені для зіставлення точок з двох одночасно фіксуючих камер одного і того ж об'єкту. До таких точок відносять кути на зображеннях, максимальні дисперсії, та певні градієнти.

Клас 2. Деякі особливі точки які є стабільними при зміні освітлення та при русі об'єкту. В основному дані точки є деяким ідентифікатором для подальшого вивчення та класифікації об'єкту. Одним з прикладів можна привести обличчя людини. Даний продукт системи буде побудованим саме на точках. Деякі з

вейвлетів можуть бути базовою для даних точок, такі як примітиви Хаара, пошук бликів, і т.д.

Клас 3. Стабільні точки. Існує два методи стабільних точок – SURF та SIFT. Дані методи дозволяють знаходити особливі точки навіть тоді, коли об'єкт розгортається. Великим мінусом даного методу є те, що розрахунок даних точок виконується набагато довше, проте деякий період часу обмежений часом [2–7].

На початку було прийнято рішення використати третій клас стабільних точок, через якість методів які було створено. Проте виявилось що дані методи є запатентовані та їх використання не є можливим. Було прийнято рішення використати клас 2 використання стабільних точок при русі та зміні положення. Даний метод обрано через те, що є можливість обробляти зображення яке може містити рухливий елемент, а також зосереджено на обробці обличчя, що підходить до виконання поставленого завдання.

Після обробки зображення та вже безпосередньої реалізації результуючим етапом є – етап тестування. На даному етапі треба врахувати наступні фактори:

- збір даних для відповідної теми. У контексті поставленого завдання такими даними є фотографії з курцями, на першому етапі не важливо які це будуть фотографії, найголовніше щоб на даних фотографіях були присутні курці;
- вторинна вибірка даних. На даному етапі обираються фотографії з курцями найкращої якості та найзручніших ракурсів. Це потрібно для того, щоб нейронна мережа змогла проводити якісно третій етап тренування системи;
- тренування системи. Для того щоб нейронна мережа змогла розпізнавати об'єкти та якомога краще їх класифікувати треба проводити тренування. Для цього обирається великий об'єм даних та система тренується працювати з наданими об'єктами. Такою системою може бути анована масивна база даних зображень - ImageNet;
- тестування нейронної мережі. Безпосереднє тестування вже підготовлених фотографій з курцями. Можна обрати декілька типів фотографій (якісні без шуму, та спеціально зашумлені фото) для того щоб розуміти, чи може мережа виконувати поставлені на неї завдання [1–6];
- Починати роботу треба з етапу 3, використавши систему ImageNet, яка вже враховує етапи 1, 2. Тестування системи для розпізнавання курців проводилося з наступними математичними показниками:
 - Було виділено масив фотографій, розміром 5000 одиниць;
 - Було пророблено – 4 вибірки;
 - Тестування на інших вибірках – мікс із вибірок;
- Етап 4, розпочнеться з розпізнавання об'єктів на високоякісних зображеннях, рисунок 3:



Рис. 3. Результати тестування на високоякісному зображенні

Виходячи з протестованого зображення, нейронну мережу вдалося навчити розпізнавати людину та ци-

гарку окремо. Слід зазначити, що наступне зображення більш складне для обробки, рисунок 4:

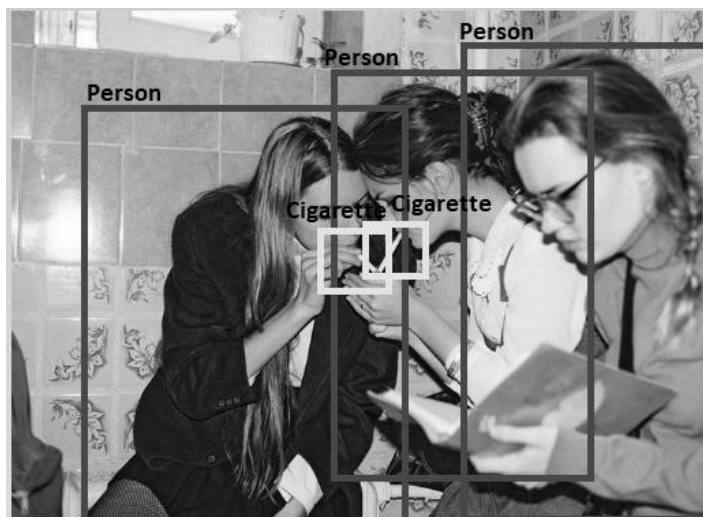


Рис. 4. Результат тестування менш якісного зображення

Наступний етап – розпізнавання курців вже безпосередньо у громадських місцях. Слід зазначити що на зображенні два курці. Перша людина зображена доволі якісно, друга дуже зашумлена, і навіть якщо людина не буде зосереджувати свою увагу на даному зо-

браженні не зможе розпізнати даний об'єкт. Дивним фактом є те, що інших людей, система розпізнати не змогла, що свідчить про те, що система або погано тренована, або було не достатньо якісно відфільтровано зображення, рисунок 5:



Рис. 5. Результат тестування зашумленого зображення

Наступним – найскладнішим та кінцевим етапом тестування – є тестування саме з камер-відеоспостереження. Варто одразу зауважити, що робити це вкрай важко, через те що у нашій країні та у місті, вони дуже низької якості та знаходяться високо, а при пога-

них погодних умовах таких як задимлення або туман, розпізнати об'єкт людини буде великою проблемою. Перше тестоване зображення на рисунку 6, приведено з камери з центра міста - «Міського саду»:



Рис. 6. Результат тестування з камери з центра міста

Система не змогла розпізнати цигарку, можливо тому, що людина закрила її рукою, або через невелике зашумлення яке присутнє на даному зображенні. На-

ступе тестове зображення з відеокамери розташованої на Аркадії, рисунок 7:



Рис. 7. Результат тестування з камери розташованої на Аркадії

Варто звернути увагу що знову курця не було розпізнано. Цигарку не було видно, за причиною того, що відеокамера була розташована високо.

Останнім тестовим знімком який буде перевірено системою є знімок з іншому громадського місця, проте з більш близьким ракурсом, для того щоб система могла розпізнати та класифікувати курця, рисунок 8:

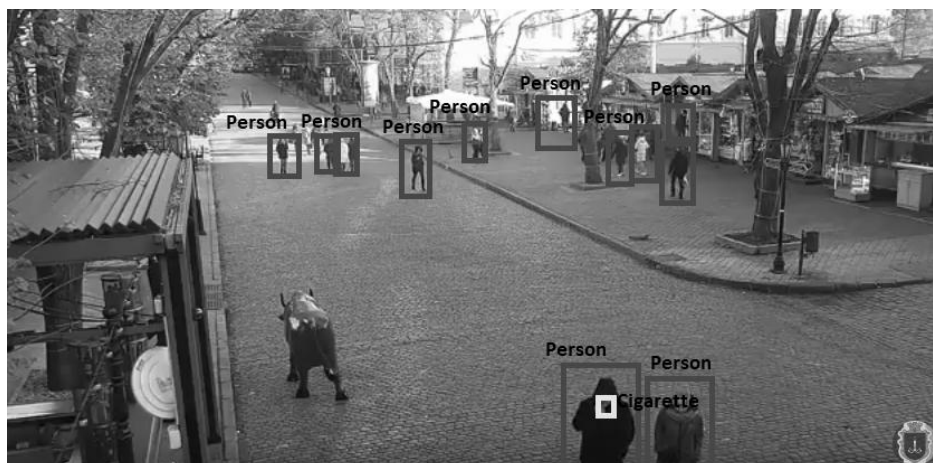


Рис. 8. Результат тестування з камери з більш близьким ракурсом

З даного тестового зображення курця було розпізнано. Дане зображення є також не еталонним, через те що доволі багато людей не було розпізнано. Курця ж якщо б фотографія була більш затемнена, з більшою вірогідністю не можна було б розпізнати. Якщо брати поведінку системи на протязі усього тестування, то можна зауважити, що практично усюди усі люди були розпізнані.

Дана система повністю виконує поставлене завдання – розпізнає об'єкти людини та цигарки. Система була розроблена вже маючи фундамент, був взятий вже готовий вихідний код розробки базуючись на систему YOLO Darknet, який треба було повністю модифікувати під поставлене завдання. Щодо розпізнавання так званих вейпів, та трубок, на жаль, на даний момент Закон України нічого не говорить про дані

типи зловмисних предметів, тому намагатися їх розпізнавати – не було доцільно.

Доцільно вважати що вдалося розпізнати курців з зображень з непоганою якістю. Це свідчить про те, що система було достатньо тренувана, та могла приймати рішення правильно. Щодо результатів отриманих з камер відеоспостереження, то вони не такі однозначні. По-перше, практично усі доступні камери відеоспостереження, знаходяться дуже високо. Це є великою проблемою для розпізнавання, проте більшою проблемою є якість встановлених камер. При поганих погодних умовах, дані камери є більш формальним предметом, ніж корисним. Повністю опиратися на результати з даних камер не є доцільним. Продивившись та проаналізувавши усі фотографії отримано наступні статистичні показники, щодо успішно розпізнаних об'єктів, рисунок 9:

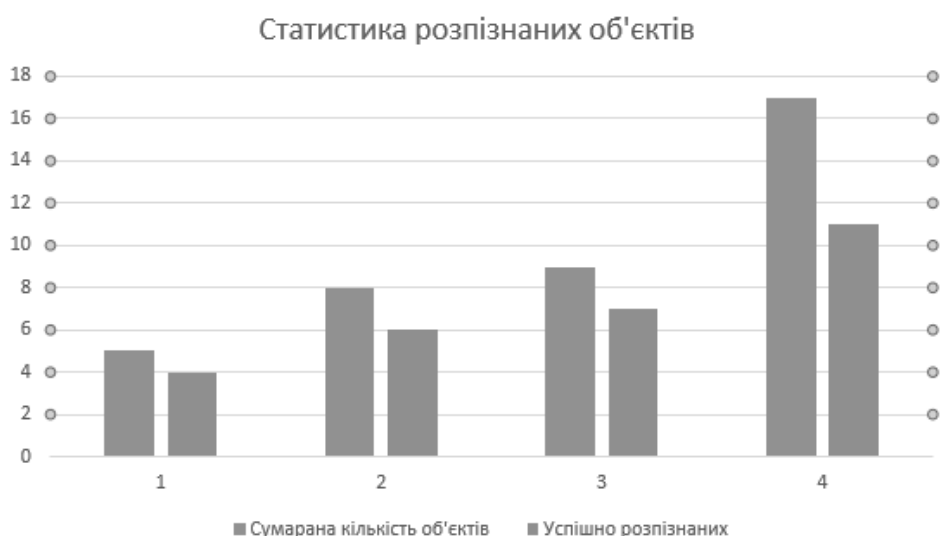


Рис. 9. Статистичні дані тестованих зображень

Якщо казати про методи покращення отриманих результатів, для початку достатньо розпочати зі встановлення достатньої кількості камер у громадських місцях. На дивлячись на те, що місто, де була протестована дана система є одним з найбільших міст країни, камер у громадських місцях не так багато. Наступним етапом, є покращення апаратури, тобто встановлення більш якісних камер відеоспостереження, для більш

чіткого розпізнавання об'єктів. Ще одним важливим пунктом, є покращення самої системи розпізнавання курців у громадських місцях. Більш розумно було би зробити систему, яка би одразу класифікувала б людину, як курця.

Приведені статистичні показники дали показник розпізнавання – 90.9%, що говорить про ефективність розробленої системи.

Список використаних джерел

- 1 Т.Рашид. Створюємо нейронну мережу, 1-е видання.: Пер. с англ. 2012.
- 2 С.Ніколенко. Глибоке навчання. Занурення в світ нейронних мереж, 1-е видання, 2012.
- 3 Нейронні мережі для початківців [Електронний ресурс]: Режим доступу : <https://habr.com/post/312450/>;
- 4 Real-time Object Detection with YOLO, YOLOv2 and now YOLOv3 [Електронний ресурс] : Режим доступу : https://medium.com/@jonathan_hui/real-time-object-detection-with-yolo-yolov2-28b1b93e2088
- 5 YOLO: Real-Time Object Detection [Електронний ресурс] : Режим доступу : <https://pjreddie.com/darknet/yolo/>.
- 6 Щи, або Розпізнавання 330 млн. Осіб на швидкості 400 фото / сек : <https://habr.com/company/odnoklassniki/blog/350566/>.
- 7 Як працює нейронна мережа: алгоритми, навчання, функції активації та втрати [Електронний ресурс]: <https://neurohive.io/ru/osnovy-data-science/osnovy-nejronnyh-setej-algoritmy-obuchenie-funkcii-aktivacii-i-poteri/>.
- 8 Бінаризація зображень: алгоритм Бредлі [Електронний ресурс]: <https://habr.com/post/278435/>.
- 9 Кілька слів про розпізнавання образів [Електронний ресурс]: <https://habr.com/post/208090/>.
10. Deep Learning for Image Recognition: why it's challenging, where we've been, and what's next [Електронний ресурс]: <https://towardsdatascience.com/deep-learning-for-image-classification-why-its-challenging-where-we-ve-been-and-what-s-next-93b56948fcef>.

РАСПОЗНАВАНИЕ ОБРАЗОВ КУРИЛЬЩИКОВ В ОБЩЕСТВЕННЫХ МЕСТАХ

Проблема курения является одной из самой волнующих, как для ученых так и для простых людей. Сотни людей, ежедневно, страдают от пассивного курения. Правоохранительным органам не хватает ресурсов для борьбы с курением, в особенности в общественных местах. В данной статье предложена система, которая призвана бороться с данной проблемой.

Рассмотрены существующие способы фильтрации и обработки изображения. Базовыми и наиболее подходящим методом фильтрации к поставленной задаче является бинаризация, к обработке изображений – метод стабильных точек. Выбраны данные методы путем тестирования изображений курильщиков, при помощи библиотеки OpenCV. Реализована вся система посредством наложения на уже существующую архитектуру, нового класса и объекта которым является сигарета. Такое разделение вызвано рядом проблем, которые не позволяют определить курильщика как отдельный объект. После реализации всех предварительных этапов необходимых для распознавания в тестовом режиме, отфильтрованы несколько изображений предложенными методами фильтраций. Проведен сравнительный анализ, для нахождения соответствия с поставленной задачей. Проанализированы их основные преимущества и недостатки.

Проведено реализацию нейронной сети с использованием функций компьютерного зрения, которая несет в себе реализацию отличную от системы для распознавания курильщиков. Анализ существующих подобных систем показал, что большинство из них являются коммерческие, и потому исследовать их структуру не представляется возможным. Одной из самых популярных некоммерческих систем является YOLO Darknet.

Также существует проблема которую пока не удалось решить, так как реализована данная система посредством ввода изображения в специальном формате через консоль. В случае разработанной системы при зашумленных фото, или если человек прикрывает сигарету, скорее всего, фото распознано не будет. Для устранения этих проблем, нужно решить проблему обработки в режиме реального времени, что повысит вероятность распознавания объекта, в соответствии с человеческим фактором. Также не решена проблема с распознаванием другого типа курильщиком которые пользуются вейпами и курительными трубками. Данный тип курильщиков никаким образом не отображается в законах нашей страны, а потому вопрос об их распознавании открыт.

Ключевые слова: нейронная сеть; фильтрация; курильщики; объект; тренировки системы; разбиение на квадраты; элемент.

Y. D. Kovalchuk, V. S. Sytnikov,
Odesa National Politechnical University, Odesa

RECOGNITION OF IMAGES OF SMOKERS IN PUBLIC PLACES

The problem of smoking is one of the most exciting, both for scientists and for ordinary people. Hundreds of people daily suffer from passive smoking. Law enforcement agencies lack the resources to fight smoking, especially in public places. This article proposes a system that is designed to deal with this problem.

Existing methods of filtering and image processing are considered. The basic and most appropriate filtering method to the task is binarization, to image processing - the method of stable points. These methods are selected by testing images of smokers using the OpenCV library. Implemented the entire system by overlaying an existing architecture, of which a new class and object is a cigarette. This separation is caused by a number of problems that prevent the smoker from being defined as a separate object. After the implementation of all the preliminary stages necessary for recognition in test mode, several images are filtered out by the proposed filtering methods. A comparative analysis was carried out to find conformity with the task. Analyzed their main advantages and disadvantages.

The implementation of the neural network using the functions of computer vision, which carries a different implementation from the system for the recognition of smokers. Analysis of existing such systems has shown that most of them are commercial, and therefore it is not possible to examine their structure. One of the most popular non-commercial systems is YOLO Darknet.

There is also a problem that has not yet been resolved, since this system is implemented by inputting an image in a special format through the console. In the case of a developed system with noisy photos, or if a person covers a cigarette, most likely, the photo will not be recognized. To eliminate these problems, it is necessary to solve the problem of processing in real time, which will increase the likelihood of object recognition, in accordance with the human factor. Also, the problem with the recognition of another type of smoker who use vaps and pipes is not solved. This type of smokers is not reflected in any way in the laws of our country, and therefore the question of their recognition is open.

Key words: neural network; filtration; smokers; an object; workout system; splitting into squares; element

Рецензенти: Мусієнко М. П., д-р техн. наук, професор;
Крайник Я. М., канд. техн. наук.

ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ПІДТРИМАННЯ ШВИДКОСТІ

Проблема безпеки дорожнього руху є виключно актуальною. У наші дні, коли автомобільний транспорт став одним з найважливіших факторів, що впливають на стан і розвиток економіки, зниження кількості дорожніх пригод є однією з найважливіших задач державного значення. Її рішення пов'язане з вдосконаленням і розвитком трьох компонентів, що утворюють єдину систему: водій-автомобіль-дорога. У цій системі основна роль належить водієві, який виконує функції по контролю положення автомобіля на дорозі, управління швидкістю і взаємодії з іншими учасниками дорожнього руху. Дана стаття буде присвячена вирішенню проблеми автоматичної підтримки дистанції та швидкості під час руху автомобіля.

Ключевые слова: *круїз-контроль; швидкість; елементи; задана дистанція; сигнал; система.*

З ростом швидкостей і збільшенням інтенсивності транспортних потоків виконання цих функцій стало приводити до зростаючої фізіологічної і психічної навантаженні на водія. Про що свідчить гнітюча статистика дорожньо-транспортних пригод. Ці факти показують необхідність полегшення праці водія і створення більш сприятливих умов для обробки інформації, яка сприймається їм в процесі керування. З цією метою були розроблені як прості механічні, гідравлічні і пневматичні пристрої (гідравлічні та пневматичні гальма, гідравлічний підсилювач керма і ін.), Так і складні електронні та мікропроцесорні системи управління (анті-блокуюча система, система управління підвіскою, адаптивний круїз-контроль, система управління курсовою стійкістю та ін.). У статті розглядається задача вдосконалення системи АКК (Адаптивний Круїз – Контроль) шляхом пошуку оптимальної системи безконтактного методу вимірювання відстані.

Під час розгляду питання потрібно виділити наступні наукові дослідження [1] у яких команда авторів розглядає вирішення цього питання за допомогою створення програми, яка має можливість повторювати реальні умови (рух вгору, опір вітру, положення керма та т. д.) під час керування автомобілем. Також дослідження [2], де було розглянуто повністю електричний автомобіль, а також запропоновано використати формулу безпечної відстані. Але жодна з них не проводить дослідження систем вимірювання відстані.

Система АКК повинна підтримувати безпечну дистанцію доавтомобіля, що їде попереду, автоматично регулюючи швидкість. Основою Адаптивного Круїз -

Контролю є пристрій, що вимірює відстань між автомобілем та іншими транспортними засобами, що знаходяться на дорозі. Цей пристрій повинен бути з'єднаний з автомобільною системою гальм, зчепленням, мотором, системою контролю стійкості, трансмісією. Принцип роботи полягає в тому, що система АКК підтримує встановлену водієм швидкість до тих пір, поки шлях вільний, і нічого не перешкоджає руху. Бортовий комп'ютер використовує інформацію, що отримується з вимірювача відстані системи АКК і датчиків рульового управління і швидкості автомобіля. Якщо перед машиною з'явився об'єкт, то система АКК автоматично контролює швидкість автомобіля для підтримки встановленої дистанції між автомобілями.

Практично всі безконтактні методи вимірювання великих відстаней (понад 1 м) засновані на тому, що потужним передавачем в напрямку об'єкта, відстань до якого має бути виміряна, випромінюється короткий імпульс. Досягнувши об'єкта, цей імпульс відбивається від нього, і через деякий час відбитий імпульс повертається назад і сприймається чутливим приймачем. Час, що минув з моменту випромінювання імпульсу до моменту його повернення, тим довше, чим більше відстань до його об'єкта, який його відбив. Так як швидкість поширення сигналу є величина постійна. У разі використання радіосигналу швидкість поширення сигналу дорівнює швидкості світла $z = 300\,000$ км / с. Як джерело випромінювання можуть використовуватися акустичні сигнали, в основному ультразвукові, світлові (Інфрачервоні, видимого випромінювання), радіосигнали.

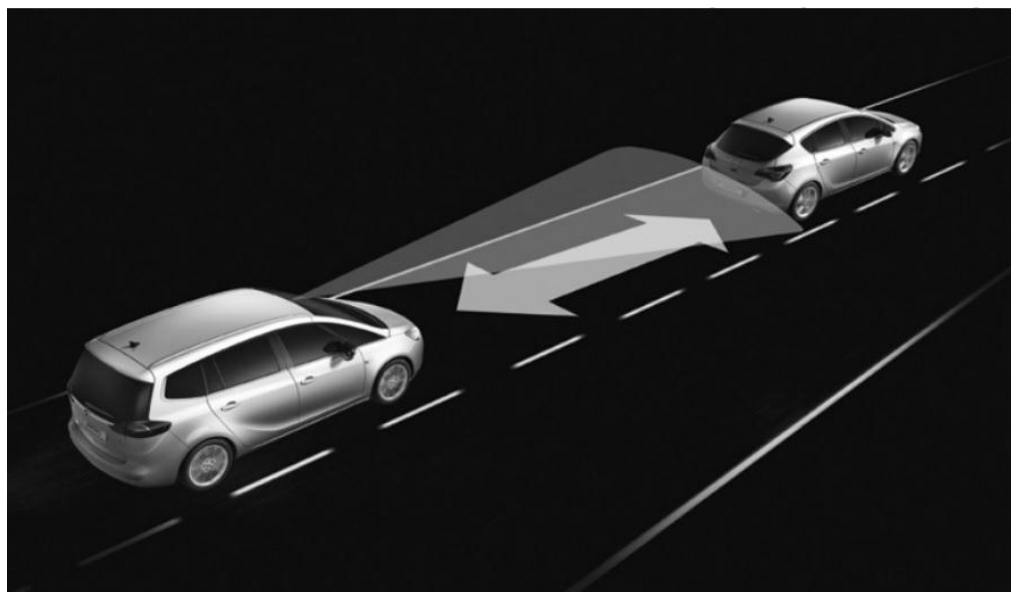


Рис. 1. Принцип роботи АКК

Вимірювання відстані за допомогою ультразвуку. При вимірі ультразвуком використовується імпульсний ехо-метод. Суть методу полягає в наступному. У повітря направляються ультразвукові коливання (УЗК) в вигляді коротких імпульсів, які слідують один за одним через певні проміжки часу (паузи). Повний цикл роботи складається з відправки одного імпульсу УЗК, і прийому відбитих коливань (ехо - імпульсу). Відправка наступного імпульсу може здійснюватися лише після того, як пристрій обробить відбитий імпульс. Цей проміжок повинен бути довшим за

час, що витрачається на проходження ультразвуковими хвилями від випромінювача до поверхні та назад. Імпульсний ехо-метод дозволяє виявляти перешкоди та координати перешкод. Недоліком використання ультразвуку для вимірювання відстаней є те, що він діє на невеликі відстані (не більше 10м), залежить від погодних умов, які скорочують радіус його дії (туман, снігопад, і т. д.). Даний метод доцільно використовувати при контролі невеликих відстаней та на досить малій швидкості автомобіля.



Рис. 2. Принцип роботи ультразвукового дальноміра

Вимірювання відстані за допомогою лазера. Лазер має ряд унікальних властивостей, пов'язаних з когерентністю, монохроматичністю і високою спрямованістю випромінювання. Сутність лазерного методу при вимірюванні відстаней полягає в тому, що до об'єкта надсилається імпульс, він же запускає тимчасової лічильник в пристрої. Коли відбитий об'єктом імпульс приходить до пристрою, він зупиняє роботу лічильника. Відстань до об'єкта розраховується за формулою:

$$D = \frac{c}{2f} \cdot \frac{\varphi}{2\pi} \quad (1)$$

де c – швидкість світла, f – частота модуляції лазера, φ – фазовий зсув.

Похибка вимірювань відстаней лазерним методом не перевищує тисячних часток відсотка. Однак для використання лазерного випромінювання необхідно забезпечити роботу в умовах прямої видимості, що досить складно зробити при русі автомобіля. У ряді ви-

падків лазерне випромінювання замінюють інфрачервоним випромінюванням, створюваним інфрачервоними світлодіодами. Вимірювання відстані за допомогою інфрачервоних світлодіодів мають ті ж недоліки.

Лазерний дальномір дорожче ультразвукового, так як є більш точним, дозволяє вимірювати великі відстані і технічно складніше. Якнаслідок, через технічний аспекти, лазерний далекомір складніше інтегрувати в систему АКК.

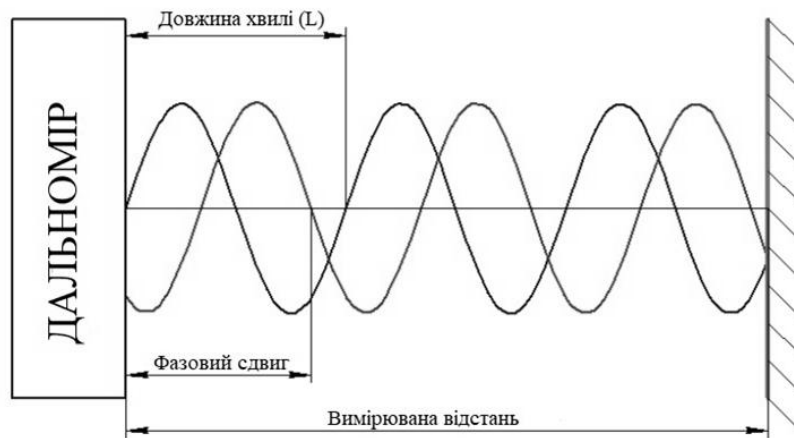


Рис. 3. Фазовий метод виміру відстані лазером

Радіодальномір - це пристрій, що вимірює відстань за допомогою швидкості та часу руху радіохвиль. Радіохвилі проходять вимірювану лінію до її кінцевої точки, після цього відображаються і рухаються по тому ж шляху назад. Існують радіодальноміри з активним і пасивним відображенням. По виду радіосигналів, випромінюваних радіодалекомірами, розрізняються по імпульсному і безперервному випромінюванню. У радіодальномірах з пасивним відображенням прямий сигнал, що йде від радіопередавача, і затриманий потрапляють на вхід приймача. Затриманий сигнал утворюється в результаті його відображення від предмета. В імпульсних висотомірах сигнал випромінюється у вигляді короткого радіоімпульсу. Індикатор змінює цей затриманий сигнал щодо прямого імпульсу. У радіодальномірах з безперервним випромінюванням використовують радіосигнали з частотою, що змінюється періодично. Індикатор тоді вимірює частотну різницю прямих і відбитих коливань. Подібне пасивне відображення в радіодалекоміри застосовується в радіолокації і висотомірах. У радіодальномірах з активним відображенням використовуються ведуча і ведена станції. Ці станції знаходяться на кінцях лінії, яка піддається вимірюванню. Радіосигнали в станціях можуть бути найрізноманітнішими: безперервними,

імпульсними, на єдиній несучій частоті, з модульованим частотою та ін. Відома станція використовує радіосигнали перетворені і ретрансльовані. Вимірювання відстаней із застосуванням безперервних коливань відбувається фазовим методом. Цей метод повторює фазовий метод виміру відстані за допомогою лазера. І є не таким технічно складним. У сучасних системах АКК застосовується саме цей метод. Вимірюєма дальність визначається за формулою:

$$R = C \frac{\Delta\varphi}{\omega_{\text{ср}}} = \frac{\lambda_{\text{ср}}}{2\pi} \Delta\varphi \quad (2)$$

де C – швидкість розповсюдження радіохвиль, $\omega_{\text{ср}}$ – частота порівняння

Для точної підтримки відстані автомобіля, який застосовує систему АКК до наступного, який йде попереду. Ми маємо звернути увагу на блок управління дросельною заслінкою. Адже саме цей блок здійснює набір швидкості або підтримку заданою швидкості. Блок керування займається відкриттям чи закриттям повітряного клапана. Коли клапан відкрито, рівень атмосферного тиску відповідає тиску у впускній системі, коли ж закрито - рівень тиску знижується до стану вакууму.

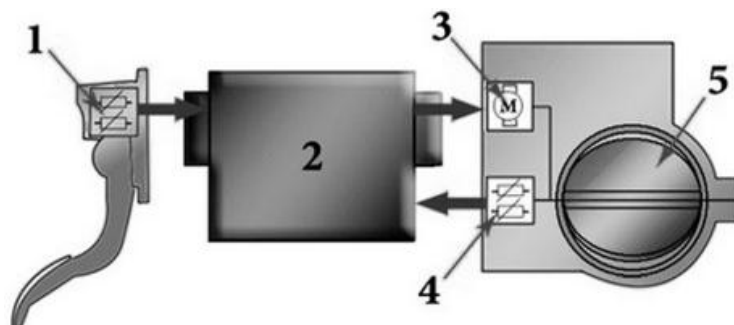


Рис. 4. Система управління електронною дросельною заслінкою
 1 – датчики положення педалі газу; 2 – електронний блок керування двигуном;
 3 – двигун постійного струму (привід дросельної заслінки);
 4 – датчики положення дросельної заслінки; 5 – дросельна заслінка

Тому, коли необхідно підтримувати швидкість або здійснити прискорення система круїз – перетворює обчислене прискорення в команду дросельної заслінки, яка потрібна для досягнення прискорення. Контролер

спочатку перетворює бажане прискорення в бажаний чистий крутний момент двигуна. Необхідний чистий крутний момент може бути розрахований на основі:

$$T_{e\ des} = \beta a_{des} + R_g (T_b + M_{rr} + hF_a + mgh \sin \theta) \quad (3)$$

Режим контролю дистанції транспортного засобу.

Безпечна дистанція під час використання АКК залежить від багатьох факторів:

- вбудовані системи безпеки автомобіля;
- стан проїжджої частини (дороги);
- прийнятих водієм рішень.

Не варто забувати, що система адаптивного круїз – контролю створена лише для полегшення тривалого часу за кермом. Вона не може повноцінно замінити водія. Занадто мала відстань, як і занадто велике може привести до зіткнення. Саме тому ми вирішуємо завдання оптимальної дистанції і швидкості при використанні системи АКК. На даний момент світові виробники автомобілів змушені робити програмне забезпечення максимально універсальним, встановлю-

ючи на блоки управління програмне забезпечення обмежують можливості. Зроблено - це з метою безпеки, щоб виключити аварійні ситуації, наприклад, настройка системи АКК на відстань 5 м, що б виключити зіткнення. Для розрахунку оптимальної дистанції скористаємося формулою.

$$d_{des}(v_h(k)) = tv_h(k) + d_0 \quad (4)$$

де $d_{des}(v_h(k))$ – безпечна відстань між автомобілями, t – бажаний час, d_0 – безпечний шлях для гальмування, v_h – швидкість автомобіля.

З формули (4) видно, що чим швидше транспортний засіб попереду, тим більшим може бути безпечна відстань. Це тенденція відповідає фактичному почуттю водіїв.

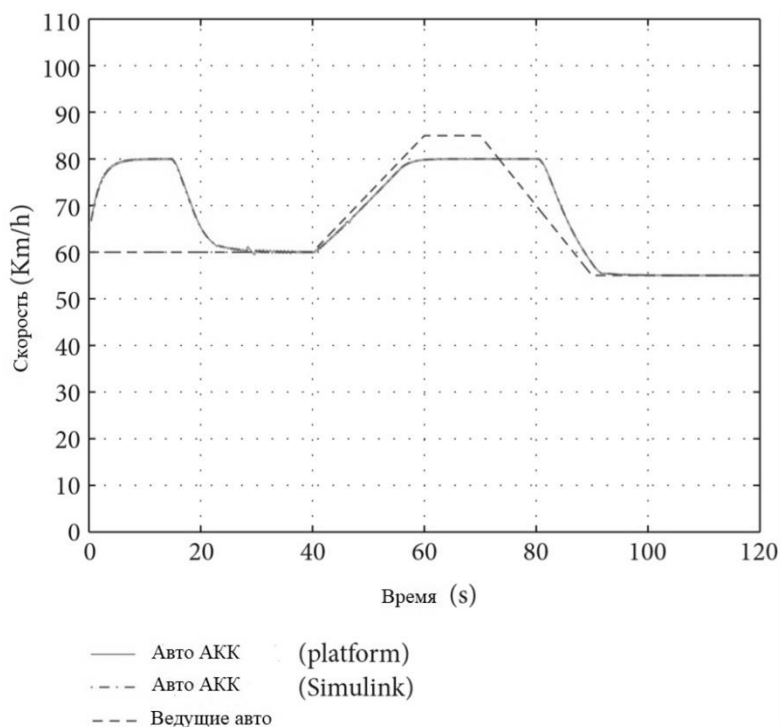


Рис. 5. Графік залежності швидкості від часу

В основі дослідження лежить проблема підтримки оптимальної швидкості транспортного засобу. Для комфортних і безпечних поїздок на далекі відстані. Для моделювання скористаємося програмним пакетом Carsim. Обозначим на графіку автомобіль, ідущий попереду та проведемо моделювання автомобіля з включеним Адаптивним Круїзом – Контролем.

На рис. 5 можна побачити, що ведуче авто рухається з постійною швидкістю 60км / ч. Авто, яке має АКК рухається позаду. І при досягненні дистанції в 40 м починає автоматично сповільнюватися до швидкості з якою їде автомобіль попереду.

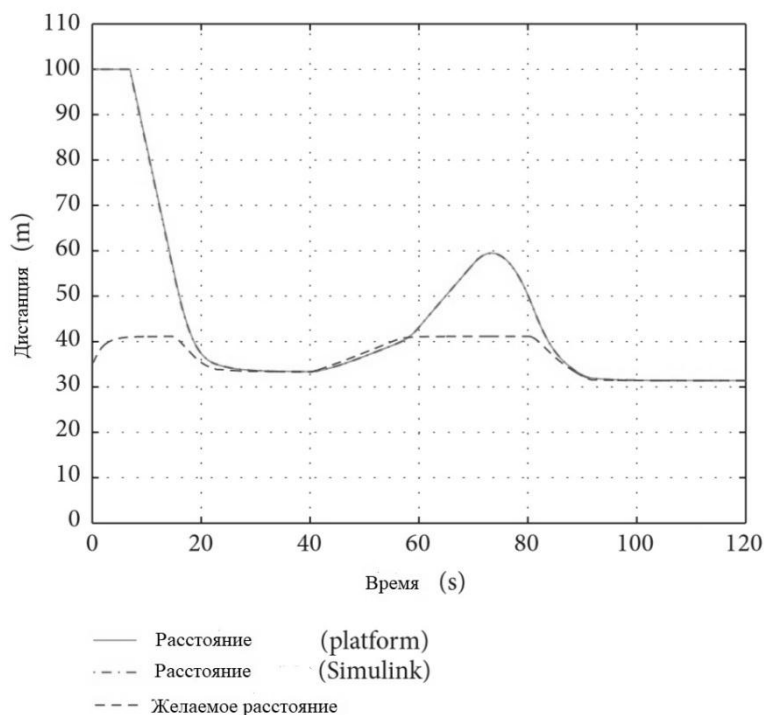


Рис. 6. Графік залежності дистанції від часу

На рис. 6 можна побачити, як зменшується дистанція між ведучим автомобілем і автомобілем з включеним АКК.

Бажана відстань між двома транспортними засобами досягається, коли два автомобілі рухаються з однаковою швидкістю. Цей момент можна спостерігати на часовому проміжку 10–40 сек.

В ході дослідження не вдалося визначити універсальний метод вимірювання дистанції. Але експериментальним шляхом було знайдено найбезпечнішу відстань між двома автомобілями, один з яких має на борту Адаптивний Круїз - Контроль (АКК) при швидкості руху 60–85 км/ч.

Список використаних джерел

1. Круизконтроль [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://remcars.info/informacija-avtolubiteliyam/kruiz-kontrol.html>.
2. Форум електромехаников [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://kazus.ru/forums>.
3. AVR. Учебный Курс. Программирование на Си. Часть 1 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://easyelectronics.ru/avr-uchebnyj-kurs-programmirovanie-na-si-chast-1.html>.
4. Введение в C/C++ [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://cppstudio.com/post/213/>.
5. Клуб любителей автомобилей [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://mikrob.ru>.
6. Практическая электроника [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.ruselectronic.com>.
7. Journal of Control Science and Engineering [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.hindawi.com/journals>
8. Journal of Control Science and Engineering [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.hindawi.com/journals>
9. Научная Электронная Библиотека [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://cyberleninka.ru/>
10. Описание алгоритмов [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://studopedia.org/12-22429.html>.

Д. И. Куценко, А. Г. Нестерюк,
ОНПУ, г. Одеса

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОДДЕРЖАНИЯ СКОРОСТИ

Проблема безопасности дорожного движения является исключительно актуальной. В наши дни, когда автомобильный транспорт стал одним из важнейших факторов, влияющих на состояние и развитие экономики, снижение количества дорожных происшествий является одной из важнейших задач государственного значения. Ее решение связано с совершенствованием и развитием трех компонентов, образующих единую систему: водитель-автомобиль-дорога. В этой системе основная роль принадлежит водителю, который выполняет функции по контролю положения автомобиля на дороге, управление скоростью и взаимодействия с другими участниками дорожного движения.

С ростом скоростей и увеличением интенсивности транспортных потоков выполнения этих функций стало приводить к растущей физиологической и психической нагрузке на водителя. О чем свидетельствует удручающая статистика дорожно-транспортных происшествий. Эти факты показывают необходимость облегчения труда водителя и создание более благоприятных условий для обработки информации, воспринимаемой им в процессе вождения автомобиля. С этой целью были разработаны как простые механические, гидравлические и пневматические устройства (гидравлические и пнев-

матические тормоза, гидравлический усилитель руля и др.), Так и сложные электронные и микропроцессорные системы управления (анти-блокировочная система, система управления подвеской и др.).

Ключевые слова: круиз-контроль; скорость; элементы; заданная дистанция; сигнал; система.

D. I. Kutsenko, A. G. Nesteryuk,
Odesa National Polytechnic University, Odesa

RESEARCHING OF AUTOMATIC SUPPORTING SPEED SYSTEM

The problem of road safety is extremely topical. Nowadays, when road transport became one of the most important factors influencing the state and development of the economy, reducing the number of road accidents is one of the most important tasks of state importance. Its decision is connecting with the improvement and development of the three components that form a unified system: a driver-car-road. In this system, the main role belongs to the driver, who carries out functions for controlling the position of the car on the road, controlling the speed and interaction with other road users.

With the growth of speeds and the increase in the intensity of traffic flows, the performance of these functions has led to a growing physiological and mental load on the driver. What is evidenced by the oppressive statistics of road accidents. These facts show the need to facilitate driver's work and create more favorable conditions for processing information that is perceived by them in the process of driving a car. For this purpose, simple mechanical, hydraulic and pneumatic devices (hydraulic and pneumatic brakes, hydraulic power amplifier, etc.), as well as complex electronic and microprocessor control systems (anti-locking system, suspension control system, adaptive cruise control, system of management of exchange rate stability, etc.).

Such a system facilitates the driver's work, being irreplaceable in long-distance journeys. At the same time, the use of cruise control in the city is not so wide, due to variable speed. In order to ensure the safety of the movement, the system switches off at a stable speed less than the specified. However, when traveling by mountain roads, cruise control will ensure the safety of the go and will not turn off. For example, during the lifting period of the car, the system will open the damper in the throttle, and will cover the descent. This is due to the fact that a vehicle for climbing a mountain requires more fuel.

Key words: cruise control; speed; elements; the given distance; signal; system.

Рецензенти: Фісун М. Т., д-р техн. наук, професор;
Журавська І. М., канд. техн. наук, доцент.

АНАЛІЗ АКТИВНОСТІ КОРИСТУВАЧІВ НА WEB-СЕРВЕРІ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ WEB MINING НА МОВІ PHP

У статті розглянуто основні напрямки та способи використання методів Web Mining, що використовується для видобутку інформації з різноманітних веб-ресурсів для подальшого аналізу. Одним з методів Web Mining є аналіз структури логів веб-серверу. На основі даних логів виконується аналіз активності користувачів на сайті, визначаються загальні закономірності поведінки користувача, склад і порядок перегляду веб-сторінок тощо. В статті аналізуються логі веб-сервера та за допомогою мови PHP виконується визначення ір-адрес користувачів, що зробили найбільшу кількість запитів до сервера та веб-сторінки, що мають найбільшу кількість переглядів. Визначені дані можуть бути використані для оптимізації запитів до веб-сервера, зменшення часу відеуку на запит користувача та внесення змін в структуру сайту для поліпшення роботи користувача з веб-ресурсом. Все це в свою чергу підвищує привабливість веб-ресурсу для користувачів та сприяє кращій індексованості сайту пошуковими системами.

Ключові слова: Web Mining; web server; файл логів; веб-сторінка; PHP-скрипти.

Постановка проблеми та її зв'язок із важливими науковими й практичними завданнями. На сьогоднішній день стрімкий розвиток всесвітньої мережі Інтернет зумовив появу різних сфер електронного бізнесу, інформаційно-довідкових систем та веб-ресурсів для віддаленого навчання. Здатність проаналізувати поведінку користувача, визначити сферу його інтересів та до якої категорії він належить – стає важливим для отримання зворотного зв'язку та прогнозування його подальших дій. Інформація про відвідані веб-сторінки, збережені ресурси, здійснені запити зберігається на веб-сервері. Тому аналіз цієї інформації може здійснюватись для досягнення декількох цілей.

По-перше, це можливість створення більш гнучкої системи, яка оптимізує роботу користувача з сервером, зменшить кількість запитів до серверу для отримання потрібної інформації. Наприклад, використання «жадібного» чи «відкладеного» завантаження даних за запитом користувача з бази даних.

В першому випадку з серверу завантажується не тільки інформація по запиті користувача, а й всі пов'язані з цією інформацією дані. В другому випадку отримується лише запитана інформація. І коли користувач робить наступні уточнюючі запити, у випадку «жадібного» завантаження використовується вже отримана з сервера інформація, а при «відкладеному» завантаженні – робляться нові запити. Перший варіант – це один великий запит, другий – багато невеликих, але треба згадати, що кожен запит – це перегляд всієї інформації з одної або декількох таблиць, іншими словами, навантаження на сервер. Тому «жадібне»

завантаження слід використовувати при невеликій кількості запитаних користувачем даних, тобто коли користувач точно знає, що шукає, а «відкладене» завантаження – доцільне при низькій уточнюючих запитів, тобто користувач має лише приблизне уявлення про мету свого пошуку.

По-друге, аналіз інформації про послідовність дій користувача, характер запитаної інформації тощо, може допомогти веб-розробнику в оптимізації сайту, поліпшенні структури, зміни дизайну, виділення одних та приховування інших елементів. Наприклад, вивчення цільової аудиторії певних ресурсів, які користуються попитом, тому їх потрібно виділити в окрему категорію чи змінити порядок виведення інформації користувачу для отримання потрібного результату з меншими витратами часу і меншим навантаженням на сервер.

Таким чином, ми бачимо, що з одного боку аналіз активності користувача на веб-ресурсі дозволить оптимізувати роботу веб-сервера, з іншого – підвищить так званий «юзерфрендлі» рівень сайту, тобто – зробить його більш зручним і привабливим для користувача. І ми бачимо, що обидві ці проблеми пов'язані між собою і їх рішення витікає одне з одного.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Якщо звернути увагу на значення терміну Web Mining, то розуміють видобуток інформації з різноманітних веб-ресурсів, аналіз та створення загальних закономірностей поведінки користувача за допомогою методів інтелектуального аналізу даних [1] У web mining можна виділити наступні етапи аналізу даних:

– підготовчий етап – це видобуток даних з електронних ресурсів, логів серверу, статистики відвідувань користувача сторінок тощо;

– етап попередньої обробки – попередній перегляд та приведення інформації до єдиного стандарту, що потрібен для її подальшого аналізу методами інтелектуальної обробки даних;

– етап створення моделі аналізу – вибір методів та підходів до аналізу отриманої інформації, можлива також комбінація декількох методів для отримання даних для перехресного аналізу;

– етап аналізу отриманих даних – мається на увазі не лише кількісних підрахунків, а й надання рекомендацій для оптимізації роботи серверу або підвищення ефективності роботи користувача при створенні запитів до серверу тощо [2; 7]

В залежності від мети інтелектуального аналізу даних можна виділити наступні категорії даних для аналізу Web Mining:

– веб-контент, що описує пошук інформаційних ресурсів в Інтернеті і включає в себе отримання вмісту з веб-документу, що може містити кілька типів даних, такі як текст, зображення, аудіо, відео, метадані та гіперпосилання. Деякі з них частково структуровані, такі як HTML – документи, деякі більш структуровані, такі як дані в таблицях або базах даних, Але більшість інформації зберігається в неструктурованих текстових даних.

– веб-структури – це процес виявлення структурної інформації в Інтернеті, при чому розрізняють гіперпосилання та структуру документу. Як відомо, гіперпосилання з'єднує одну веб-сторінку з іншою чи може бути в межах одної веб-сторінки. У свою чергу структура документа може бути представлено в деревовидному форматі, заснованому на різних HTML і XML тегах. Отже, структура містить важливу інформацію, і може допомогти в фільтрації та ранжируванні веб-сторінок.

– веб-процес – це вилучення корисної інформації з журналів доступу користувача, логів проксі-сервера, історії браузера, що стосується сесійних даних користувача. Іншими словами - це процес з'ясування того, що користувачі шукають в Інтернеті. Аналізується які сторінки переглядав користувач чи яка послідовність перегляду сторінок.

Аналізується також, на які групи користувачів можна виділити серед загального їх числа на основі історії перегляду Web-вузла [3; 5]

Метою статті є аналіз використання web-ресурсів і активності користувачів для оптимізації роботи сервера та підвищення ефективності виконання запитів користувача до бази даних. Його результати дозволяють оптимізувати роботу серверу, усунути похибки в дизайні, дізнатися переваги відвідувачів, виділити серед них групи.

Виклад основного матеріалу з повним обґрунтуванням отриманих результатів. Як відомо, веб-сервери записують свої дії в файл журналу. Незабаром було зрозуміло, що дані з цих ці файлів журналів можуть бути використані для підвищення популярності веб-сайту. Спочатку статистика веб-сайтів полягала, головним чином, у підрахунку кількості клієнт-

ських запитів до веб-сервера. Пізніше, з середини 1990-х років було впроваджено дві одиниці виміру, щоб більш точно оцінити обсяг людської діяльності на веб-серверах. Це були перегляди сторінок і відвідування сайту (або сесії). Перегляд сторінки було визначено як запит на веб-сервер для сторінки, тоді як відвідування було визначено як послідовність запитів від однозначно ідентифікованого клієнта, термін дії якого закінчується після певної кількості хвилин бездіяльності. Проте, поява наприкінці 1990-х років веб-проксі-серверів та динамічно призначених IP-адрес ускладнили ідентифікацію унікальних відвідувачів на веб-сайті. Широке використання веб-кешу також представляє проблему для аналізу файлів журналів. Частина відповідей на запити часто отримується з кешу браузера, тому веб-сервер не отримує інформацію про ці запити. Це означає, що відстежити шлях користувача через послідовність відвіданих сторінок ускладнюється [4]

Існують різні формати журналів веб-серверів. Головна їх відмінність полягає в кількості полів. Розглянемо поля для аналізу даних, які є спільними для всіх логів.

– поле «віддалений хост», містить IP-адресу віддаленого хоста, що створив запит, наприклад «217.77.208.130». Іноді у запиті вказується також ім'я віддаленого хоста, яке може нести в собі ще й семантичний сенс.

– поле «дата / час», що містить дату і час запиту, а також часовий пояс щодо GTM (середнього часу за Гринвічем). Наприклад, «09/Jun/2018: 03:27:00 +0200» – 3 години 27 хвилин 9 червня 2018 року, час сервера на 2 години попереду GTM.

– поле «HTTP запиту», що містить інформацію про те, що клієнтський браузер запросив з веб-сервера, і в ньому можуть бути виділені наступні частини: метод запиту (POST, GET, PUT чи HEAD), уніфікований індикатор ресурсу в запиті (ім'я веб-сторінки і шлях до неї), заголовки та протокол запиту.

– поле коду стану, що містить тризначне число, яке позначає результат запиту сторінки браузером: вдалий чи невдалий. Наприклад, коди формату 2xx – сигналізують, що запит успішно прийнятий та оброблений, 3xx – ці коди повідомляють, що для успішного виконання операції необхідно зробити інший запит, 4xx - клас кодів, що вказують на наявність помилок з боку клієнта (всім відома помилка 404 – відповідного ресурсу за вказаною адресою не знайдено), 5xx – невдалий результат виконання операції з вини сервера.

– поле кількості даних, в якому вказано розмір відправленого з сервера клієнту файлу в байтах. Ці дані можуть бути корисні для контролю мережевого трафіку, аналізу обсягу завантажень протягом доби тощо.

Таким чином, коли користувач вводить URL-адресу в браузер, той спочатку розбиває його на три компоненти. наприклад: <https://example.com/index.html>

В даному випадку браузер розуміє, що [https](https://example.com/index.html) – це протокол, [example.com](https://example.com/index.html) - назва сервера, а [index.html](https://example.com/index.html) - ім'я файлу. Назва сервера перетворюється в IP-адресу через сервер доменних імен. Потім HTTP-запит GET

відправляється на веб-сервер через відповідний протокол для сторінки або файлу, що запитуються, при цьому HTML повертається в браузер, а потім інтерпретується для формування веб-сторінки на екрані. Кожен з цих запитів реєструється в лог-файл веб-сервера [6]

Простіше кажучи, процес виглядає так: відвідувач здійснює перехід по сторінці, браузер передає його запит серверу, на якому розташований веб-сайт. Сервер видає користувачу веб-сторінку у відповідь. І після цього фіксує все, що відбувається в лог-файлі. Все, що вам потрібно, щоб проаналізувати сканування сайту пошуковою системою, - експортувати дані і відфільтрувати запити, зроблені роботом, наприклад, Googlebot. За допомогою браузера і діапазону IP це зробити зручніше. Сам лог-файл являє собою сиру інформацію, суцільний текст.

Звичайно, можна зробити експорт лог-файлу і проаналізувати його в програмі Excel. У такому випадку знадобиться тільки сортування і кілька формул, але даний підхід – вимагає великих витрат часу. Використання спеціальних інструментів для аналізу файлів журналів може полегшити обробку великих обсягів інформації. Але більшість з них вимагають оплати або є умовно-безкоштовними. Тому в більшості випадків можна скористатись засобами мови PHP для вирішення даної задачі.

Розглянемо лог-файла access.log веб-серверу apache на php. Це так званий лог доступу. Запис в ньому виглядає наступним чином: 217.77.208.130 - - [30/Oct/2018: 13:38:31 +0200] «GET / apache.gif HTTP/ 1.0» 200 286 «http: //www.example.com / index.html ««Mozilla/5.0 (Windows N 6.1; WOW64»

Як бачимо логірується IP адреса, з якої зроблено запит (217.77.208.130), дата та час запиту, метод (GET), URL запиту, статус відповіді (200), кількість байт (286), інформація про браузер і операційну систему.

Наприклад, потрібно отримати ір-адреси користувачів, що зробили найбільшу кількість запитів (переглянули веб-сторінки) та найбільш популярні веб-сторінки за кількістю переглядів.

```
<?php
//визначаємо розмір масиву результатів
$array_size=10;
//зчитуємо вміст файлу
$line=file_get_contents('access.log');
//задаємо шаблон регулярного виразу
$pattern='#([0-9]{1,3}\.){3}[0-9]{1,3}).{1,}GET
([0-9a-z^\.\-]{1,})#i';
//формуємо масив даних matches
preg_match_all($pattern, $line, $matches);
$ip_adr=array_count_values($matches [1]);
$pages=array_count_values($matches [3]);
//сортуємо по спаданню
arsort($ip_adr); arsort($pages);
//відокремлюємо частину масиву
$ip_part=array_slice($ip_adr, 0, $array_size);
$pages_part=array_slice($pages, 0, $array_size);
echo «<h3 align='center'>IP адреси найбільш активних користувачів</h3>«;
echo «<table border='1' align='center'>«;
echo «<tr><th>IP адреса </th> <th>Кількість переглядів</th></tr>«;
foreach($ip_part as $key=>$value)
{
echo «<tr><td>'. $key.'</td>
<td>'. $value.'</td></tr>«;
}
echo «</table>«;
echo «<h3 align='center'>Топ найбільш відвідуваних сторінок</h3>«;
echo «<table border='1' align='center'>«;
echo «<tr><th>Адреса сторінки </th> <th> Кількість переглядів</th></tr>«; foreach($pages_part as $key=>$value)
{
echo «<tr><td>'. $key.'</td>
<td>'. $value.'</td></tr>«;
}
echo «</table>«;
```

Результатом роботи даного скрипта буде наступне:

IP адреси найбільш активних користувачів

IP адреса	Кількість переглядів
205.167.170.15	33301
178.159.37.81	16358
134.249.53.185	11936
195.154.216.79	10996
158.64.79.7	10943
158.64.79.8	10612
195.154.215.241	7705
192.227.172.158	6743
14.139.208.84	5994
85.10.113.129	4435

Рис. 1. Список IP адрес, з яких отримано найбільшу кількість запитів

Топ найбільш відвідуваних сторінок

Адреса сторінки	Кількість переглядів
/apache-log/access.log	73861
/administrator/	55679
/index.php	29788
/administrator/index.php	21965
/templates/_system/css/general.css	21876
/robots.txt	18062
/images/phocagallery/thumbs/phoca_thumb	12253

Рис. 2. Веб-сторінки, що найчастіше переглядаються

Висновки з дослідження і перспективи подальших розробок. Якщо розглянути діяльність користувача на сайті, то можна виділити основні процеси які завантажуються пери перегляди веб-сторінок. Звичайно, частина припадає на скрипти JavaScript, таблиці стилів CSS, завантаження графічних матеріалів тощо. І якщо їх дуже багато, при великій кількості користувачів сумарне кількість процесів може бути великим. Проте, графіка, стилі і скрипти – це «статичну вміст». Він не змінюється з плином часу, і на такі звернення потрібно найменше ресурсів процесорного часу, що практично не використовується та мінімальна кількість пам'яті. «Динамічний вміст» - це зайві запити до веб-серверу і витрати процесорного часу на їх виконання.

Таким чином, можна виділити основні задачі, що можуть бути вирішені шляхом аналізу лог-файлів серверу:

- визначення веб-сторінок, що є точками входу на сайт для більшості користувачів;
- визначення основних шаблони порядку перегляду веб-сторінок сайту;

- визначення основних електронних ресурсів, з яких користувачі потрапляють на сайт;
- середня кількість та час перегляду веб-сторінок на сайті тощо;
- знаходити в логах повідомлення про помилки PHP;
- групувати повідомлення про одну й ту ж помилку;
- підраховувати кількість повторень кожної помилки і час останнього виявлення тощо.

Аналіз активності користувача на веб-сервері може бути використаний не тільки для оптимізації роботи серверу. Це не просто процес для вимірювання веб-трафіку користувачів, а скоріше інструмент для ведення бізнесу та дослідження ринку, а також для оцінки та підвищення ефективності веб-сайту. Він допомагає оцінити, наприклад, як змінюється трафік на сайті після запуску нової рекламної кампанії. Лог файли веб-серверу надають інформацію про кількість відвідувачів веб-сайту та кількість переглядів сторінок. Це допомагає оцінити трафік і тенденції популярності сайту.

Список використаних джерел

1. Bing Liu, «Web Data Mining: Exploring Hyperlinks, Contents and Usage Data», Second Edition. – Springer, – 2011. – 643 p.
2. Markov Z, Larose D. T. Data-mining the Web : uncovering patterns in Web content, structure, and usage, – John Wiley & Sons Inc., 2007.
3. Sharma A. Web Usage Mining: Data Preprocessing, Pattern Discovery and Pattern Analysis on the RIT Web Data – Rochester Institute of Technology. Wiley-Interscience – 2008. – 218 p.
4. Soumen Chakrabarti, «Mining the Web : Analysis of Hypertext and Semi Structured Data», Morgan Kaufmann, 2002. – 344 p.
5. А. А. Барсегян, М. С. Куприянов, В. В. Степаненко, И. И. Холод Технологии анализа данных. Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP. – СПб. : БХВ-Петербург. – 2007. – 384с.
6. А. А. Барсегян, М. С. Куприянов, И. И. Холод, М. Д. Тесс, С. И. Елизаров Анализ данных и процессов : учеб. пособие. – 3-е издание перераб. и доп. – СПб. : БХВ-Петербург, 2009. – 512с.
7. Н. М. Абдикеев, А. Д. Киселев «Управление знаниями в корпорации и реинжиниринг бизнеса» – М.:Инфра-М, 2011.– 382 с.

В. В. Кошевой,
ЧНУ ім. Петра Могили, г. Николаев

АНАЛИЗ АКТИВНОСТИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ НА WEB-СЕРВЕРЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ WEB MINING НА ЯЗЫКЕ PHP

В статье рассмотрены основные направления и способы использования методов Web Mining, которые необходимы для добычи информации из разных веб-ресурсов для дальнейшего анализа. Одним из методов Web Mining является анализ структуры логов веб-сервера. На основе данных логов выполняется анализ активности пользователей на сайте, определяются общие закономерности поведения пользователя, состав и порядок просмотра веб-страниц. В статье анализируются

логи веб-сервера и с помощью языка PHP выполняется определение ip-адресов пользователей, которые сделали наибольшее количество запросов к серверу и веб-страницы, которые имеют наибольшее количество просмотров. Определенные таким образом данные могут быть использованы для оптимизации запросов к веб-серверу, уменьшения времени отклика на запрос пользователя и внесения изменений в структуру сайта для улучшения работы пользователя с веб-ресурсом. Все это в свою очередь повышает привлекательность веб-ресурса для пользователей и содействует лучшей индексации сайта поисковыми системами.

Ключевые слова: Web Mining; web server; файл логів; веб-страница; PHP-скрипти.

V. V. Koshovyi,

Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv

ANALYSIS OF USER ACTIVITY ON A WEB-SERVER WITH USING WEB MINING METHODS IN PHP

In the article, the main directions and ways of using the methods of Web Mining, which are necessary for extracting information from different web resources for further analysis, are considered. One of the methods of Web Mining is to analyze the structure of the logs of the web server. Based on these logs, an analysis of user activity on the site is carried out, general patterns of user behavior, the composition and order of viewing web pages are determined. In the article analyzes the web server logs and uses the PHP language to determine the ip-addresses of users who have made the most requests to the server and the web pages that have the most views. The data thus defined can be used to optimize requests to the web server, reduce the response time to a user's request, and make changes to the site structure to improve user experience with the web resource. All this in turn increases the attractiveness of the web resource for users and contributes to a better indexing of the site by search engines. The analysis of user activity on a web server can be used not only to optimize the work of the server. This is not just a process for measuring user traffic, but rather a tool for doing business and market research. It helps to evaluate, for example, how traffic changes on a site after the launch of a new ad campaign. It helps to evaluate the traffic and popularity of the site.

Key words: Web Mining; web server; log file; web page; PHP script.

Рецензенти: Фісун М. Т., д-р техн. наук, професор;
Давиденко Є. О., канд. техн. наук.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЄМКІСНИХ ДАТЧИКІВ РІВНЯ ПАЛИВА

Попри зростаючі тенденції щодо переходу на альтернативні джерела енергії, доля систем на основі двигунів внутрішнього згоряння залишається переважною. Паливо для даних двигунів являється одною з найбільших статей витрат для промисловості та бізнесу. Великі об'єми палива супроводжуються суттєвими втратами через порушення умов експлуатації транспортних засобів та злочинні дії відносно даного палива. Для запобігання збитків використовуються системи контролю та обліку використаного палива та виробітки транспортного засобу чи агрегату, проте погрішність даних систем дозволяє залишити непоміченими деяку частину втрат. В даній статті розглядається ємкісний датчик рівня палива, його недоліки та можливості підвищення його ефективності шляхом використання еталонних датчиків середовища.

Ключові слова: датчик рівня палива; діелектрична проникність; погрішність; облік витрат палива.

Сучасна економіка має велику залежність від транспортних засобів, механізмів та агрегатів, які приводяться в дію в дію двигунами внутрішнього згоряння. Вантажні автомобілі, сільськогосподарська та інша промислова техніка, дизельний тяговий склад та допоміжна техніка залізниці та інші являються складовою частиною функціонування економіки на сьогоднішній день.

Суттєвою статтею витрат підприємств, що активно використовують транспорт та техніку з двигунами внутрішнього згоряння є паливно-мастильні матеріали. Наприклад, на підприємствах аграрного сектору України об'єми використання палива обчислюються сотнями тон на місяць, а на підприємствах гірничо-збагачувального комплексу – тисячами тон на місяць [4]. При цьому, загальне споживання дизельного та бензинового палива промисловістю у вересні 2018 р. сягнуло майже 500 тис. тон за місяць [5].

Експлуатація даних засобів підприємствами супроводжується втратами палива через порушення

правил експлуатації техніки або прямого зловживання доступом до резервуарів з паливом. При існуючих об'ємах споживання та високі ціни на паливо навіть невеликий відсоток втрат під час експлуатації тягне за собою багатомільярдні збитки для промисловості та бізнесу протягом року. Зважаючи на це, важливою задачею є підвищення рівня контролю над витратами палива та дотриманням правил експлуатації техніки.

На сьогоднішній день найбільш сучасними та точними системами контролю техніки є системи GPS-моніторингу з централізованим збором інформації з різноманітних датчиків відносно функціонування в режимі реального часу.

Важливою складовою системи GPS-моніторингу є використання рішень для контролю витрат палива [6]. На сьогоднішній день активно використовуються рішення, засновані на нормативному виділенні палива, контролю рівня палива в паливному баку та контролю витрати палива паливною системою в реальному часі, рис. 1.

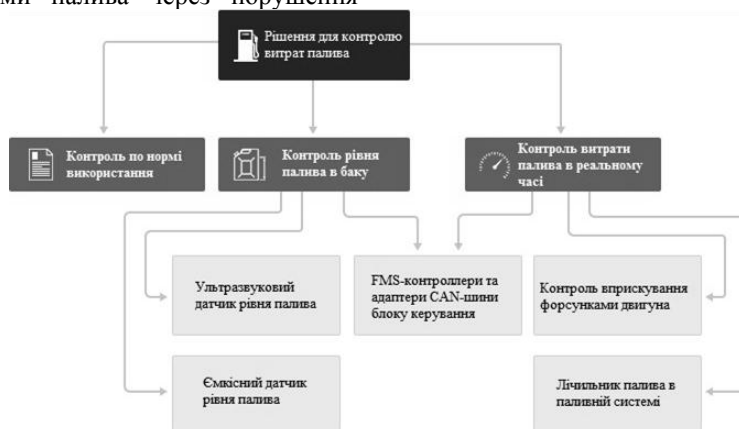


Рис. 1. Класифікація рішень для контролю витрат палива

Датчики рівня палива (ДРП), в основному ємнісного типу, широко застосовуються практично до всіх видів техніки (крім легкового транспорту), переважно використовуються на дизпаливі, і, крім параметрів витрати палива, дозволяють зафіксувати момент заправки або момент зливу палива, тобто ДРП дає більше інформації по паливу на відміну від інших технологій. Для установки датчика необхідно його розмістити в центрі бака і провести контрольну тарировку (калібрування) бака еталонними порціями палива.

Переваги ДРП полягають у наступному:

- простота і надійність конструкції;
- відсутність втручань в паливну систему під час монтажу;
- інформування про моменти заправки та зливів палива;

Недоліки ДРП полягають у наступному:

- довга процедура установки, пов'язана з тарировкою (калібруванням) паливного бака;
- чутливість датчика до зміни діелектричних властивостей палива

Основні моделі, що зарекомендували себе на ринку України: ДУ-02, ДУ-04 (Оргтехавтоматика), Епілон ES2 (РКС), Омникомм.

Принцип роботи ємнісного ДРП оснований на лінійній залежності ємності коаксіального конденсатора від висоти рівня рідкого діелектрика. Ємність конден-

сатора визначається діелектричною проникністю рідини, діелектричною проникністю газів над рівнем рідини, висотою рівня рідини, геометричними параметрами самого конденсатора.

У зв'язку з тим, що діелектрична проникність палива залежить від сортності палива [4], його температури, наявності присадок, сторонніх добавок, абсорбованої вологи, то похибка вимірювання рівня палива за допомогою коаксіального циліндричного конденсатора велика і може досягати 10–20 %.

Конструктивно датчик являє собою три коаксіальних циліндра (рис. 2). Довжина внутрішнього циліндричного електрода 1 менше довжини охоплюють його циліндричних електродів 2 і 3. Середній електрод 2 за допомогою комутатора поперемінно підключається до циліндричних електродів 1 і 3, що дозволяє по черзі вимірювати діелектричні параметри контрольованого палива в об'ємах $V_2 = \pi(R_5^2 - R_4^2) \cdot l_2$ і $V_1 = \pi(R_3^2 - R_2^2) \cdot l_1$ циліндричних конденсаторів довжиною l_1 і l_2 . Для знаходження аналітичних виразів взаємозв'язку діелектричних параметрів контрольованої рідини, її рівня з ємностями циліндричних конденсаторів двухпараметрового датчика створено математичну модель датчика з урахуванням реальних геометричних розмірів електродів, вирішені пряма і зворотна задачі.

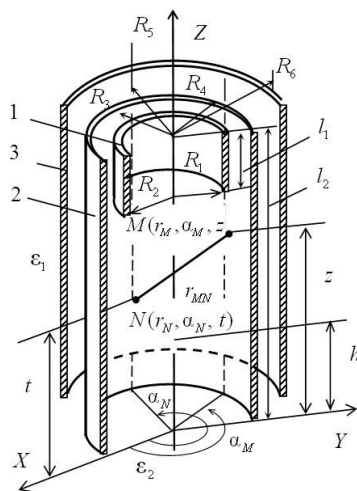


Рис. 2. Поперечний перетин двухпараметрового датчика рівня палива

Математична модель датчика будувалася виходячи з довжини і товщини його циліндричних електродів, з урахуванням електричних властивостей контрольованої рідини. Для чисельного 3D-моделювання використаний метод інтегральних рівнянь Фредгольма першого роду. На відміну від методу скінченних елементів, даний метод менш вимогливий до обчислювальних ресурсів і дозволяє проводити розрахунки ємнісних датчиків без втрати точності за більш короткий проміжок часу.

При створенні математичної моделі датчика кожен з трьох електродів розглядався у вигляді співвісних

нескінченно тонких циліндричних екіпотенційних поверхонь з різною щільністю заряду $\sigma_s(R_s, t)$. Такий підхід дозволив врахувати реальні геометричні розміри електродів, їх товщину і досліджувати характер розподілу поля поза міжелектродного зазору. В силу цього поверхнева щільність заряду для кожної з екіпотенційних поверхонь електродів циліндричного датчика є функцією однієї змінної t уздовж осі OZ $\sigma_s(R_s, t)$ [3]. В якості вихідного вираження при складанні інтегральних рівнянь використовували залежність для потенціалу [3]:

$$V_M = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_1} \int_s \sigma(s) \frac{1}{r_{MN}} ds, \quad (1)$$

де $\sigma(s)$ – поверхнева щільність заряду на електродах;
 s – поверхня інтегрування.

З урахуванням того, що відстань в циліндричній системі координат між точкою спостереження $M(r_M, A_M, z)$ і змінної точкою $N(r_N, A_N, t)$ визначається:

$$r_{MN} = \sqrt{(t-z)^2 + r_M^2 + r_N^2 - 2r_M r_N \cos(\alpha_2 - \alpha_1)}, \quad (2)$$

для електродів циліндричного датчика, розташованого в двошаровій середовищі,

$$\epsilon(z) = \begin{cases} \epsilon_1 & \text{при } z > h, q = 1, \\ \epsilon_2 & \text{при } z < h, q = 2, \end{cases} \quad (3)$$

система інтегральних рівнянь набуде вигляду:

$$\int_0^{l_m} \sigma_s(R_s, t) R_s dt \int_0^{2\pi} \frac{d\alpha}{r_{MN_s}} = 4\pi\epsilon_0\epsilon_q V_m, \quad (4)$$

де R_s – радіуси внутрішніх, зовнішніх поверхонь циліндричних електродів; $\sigma_s(R_s, t)$ – відповідні їм поверхневі щільності заряду; ϵ_q – діелектрична проникність середовища, в якій знаходяться електроди або частина електродів; V_m – потенціали на електродах, $s=1, 2, 3, 4, 5, 6$; $m=1, 2, 3$. Високопотенціальний електрод 1 має потенціал V_1 , низкопотенціальний електрод

3 – потенціал V_3 . Потенціал електрода 2 поперемінно приймає значення потенціалу першого електрода V_1 , потім третього V_3 .

В результаті алгебраїчних перетворень системи (4) ядра алгебраїчних рівнянь після підстановки координат точок спостереження z_{jm} замість z приймають вигляд:

$$R_s \int_0^{2\pi} \frac{d\alpha}{\sqrt{(t-z_{jm})^2 + R_s^2 + R_m^2 - 2R_m R_s \cos(\alpha)}} = K(z_{jm}, t) \quad (5)$$

де модуль еліптичного інтеграла k :

$$k = \sqrt{\frac{4R_s R_m}{(t-z_{jm})^2 + (R_s + R_m)^2}}. \quad (6)$$

Рішення системи інтегральних рівнянь здійснювалося методом Крилова-Боголюбова. Для дискретизації функцій $\sigma_s(R_s, T)$ циліндричні поверхні електродів розбивалися на кільця, в межах яких поверхнева щільність заряду приймає постійні значення. Для поліп-

шення збіжності рішення крок інтегрування по циліндричних поверхнях задавався змінним і записувався з допомогою геометричній прогресії. Межі інтегрування для поверхонь електрода 1:

$$\alpha_i = l_2 - l_1 / 2 - l_1 (1 - q_1^{N-i+1}) / 2(1 - q_1^{N_1}), \quad (7)$$

$$\beta_i = l_2 - l_1 / 2 - l_1 (1 - q_1^{N-i}) / 2(1 - q_1^{N_1}), \quad (8)$$

де $i=1, 2, \dots, N_1$; для верхньої половини:

$$\alpha_i = l_2 - l_1 / 2 + l_1 (1 - q_1^{i-N_1-1}) / 2(1 - q_1^{N_1}), \quad (9)$$

$$\beta_i = l_2 - l_1 / 2 + l_1 (1 - q_1^{i-N_1}) / 2(1 - q_1^{N_1}), \quad (10)$$

де $i=N_1+1, N_1+2, \dots, 2N_1$; l_1 – довжина внутрішнього електрода 1; q_1 – знаменник геометричній прогресії; $2N_1$ – число розбиття l_1 .

Розбиття циліндричних поверхонь для електродів 2 і 3 до координати $z=l_2-l_1$ здійснювалося подібно розбиття для електрода 1, тобто

$$\alpha_i = (l_2 - l_1) / 2 - (l_2 - l_1) (1 - q_3^{4N_1+N_0-i+1}) / 2(1 - q_3^{N_0}), \quad (11)$$

$$\beta_i = (l_2 - l_1) / 2 - (l_2 - l_1) (1 - q_3^{4N_1+N_0-i}) / 2(1 - q_3^{N_0}), \quad (12)$$

та

$$\alpha_i = (l_2 - l_1) / 2 + (l_2 - l_1) (1 - q_3^{i-4N_1-N_0-1}) / 2(1 - q_3^{N_0}), \quad (13)$$

$$\beta_i = (l_2 - l_1) / 2 + (l_2 - l_1) (1 - q_3^{i-4N_1-N_0}) / 2(1 - q_3^{N_0}), \quad (14)$$

де $2N_0$ – число розбиття на відрізьку довжиною l_2-l_1 .

Вище $z > l_2-l_1$ кордону інтегрування збігалися з межами інтегрування для електрода 1. В результаті система інтегральних рівнянь (4) набуде вигляду:

$$\sum_{j=1}^{12N_1+8N_0} \sum_{i=1}^{12N_1+8N_0} \sigma_i \int_{\alpha_i}^{\beta_i} K(z_{jm}, t) dt = 4\pi\epsilon_0\epsilon_q V_m, \quad (15)$$

де

$$z_{jm} = (\alpha_j + \beta_j) / 2; \quad j = 1, 2, \dots, 12N_1 + 8N_0, \quad (16)$$

індекс $m = 1, 2, 3$.

Інтеграл може бути записаний в нових змінних через модуль еліптичного інтеграла k . тоді:

$$\int_{\alpha_i}^{\beta_i} K(z_{jm}, t) dt = 8\sqrt{R_m R_s^3} \cdot \int_{k_{\alpha ij}}^{k_{\beta ij}} \frac{K(k)}{k\sqrt{4R_s R_m - k^2(R_s + R_m)^2}} dk, \quad (17)$$

де інтервали інтегрування:

$$k_{\alpha ij} = \sqrt{4R_s R_m / [(\alpha_i - z_{jm})^2 + (R_s + R_m)^2]}, \quad (18)$$

$$k_{\beta ij} = \sqrt{4R_s R_m / [(\beta_i - z_{jm})^2 + (R_s + R_m)^2]}.$$

Індекс s відповідає поверхні інтегрування, m – еквіпотенційної поверхні, для якої записується вираз потенціалу.

Система лінійних алгебраїчних рівнянь в однорідному середовищі набуде вигляду:

$$\sum_{j=1}^{12N_1+8N_0} \sum_{i=1}^{12N_1+8N_0} \sigma_i 8\sqrt{R_m R_s^3} \int_{\alpha_i}^{\beta_i} \frac{K(k)}{k\sqrt{4R_s R_m - k^2(R_s + R_m)^2}} dk = 4\pi\epsilon_0\epsilon_q V_m. \quad (19)$$

Відсутня рівняння для визначення взаємозв'язку потенціалів V_1, V_2 і V_3 складається виходячи з рівності нулю загального заряду циліндричного конденсатора:

$$\begin{aligned}
 & 2\pi R_1 \sum_{i=1}^{2N_1} \sigma_i (\beta_i - \alpha_i) + 2\pi R_2 \sum_{i=2N_1+1}^{4N_1} \sigma_i (\beta_i - \alpha_i) + \\
 & + 2\pi R_3 \sum_{i=4N_1+1}^{6N_1+2N_0} \sigma_i (\beta_i - \alpha_i) + 2\pi R_4 \sum_{i=6N_1+2N_0+1}^{8N_1+4N_0} \sigma_i (\beta_i - \alpha_i) + \\
 & + 2\pi R_5 \sum_{i=8N_1+4N_0+1}^{10N_1+6N_0} \sigma_i (\beta_i - \alpha_i) + 2\pi R_6 \sum_{i=10N_1+6N_0+1}^{12N_1+8N_0} \sigma_i (\beta_i - \alpha_i) = 0.
 \end{aligned} \quad (20)$$

Виходячи зі знайдених рішенням (19) і (20) дискретних значень σ_i в залежності від значення потенціалу на електроді 2

ємність циліндричного датчика в повітрі ($\epsilon_1=1$) записується: в разі $V_2=V_3$:

$$C_1 = \frac{2\pi l_1 \left(R_1 \sum_{i=1}^{2N_1} \sigma_i (\beta_i - \alpha_i) + R_2 \sum_{i=2N_1+1}^{4N_1} \sigma_i (\beta_i - \alpha_i) \right)}{V_1 - V_2}, \quad (21)$$

в случае $V_2=V_1$:

$$C_2 = \frac{2\pi l_2 \left(R_3 \sum_{i=4N_1+1}^{6N_1+2N_0} \sigma_i (\beta_i - \alpha_i) + R_4 \sum_{i=6N_1+2N_0+1}^{8N_1+4N_0} \sigma_i (\beta_i - \alpha_i) \right)}{V_2 - V_3}. \quad (22)$$

Класичний вираз ємності циліндричного конденсатора не враховує товщину циліндричних електродів і вважає, що їх довжина нескінченно велика в порівнянні з радіусами циліндрів. Розрахункові картини розподілу заряду по поверхні циліндричних електро-

дів для датчика з розмірами електродів $R_1=1,6$ мм, $R_2=2,6$ мм, $R_3=5,95$ мм, $R_4=7,0$ мм, $R_5=8,9$ мм, $R_6=9,95$ мм, $l_1=299$ мм, $l_2=204$ мм в повітрі ($\epsilon_1=1$), представлені на рисунках 3 і 4.

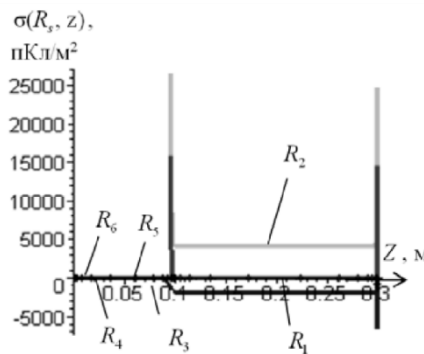


Рис. 3. Розрахункова картина розподілу зарядів по поверхні електродів радіусів $R_s(V_3=V_2)$

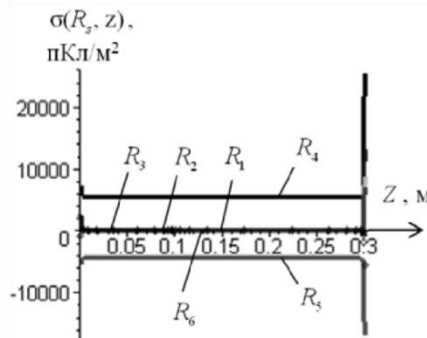


Рис. 4. Розрахункова картина розподілу зарядів по поверхні електродів радіусів $R_s(V_1=V_2)$

З кривих розподілу заряду по поверхні електродів видно, що поле є однорідним, за винятком поля на торцях електродів. У разі коли потенціал електрода

збігається з потенціалом електрода 2 виміряна ємність датчика $C_1=13,70$ пФ, розрахована чисельно $C_1^{числ} = 13,80$ пФ, аналітично $C_1^{ан} = 2\pi\epsilon_0\epsilon_1 l_1 / \ln(R_3/R_2)$

13,63 пФ. У разі коли потенціали $V_1=V_2$, характер поля змінюється і ємність зростає. Виміряна ємність датчика $C_2=69,62$ пФ, розрахована чисельно $C_2^{числ}=69,75$ пФ, розрахована аналітично $C_2^{ан}=2\pi\epsilon_0\epsilon_1 l_2 / \ln(R_5/R_4)=69,24$ пФ. Помилка розрахунку ємностей двухпараметрового датчика чисельним методом не перевищує 1%. Дещо вище помилка розрахунку ємностей за допомогою класичного аналітичного виразу. Але і ця помилка не перевищує 1%. Цей факт говорить про те, що у випадках, коли міжелектродні зазори датчика R_3, R_2, R_5, R_4 на порядок менше довжин електродів l_1 і l_2 , з досить

високим ступенем точності для розв'язання прямих і обернених задач може бути використано аналітичний вираз ємності циліндричного конденсатора $2\pi\epsilon_0\epsilon_1 l / \ln(R_{s+1}/R_s)$.

На рисунку 5 представлена розрахункова картина еквіпотенційних ліній поля двох параметровий датчика ($V_3=V_2$). Як видно, поле сконцентровано в межах міжелектродного зазору R_3, R_2 між першим і другим циліндрами по всій довжині l_1 . Про це говорить і мале відмінність між розрахунковими і вимірюваними значеннями ємностей Датчика ($\Delta C < 1\%$).

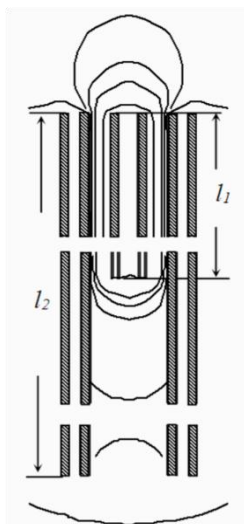


Рис. 5. Розрахункова картина еквіпотенційних ліній поля ($V_3=V_2$)

Експериментальні результати взаємозв'язку рівня рідкого середовища і ємності датчика, представлені на малюнку 5. Прямая 1 відповідає дизельному паливу без домішок ($\epsilon_2=2,13$), 2 – з домішками ($\epsilon_2=2,15$), пря-

ма 3 – ріпакової олії ($\epsilon_2=3,01$), пряма 4 – соняшниковій ($\epsilon_2=3,03$). Графіки на рисунку 6 підтверджують, що залежність ємності датчика C_2 від висоти рівня рідини має лінійний характер.

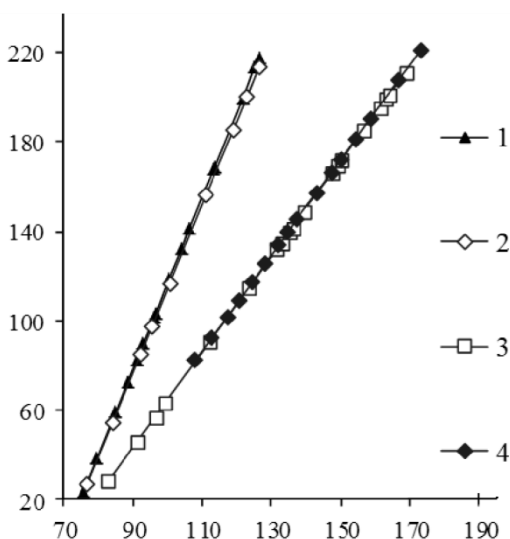


Рис. 6. Експериментальна залежність між висотою рівня рідини h і ємністю і датчика C_2

Зміна потенціалу на електроді 2 дозволяє вимірювати дві ємності датчика C_1 і C_2 . Ємність датчика C_1 визначається глибиною занурення електродів в рідину $h-(l_2-l_1)$, ємність C_2 визначається глибиною занурення

h . Різниця в глибинах занурення дозволяє визначати діелектричну проникність контрольованої рідини через різницю нормованих як:

$$\varepsilon_2 = \frac{\varepsilon_1}{l_2 - l_1} \left(\frac{C_2(h)}{C_2(0)} l_2 - \frac{C_1(h)}{C_1(0)} l_1 \right), \quad (23)$$

і визначаються діелектричної проникністю контрольованої рідини, довжиною електродів і висотою рівня h ; $C_1(0)$ і $C_2(0)$ – ємності в повітрі. В процесі вимірювання, поки рівень не опуститься нижче $l_2 - l_1$, роз-

раховується діелектрична проникність рідини, а потім, виходячи з вимірних значень $C_1(h)$ і $C_2(h)$, обчислюється висота рівня рідини для кожного значення потенціалу на електроді 2:

$$h_{V_1=V_2} = \frac{C_2(h) - C_2(0)}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1} \frac{\varepsilon_1 l_2}{C_2(0)}, \quad (24)$$

$$h_{V_{31}=V_2} = \frac{C_1(h) - C_1(0)}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1} \frac{\varepsilon_1 l_1}{C_1(0)} + l_2 - l_1. \quad (25)$$

Висота рівня залежить тільки від одного незмінного параметра – діелектричної проникності газоподібного середовища ε_1 . Коливання ε_1 незначні і можуть бути усередненим ($\varepsilon_1 \approx 1,0006$). Так як висота рівня рідини описується аналітичними виразами (24) і (25), то розгляд датчик може виконувати калібрування самостійно, в незалежності від діелектричної проникності рідини. Графіки побудовані відповідно до виразів (24) і (25) лягають на експериментальні прямі, представлені на малюнку 5. Для всіх досліджуваних рідин (дизельне паливо, соняшникова і рапсову олії) помилка

розрахунку рівня не перевищувала 1,5 мм. У зоні крайового ефекту, коли $h = l_2 - l_1 = 95$ мм, помилка визначення рівня склала 2,0 мм.

Таким чином, запропоновано двухпараметровий датчик рівня палива, що дозволяє одночасно контролювати діелектричні властивості рідких середовищ і проводити оцінку сортності палива. Похибка вимірювання рівня палива не перевищує 1 %. Датчик не вимагає попередньої калібрування; він має такі ж розміри як і традиційний однопараметровий датчик рівня палива.

Список використаних джерел

1. Zhao, Y. R. New Type Multielectrode Capacitance Sensors for Liquid Level. Journal of Physics: Conference Series. – 2006. – Vol. 48. P. 223–227.
2. Скворцов, Б. В. Статистическое моделирование компонентного состава углеводородных топлив и исследование взаимосвязей детонационной стойкости с их электродинамическими параметрами / Б. В. Скворцов, Е. А. Силов, Л. В. Солнцева // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С. П. Королёва. – 2010. – № 1. – С. 166–173.
3. Джежора, А.А. Цилиндрический электроемкостной датчик уровня / А. А. Джежора // Датчики и системы. – 2010. – № 9. – С. 7–11.
4. Крупнейшие потребители топлива в Украине [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.nefterynok.info/stati/kрупнейshie-potrebiteli-topliva-2014-energetiki-i-metallurgi-derjat-trend>.
5. Потребление бензинов и дизтоплива в августе 2018 г. в Украине [Электронный ресурс]. - Режим доступа : <http://uaenergy.com.ua/post/31457>.
6. Отраслевые решения для контроля топлива [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://mtrack.com.ua/Solutions/Industry>.
7. Yang, C. N.; Chen, S. P.; Yang, G. G. Fiber optical liquid level sensor under cryogenic environment. Sens. Actuators 2001, 94, 69–75.
8. Singh, H. K.; Chakroborty, S. K.; Talukdar, H.; Singh, N. M.; Bezboruah, T. A new non intrusive optical technique to measure transparent liquid level and volume. IEEE Sens. J. 2011, 11, 391–398.
9. Nakagawa, T.; Hyodo, A.; Kogo, K.; Kurata, H.; Osada, K.; Oho, S. Contactless liquid-level measurement with frequency-modulated millimeter wave through opaque container. IEEE Sens. J. 2013, 13, 926–933.
10. Stanley, E. W.; Bryant, D. T. A wireless fluid-level measurement technique. Sens. Actuators A Phys. 2007, 137, 268–278.

Ю. С. Процей, А. Г. Нестерюк,
ОНПУ, м. Одеса

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЕМКОСТНЫХ ДАТЧИКОВ УРОВНЯ ТОПЛИВА

Несмотря на растущие тенденции перехода на альтернативные источники энергии, количество систем на основе двигателей внутреннего сгорания остается подавляющим. Топливо для данных двигателей является одним из крупнейших статей расходов для промышленности и малого бизнеса. Большие объемы топлива сопровождаются существенными потерями из-за нарушения условий эксплуатации транспортных средств и преступные действия в отношении данного топлива. Для предотвращения убытков используются системы контроля и учета использованного топлива и выработки

транспортного средства или агрегата, однако погрешность данных систем позволяет оставить незамеченными некоторую часть потерь. В данной статье рассматривается емкостной датчик уровня топлива, его недостатки и возможности повышения его эффективности путем использования эталонных датчиков среды. Предложен двухпараметровый датчик уровня жидкости, состоящий из трех цилиндрических электродов разной длины с варьируемым потенциалом среднего электрода. Методом интегральных уравнений проведено численное 3D-моделирование конструкции датчика. Программа численного расчета реализована в MAPLE. Проведена проверка на адекватность модели реальным конструкциям датчиков. Экспериментально и теоретически показаны преимущества разработанного датчика, позволяющего в отличие от широко используемых однопараметровых датчиков одновременно измерять диэлектрические свойства жидкости и ее уровень без дополнительной калибровки. Данный результат так же позволяет вносить коррекцию измерений уровня при изменении диэлектрических свойств измеряемого топлива и таким образом повысить точность датчика в условиях реальной эксплуатации.

Ключевые слова: датчик уровня топлива; диэлектрическая проницаемость; погрешность; учет расхода топлива.

Y. S. Protsei, O. G. Nesteryk,
Odesa National Polytechnic University, Odesa

INVESTIGATION OF METHODS OF INCREASING THE EFFICIENCY OF FUEL-LEVEL CAPACITANCE SENSORS

Despite the growing trend of transition to alternative energy sources, the number of systems based on internal combustion engines remains overwhelming. Fuel for these engines is one of the largest items of expenditure for industry and small business. Large amounts of fuel are accompanied by significant losses due to violations of the operating conditions of vehicles and criminal acts against this fuel. To prevent losses, systems are used to control and account for used fuel and the production of a vehicle or aggregate, but the accuracy of these systems makes it possible to leave some of the losses undetected. This article discusses the capacitive fuel level sensor, its disadvantages and the possibility of improving its efficiency through the use of standard environmental sensors. A two-parameter liquid level sensor is proposed, consisting of three cylindrical electrodes of different lengths with a varying potential of the middle electrode. The method of integral equations was used for numerical 3D modeling of the sensor design. The program of numerical calculation is implemented in MAPLE. A check was carried out on the adequacy of the model to real sensor designs. Experimentally and theoretically, the advantages of the developed sensor, which, unlike the widely used single-parameter sensors, simultaneously measure the dielectric properties of a liquid and its level without additional calibration, are shown. This result also makes it possible to make a correction of the level measurements when the dielectric properties of the measured fuel change and thus to improve the sensor accuracy under actual operation conditions.

Key words: fuel level sensor; dielectric constant; error; accounting for fuel consumption.

Рецензенти: Мусієнко М. П., д-р техн. наук, професор;
Журавська І. М., канд. техн. наук, доцент.

© Процей Ю. С., Нестерюк О. Г., 2018

Дата надходження статті до редколегії 06.11.2018

ГОТОВНІСТЬ ЕЛЕМЕНТА З НЕСТАЦІОНАРНИМИ ПОТОКАМИ ВІДМОВ І ВІДНОВЛЕНЬ ПРИ ОБМЕЖЕННІ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН

Надійність є однією з найважливіших характеристик якості функціонування системи. Для опису й оцінки нормального функціонування системи використовуються ряд моделей. Найбільш загальна з них така, яка дозволяє врахувати відмови й відновлення, нестационарність потоків відмов і відновлень, старіння або тренування системи. На практиці є досить велика група систем, для яких потрібно використовувати таку модель, зокрема, це механічні відновлювані системи.

Проблема оцінки надійності складної старіючої відновлюваної системи має ряд особливостей, які не дозволяють розробити досить простий математичний апарат для її оцінки. Це зв'язане зі старінням системи й нестационарними потоками відмов і відновлень, тому що оцінка надійності системи за статистичним даними практично неможлива у зв'язку з необхідністю досліджувати дуже великий період спостережень. А от одержання розподілів щільності ймовірності появи n -ї відмови й n -го відновлення або їх послідовної зміни представляється реальним.

Для механічної відновлюваної системи широко використовується відновлення системи шляхом заміни елемента, що відмовив новим із запасу. Визначення оптимальної кількості запасних частин ґрунтується на надійності відновлюваної системи з нестационарними потоками відмов і відновлень.

У статті розглядається визначення функції готовності елемента з урахуванням старіння й нестационарності потоків відмов і відновлень за умови обмеження кількості запасних частин. Пропонується найбільш загальний варіант, коли розподілу відмов після установки нового й усіх наступних відновлень не рівні між собою. Аналогічно й розподілу відновлень теж не рівний між собою.

Практичне значення виконаної роботи полягає в розробці математичного виразу для функції готовності елемента, що дозволяє оцінювати й прогнозувати розподіл функції готовності незалежно від виду розподілів ймовірностей появи його відмов і відновлень за умови обмеженості запасних частин.

Ключові слова: готовність; старіння; нестационарність потоків відмов; нестационарність потоків відновлень; запасні частини.

Відновлювання після відмови є одним із широко розповсюджених шляхів підвищення надійності у випадках коли допускається відносно невеликі перерви в функціонуванні системи. Сутність заключається в тому, що відновлення елемента, відмова якого привела до відмови всієї системи, шляхом ремонту цього елемента, дозволяє системі функціонувати далі.

Розглянемо особливості цього процесу:

- система на деякий час виводиться з експлуатації;
- для систем, які не можна виводити з експлуатації, такий захід неможливий, але для них можна приміняти резервування;
- для ремонту деталі чи вузла необхідне спеціальне обладнання і висока кваліфікація робітника;
- конструкція механічної системи повинна бути придатною для визначення відмови, її локалізації, за-

безпечення доступу, відносно простого зняття і установки елемента, який відмовив;

- установлений елемент не повинен мати необхідності складного налагодження його самого і налаштування системи в цілому після складання.

Ефективність процесу відновлення характеризується ремонтпридатністю. Вона закладається при проектуванні. Ремонтпридатність визначається:

- часом виконання відновлення (випадкова величина);
- трудомісткістю робіт;
- вартістю виконання робіт і матеріалів;
- рівнем можливості відновлення;
- кваліфікацією робіт;
- наявністю ремонтної бази;
- необхідністю ремонтних матеріалів.

В залежності від вимог до функціонування системи формування ремонтпридатності може йти різними шляхами. Найбільш широко розповсюджена схема відновлення шляхом заміни елемента, який відмовив, на новий із запасу. Що дозволяє отримувати при відносній простоті високу якість, надійність, зменшення вартості і трудозатрат. Ця схема має всього один мінус – необхідно мати такий запас. Як правило, оптимальну кількість запасних частин розраховують методами підтримки прийняття рішення. Який би не використовували критерій при цьому, він базується на показниках безвідмовності і ремонтпридатності. Для розв’язання цієї проблеми найбільш повно підходить функція готовності, яка дозволяє визначати ймовірність того, що система знаходиться в робочому стані в заданий момент часу.

Для механічних відновлюваних систем визначення функції готовності пов’язане з тим, що переважна більшість їх елементів «старіють» і мають нестационарні потоки відмов і відновлень.

Метою даного дослідження є розробка математичного забезпечення для розрахунку функції готовності для старіючого відновлювального елемента з нестационарними потоками відмов і відновлень при обмеженості запасних частин.

Розглянемо складну механічну відновлювальну систему для якої характерно старіння і нестационарність потоків відмов і відновлень. В якості критерію, який би повно характеризував надійність розглянутої системи вибираємо комплексний критерій – готовність [1; 2]. Однак за відомими виразами можна розрахувати готовність тільки для стаціонарного процесу відновлень [2] чи для старіючої системи але з обмеженою кількістю запасних частин.

Оскільки ми розглядаємо старіючу систему, то визначимо розрахункові вирази для оцінки готовності елемента старіючої системи, процес функціонування якої характеризується умовами: перехід з справного стану в стан відмови виконується з інтенсивністю $\lambda(t)$, а перехід з стану відновлення в справне – з інтенсивністю $\mu(t)$. Якщо справний стан характеризувати часом безперервної роботи T , а стан відмови – часом відновлення T_e і розташувати ці величини послідовно на часовій осі отримаємо модель функціонування відновлюваного елемента. Графічна інтерпретація цього процесу представлена на рис. 1.

Оскільки ми розглядаємо старіючу систему, то визначимо розрахункові вирази для оцінки готовності елемента старіючої системи, процес функціонування якої характеризується умовами: перехід з справного стану в стан відмови виконується з інтенсивністю $\lambda(t)$, а перехід з стану відновлення в справне – з інтенсивністю $\mu(t)$. Якщо справний стан характеризувати часом безперервної роботи T , а стан відмови – часом відновлення T_e і розташувати ці величини послідовно на часовій осі отримаємо модель функціонування відновлюваного елемента. Графічна інтерпретація цього процесу представлена на рис. 1.

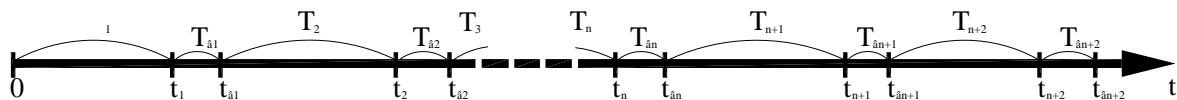


Рис.1. Модель функціонування відновлювального елемента з необмеженою кількістю запасних частин або ремонтів після відмови

На практиці такий процес рано чи пізно зупиняється в силу неможливості виконання n -го ремонту за технічними причинами, а якщо відновлення виконується методом заміни новим із запасу, то за відсутності запасних частин. Для визначення готовності системи, в таких випадках, необхідно враховувати таке обмеження.

Хай випадкові тривалості справної роботи $\tau_1^p, \tau_2^p, \tau_3^p \dots \tau_i^h \dots$ і тривалості відновлень $\tau_1^e, \tau_2^e, \tau_3^e \dots \tau_i^e \dots$ незалежні між собою і мають кінцеві математичні очікування і дисперсії, а їхні щільності ймовірностей безперервні і існують на інтервалі $(0, t)$. Якщо готовність елемента – це ймовірність того, що елемент справний в любий, довільно вибраний момент часу t , який належить обмеженому проміжку $(0, t)$. А готовність (миттєва) підсистеми «елемент + n запасних частин» – це ймовірність того, що елемент справний в любий, довільно вибраний, проміжок часу $t [t \in (0, t)]$ при умові, що запасних частин на момент часу t достатньо для заміни.

Розглянемо події, які характеризують готовність елемента з запасними частинами на момент часу t :

D – запасних частин потрібно не більше n ;

C/D – справна робота елемента при умові наявності n – запасних частин.

Подія Γ , сутність якої в тому, що n – запасних частин на момент t достатньо для функціонування і елемент справний при умові наявності n – запасних час-

тин, може реалізуватися при сумісній появі подій D і C/D :

$$\Gamma = D \& C / D.$$

Тоді за теоремою множення ймовірностей для залежних подій ймовірність події Γ буде дорівнювати $P\{\Gamma\} = P\{D\} * P\{C / D\}$, (1)

де, $P\{D\}$ – ймовірність того, що запасних частин на момент t буде потрібно не більше n (достатність запасних частин), або ймовірності того, що на $(x, x+\Delta x)$ відбулося n -е відновлення елемента і на проміжку часу, що залишився, він не відмовить; Функція $P\{D\}$ введена в [1]. $P\{D_n\} = W'(n, x) * [1 - F_{n+1}(t - x)] * \Delta x$

$P\{C / D\}$ – ймовірність того, що на момент t елемент буде справний при умові наявності n – запасних частин. Ймовірність застати елемент в справному стані при умові наявності n запасних частин будемо визначати як ймовірність попадання довільно вибраного моменту часу $t [t \in (0, t)]$ на $(n+1)$ -й інтервал справної роботи. Для цього розглянемо на цьому інтервалі $(0, t)$ точку x , яка передує $t (x < t)$.

Розглянемо інтервал $(x, x+\Delta x)$. Елемент буде справний в проміжку (x, t) в тому випадку, якщо i -е відновлення станеться на $(x, x+\Delta x)$ і протягом часу, що залишився $(t-x)$, відмов не буде. Отже необхідна реалізація несумісних подій:

A_1 – i -е відновлення настало на інтервалі $(x, x+\Delta x)$;

V_{i+1} – установлений при i -му відновленні елемент справний на інтервалі $(t-x)$.

Тоді подія C_i , сутність якої в тому, що елемент відновлений i -й раз на проміжку часу $(x, x+\Delta x)$ і за час $(t-x)$, що залишився, не відмовить буде дорівнювати кон'юнкції подій A_1 і V_{i+1} :

$$P\{C_i\} = W'(i, x) * [1 - F_{i+1}(t-x)] \Delta x \quad (4)$$

Знайдемо ймовірності подій. Ймовірність того, що на $(x, x+\Delta x)$ настане i -е відновлення буде дорівнювати

$$P\{B_{i+1}\} = P_{i+1}(t-x) = 1 - F_{i+1}(t-x). \quad (6)$$

Після підстановки виразів (5) і (6) в (4) отримаємо ймовірність того, що на $(x, x+\Delta x)$ настане i -е віднов-

$$P\{C_i\} = W'(i, x) * [1 - F_{i+1}(t-x)] \Delta x. \quad (7)$$

Оскільки на інтервалі $(x, x+\Delta x)$ можлива поява нульового, першого, другого, ... n -го відновлень, то подія A – поява на $(x, x+\Delta x)$ відновлення, буде визначатися диз'юнкцією подій появи нульового, першого, другого, ..., n -го відновлень.

$$A = A_0 \cup A_1 \cup A_2 \cup \dots \cup A_n$$

$$P\{C/D\} = \sum_{i=0}^n P\{C_i\} = P\{A_0\} * [1 - F_1(t-x)] + \sum_{i=1}^n W'(i, x) [1 - F_{i+1}(t-x)] * \Delta x$$

Поява нульового відновлення можлива тільки в точці $x=0$ і є подією достовірною, а $P\{A_0\} = 1$. Під нульовим відновленням, в даному випадку, розуміється

$$P\{C/D\} = 1 - F_1(t) + \sum_{i=1}^n W(i, t) - \sum_{i=1}^n F(i+1, t).$$

Замінюємо Δx на dx і інтегруємо від 0 до t

$$P\{C/D\} = 1 - F_1(t) + \sum_{i=1}^n \int_0^t W'(i, x) dx - \sum_{i=1}^n \int_0^t F_{i+1}(t-x) W'(i, x) dx,$$

якщо $\int_0^t W'(i, x) dx = W(i, t);$

$$\int_0^t F_{i+1}(t-x) dW(i, x) = F(i+1, t),$$

то $P\{C/D\} = 1 - F_1(t) + \sum_{i=1}^n W(i, t) - \sum_{i=1}^n F(i+1, t) \quad (8)$

Підставимо в (1) отримані вирази

$$\Gamma(n, t) = [1 - F(n+1, t)] * \left[1 - F_1(t) + \sum_{i=1}^n W(i, t) - \sum_{i=1}^n F(i+1, t) \right], \quad (9)$$

де $W(i, t) = V_1(t) * V_2(t) * \dots * V_i(t)$ – ймовірність появи i відновлень на $(0, t)$;

добутку щільності ймовірності появи i відновлень на величину інтервалу $P\{A_i\} = W'(i, x) * \Delta x. \quad (5)$

Ймовірність $P\{B_{i+1}\}$ буде ймовірністю того, що на інтервалі $(t-x)$ елемент, установлений при i -му відновленні, не відмовить. Вона буде дорівнювати ймовірності безвідмовної роботи цього елемента від величини інтервалу $(t-x)$.

лення елемента і на проміжку часу $(t-x)$, який залишився, він не відмовить.

Якщо запасних частин n , то $n+1$ відновлення стає неможливим у зв'язку з тим, що немає чим замінювати відмовлений елемент.

Тоді ймовірність того, що на $(x, x+\Delta x)$ настане відновлення і на проміжку часу, що залишився, елемент буде справним буде дорівнювати сумі добутків ймовірностей $P\{C_i\} \quad (7)$.

установлення основного елемента при складанні нового виробу, а функція набере вигляду:

$V_i(t) = F_i(t) * P_{ei}(t)$ – ймовірність появи i -го циклу (відмова-відновлення);

$F(i+1, t) = W(i, t) * F_i(t)$ – ймовірність появи $(i+1)$ -ї відмови;

$F_i(t)$ – ймовірність появи відмови в i -му циклі;

$P_{ei}(t)$ – ймовірність відновлення в i -му циклі.

Отримана функція дозволяє отримувати розподіл ційонарних потоках відмов і відновлень при обмеженні готювності старіючої і нестаріючої систем при нестационарних потоках відмов і відновлень при обмеженні запасних частин.

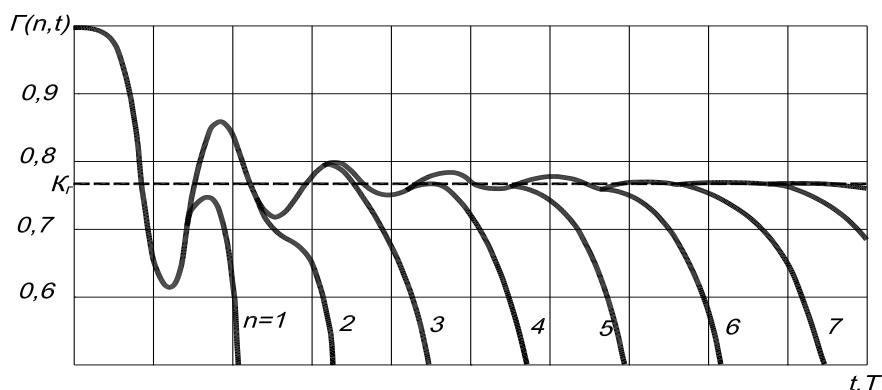


Рис. 2. Розподілення готювності нестаріючого елемента з нестационарними потоками відмов і відновлень при обмеженні запасних частин

Як видно із рисунка 2, функція готювності при збільшенні кількості запасних частин і часу асимптотично наближається до коефіцієнта готювності, що підтверджується практикою.

Висновки. Розроблена функція готювності (9) вперше дозволяє розраховувати й прогнозувати готювність елемента старіючої системи з довільними розподілами ймовірностей появи часу відмови й віднов-

лення з урахуванням обмеженості в запасних частинах. На основі запропонованої функції готювності з'явилася можливість приймати рішення про забезпечення надійності складних відновлюваних систем, а також виконувати оптимальну комплектацію запасними частинами для забезпечення нормального функціонування системи.

Список використаних джерел

1. Донченко М. В. Визначення готювності елемента з урахуванням старіння. Наукові праці: наук. журн. – Вип. 305. Т. 317. Комп'ютерні технології. – Миколаїв : Вид-во ЧНУ ім. П. Могили, 2018. – С. 100–106.
2. Гнеденко В. В., Беляев Ю. К., Соловьев А. Д. Математические методы в теории надежности. – М.: Наука, 1965. – 524 с.
3. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення. – 1994.
4. Вентцель Е. С., Теория вероятностей. – М.: Наука, 1969. – 576 с.
5. Кокс Д. Р., Смит В. Л. Теория восстановления : Пер. с англ. Под ред. и с дополнением Ю. К. Беляева. – М. : Сов. радио, 1967. – 299 с.
6. Рябинин И. А. Основы теории и расчета надежности судовых электроэнергетических систем. – 2-е изд., Л.: Судостроение, 1971.– 456 с.
7. Левин В. И. Логическая теория надежности сложных систем. М.: Энергоатомиздат, 1985. 128 с.
8. Р. Барлоу, Ф.Прошан. Математическая теория надежности. Пер. с англ., под ред. Б. В. Гнеденко. М., изд-во «Советское радио», 1969, 488 с.
9. Половко А. М., Гуров С. В., Основы теории надежности. Практикум. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 560 с.
10. Острейковский В. А. Теория надежности: учеб. для вузов / В. В. Острейковский. – М.: Высш. шк., 2003. – 463 с.
11. Матвеевский В. Р. Надежность технических систем. Учебное пособие. М., 2002. – 113 с.

М. В. Донченко,
ЧНУ ім. Петра Могили, г. Николаев

ГОТЮВНОСТЬ ЭЛЕМЕНТА С НЕСТАЦИОНАРНЫМИ ПОТОКАМИ ОТКАЗОВ И ВОСТАНОВЛЕНИЙ ПРИ ОГРАНИЧЕННОСТИ ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ

Надежность является одной из самых важных характеристик качества функционирования системы. Для описания и оценки нормального функционирования системы используются ряд моделей. Наиболее обшая из них такая, которая позволяет учесть отказы и восстановления, нестационарность потоков отказов и восстановлений, старение или тренировку

системы. На практике есть достаточно большая группа систем, для которых нужно использовать такую модель, в частности, это механические восстанавливаемые системы.

Проблема оценки надежности сложной стареющей восстанавливаемой системы имеет ряд особенностей, которые не позволяют разработать достаточно простой математический аппарат для ее оценки. Это связано со старением системы и нестационарными потоками отказов и восстановлений, т.к. оценка надежности системы по статистическим данным практически невозможна в связи с необходимостью исследовать очень большой период наблюдений. А вот получение распределений плотности вероятности появления n -го отказа и n -го восстановления или их последовательного изменения представляется реальным.

Для механической восстанавливаемой системы широко используется восстановление системы путем замены отказавшего элемента новым из запаса. Определение оптимального количества запасных частей основано на надежности восстанавливаемой системы с нестационарными потоками отказов и восстановлений.

В статье рассматривается определение функции готовности элемента с учетом старения и нестационарности потоков отказов и восстановлений при условии ограничения количества запасных частей. Предлагается наиболее общий вариант, когда распределения отказов после установки нового и всех последующих восстановлений не равны между собой. Аналогично и распределения восстановлений тоже не равны между собой.

Практическое значение выполненной работы заключается в разработке математического выражения для функции готовности элемента, позволяющего оценивать и прогнозировать распределение функции готовности не зависимо от вида распределений вероятностей появления его отказов и восстановлений при условии ограниченности запасных частей.

Ключевые слова: готовность; старение; нестационарность потоков отказов; нестационарность потоков восстановлений; запасные части.

M. V. Donchenko,

Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv,

READINESS OF THE ELEMENT WITH NON-STATIONARY STREAMS OF REFUSALS AND REPAIRS AT LIMITATION OF SPARE PARTS

Reliability is one of the most important characteristics of the system's functioning qualify. A number of models are used to describe and evaluate the normal functioning of the system. The most common of them is one that takes into account failures and repairs, the non-stationery of the failures and repairs flows, aging or training of the system. In practice, there is a fairly large group of systems for which it is necessary to use such model. In particular, these are mechanical repaired systems.

The problem of the complex aging repaired system reliability estimation has a number of features which do not allow developing simple mathematical apparatus for its estimation. This is because of the aging system and unsteady failures and repairs flows as the estimation of the system's reliability according to the statistical data is practically impossible due to necessity to investigate a very long period of observation. And the obtaining of probability density distributions of the n -th failure and the n -th repair occurrence or their consecutive change seems real.

For mechanical repairs system restoration of system by replacement refused elements new of a stock is widely used. Definition of optimum quantity of spare parts is based on reliability of repaired system with non-stationary streams of refusals and repairs.

Identifications of the element availability function taking into account aging and non-stationary of the failures and repairs flows is considered in the article. The most general variant when the failures after installing a new one and all subsequent repair are not equal to each other is offered. Similarly, the distributions of repairs are also not equal. A variant of the readiness function distribution final expression with regard to aging for an element with normal laws of failure and repair distribution is given.

Practical significance of the performed work lies in the working out of mathematical expression for the element's readiness function, which allows estimating and predicting the distribution of the readiness function regardless of the type of its failures and repairs probabilities distributions.

Key words: *readiness; ageing; non-stationary flows of failures; non-stationary flows of repairs; function; distribution. spare parts.*

Рецензенти: Мусієнко М. П., д-р техн. наук, професор;
Мещанінов О. П., д-р пед. наук, професор.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ РЮКЗАКА НА ПРИМЕРЕ СИСТЕМЫ ПОДСЧЕТА КАЛОРИЙ

Задачи комбинаторной оптимизации, включая задачу упаковки рюкзака, чрезвычайно полезные и популярные в наше время для решения многих проблем в области экономики, логистики и других областях так как позволяют оптимально выбрать самые ценные предметы для заполнения рюкзака с ограниченной массой. Статья посвящена решению проблемы многомерного рюкзака. В статье решается проблема составления рациона питания человека на целый день. Параметрами рюкзака были выбраны основные питательные вещества – углеводы, белки и жиры. Все продукты питательные вещества для продуктов были сгенерированы случайно, но созначениями приближенными к реальным продуктам. В ходе исследования были найдены оптимальные параметры для решения проблемы: размер популяции, вид скрещивания, мутация и оптимальная фитнес функция и штрафная функция, которая позволяет отобрать максимально приспособленных особей для дальнейшего скрещивания.

Ключевые слова: генетический алгоритм; фитнес-функция; скрещивание; штрафная функция; питательные вещества; проблема рюкзака.

Задачи комбинаторной оптимизации, в том числе задача на упаковку рюкзака, которая в разных вариациях применима для многих проблем в области экономики, математики, логистики. Применение оптимального алгоритма для решения задачи на упаковку рюкзака сильно зависит от различных входных параметров и условий задачи. В статье рассмотрена задача упаковки многомерного рюкзака методами генетического программирования путем нахождения оптимальной функции приспособленности для системы подсчета калорий.

Среди авторов чьи исследования относятся к задачам решения упаковки многомерного рюкзака можно выделить статьи [1] в которой авторы находят более эффективное решение для проблемы многомерного рюкзака с помощью начальной популяции, которая сгенерирована не случайным образом. Также к этому исследованию относится статья [2], где было предложено использовать штрафную функцию, штрафная функция пропорциональна величине граничного веса (W) в каждом измерении. Далее штрафная функция учитывается при подсчете основной – фитнес-функции, на основе которой, генетический алгоритм отбирает лучших особей, для последующего выполнения задачи.

В работе рассмотрена задача упаковки многомерного рюкзака методами генетического программирования путем нахождения оптимальной функции приспособленности для системы подсчета калорий.

Одной из самой распространенной форм задачи на упаковку рюкзака является – многомерный рюкзак, проблема упаковки многомерного рюкзака (ПУМР), является NP-трудной задачей [3], ПУМР встречается во многих сферах, таких как: грузоперевозка, планирование бюджета, распределенные компьютерные системы и другие. Цель ПУМР это – упаковать наиболее ценные предметы, при этом не превысив определенный вес в каждом измерении. Ниже представлены формулы.

$$\max \sum_{j=1}^n p_j x_j \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^n w_{ij} x_j \leq c_i \quad i = 1, \dots, m \quad (2)$$

$$x_j \in \{0, 1\} \quad j = 1, \dots, n \quad (3)$$

где n это количество предметов, а m количество измерений, w_{ij} – это вес предмета i , для измерения j , c_i это ограниченный вес для каждого измерения, p_j это ценность предмета для измерения j , а x_j это булево значение, является ли предмет частью множества для данного измерения. Каждое m ограничение описанное в формуле 2 называется ограничением рюкзака.

Генетический алгоритм можно описать как «умный» вероятностный поиск, который может быть применен к большому количеству проблем комбинаторной оптимизации [4]. Генетический алгоритм работает по Дарвинистскому принципу естественного отбора. Теоретическая основа генетического алгоритма была разработана Холландом [5]. Генетический алгоритм основан на эволюционных процессах организмов в природе. Во время эволюции естественный

отбор происходит на основе принципа – выживания особей, которые наиболее приспособлены к текущим условиям. Особи, которые лучше всего приспосабливаются к условиям окружающей среды имеют большие шансы для выживания и для продолжения рода чем остальные менее приспособленные особи. Генетический алгоритм подражает этим процессам природы, с помощью изначальной популяции и применением к популяции генетического алгоритма. Каждый член популяции зашифрован в строку – хромосому, каждая из этих хромосом начальной популяции оценивается с помощью фитнес-функции, из множества решений на основе фитнес функции отбираются осо-

би, к которым будет применено скрещивание или мутация. Далее, особи подвергшиеся мутации или скрещиванию (новое поколение) также проходят процесс оценки их функции приспособленности и на основе этого происходит дальнейшая селекция наиболее подходящих решений для следующего поколения. Эти действия происходят многократно пока не будут выполнены критерии остановки алгоритма таким критерием может быть [6]:

- Нахождение оптимального решения
- Достижения определенного числа поколений
- Истечение времени отведенного на эволюции



Рис. 1. Схема работы генетического алгоритма

В основе исследования лежит проблема оптимального подбора продуктов питания, которые подходят заданным критериям, в этом исследовании критериями отбора являются питательные вещества - белки, жиры и углеводы. На основе этих трех параметров, алгоритм выбирает наиболее подходящие продукты. Для решения данной проблемы применен генетический алгоритм, который позволяет найти решение проблемы в многомерном рюкзаке, в отличие от динамического алгоритма, генетический алгоритм не ищет точного решения, но находит оптимальное, что может существенно сэкономить ресурсы.

Для начального эксперимента были выбраны такие параметры:

- Количество продуктов – 1000;
- Количество хромосом – 20;
- Размер популяции – 30.

Максимальные значения белков жиров и углеводов были выбраны на основе, того, что человеку необходимо потреблять в среднем 50 % углеводов от общего количества питательных веществ, 25 процентов белков и 25 процентов жиров. Взрослому человеку массой тела 80кг необходимо потреблять примерно 3200 калорий, Поэтому были выбраны такие ограничения для эксперимента:

- Жиры – 150;
- Белки – 150;
- Углеводы – 300.

Рассмотрим основные этапы генетического алгоритма, которые были выбраны в ходе эксперимента. Прежде всего, был исследован оптимальный размер популяция для данной проблемы. Популяция – это начальный набор хромосом, которые доступны для дальнейшего скрещивания. Ниже представлен график

зависимости размера популяции от величины фитнес-функции. В статье [7] автором было проанализировано, что самым оптимальным размером для популяции является $10 \cdot$ количество измерений, в данном эксперименте количество измерений – 3, поэтому выберем значение 30 для начального значения популяции.

Параметры эксперимента:

- Количество продуктов – 1000
- Размер хромосомы – 20
- Метод скрещивания – Единое скрещивание
- Метод селекции – Стохастическая универсальная выборка.

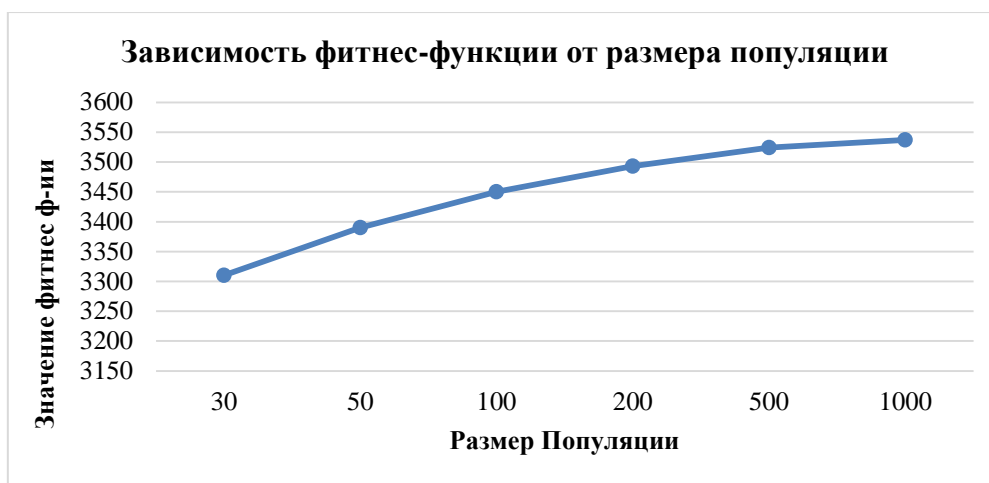


Рис. 2. График зависимости размера популяции от значения фитнес-функции

График показывает зависимость близкую к экспоненциальной, чем больше размер популяции, тем больше вероятность найти самое оптимальное решение, но увеличение размера популяции также сильно увеличивает время выполнения алгоритма, т. е. в ходе выбора размера популяции, нужно учитывать мощность вычислительных ресурсов.

Для дальнейшего эксперимента выберем размер популяции – 100, и проверим зависимость вида селекции от величины фитнес-функции. Селекция – это выбор тех хромосом, которые будут участвовать в создании потомков для следующей популяции, т. е. для очередного поколения. Такой выбор производится со-

гласно принципу естественного отбора, по которому наибольшие шансы на участие в создании новых особей имеют хромосомы с наибольшими значениями функции приспособленности [8] Выберем для тестирования 4 метода селекции:

- На основе метода рулетки
- Турнирная
- Элитная
- Стохастическая универсальная выборка

Проанализируем полученные результаты, методы и условия эксперимента оставим такими же как в предыдущем, изменим только метод селекции.

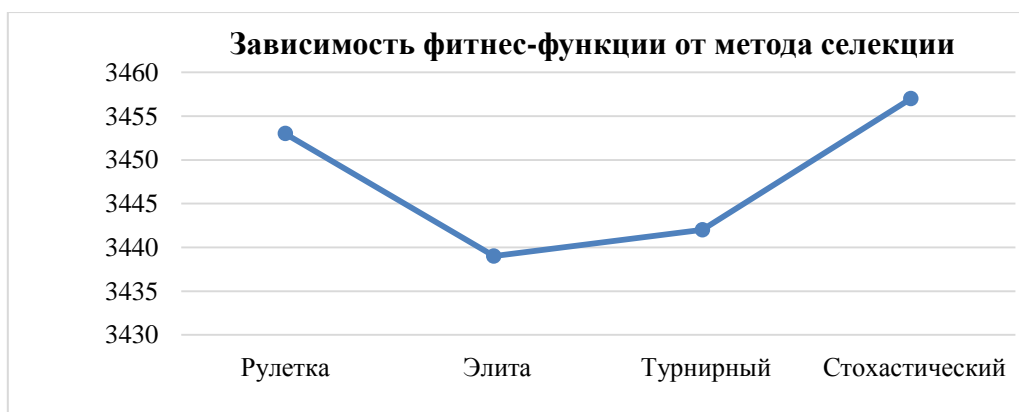


Рис. 3. График зависимости фитнес-функции от метода селекции

Исходя из сравнительного графика наилучшие результаты показывает метод селекции – стохастическая универсальная выборка, но, в общем, методы селекции незначительно влияют на значение фитнес-функции. Также стоит заметить что при выполнении селекции с помощью турнирного метода время исполнения программы занимает вдвое больше времени чем при остальных методах селекции.

При анализе эффективности генетического алгоритма один из самых главных критериев является фитнес-функция. Фитнес-функция или функция приспособленности – это функция, которая показывает эффективность генетического алгоритма и на основе которой происходит дальнейшая выборка наиболее приспособленных особей для дальнейших операций – мутации, скрещивания и выборки [9].

В данном исследовании используется два типа фитнес-функции. Одна из них имеет сходство с фитнес-функцией в исследовании [2], а вторая – фитнес-функция на основе суммы питательных веществ с определенными весовыми коэффициентами. Опишем каждую из фитнес функций

$$(\text{CarboSum} * 1.5) + (\text{ProteinSum} * 2) + (\text{FatsSum} * 2),$$

где CarboSum – количество углеводов в данной хромосоме, ProteinSum – количество белков в данной

хромосоме, FatsSum – количество жиров в данной хромосоме.

Весовые коэффициенты были подобраны экспериментальным путем и являются наиболее эффективными для данного вида фитнес-функции

Также для того, чтобы отсеять неподходящих особей была введена функция-наказания. Функция наказания это – функция с определенными весовыми коэффициентами, которая применяется по отношению к фитнес-функции при недопустимых или неоптимальных значениях в определенных хромосомах [10].

Вторая фитнес-функция имеет следующий вид:

$$\frac{1}{((\text{maxC} - \text{totalC}) / \text{maxC}) + ((\text{maxP} - \text{totalP}) / \text{maxP}) + ((\text{maxF} - \text{totalF}) / \text{maxF})}$$

где maxC – максимальное количество углеводов(300), totalC – сумма всех углеводов данной особи, maxP – максимальное количество белков(150), totalP – сумма всех белков данной особи, maxF – максимальное количество жиров(300), totalF – сумма всех жиров данной особи.

Сравним значения двух фитнес-функций в зависимости от размера популяции, значение фитнес-функции на графике является суммой всех питательных веществ, то есть максимальное значение может быть 600.

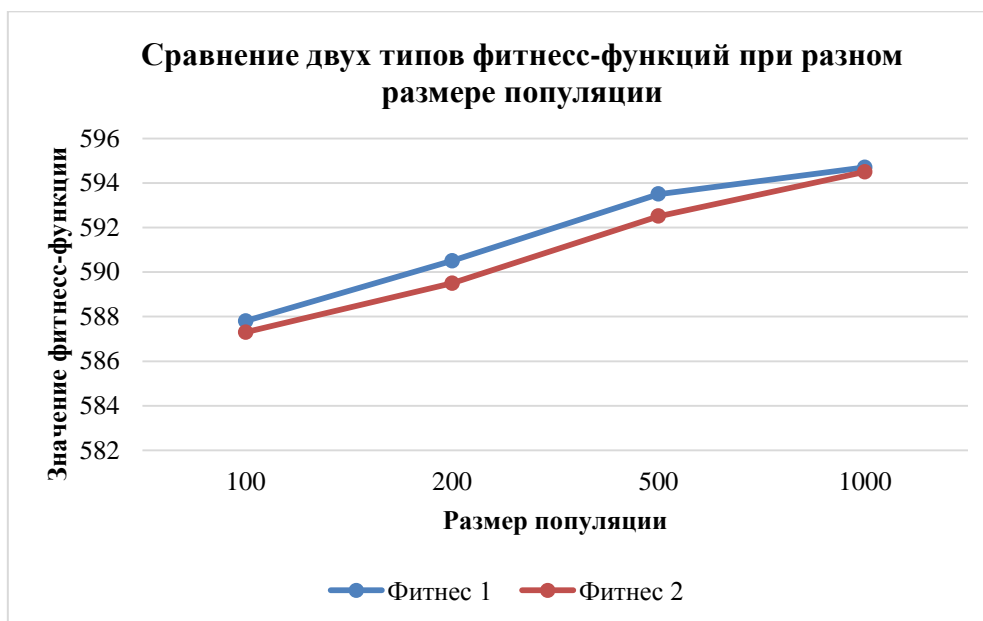


Рис. 4. Сравнение двух типов фитнес-функций при разном размере популяции

На рисунке 4 видно, что первая фитнес функция(основанная на сумме питательных веществ умноженных на коэффициенты) имеет немного выше значения чем вторая функция. Однако при увеличении количество популяции до 1000 значение функций практически одинаковые.

В ходе эксперимента определено, что наиболее оптимальным методом селекции является стохастиче-

ская универсальная выборка, кроме того рассмотрена зависимость значения фитнес-функции от размера популяции. В ходе исследования разных типов мутации скрещивания и фитнес-функции не было найдено наиболее эффективных методов, все методы показывают примерно одинаковые результаты.

Список використаних джерел

1. Murat Ersen Berberler, Asli Guler and Urfat G. Nuriyev - A genetic algorithm to solve the multidimensional knapsack problem.
2. Farhad Djannaty and Saber Doostdar – Hybrid Genetic Algorithm for the Multidimensional Knapsack Problem, Int. J. Contemp. Math. Sciences, Vol. 3, 2008, no. 9, 443 – 456A.
3. Garey, M., and Johnson, D., 1979. Computers and Intractability – A Guide to the Theory of NP-Completeness. Morgan Freeman, San Francisco.

4. Вороновский, Г. К. Генетические алгоритмы, искусственные нейронные сети и проблемы виртуальной реальности. / Г. К. Вороновский, К. В. Махотило, С. Н. Петрашев, С. А. Сергеев. – Харьков: ОСНОВА, 1997. – 112с.
5. Гладков Л. А., Курейчик В. В., Курейчик В. М. Генетические алгоритмы М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. 320 с.
6. Shih, W. (1979). «A Branch and Bound Method for the Multiconstraint Zero-One Knapsack problem, » Journal of the Operation Research Society 30, 369-378.
7. R. Storn: «On the usage of differential evolution for function optimization», Biennial Conf. of the North American Fuzzy Information Processing Society, 1996
8. Методы селекции в генетических алгоритмах, [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.aiportal.ru/articles/genetic-algorithms/methods-selection.html>.
9. Andrew L. Nelsona., Gregory J. Barlowb, Lefteris Doitsidis – Fitness functions in evolutionary robotics: A survey and analysis Robotics and Autonomous Systems 57 (2009) 345–370
10. Ozgur, Y. (2005). «Penalty Function Methods for Constrained Optimization with Genetic Algorithm, » Mathematical and Computational Applications10, 45-56

В. С. Мещеряков, П. В. Ступень,
ОНПУ, м. Одеса

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМИ РЮКЗАКА НА ПРИКЛАДІ СИСТЕМИ ПІДРАХУНКУ КАЛОРІЙ

Задачі комбінаторної оптимізації, включаючи задачу пакування рюкзака, надзвичайно корисні та популярні у наш час для вирішення багатьох проблем в галузі економіки, логістики та інших, так як дозволяють оптимально вибрати найкоштовніші речі для заповнення рюкзака з обмеженою масою. Стаття присвячена вирішенню проблеми мультимірного рюкзака за допомогою генетичного алгоритму. Генетичний алгоритм можна описати як «розумний» імовірнісний пошук, який може бути застосований до великої кількості проблем комбінаторної оптимізації. Генетичний алгоритм працює по дарвіністській принципу природного відбору. Генетичний алгоритм заснований на еволюційних процесах організмів в природі. Під час еволюції природний відбір відбувається на основі принципу - виживання особ, які найбільш пристосовані до поточних умов. Особи, які найкраще пристосовуються до умов навколишнього середовища мають більші шанси для виживання і для продовження роду ніж інші менш пристосовані особини. У статті вирішується проблема складання раціону людини на день. Параметрами рюкзака були вибрані основні поживні речовини – вуглеводи, білки та жири. Значення поживних речовин для харчів були згенеровані випадково, зі значеннями наближених до реальних харчів. У ході дослідження були знайдені оптимальні параметри для вирішення проблеми: розмір популяції, вид схрещення, мутація, оптимальна фітнес функція та функція покарання, яка дозволяє відібрати максимально пристосованих особ для подальшого схрещування. Також була проаналізована залежність розміра популяції до значення фітнес-функції, залежність фітнес-функції від методу селекції та протестували два види фітнес функції. У ході дослідження виявили що найоптимальніші результати отримуємо за допомогою якщо використовуємо стохастичний універсальний метод селекції та фітнес-функцію на основі суми поживних речовин помножених на коефіцієнти.

Ключові слова: генетичний алгоритм; фітнес-функція; схрещування; функція покарання; поживні речовини; проблема рюкзака.

V. S. Meshcheriakov, P. V. Stupen,
Odesa National Polytechnic University, Odesa

RESEARCHING OF KNAPSACK PROBLEM FOR NUTRIENTS COUNTING SYSTEM

The tasks of combinatorial optimization, including the task of packing a backpack, are extremely useful and popular in our time to solve many problems in the field of economics, logistics and others, as it allows you to choose the most expensive things for optimum filling of a backpack with a limited weight. The article is devoted to solving the problem of multi-dimensional backpack by means of a genetic algorithm. The genetic algorithm can be described as a «reasonable» probabilistic search that can be applied to a large number of combinatorial optimization problems. The genetic algorithm works according to the Darwinian nature of natural selection. The genetic algorithm is based on the evolutionary processes of organisms in nature. During evolution, natural selection takes place on the basis of the principle of survival of persons who are most adapted to the current conditions. Persons who are best adapted to the environment are more likely to survive and continue to grow than other less fitting individuals. The article addresses the problem of rationing a person per day. Parameters of the backpack were chosen as the main nutrients - carbohydrates, proteins and fats. The values of nutrients for food were generated by chance, with values close to real foods. In the course of the study, optimal parameters for solving the problem were found: size of the population, type of crossing, mutation, optimal fitness function and punishment function, which allows to select the most adapted individuals for further crossing. Also, the dependence of the size of the population on the value of the fitness function, the dependence of the fitness function on the selection method and the two types of fitness functions were tested. During the study, we found that the most optimal results are obtained by using a stochastic universal selection method and a fitness function based on the sum of nutrients multiplied by the coefficients.

Key words: genetic algorithm; fitness function; cross; penalty function; nutrients; knapsack problem.

Рецензенти: Фісун М. Т., д-р техн. наук, професор;
Горбань Г. В., канд. техн. наук.

МОДЕЛЬ ГРУПОВОЇ ПОВЕДІНКИ MAS ДЛЯ АНАЛІЗУ МЕРЕЖЕВИХ АТАК У ШВИДКОДІЮЧИХ БЕЗДРОТОВИХ МЕРЕЖАХ

Важливість безпеки мереж нівелюється великими корпоративними організаціями, в яких використовують мережеві технології. Досліджені основні вразливості бездротових мереж, зловмисницькі вразливості в програмному забезпеченні та методи захисту від можливих атак. Запропоновано методологію аналізу безпеки в швидкодинамічних бездротових мережах (FDWN). Запропоновано модель багатоагентної системи (MAS), що забезпечує можливість створення стратегії захисту даних на основі агентів з ефективним детальним вивченням вразливостей мереж.

Ключові слова: швидкодинамічні бездротові мережі; безпека комп'ютерних мереж; ARP spoofing; MitM; SSL strip; multi-agent system; SOHO router; DD-WRT; Interceptor-NG.

Постановка проблеми. Сучасні вимоги до захисту даних спрямовані на покращення контролю безпеки, щоб захистити користувачів від таких сучасних загроз, як крадіжка особистих даних, вимкнення мобільних пристроїв та інших вразливостей в бездротових мережах [1]. Сукупність проблем предметної сфери є наступними:

– на сьогоднішній день не надто багато людей думають про безпеку своїх особистих даних під час роботи в загальнодоступних мережах Wi-Fi, в будь-який час їх особисті дані можуть бути дискредитовані;

– деякі користувачі загальнодоступних мереж користуються тунельними послугами, але такі налаштування можуть бути досить складними. На жаль, більшість користувачів не звертають уваги на свою безпеку, що загрожує втратою особистих даних.

Тому основною метою цієї роботи є демонстрація вразливостей, загроз безпеці та способів захисту даних у швидкодіючих бездротових мережах (FDWN). Щоб зрозуміти, які загрози зачіпають звичайні користувачі, потрібно визначити, які типи атак може бути здійснено.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Мережевий трафік – це обсяг інформації, переданої через бездротову мережу протягом певного періоду часу. Маючи доступ до потоку трафіку, зовнішні об'єкти можуть отримати доступ до внутрішньої інформації, яку передають елементи FDWN.

Було розглянуто комбінацію декількох типів атак, які включали в себе сніферінг, MAC-spoofing, SSL-strip [2]. Метою цієї комбінованої атаки є отримання конфіденційних користувацьких даних, таких як логін та пароль. Припустимо, що елемент FDWN має доступ до точки доступу (AP), і тому весь трафік транслюється через цей пристрій. Це показує, що елемент FDWN, який надсилає дані до іншого певного елемента FDWN із функціями сервера (наприклад, сервер обробки), надсилає їх через AP, який також може передавати дані на транзитний

проксі-сервер, де атакуючий FDWN зовнішній елемент може їх обробляти. Зазначений тип атаки належить до атак категорії MitM (Man-in-the-Middle) [3; 4]. Як можна побачити у дослідженні, тип зв'язку HTTPS – це потенційна загроза безпеці. Це є фактом того, що дані зашифровані протоколом SSL і представляють зовсім неспроможний перегляд для зловмисника. Навіть у цьому випадку може бути застосована заздалегідь визначена серія методів для обходу даного захисту.

SSL-strip є «тихою» технікою для перехоплення https-з'єднань [5–7]. Суть цієї методики містить невідповідності в атаці, яка знаходиться в середині HTTP трафіку, який аналізується. У розглянутих дослідженнях автори використовували високоспеціалізоване багатоконпонентне програмне забезпечення, яке забезпечує сувору незмінну здатність зчитувати трафік, що проходить через пристрій користувача. При увімкненому режимі прослуховування після завершення авторизації трафік мав можливість бути частково перехопленим. У дослідженнях MAC-spoofing були описані методи сніферінгу даних [8; 9]. Існує практично нічого, що може представляти інтерес для атакуючого – пакет, що містить дані авторизації користувача, не був отриманий, оскільки процес передачі таких даних зашифрований за протоколом SSL, за винятком того, що ці методи засновані на аналізі маршрутів мережі. Ці методи мережевих атак та організації несанкціонованого доступу через вразливості були використані в якості основи для подальшого дослідження в даному дослідженні.

Виклад основного матеріалу дослідження.

А. Методи організації експериментальних мережевих атак

Для отримання конфіденційних даних FDWN були запропоновані методи, засновані на імітації handshakes режимів для встановлення зв'язку при управлінні атакою та на замінах режимів захисту мережевого протоколу.

Основна ідея запропонованого методу полягає в тому, що зломисник видає себе кінцевою точкою, і, отримавши дані користувача, розшифровує їх своїм ключем, аналізує їх у зрозумілій формі і передає його до серверу, при цьому шифрує іншим ключем.

ARP spoofing як більш складний тип атаки був застосований в процесі досліджень. У цьому випадку контроль над точкою доступу (AP) не потрібен. Коли атака реалізується, атакуючий отримує доступ до трафіку (Рис. 1) об'єкту, що атакується, змінюючи його таблицю ARP.

Відповідно до запропонованої методології, відповіді ARP постійно надходять до пристрою, що атаку-

ється. Крім того, відповіді ARP також надсилаються в AP, коли необхідний зворотний трафік. У цьому випадку відповіді ARP надсилаються без запиту ARP від пристрою, що атакувався або з AP [10, 11]. Запропонована ідея для аналізу показників моделювання ARP-spoofing полягає в тому, що атакуючий об'є змінює MAC-адресу AP для необхідного елемента FDWN, внаслідок чого трафік починає проходити через необхідний пристрій, інтегрований до FDWN. Наприклад, декілька пристроїв можуть бути описані наступним чином:

$$FDWN = \{ fwdn \mid IP_address, MAC_address, FDWN_device \};$$

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
10	2.03084300	192.168.1.170	87.240.131.119	HTTP	838	GET /login.php?act=slogin&to=&s=1&__q_hash=18c56471f6956cb9f47fe6cd83aa6c3f HTTP/1.1
13	2.12034300	87.240.131.119	192.168.1.170	HTTP	1292	HTTP/1.1 200 OK (text/html)
14	2.14108400	192.168.1.170	87.240.131.119	HTTP	806	GET /al/index.php?_query=&_ref=login&_l=1&a1_id=0&_rndVer=26056 HTTP/1.1
16	2.22512200	87.240.131.119	192.168.1.170	HTTP	999	HTTP/1.1 200 OK (text/html)
17	2.25644900	192.168.1.170	87.240.131.119	HTTP	809	GET /al/feed.php?_query=feed&_ref=login&_l=1&a1_id=0&_rndVer=14724 HTTP/1.1
41	2.55887700	87.240.131.119	192.168.1.170	HTTP	741	HTTP/1.1 200 OK (text/html)
51	2.76120700	192.168.1.170	95.213.4.60	HTTP	466	GET /v543109278/8daa/v7bu2br5G0g.jpg HTTP/1.1
54	2.76284900	192.168.1.170	87.240.131.119	HTTP	713	GET /images/emoji/2611.png HTTP/1.1
55	2.76313600	192.168.1.170	87.240.131.119	HTTP	713	GET /images/emoji/23E9.png HTTP/1.1
72	2.80840700	192.168.1.170	95.213.1.215	HTTP	467	GET /v622919413/1f5f4/9v693t5hpw.jpg HTTP/1.1
101	2.81533900	87.240.131.119	192.168.1.170	HTTP	236	HTTP/1.1 200 OK (PNG)
104	2.81551100	192.168.1.170	95.213.8.87	HTTP	467	GET /v625622353/24325/9hDcndImEIM.jpg HTTP/1.1
107	2.81555500	87.240.131.119	192.168.1.170	HTTP	222	HTTP/1.1 200 OK (PNG)
110	2.81729100	192.168.1.170	95.213.6.166	HTTP	467	GET /v624222353/1dcb7/sp-D36T115q.jpg HTTP/1.1
119	2.82826100	192.168.1.170	95.213.6.149	HTTP	467	GET /v624121511/24f67/T612d0EGU_E.jpg HTTP/1.1
122	2.83577000	192.168.1.170	95.213.5.132	HTTP	467	GET /v62319017/28b07/02i31M6un34.jpg HTTP/1.1
125	2.84730000	192.168.1.170	95.213.7.3	HTTP	467	GET /v624816138/1d0d5/dF52dvG4yU.jpg HTTP/1.1
128	2.84926900	192.168.1.170	87.240.139.202	HTTP	466	GET /v317525278/7742/3axbmkunhpq.jpg HTTP/1.1
131	2.85439600	95.213.1.215	192.168.1.170	HTTP	146	HTTP/1.1 200 OK (JPEG 3FIF image)
133	2.85807600	95.213.4.60	192.168.1.170	HTTP	912	HTTP/1.1 200 OK (JPEG 3FIF image)
137	2.86653500	95.213.6.166	192.168.1.170	HTTP	1352	HTTP/1.1 200 OK (JPEG 3FIF image)
143	2.87059700	192.168.1.170	95.213.3.234	HTTP	466	GET /v621725861/a7ce/ac25UTQnwhw.jpg HTTP/1.1

Рис. 1. Трафік FDWN мережі, що прослуховується.

Для імітації атаки був використаний інструмент аналізу безпеки Interceptor-NG [12]. Почавши атаку, атакуючий об'єкт надсилає пристрою, що атакується, свою MAC-адресу як MAC-адресу AP (рис.2). В результаті таблиця ARP атакowanego об'єкту отримує форму зі зміненою IP-адресою. Ви можете побачити, що MAC-адреса перед IP-адресою 192.168.1.1 (для

AP) змінилася на MAC-адресу атакуючого компонента. Під час моделювання нападу (рис. 3) був отриманий доступ до трафіку. Потенційно атакуючий компонент повинен обрати вирішальну стратегію атаки, а саме, що робити з шифруванням даних SSL, щоб отримати логін та пароль з облікового запису компоненту мережі, що атакується.

IP	MAC	Vendor	OS	Status
192.168.1.138	DE-AD-BE-EF-DE-AD			Stealth IP
192.168.1.137	60-21-C0-C2-35-87	Murata Manufacturing Co.,Ltd.	Unix	
192.168.1.173	00-0C-29-43-8A-5D	VMware, Inc.		
192.168.1.1	E8-94-F6-CA-8E-7C	TP-LINK TECHNOLOGIES CO.,L...	Linux 3.x/Android	Gateway

Рис. 2. Обрання потенційного компоненту FDWN мереж для проведення атаки.

Як виявилось, безпечне з'єднання є не настільки безпечним. Відповідно до результатів дослідження

були розглянуті атаки з MitM SSL-strip та «killing» сеансових ресурсів мережі.

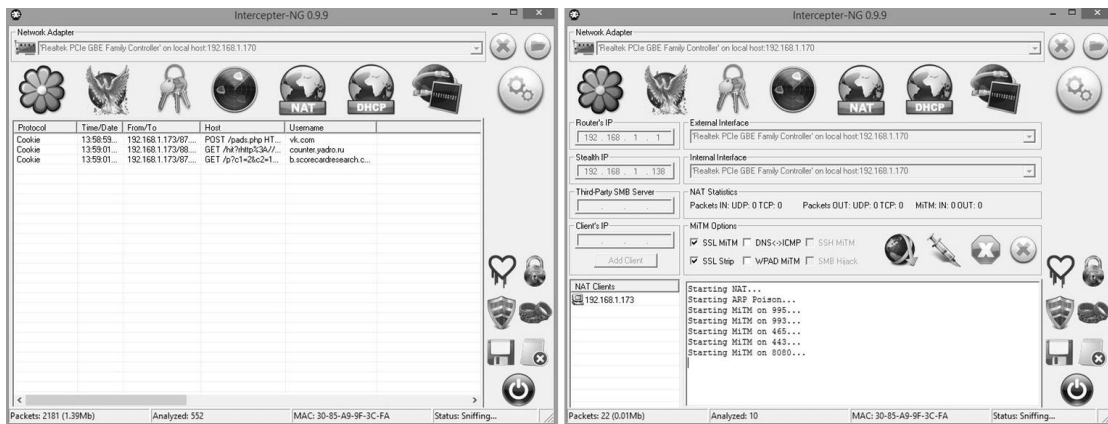


Рис. 3. Spoofing симуляція у Interceptor-NG

Однією з важливих частин розробленої методології є поєднання типу ARP-атаки з MitM SSL-strip та «killing» ресурсів мережесих сеансів.

Доступ до трафіку дає змогу атакуючому FDWN компоненту отримати доступ до мережесих ресурсів сеансу атакowanego пристрою FDWN. Слід враховувати,

що ці файли можуть зберігати дані мережевого сеансу. Отримавши ці файли, атакуючому FDWN компонент не матиме великих труднощів обробки до інформації, яка була закрита авторизацією. Для реалізації серії атак було використано Interceptor-NG. Після запуску сніффера і запуску процесу підробки ARP ви повинні очікувати активність обраного компонента FDWN, зачекайте, доки мережа ресурсів запитуваного компонента запитує ресурси і починає виконувати будь-які дії, які передбачають отримання даних сеансового сеансу.

Нехай пристрій, що буде знаходитись під атакою має визначену IP-адресу 192.168.1.173. Припустимо, після початку процесу аналізу мережевої активності, атакований пристрій FDWN зробив деякі дії для запиту мережевого ресурсу, тому зловмисник отримує деякі дані про сеанс FDWN за допомогою Interceptor-NG. Виникає проблемна ситуація, коли зловмисник має доступ як до атакowanego сеансу пристрою FDWN, так і до приватної інформації для авторизації. Але, тим не менш, кінцевої мети, а саме отримати дані атакowanego пристрою ще не досягнуто. Щоб застосувати SSL-атаку, зловмисник повинен імітувати взаємодію з мережним ресурсом, використовуючи облікові дані шляхом повторно запуску мережевий сеансу.

Алгоритм операції знищення ресурсу мережевого сеансу полягає в наступному: після початку атаки ресурси мережевого сеансу передаються між компонентами FDWN. Контролюються всі дані ресурсів FDWN мережі. Ресурси мережевих сеансів з сервера відображаються як ті, що знаходяться у білому списку та встановлюються. Коли алгоритм виявляє ресурс мережевого сеансу, отриманий від клієнта, який не входить у білий список, надсилається відповідь через мережевий протокол. У відповідь на ресурси мережевого сеансу FDWN відправлені наступні властивості мережевого ресурсу: [Set-NetResource: %netresourcename%=:path=/:domain= %domain%;Expires=Thu, 01 Jan-2000 00:00:01 GMT] та потім виконується процес очищення даних.

Після успішного знищення сеансу атакований пристрій FDWN перенаправляється в режим авторизації, де компонент FDWN повинен повторно ввести дані облікових записів. Це один з основних недоліків атаки: атакований мережевий компонент після перенаправлення може підозрювати, що він атакується. Але якщо компонент FDWN не має змоги повністю

проаналізувати множину умов атаки, то, швидше за все, атакуючий пристрій буде повторно авторизуватися без занадто великої підозри, і зловмисник зможе отримати дані атакowanego компонента FDWN.

Кінцева мета атаки може бути досягнута, тому що був отриманий повний доступ до інформації, захищеної авторизацією, і введені дані. Методологія дозволяє класифікувати сукупність загроз і визначає стратегію ефективної оборони атакowanego FDWN.

В. Методи захисту даних на основі MAS

У роботі [13, 14] було запропоновано метод побудови архітектури мультиагентної системи (MAS) з акцентом на дії агента. Проте в цій роботі не описані аспекти багаточисельності агентів та її вплив кінцевий набір дій в MAS. Проблемним також є те, що підмножина розширеного набору дій, що описує поведінку всієї MAS.

В результаті аналізу існуючих підходів до опису моделі процесу мультиагентної організації комп'ютерних систем або мереж було зроблено висновок, що необхідна формалізація математичної моделі архітектури MAS.

Кожен агент має набір методів взаємодії, як з іншими агентами, так і з середовищем. Функціональна природа методів взаємодії агентів повинна оцінюватися на основі складності програмного коду, що відноситься до стратегії безпеки компонента FDWN, і може бути розрахована. Отже для прорахунку необхідним є час виконання програмного коду стратегії безпеки мережі, яка залежить від апаратної платформи. Основним чинником є алгоритмічна складність логіки безпеки мережевого агента, яка вираховується за функціями визначення максимального зовнішнього граничного значення лічильника циклічних операторів. Для можливості контролю продуктивності важливою є визначення максимального внутрішнього граничного значення лічильника операторів циклу, кількість рядків кодової бази (LoC) файлу з логікою агента з урахування кількості математичних операцій на i -му LoC.

Мультиагентні FDWN компоненти кластеру $FMC_{i,j}$ (рис. 4), аналізують проходження трафіку, що потенційно може містити атакуючі послідовності організованих мережевих атак. Аналітика має багатозарову структуру. Шар BL_0 відповідає за фільтрацію визначених методів несанкціонованого мережевого доступу з $FMC_{i,j}$ компонентів, які знаходяться в списку потенційних загроз.

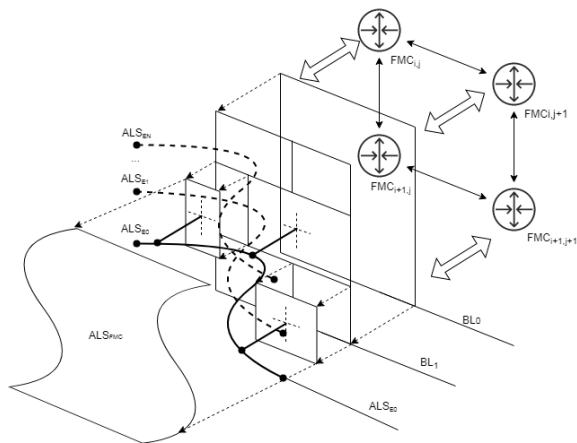


Рис. 4. Структурна схема аналізу групової агентної поведінки FDWN компонентів

Діапазон аналітичних характеристик трафіку в шарі BL_1 піддається сегментації. В процесі визначення

сегментів, які відображають інтенсивність мережевих атак на компонент кластеру $FMC_{i,j}$, будується дискре-

тизована кроссегментна сітка аналітичної поверхні ALS_{FMC} , що надає змогу збільшити час визначення мережевої атаки.

Автономність, як властивість кожного окремого екземпляра агента в процесі визначення мережевих атак, моделі є графом поведінкових станів. Набір вершин графу, що представляє поведінку агента і відповідні функції взаємодії агента поведінку відповідно до

$$\left\{ \begin{aligned} &BL_0 = \bigcup_{i=0}^g a_i \in A \mid g > size(FWDN), \\ &BL_l = \{(l \cdot BL_0^X, k \cdot BL_0^X, m \cdot BL_0^Y) \in SG \mid k+l=1, m > 0\}, \\ &z = f(AC(BL_0), SGPD(BL_l)), \\ &ALS_{FMC} = f(z, \min(ALS_E^{i,X}), \max(ALS_E^{i,X}), \min(ALS_E^{i,Y}), \max(ALS_E^{i,Y}), xN, yN) \mid i \in N. \end{aligned} \right. \quad (1)$$

де, a_i – фільтруючі агентні дії множини A компонентів $FWDN$, що можуть бути скомбіновані для паралельної аналітичної обробки, l, k – кількісні коефіцієнти меж сегменту множини сегментів SG шару BL_l за віссю абсцис, m – коефіцієнт межі сегменту множини сегментів SG за віссю ординат, $AC(BL_0)$ – функція визначення кількості фільтрацій комбінованих атак, $SGPD(BL_l)$ – функція визначення кількості відфільтрованих атак на певний сегменту аналітичного діапазону мережевих даних через компонент кластеру $FMC_{i,j}$, $ALS_E^{i,X}$ та $ALS_E^{i,Y}$ – множини меж сітки параметричної функції z для побудови аналітичної поверхні ALS_{FMC} , xN та yN – кількість точок сітки для побудови поверхні аналітичної поверхні ALS_{FMC} .

Таким чином, запропонована архітектура MAS буде складатися з набору структурних моделей агентів з певною груповою поведінкою, що забезпечить безпеку комп'ютерної мережі. Відповідно до типу атаки

стратегії безпеки мережі, залежать від множини функцій агента, складність яких може бути оцінена. Поведінка агента динамічна з визначеним функціональним характером перетворення станів, що описує характерні особливості зміни поведінки. Тому модель поведінки групи агентів з урахуванням структури взаємодії мережевих FDWN компонентів на рис. 4 може бути формалізовано математично (1):

стратегія захисту запропонованого агента буде змінюватись. Стратегія агента протидії атакам типу MitM виконується за допомогою різних апаратних і програмних рішень, коли захист даних MAC адрес відбувається з використанням зашифрованого протоколу передачі даних.

Необхідно використовувати протоколи шифрування даних для захисту переданої інформації від зловмисника під час атак MitM та здійснювати обробку VPN-тунельного трафіку відповідно до поведінки агента з метою підвищення захисту компонентів FWDN мереж. Безпека переданих даних забезпечується використанням криптографії (шифрування, аутентифікації, інфраструктури відкритих ключів, засобів захисту від повторень і змін, що передаються через логічні повідомлення мережі). Було зроблено спробу реалізації базової HTTP авторизації без використання VPN і прослуховування переданого трафіку (рис. 5):

1017	8.04791400	217.77.220.194	192.168.1.133	TCP	590 [TCP segment of a reassembled PDU]
1018	8.04791500	217.77.220.194	192.168.1.133	HTTP	120 HTTP/1.0 200 OK (text/javascript)
1019	8.04798500	192.168.1.133	217.77.220.194	TCP	54 4073-8196 [ACK] Seq=391 Ack=4355 Win=65792 Len=0
1020	8.04809200	192.168.1.133	217.77.220.194	TCP	54 4074-8196 [ACK] Seq=405 Ack=1189 Win=65792 Len=0
1021	8.05073800	192.168.1.133	217.77.220.194	TCP	54 4074-8196 [RST, ACK] Seq=405 Ack=1189 Win=0 Len=0
1022	8.05130400	192.168.1.133	217.77.220.194	TCP	54 4073-8196 [ACK] Seq=391 Ack=4356 Win=65792 Len=0
1023	8.05157800	192.168.1.133	217.77.220.194	TCP	66 4076-8196 [SYN] Seq=0 Win=8192 Len=0 MSS=1460 WS=256 SACK_PERM=1
1024	8.05201100	192.168.1.133	217.77.220.194	TCP	54 4072-8196 [ACK] Seq=383 Ack=42908 Win=65792 Len=0
1025	8.05222500	192.168.1.133	217.77.220.194	TCP	54 4073-8196 [RST, ACK] Seq=391 Ack=4356 Win=0 Len=0
1026	8.05227100	192.168.1.133	217.77.220.194	TCP	54 4072-8196 [RST, ACK] Seq=383 Ack=42908 Win=0 Len=0
1027	8.05268900	217.77.220.194	192.168.1.133	TCP	66 8196-4076 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=2144 Len=0 MSS=536 SACK_PERM=1 WS=2
1028	8.05275900	192.168.1.133	217.77.220.194	TCP	54 4076-8196 [ACK] Seq=1 Ack=1 Win=65792 Len=0
1029	8.05340900	192.168.1.133	217.77.220.194	HTTP	471 GET /images/88_en_interpayments.png HTTP/1.1
1030	8.05301300	217.77.220.194	192.168.1.133	TCP	60 8196-4076 [ACK] Seq=1 Ack=418 Win=3216 Len=0
1031	8.05368700	217.77.220.194	192.168.1.133	TCP	590 [TCP segment of a reassembled PDU]
1032	8.05388600	217.77.220.194	192.168.1.133	TCP	590 [TCP segment of a reassembled PDU]
1033	8.05388600	217.77.220.194	192.168.1.133	HTTP	582 HTTP/1.0 200 OK (PNG)
1034	8.05388700	217.77.220.194	192.168.1.133	TCP	60 8196-4076 [FIN, ACK] Seq=1601 Ack=418 Win=3216 Len=0
1035	8.05594600	192.168.1.133	217.77.220.194	TCP	54 4076-8196 [ACK] Seq=418 Ack=1601 Win=65792 Len=0
1036	8.05796700	192.168.1.133	217.77.220.194	TCP	54 4076-8196 [ACK] Seq=418 Ack=1602 Win=65792 Len=0
1037	8.05840500	192.168.1.133	217.77.220.194	TCP	54 4076-8196 [RST, ACK] Seq=418 Ack=1602 Win=0 Len=0
1038	8.06646700	173.194.67.101	192.168.1.133	TCP	66 443-4075 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=42900 Len=0 MSS=1430 SACK_PERM=1 WS=128
1039	8.06656900	192.168.1.133	173.194.67.101	TCP	54 4075-443 [ACK] Seq=1 Ack=1 Win=65536 Len=0
1040	8.06837000	192.168.1.133	173.194.67.101	TLSv1.1	267 Client Hello
1041	8.11369900	173.194.67.101	192.168.1.133	TCP	60 443-4075 [ACK] Seq=1 Ack=214 Win=44032 Len=0

Рис. 5. Список пакетів, що були прослухані без тунелювання

Після цього вищезазначений трафік проходив через запропоновану модель MAS (рис. 6):

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1284	1.72686700	192.168.1.133	217.77.220.194	PPP Con	95	Compressed data
1285	1.73812400	192.168.1.133	217.77.220.194	PPP Con	95	Compressed data
1286	1.74120800	217.77.220.194	192.168.1.133	PPP Con	95	Compressed data
1287	1.74364400	192.168.1.133	217.77.220.194	PPP Con	437	Compressed data
1288	1.74543800	217.77.220.194	192.168.1.133	PPP Con	291	Compressed data
1289	1.75859700	192.168.1.133	217.77.220.194	PPP Con	95	Compressed data
1290	1.77716100	192.168.1.133	217.77.220.194	PPP Con	91	Compressed data
1291	1.78907100	192.168.1.133	217.77.220.194	PPP Con	92	Compressed data
1292	1.84091800	217.77.220.194	192.168.1.133	GRE	60	Encapsulated PPP
1293	1.88979500	217.77.220.194	192.168.1.133	PPP Con	91	Compressed data
1294	1.89012900	217.77.220.194	192.168.1.133	PPP Con	627	Compressed data
1295	1.89012900	217.77.220.194	192.168.1.133	PPP Con	627	Compressed data
1296	1.89013000	217.77.220.194	192.168.1.133	PPP Con	627	Compressed data
1297	1.89013000	217.77.220.194	192.168.1.133	PPP Con	627	Compressed data
1298	1.89032200	192.168.1.133	217.77.220.194	PPP Con	95	Compressed data
1299	1.89038100	192.168.1.133	217.77.220.194	PPP Con	95	Compressed data
1300	1.89108200	217.77.220.194	192.168.1.133	PPP Con	627	Compressed data

Рис. 6. Список пакетів, що прослуховуються в запропонованій MAS для захисту FDWN

Але, відповідно до швидкого розвитку ринку комунікаційного обладнання та комп'ютерних технологій, сьогодні найпростішим способом організувати VPN-тунелювання є налаштування функціональності VPN-сервера на звичайному маршрутизаторі SOHO. Доступна відкрита прошивка DD-WRT, що підтримується досить великою кількістю моделей маршрутизаторів. Така прошивка має програмні функціональні можливості для керування VPN сервером з PPTP ав-

торизацією агентами, тому вона була реалізована в досліджуваній FDWN.

Більшість методів захисту від підробки ARP - це постійний моніторинг таблиць ARP хоста і кількість відповідей ARP компонентів FDWN в мережі. Інтерфейс відкритої прошивки XArp [15; 16] дозволяє агентам постійно контролювати кількість відповідей ARP серед пристроїв FDWN (рис. 7).

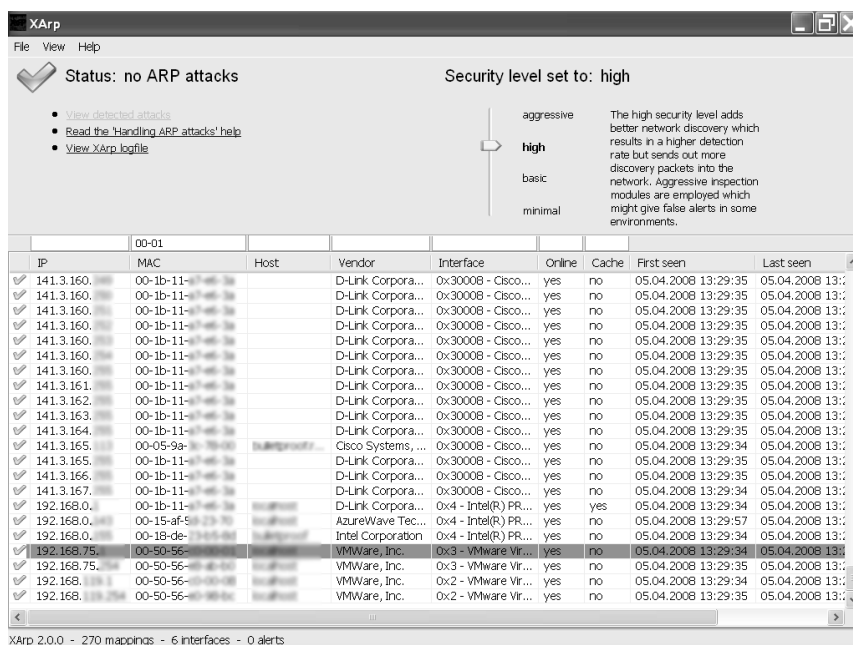


Рис. 7. Інтерфейс мультиагентної стратегії захисту від ARP spoofing

Слід зазначити, що XArp може використовуватися не тільки користувачами в цілях особистої безпеки, але і мережевими адміністраторами для ідентифікації зловмисника та наступного блокування його пристроїв на шлюзі за допомогою MAC-адреси.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розв'язок у даному напрямку. У ході дослідження були проаналізовані основні уразливості громадських бездротових мереж, їх експлуатація зловмисниками та методи захисту від можливих атак. Як виявилось, більшість мереж не забезпечують належного захисту користувача, оскільки більшість користувачів часто нічого не роблять для забезпечення безпеки своїх особистих даних.

Основна проблема полягає в недостатній публічності проблем безпеки публічних бездротових мереж – менше 10 % користувачів вважають, що під час роботи у відкритих мережах їхні особисті дані загрожують. Використання методології захисту мережі MAS збільшує навантаження мережі на 14 % і не переви-

щує 55 % на піках. Компоненти FDWN з інтегрованою MAS для захисту були розроблені на основі платформи Orange Pi Zero Plus 2 (H3 Quad-core Cortex-A7 H.265/HEVC 4K, GPU – Mali400MP2 GPU @600MHz, Supports OpenGL ES 2.0; Memory (SDRAM) – 2GB DDR3 (shared with GPU); Onboard Storage – TF card (Max. 32GB) / MMC card slot, up to 2T on 2.5; SATA disk – 16GB EMMC Flash; Onboard Network – 10/100/1000M Ethernet RJ45; Onboard WIFI – Realtek RTL8189ETV, IEEE 802.11 b/g/n).

Згідно з даними дослідження, методологія класифікує вразливості мережевої безпеки за допомогою методів аналізу групової поведінки MAS, які пропонують стратегії захисту FDWN компонента програмним агентом, що забезпечує вільний доступ до Інтернету через публічні точки доступу. Розроблені рішення повинні не тільки попереджати користувачів про потенційні загрози, але й активно брати участь у захисті персональних даних клієнтів, у тому числі використовуючи методи, які розглянуті в даній роботі.

Список використаних джерел

1. ISO/IEC 27002:2013. Information technology – Security techniques – Code of practice for information security controls.
2. Wen-Lin Cheng, Ting-Che Chuang, Chien-Wen Yang, Yueh-Hsien Lin, Min Liu, Chuan Yin, «An integrated security monitoring system for digital service network devices», Network Operations and Management Symposium (APNOMS) 2017 19th Asia-Pacific, pp. 118–122, 2017.
3. B. Bhushan, G. Sahoo and A. K. Rai, «Man-in-the-middle attack in wireless and computer networking – A review, » 2017 3rd International Conference on Advances in Computing, Communication & Automation (ICACCA) (Fall), Dehradun, India, 2017, pp. 1–6.
4. D. Kugler, : «Man in the middle» attacks on bluetooth. In: Financial Cryptography, Lecture Notes in Computer Science, Springer Berlin/Heidelberg (2003), vol. 2742, pp. 149–161.

5. L. Xu, L. Li, V. Nagarajan, D. Huang and W. T. Tsai, «Secure Web Referral Services for Mobile Cloud Computing, » 2013 IEEE Seventh International Symposium on Service-Oriented System Engineering, Redwood City, 2013, pp. 584–593.
6. B. Bakhache, J. Ghazal and S. El Assad, «Enhancement of ZigBee and Wi-Fi security by a robust and fast chaotic algorithm,» 2011 5th International Conference on Network and System Security, Milan, 2011, pp. 300–304.
7. A. Kassem, S. E. Murr, G. Jamous, E. Saad and M. Geagea, «A smart lock system using Wi-Fi security, » 2016 3rd International Conference on Advances in Computational Tools for Engineering Applications (ACTEA), Beirut, 2016, pp. 222–225.
8. S. H. Choi, D. H. Hwang and Y. H. Choi, «Wireless intrusion prevention system using dynamic random forest against wireless MAC spoofing attack, » 2017 IEEE Conference on Dependable and Secure Computing, Taipei, 2017, pp. 131–137.
9. J. Yu, E. Kim, H. Kim and J. Huh, «A Framework for Detecting MAC and IP Spoofing Attacks with Network Characteristics, » 2016 International Conference on Software Security and Assurance (ICSSA), St. Polten, 2016, pp. 49–53.
10. A. Pandey and J. R. Saini, «ARP cache rectification for defending spoofing and poisoning attacks, » 2016 3rd International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom), New Delhi, 2016, pp. 3487–3492.
11. Y. Krainyk, V. Perov, M. Musiyenko and Y. Davydenko, 'Hardware-oriented turbo-product codes decoder architecture, ' 2017 9th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS). Bucharest, Romania, vol. 1, pp. 151–154, September, 2017. doi: 10.1109/idaacs.2017.8095067.
12. R. Das and G. Tuna, 'Packet tracing and analysis of network cameras with Wireshark, ' 2017 5th International Symposium on Digital Forensic and Security (ISDFS), Tirgu Mures, 2017, pp. 1–6.
13. H-D. Burkhard, 'How to define agent properties – or: What is a fair agent', Technical Report, Fachbereich Informatik, Humboldt-Universität Berlin, 1993.
14. Burlachenko, I., Zhuravska, I., and Musiyenko M. (2017). Method for video cameras' active coordination in optical navigation based on multi-agent approach. Eastern-European Journal of Enterprise Technologie. Vol. 1, no. 9(85), pp. 17–25.
15. M. Al-Hemairy, S. Amin and Z. Trabelsi, 'Towards more sophisticated ARP Spoofing detection/prevention systems in LAN networks, ' 2009 International Conference on the Current Trends in Information Technology (CTIT), Dubai, 2009, pp. 1-6.
16. H. S. Kang, J. H. Son and C. S. Hong, 'Defense technique against spoofing attacks using reliable ARP table in cloud computing environment, ' 2015 17th Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium (APNOMS), Busan, 2015, pp. 592–595.

И. С. Бурлаченко, В. Ю. Савинов,
ЧНУ им. Петра Могилы, г. Николаев

МОДЕЛЬ ГРУППОВОГО ПОВЕДЕНИЯ MAS ДЛЯ АНАЛИЗА СЕТЕВЫХ АТАК В БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИХ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЯХ

Важность безопасности компьютерных сетей нивелируется большими корпоративными организациями, в которых используют сетевые технологии. Исследованы основные уязвимости беспроводных сетей, злоумышленники уязвимости в программном обеспечении и методы защиты от возможных атак. Предложена методология анализа безопасности в быстродинамических беспроводных сетях (FDWN). Предложена модель мультиагентной системы (MAS), которая обеспечивает возможность создания стратегии защиты данных на основе агентов с эффективным детальным изучением уязвимостей сетей.

Ключевые слова: быстродинамические беспроводные сети; безопасность компьютерных сетей ; ARP spoofing; MitM; SSL strip; multi-agent system; SOHO router; DD-WRT; Interceptor-NG.

I. S. Burlachenko, V. Yu. Savinov,
Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv

MODEL OF GROUP BEHAVIOR OF MAS TO ANALYZE NETWORK ATTACKS IN FAST DYNAMIC WIRELESS NETWORKS

Corporate and large-scale organizations utilize computer networks technologies and dismiss the importance of networks security. The main vulnerabilities of wireless networks, exploitation by attackers and methods of protection from possible attacks are investigated. The methodology of security analysis in fast dynamic wireless networks (FDWN) is proposed. Model of a multi-agent system (MAS) providing the ability to create a data protection strategy based on agents with an effective detailed examination of networks vulnerabilities was provided.

Key words: fast dynamic wireless network; network security; ARP spoofing; MitM; SSL strip; multi-agent system; SOHO router; DD-WRT; Interceptor-NG.

Рецензенти: Мусієнко М. П., д-р техн. наук, професор;
Журавська І. М., канд. техн. наук, доцент.

Наукове видання

НАУКОВІ ПРАЦІ

Науковий журнал

Серія «Комп'ютерні технології»

Випуск 308

Том 320

Технічний редактор, комп'ютерна верстка *Н. Хасянова*.
Друк, фальцювальні-палітурні роботи *С. Волинець*.

Підп. до друку 13.12.2018.
Формат 60x84¹/₈. Папір офсет.
Гарнітура «Times New Roman». Друк ризограф.
Ум. друк. арк. 27,95. Обл.-вид. арк. 13,75.
Тираж 300 пр. Зам. № 5777.

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 № 6124 від 05.04.2018.