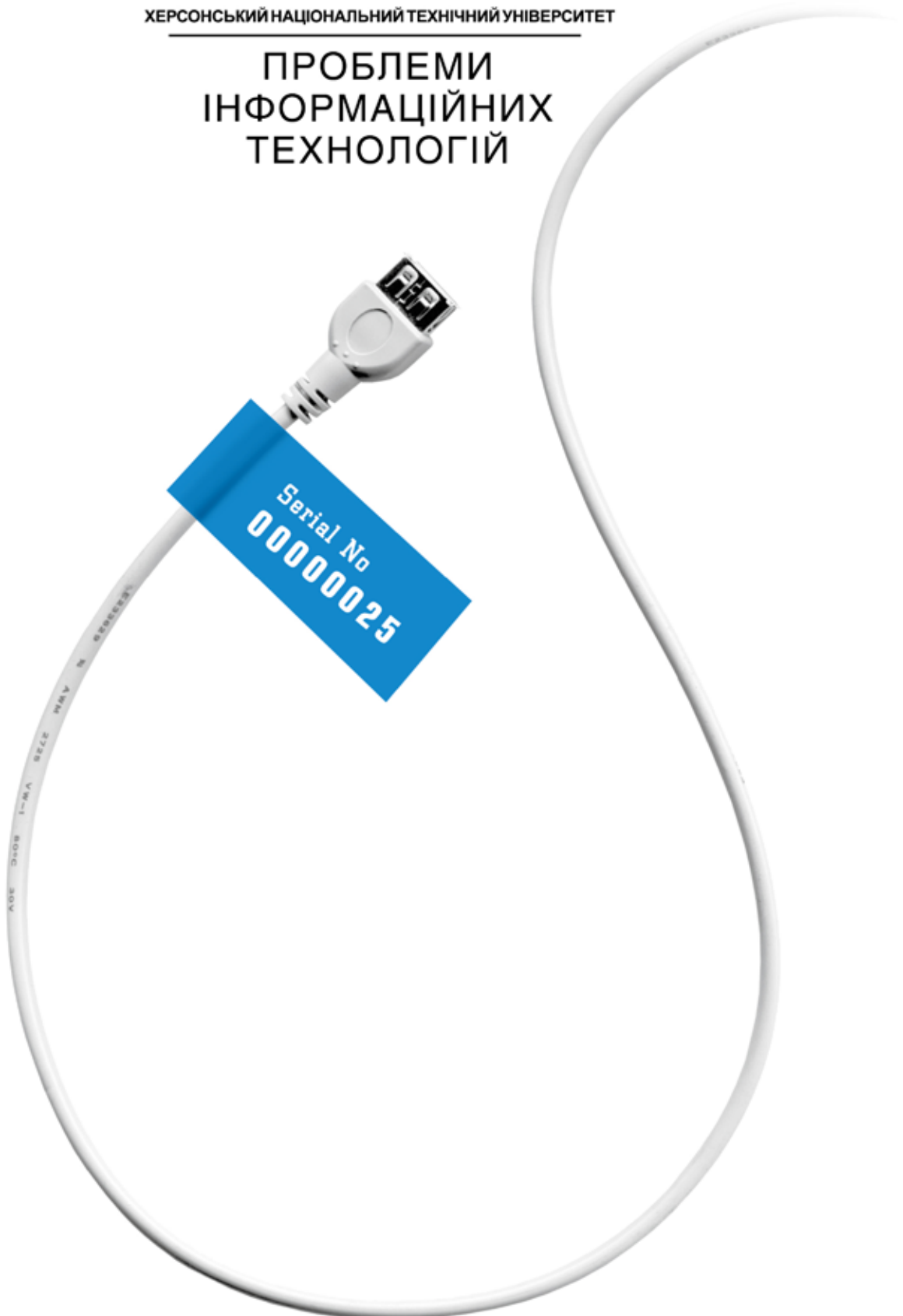




МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХЕРСОНЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**ПРОБЛЕМИ
ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ**



#01(025) травень 2019



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ПРОБЛЕМИ
ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ**

Рекомендовано до друку Вченою радою
Херсонського національного технічного університету
(протокол №6 від 23 квітня 2019 року)

Журнал «Проблеми інформаційних технологій» включено до Переліку наукових фахових видань України (Наказ Міністерства освіти і науки України №820 від 11.07.2016 р.), в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук

Журнал включено до науково-метричних баз даних,
цифрових архівів та бібліотек з безкоштовним on-line-доступом:
Index Copernicus, Crossref, Google Scholar, Research Bible, Open Academic Journals Index (OAJI), Directory of Open Access Journals (DOAJ), РІНЦ (Російський індекс наукового цитування), AcademicKeys, National Library of Ukraine (Vernadsky)

ISSN 1998-7005 (Print)
ISSN 2313-0687 (Online)

#01(025) травень 2019



**MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
KHERSON NATIONAL
TECHNICAL UNIVERSITY**

**PROBLEMS OF
INFORMATION
TECHNOLOGY**

Recommended for publication by the Scientific and Technical Council of
Kherson National Technical University
(Minutes № 6 on 23th April 2019)

The journal is included in the List of Scientific Professional Editions of Ukraine,
(Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine dated 11.07.2016 № 820) in which the main results of
dissertation works for the degree of doctor and candidate of technical sciences may be published.

The journal is included in the scientometric bases, electronic libraries and repositories with free on-line access:
Index Copernicus, Crossref, Google Scholar, Research Bible, Open Academic Journals Index (OAJI),
Directory of Open Access Journals (DOAJ), AcademicKeys, National Library of Ukraine (Vernadsky).

ISSN 1998-7005 (Print)
ISSN 2313-0687 (Online)

#01(025) May 2019



РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

**РЕДАКЦІЙНА РАДА****Головний редактор****ШЕРСТЮК Володимир Григорович**

/доктор технічних наук, професор/

Заступник головного редактора**ЛЯШЕНКО Олена Миколаївна**

/кандидат технічних наук, доцент/

Відповідальний секретар**КИБАЛКО Ігор Іванович**

/кандидат технічних наук, доцент/

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

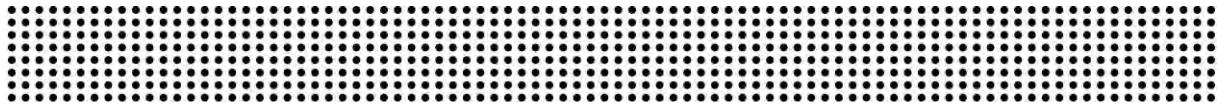
Бардачов Юрій Миколайович засл. діяч науки і техніки України	д.т.н., професор	Херсонський національний технічний університет, Україна
Павлов Олександр Анатолійович засл. діяч науки і техніки України	д.т.н., професор	Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Україна
Хомченко Анатолій Никифорович засл. діяч науки і техніки України	д.ф.-м.н., професор	Чорноморський національний університет імені Петра Могили, Україна
Башков Євген Олександрович	д.т.н., професор	Донецький національний технічний університет, Україна
Бусигін Борис Сергійович	д.т.н., професор	Національний гірничий університет, Україна
Guchek Petro Yosipovich	Dr.Sc., Professor	Institute of Biocybernetics and Biomedical Engineering of the Polish Academy of Sciences, Poland
Долятовський Валерій Анастасійович засл. діяч науки Російської Федерації	д.е.н., професор	Південний федеральний університет, Російська Федерація
Загарій Геннадій Іванович	д.т.н., професор	Українська державна академія залізничного транспорту, Україна
Каргін Анатолій Олексійович	д.т.н., професор	Український державний університет залізничного транспорту, Україна
Коваленко Ігор Іванович	д.т.н., професор	Чорноморський національний університет імені Петра Могили, Україна
Козак Юрій Олександрович	д.т.н., професор	Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова, Україна
Кошкін Костянтин Вікторович	д.т.н., професор	Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова, Україна
Левикін Віктор Макарович	д.т.н., професор	Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна
Лізунов Петро Петрович	д.т.н., професор	Київський національний університет будівництва та архітектури, Україна
Марасанов Володимир Васильович	д.т.н., професор	Херсонський національний технічний університет, Україна
Мельник Анатолій Олексійович	д.т.н., професор	Національний університет «Львівська політехніка», Україна
Михайленко Віктор Мефодійович	д.т.н., професор	Київський національний університет будівництва та архітектури, Україна
Пушкарь Олександр Іванович	д.е.н., професор	Харківський національний економічний університет, Україна
Рожков Сергій Олександрович	д.т.н., професор	Херсонська державна морська академія, Україна
Розов Юрій Георгійович засл. діяч науки і техніки України	д.т.н., професор	Херсонський національний технічний університет, Україна
Рудакова Ганна Володимирівна	д.т.н., професор	Херсонський національний технічний університет, Україна



РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ



Рябенський Володимир Михайлович	д.т.н., професор	Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова, Україна
Садовський Віктор Васильович засл. працівник вищої школи Російської Федерації	д.т.н., професор	Білоруський державний економічний університет, Республіка Білорусь
Синекоп Микола Сергійович	д.т.н., професор	Харківський державний університет харчування та торгівлі, Україна
Філіпенко Ігор Григорович	д.т.н., професор	Харківська державна академія залізничного транспорту, Україна
Фісун Микола Тихонович	д.т.н., професор	Чорноморський державний університет ім. Петра Могили, Україна
Шаронова Наталія Валеріївна	д.т.н., професор	Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна



ЗМІСТ

Шерстюк В., Сокол І., Гусев В., Левківський Р. МОДЕЛЬ СЦЕНАРНО-ПРЕЦЕДЕНТНОГО КЕРУВАННЯ СПІЛЬНИМ РУХОМ ВЕЛИКИХ ГЕТЕРОГЕННИХ АНСАМБЛІВ БЕЗПІЛОТНИХ АПАРАТІВ У РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ	4
Огнєва О., Вишемирська С., Папуша Р. СИСТЕМА АНАЛІЗУ РИЗИКУ	18
Петровський А. АЛГОРИТМ ВІЯВЛЕННЯ ВПЛИВУ СПУФІНГУ ПІД ЧАС ВИКОНАВЧОЇ ПРОКЛАДКИ ПРОГРАМНИМИ ЗАСОБАМИ ЕЛЕКТРОННОЇ КАРТОГРАФІЧНОЇ НАВІГАЦІЙНО-ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ.....	30
Захарченко Р., Кірюшатова Т., Чебаненко О. ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ДАНИХ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ ПРОЦЕСІ	39
Борисова Н., Мельник К., Мельник В. ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО СТВОРЕННЯ ТА АНАЛІЗУ КОРПУСУ ПОВІДОМЛЕНЬ СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖ.....	48
Козел В. КЛАСИФІКАЦІЯ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ЗАХИСТУ ВІД МІТМ АТАК	58
Кирийчук Д. МОДЕЛЮВАННЯ ТА РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ.....	66
Повод Я., Шерстюк В. ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРІОДИЧНОСТІ АТМОСФЕРНИХ ЯВИЩ.....	76
Соловей О. ІДЕНТИФІКАЦІЯ ДИНАМІЧНИХ ЯДЕР МОДЕЛІ СУДНА ПРИ ВИКОНАННІ ОПЕРАЦІЙ З ВЕЛИКОВАГОВИМИ НЕГАБАРИТНИМИ ВАНТАЖАМИ	86
Федоров А. МЕТОД ФОРМУВАННЯ СУБОПТИМАЛЬНОГО ВАНТАЖНОГО ПЛАНУ КОНТЕЙНЕРОВОЗУ.....	96
Кирийчук Д. ПОБУДОВА ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ КООРДИНАЦІЇ РОЗРОБЛЕННЯ ПЛАНІВ З ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ	106



CONTENTS

Sherstiuk V., Sokol I., Husiev V., Levkivskiy R. MODEL OF SCENARIO-CASE CONTROL OF COOPERATIVE MOTION OF LARGE HETEROGENEOUS ENSEMBLES OF DRONES IN REAL TIME	4
Ohnieva O., Vyshemyrska S., Papusha R. RISK ANALYSIS SYSTEM	18
Petrovskiy A. ALGORITHM FOR DETERMINING THE INFLUENCE OF SPOFING DURING THE EXECUTIVE LAYING BY THE SOFTWARE OF THE ELECTRONIC CARTOGRAPHIC NAVIGATION-INFORMATION SYSTEM.....	30
Zakharchenko R., Kiryushatova T., Chebanenko O. RESEARCH OF ALGORITHMS OF INTELLECTUAL DATA ANALYSIS IN THE EDUCATIONAL PROCESS.....	39
Borysova N., Melnyk K., Melnyk V. INFORMATION SYSTEM FOR AUTOMATED CREATION AND ANALYSIS OF SOCIAL NETWORK MESSAGES CORPUS.....	48
Kozel V. MITM ATTACK PROTECTION CLASSIFICATION AND RECOMMENDATIONS.....	58
Kiriychuk D. MODELING AND DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR MONITORING EMERGENCIES.....	66
Povod Y., Sherstiuk V. INVESTIGATION OF THE PERIODICITY OF THE ATMOSPHERIC PHENOMENA	76
Solovey O. DYNAMIC CORE IDENTIFICATION OF VESSEL`S MODEL DURING PERFORMING HEAVY LIFT OPERATIONS.....	86
Fedorov A. SUB-OPTIMAL FORMATION CARGO PLAN METHOD FOR CONTAINER SHIP	96
Kiriychuk D. DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR COORDINATION OF EMERGENCY RESPONSE PLANNINGŃ	106

МОДЕЛЬ СЦЕНАРНО-ПРЕЦЕДЕНТНОГО КЕРУВАННЯ СПІЛЬНИМ РУХОМ ВЕЛИКИХ ГЕТЕРОГЕННИХ АНСАМБЛІВ БЕЗПІЛОТНИХ АПАРАТІВ У РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ

УДК 004.9

DOI: <https://doi.org/10.35546/2313-0687.2019.25.4-17>

Шерстюк Володимир

д.т.н., професор, Херсонський національний технічний університет,
Україна, E-mail: vgsherstyuk@gmail.com, ORCID 0000-0002-9096-2582

Сокол Ігор

к.т.н., доцент, докторант Херсонського національного технічного університету ORCID 0000-0002-7324-1441

Гусев Віктор

к.т.н., доцент, начальник коледжу Херсонської державної морської академії ORCID 0000-0001-7775-2276

Левківський Руслан

заст. начальника коледжу Херсонської державної морської академії ORCID 0000-0003-3114-179X

Анотація. В статті розглянуто особливості керування одночасним рухом великої групи безпілотних апаратів, що рухаються у спільному 3-D просторі в межах різних середовищ. Розроблено модель керування спільним рухом гетерогенних ансамблів безпілотних апаратів у реальному часі за допомогою гібридної динамічної сценарно-прецедентної системи та представлено архітектуру прототипу цієї системи. Запропонована система керування спільним рухом є частиною складної бортової системи управління безпілотним апаратом, що може пілотувати його за певною траєкторією, яка визначається сценарієм, відповідним до ролі даного безпілотного апарату у ансамблі, його місії та поточної просторової конфігурації, що має відповідати умовам безпеки. Для вирішення задачі використано методи сценарно-прецедентного підходу, отримання висновків на основі моделей, та перевірки дотримання обмежень. Новизна запропонованого підходу полягає у розробці гібридної моделі сценарно-прецедентного пошуку рішень, що заснована на принципах пасивного керування, та комбінує сценарно-прецедентний пошук рішень з їх адаптацією на основі кінематичних моделей та верифікацією з перевіркою дотримання заданих обмежень. Модель має обчислювальну складність, яка слабо залежить від числа динамічних об'єктів, які одночасно рухаються, та є працездатною у 3-D просторі. Практична значимість запропонованого підходу полягає в тому, що він дає можливість вирішувати задачу керування спільним рухом безпілотних апаратів у гетерогенних ансамблях в умовах реального часу, змінюючи призначені сценарії активності «на льоту», замінюючи, додаючи або видаляючи певні послідовності дій та синхронізуючи їх у часі та просторі, що дозволяє безпілотним апаратам спільно маневрувати, уни-

каючи зіткнень, перешкод тощо. Це дозволяє отримувати адекватні і своєчасні реакції ансамбля безпілотних апаратів на динамічні та ситуаційні збурення, що їх зазнають окремі безпілотники внаслідок непередбачуваності середовища. Запропонований підхід суттєво зменшує обчислювальну складність вирішення задачі. Спираючись на опис поточної просторової конфігурації та використовуючи кінематичну модель безпілотних апаратів, він дозволяє отримувати елементи безпечних траєкторій безпілотників, що входять до гетерогенного ансамблю, та які максимально підтримують задану структурну та геометричну конфігурацію й компенсують виникаючі збурення.

Ключові слова: траєкторія, спільний рух, план, сценарій, прецедент, обмеження, збурення, маневр.

Постановка проблеми

Безпілотні системи використовуються в багатьох сучасних технічних системах для вирішення різних задач реального часу. Завдяки значному прогресу технологій безпілотники можуть використовуватись не тільки поодиночі, але і групами, в тому числі великими і навіть надвеликими. Більше того, настав час і гетерогенних ансамблів безпілотників, які мають різний розмір, можливості, ролі та навіть сфери використання, але використовуються разом для вирішення певної задачі. Одним із таких застосувань є інтелектуальне, або смарт-рибальство, до якого можуть бути залучені безпілотні системи найширшого спектру. Так, пошук рибних зграй може здійснюватися за допомогою групи безпілотних літальних апаратів (unmanned aerial vehicle, UAV). Носіями рибальських знарядь можуть бути безпілотні катери (unmanned surface vehicle, USV), що також можуть використовуватись групами. Виявляти породи риб в зграї та потім заганяти зграї до риболовних знарядь можуть групи безпілотних підводних апаратів (unmanned underwater vehicle, UUV). А носієм усіх вищеназваних безпілотників та одночасно накопичувачем виловленої риби незабаром може стати великий корабель, який теж може бути автоматизований до рівня непілотованого (Autonomous Ship, AS).

Звичайно, безпілотні апарати (далі – БА) різних сфер використання мають певні переваги та недоліки, але взаємодоповнюваність їхніх функціональних можливостей дозволяє виконувати їм свої сценарії спільно та одночасно як велика команда, спрямована на досягнення складних цілей місії (промисловий лов риби) без людини. Таку команду називають гетерогенним ансамблем БА, зважаючи на відмінності у їх фізичних та експлуатаційних характеристиках, можливостях, ролях у команді та оточенні [1]. Використовувані в такий спосіб БА є динамічними об'єктами, які рухаються в різних

середовищах і мають певні відмінності в законах і особливостях їх руху, тож керувати їхнім спільним рухом під час виконання гетерогенним ансамблем своєї місії доволі складно. Їх спільний рух зазвичай обмежено в просторі (через обмеження на видимість та дистанцію впевненого зв'язку) через вплив різних динамічних та ситуаційних збурень. За сценарієм місії, кожен БА має виконувати певні функції крім безпосередньо руху, тому його переміщення з однієї точки простору в іншу має на меті виконання певної наступної дії. Рухаючись, БА має підтримувати стрій, тобто відносну позицію або місце в побудові просторової структури ансамбля під час виконання місії, а також зберігати безпечну відстань від інших БА ансамблю та оминати різного роду перепони. До того ж, БА повинні бути повністю автономними, бо одночасне безпечне керування великою групою динамічних об'єктів за допомогою великого колективу операторів неможливо уявити.

Отже, враховуючи значну складність проблем, що виникають під час спільного руху великого ансамбля автономних БА, актуальною задачею для подальших досліджень є розробка інтелектуальних методів та засобів управління спільним рухом БА у різноманітному ансамблі у реальному часі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Проблеми управління спільним рухом найчастіше досліджувалися з точки зору виявлення та уникнення зіткнень, і розглядалися у царинах окремо повітряних [2], наземних [3] та підводних систем [4]. В кожній з цих сфер застосування існують значні відмінності між середовищем руху, його обмеженнями та параметрами (швидкості, маневреності, датчиків, часу реакції тощо). Хоча, деякі основні принципи руху та геометрії по суті є однаковими, тому певні прийоми можна запозичити та перенести з однієї області в іншу. Проблема виявлення та уникнення зіткнень за умов спільного руху тісно

пов'язана як з безпекою БА, так і з успішністю виконання місії.

Існуючі підходи до керування БА за умов виявлення зіткнення можна поділити на активні і пасивні, відповідно до типу датчиків, що подають на вхід дані про навігаційну ситуацію. У більшості випадків ці дані базуються на активному типі датчиків (радіолокатори, сонари тощо) [5]. Проте, застосовуються і пасивні датчики, такі як електрооптичні або інфрачервоні камери [6].

Існуючі методи керування БА за умов виявлення зіткнення можна в основному поділити на методи, засновані на кінематиці та геометрії [7], методи, що базуються на нечіткій логіці [8], та методи, що засновані на комп'ютерному моделюванні навігаційної ситуації [9]. Методи керування спільним рухом можуть також бути поділені на реактивні та попереджувальні [10]. Перші звичайно змінюють траєкторію руху динамічного об'єкту у відповідь на виникнення перешкоди руху чи виявлення можливого зіткнення, тобто працюють у реальному часі, на відміну від других, які зазвичай намагаються прогнозувати потрібні траєкторії всіх учасників спільного руху під час вирішення задачі планування маршрутів (path planning). Важливою особливістю методів планування маршрутів є принцип подання маршруту як певної послідовності точок шляху (way-points, WP), в яких має знаходитись БА у певні моменти часу (time points, TP). Тобто, маршрут може бути визначено як впорядкований за відліками часу масив пар (TP, WP), що зручно використовувати для управління спільним рухом БА та їх координації.

Зрозуміло, що при використанні великих груп БА, що рухаються одночасно в різних середовищах, використання як реактивних, так і попереджувальних методів суттєво ускладнюється, бо за допомогою перших стає складно забезпечити реагування в реальному часі, а за допомогою других складно точно прогнозувати можливі траєкторії одночасно всіх рухомих об'єктів, а значне число обмежень не завжди дає можливість отримати рішення задачі планування маршрутів.

Активні підходи, як правило, засновані на кінематиці та геометрії, і ґрунтуються на так званій «точці зіткнення» [11], яка за умов пасивного підходу не буде доступною. Проте, використання пасивного підходу дозволяє «візуально» виявляти маневрування динамі-

чних об'єктів, що при застосуванні активного підходу складає певну проблему [6]. Обидва підходи мають свої переваги і недоліки, що ставить питання доцільності їх комбінації [12].

Методи, засновані на кінематиці та геометрії, зазвичай використовують відносні просторові оцінки, такі як «конуси зіткнення», «домени безпеки», «точки найкоротшого зближення» тощо [13-15]. Методи можуть бути використані як у 2-D просторі (для UGV, USV), так і у 3-D просторі (для UAV, UUV). Альтернативну оцінку, засновану на аналізі складного руху об'єктів на підставі їх кінематики, запропоновано в [16], проте, такі оцінки можуть використовуватися за умов пасивного підходу. Треба зауважити, що за умов спільного руху великої групи динамічних об'єктів використання методів, заснованих на кінематиці та геометрії, є неприйнятним для реактивного керування, бо обчислювальна складність експоненційно зростає відносно числа рухомих об'єктів. Методи, що засновані на комп'ютерному (в т.ч. мультиагентному) моделюванні [9], мають такий самий недолік.

Інша група методів заснована на нечіткій логіці [8], їх основна ідея полягає в тому, щоб наслідувати способи дій пілотів (водіїв, судноводіїв), а виявлення можливого зіткнення виявляється на основі нечітких правил. Певною перевагою нечіткого підходу є його стійкість та зрозуміла інтерпретація. Труднощі в розробці пов'язані з визначенням, оптимізацією та адаптацією так званих функцій приналежності та нечітких правил.

Отже, для використання в великих гетерогенних ансамблях автономних БА потенційним напрямком досліджень є пошук гібридних рішень, що комбінують принципи активного і пасивного підходу, мають обчислювальну складність, яка не залежить або слабо залежить від числа динамічних об'єктів, що одночасно рухаються, та які зберігають працездатність у 3-D просторі.

Відомо, що подолання труднощів з обчислювальною складністю можливо при використанні прецедентного підходу [17], де час пошуку рішення практично не залежить від чисельності динамічних об'єктів у описі навігаційної ситуації. Проте, цей підхід має свої недоліки, найбільш суттєвими з них є залежність часу пошуку рішення від обсягу накопиченого масиву прецедентів та необхідність підтримання достатньої компетентності масиву прецедентів відносно вичерпної множини можливих навігаційних ситуацій.

Сценарно-прецедентний підхід, запропонований в [18], дозволяє за рахунок певної гібридизації з підходами, заснованими на правилах та на моделях, подолати обчислювальну складність прецедентного підходу та забезпечити працездатність системи керування рухом динамічних об'єктів у реальному часі. Гібридизація сценарно-прецедентного підходу з елементами пасивного підходу та кінематичного моделювання за умови використання наближених або м'яких наближених множин [21] може забезпечити вирішення задачі інтелектуального керування спільним рухом БА в гетерогенних ансамблях в умовах реального часу.

Мета дослідження

Метою даної статті є дослідження моделі керування спільним рухом великих гетерогенних ансамблів БА у реальному часі за допомогою гібридної динамічної сценарно-прецедентної системи та розробка архітектури прототипу цієї системи. В рамках статті буде розглянуто особливості адаптації динамічної сценарно-прецедентної системи до керування спільним рухом великої групи БА, що рухаються у спільному 3-D просторі, але в межах різних середовищ.

Виклад матеріалу дослідження

Нехай задано тривимірний евклідовий простір X , який дискретизовано сіткою $D = \{d_{xyz}\}$ ізометричних кубічних комірок d_{xyz} однакового розміру, де x, y, z відповідають координатам клітини. Таким чином, кожна клітина $d_{xyz} \in D$ є просторовим об'єктом найменшого розміру. Розташування кожного БА, а також перепон та цілей, є дискретним та окреслено у просторі межами певних комірок.

Припустимо, що існує шкала часу T , побудована як відкрита впорядкована множина відліків часу (t_0, \dots, t_y) . Припустимо, U є множиною БА, F є множиною їх функцій, Cl є множиною класів БА, та G є множиною цілей. Будемо розглядати певну підмножину БА $u_0, \dots, u_n \in U$ та певну підмножину цілей $g_1, \dots, g_m \in G$, що розсіяні в межах простору X . Кожен БА u_i належить до певного класу $cl_k \in Cl$ відповідно до його властивостей та можливостей, та може виконувати функцію руху $j_o \in F$, рухаючись всередині

простору X , змінюючи свій стан з плином часу та уникаючи перешкод та зіткнень з іншими БА. Крім того, він може виконувати й інші функції $j_j \in F$ залежно від свого класу. Припустимо, що БА $u_i, \dots, u_m \in U$ виконують певну спільну операцію OP в просторі X , цілями якої є $g_e, \dots, g_l \in G$. Стан кожного БА $u_i \in U$ на момент часу t_j може бути поданий через множину значень його параметрів в цей момент часу $F_{ui}(t_j) = \{f_{ui1}(t_j), \dots, f_{uim}(t_j)\}$ (до таких параметрів можуть відноситись швидкість, напрям руху, координати БА в просторі X тощо).

Нехай $Pos(u_i) \in D$ є позицією БА $u_i \in U$ в межах дискретизованого тривимірного простору D , так що $\langle t_i, Pos(u_i) \rangle = (d_{xyz})_{i,t_i} \in D$. Припустимо також, що будь-яка WP також може бути представлена з певним наближенням як комірка $d_{xyz} \in D$. Тоді, зрозуміло, $\langle t_i, Pos(u_i) \rangle = \langle TP, WP \rangle_{(i,t)}$. Таким чином, безперервна послідовність $\langle TP, WP \rangle_{(i,t)} \dots \langle TP, WP \rangle_{(i,m)}$ має визначити траєкторію руху БА u_i протягом інтервалу часу $t \in [t_1, \dots, t_m]$.

Далі, припустимо що БА u_i в момент часу $t_i \in T$ має зайняти певну позицію $Pos(u_i)$ для виконання певної функції j_j . Треба також враховувати, що деякі функції можуть виконуватись лише одноразово в певній WP , в той час як інші функції можуть виконуватись неперервно під час руху БА від однієї WP до іншої.

Відповідно, п'ятірка (пентада) $\langle t_i, Pos(u_i), F(u_i, t_i), j_j, t_j \rangle$ визначає, що БА u_i має виконати певну функцію j_j протягом часу t_j , попередньо зайнявши позицію $Pos(u_i)$ (WP) в момент часу t_i (TP), маючи при цьому параметри руху, що описуються множиною $F(u_i, t_i)$ (FP). Тож послідовність

$$Tr(u_i)_l^m = \langle t_l, Pos(u_i), F(u_i, t_l), j_j, t_j \rangle \dots \langle t_m, Pos(u_i), F(u_i, t_m), j_k, t_k \rangle \dot{U}$$

будемо називати траєкторією активності БА u_i на часовому інтервалі $t \hat{=} [t_l, \dots, t_m]$, що повністю визна-

чає активність вказаного БА на заданому інтервалі часу. Він також може бути поданий як вектор

$$Tr(u_i)_l^m = \langle \langle WP, TP, FP \rangle_{(i,l)}, j_j, t_j \rangle \dots \langle \langle WP, TP, FP \rangle_{(i,m)}, j_k, t_k \rangle \dot{U}$$

Довгострокова операція Op звичайно складається з сукупності місій M_1, \dots, M_n , які можуть виконуватися послідовно або паралельно (одночасно). Для цього певній підмножині БА $u_1, \dots, u_n \hat{=} U$ призначаються відповідні ролі з множини ролей R , якими визначається спроможність певного БА виконувати ту чи іншу місію (при цьому, сукупність заданих ролей має покривати всю множину потрібних для виконання операції місій). Таким чином, БА $u_i, \dots, u_n \hat{=} U$, що призначені для виконання операції Op та мають відмінні між собою ролі, складають гетерогенний ансамбль En , який має деревоподібну структуру $Str(En)$ та схему $Shp(En)$, що має визначати його просторову конфігурацію $V(t)$ в кожний момент часу t . Таким чином, $Str(En)$ подає структурний аспект, а $Shp(En)$ - геометричний аспект операції Op . Кожному БА u_k з ансамблю En призначено роль $r_k \hat{=} R$, за якою він має виконувати певну послідовність місій M_k за визначеним сценарієм W_k , та рухатися за послідовністю позицій WP_{k1}, \dots, WP_{kl} , що задається сценарієм та реалізує траєкторію активності $Tr(u_k)$.

Відповідно до вищевикладеного, основою подання сценарію виконання місії БА може бути траєкторія його руху, що визначається через послідовність точок шляху WP , кожна з яких пов'язано з відповідним моментом часу TP та певними встановленими параметрами руху FP (швидкість, напрям тощо) БА в кожній із заданих WP , тобто, вектором трійок $\langle WP, TP, FP \rangle$. За сценарієм, кожен БА $u_k \hat{=} En$ в кожній визначеній точці часу TP має бути позиціонований у відповідній точці шляху WP , маючи при цьому конкретні параметри FP (необов'язково) та виконувати певну функцію j_j протягом часу t_j (можливо). Взаємне розташування точок шляху

WP всіх задіяних у ансамблі БА u_1, \dots, u_l в певний момент часу t_j (тобто, в певній точці часу TP) визначає його просторову конфігурацію $V(t_j)$.

Схема операції $Sch(Op) = \{W_1, \dots, W_n\}$ має містити відповідні сценарії W_k для кожної із заданих ролей r_k , що призначені відповідним БА – членам ансамблю $u_k \hat{=} En$ та описують спільну активність всіх залучених виконавців, яка має синхронізуватися у часі та просторі. Беззаперечно, структура $Str(En)$ залежить від схеми виконання операції $Sch(Op)$, а остання залежить від зміни просторових позицій всіх учасників спільного руху, тобто від $Shp(En)$, а також від їх персональних ролей. Це, в свою чергу, суттєво залежить від поточної ситуації Sit , яка визначається поєднанням просторового розподілу цільових точок, середовища, параметрів БА, їх просторових позицій, відносного розташування та заданих обмежень.

Для кожного БА $u_k \hat{=} En$ попередньо будується план виконання кожної чергової місії $Pl(M_k)$ як певний прототип, який відповідає стереотипу поточної ситуації Sit та містить траєкторію активності $Tr(u_k)$ із зазначенням послідовності необхідних позицій та виконуваних функцій. У свою чергу, для кожного прототипу $Pl(M_k)$ має визначатися відповідний сценарій W_k .

З іншого боку, кожна операція Op - це реалізація певного плану $Pl(Op) = Pl(M_i) \circ \dots \circ Pl(M_l)$, що складається з планів окремих місій M_i, \dots, M_l , які виконуються БА u_i, \dots, u_l відповідно до їх ролей r_i, \dots, r_l в ансамблі En .

Вибір початкового плану всієї операції $Pl(Op)$, як і відповідних планів місій $Pl(M_k)$ окремих БА

$u_k \in E_n$, виконується на основі взаємного просторового положення виконавців та визначених цілей g_k для цих місій. Але ж, ці плани можуть бути порушені зміною параметрів будь-якого рухомого об'єкта, що безумовно призведе до необхідності зміни самих планів. Адже, виконуючи призначений йому сценарій W_k , внаслідок непередбачуваності середовища (погодні умови, непередбачувані перешкоди тощо) БА u_k наражається на низку динамічних та ситуаційних збурень, тому його

заплановану траєкторію $Tr(u_k)$ так чи інакше буде порушено через необхідність уникати зіткнень, оминати перешкоди тощо, тобто маневрувати. Тому в план $PI(M_k)$ треба «на ходу» вносити зміни, замінюючи, додаючи або видаляючи деякі пари $\langle WP, TP \rangle$ в $Tr(u_k)$. На рис. 1,а показано заплановані траєкторії руху БА u_0 та u_1 для виконання місії охоплення цілі g_1 .

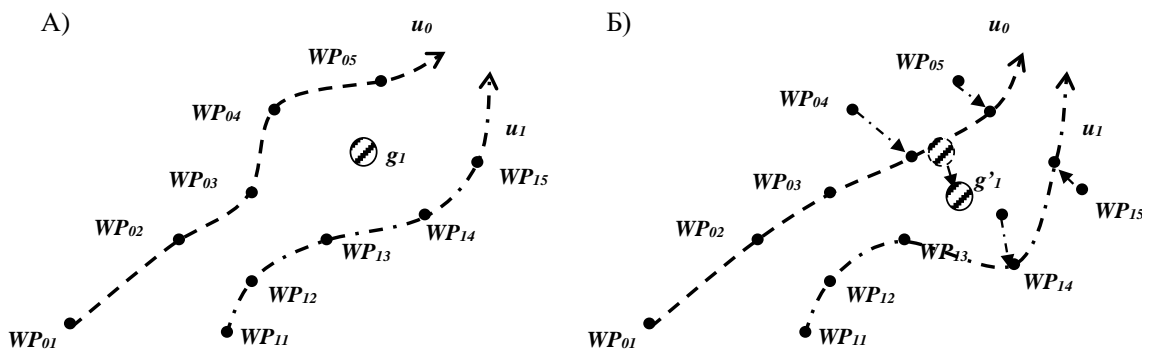


Рис. 1. Зміна траєкторій руху БА у відповідності до ситуаційного збурення

На рис. 1,б показано трансформацію траєкторій руху обох БА у відповідь на ситуаційне збурення, що спричинене переміщенням цілі g_1 у просторі спільного руху: реагування на ситуацію відбулося через зміни позицій точок шляху $WP_{04}, WP_{05}, WP_{14}, WP_{15}$, що відповідають точкам часу TP_4, TP_5 .

Реакцією на будь-яку подію може бути зміна плану місії, зміна точок синхронізації у часі та просторі, додавання, заміна або видалення певних тактик у сценаріях, або навіть зміна схеми $Shp(E_n)$ для здійснення необхідної координації траєкторій $Tr(u_1), \dots, Tr(u_n)$.

Будь-які зміни траєкторії БА, що рухаються спільно і одночасно, є подіями, які можуть змінювати хід процесу спільної активності БА, тому на них потрібно вчасно і адекватно реагувати. Таким чином, виконання сценарію W_k буде порушене, і нам потрібно «перебудувати» послідовність дій $W_k = \{m_{k1}, \dots, m_{kj}\}$, де кожна дія m_{kj} має розглядатися як зміна значень певних параметрів руху БА (наприклад, швидкості або напрямку руху).

При одночасному спільному русі великої групи БА u_1, \dots, u_n , що складають ансамбль E_n , завжди існує певна множина обмежень щодо відстані між БА, пеленгами, кутами тощо $L = \{l_1, \dots, l_w\}$ (рис. 2), тому будь-які зміни сценаріїв або траєкторій руху БА не повинні порушувати жодного з заданих обмежень

Таким чином, впродовж виконання операції Op основними компонентами схеми її виконання $Sch(Op)$ будуть спільні маневри певних виконавців u_1, \dots, u_n , які відображаються у відповідних сценаріях W_1, \dots, W_n та повинні бути синхронізованими у часі та просторі. Такі спільні маневри звичайно називають тактичними (tactics).

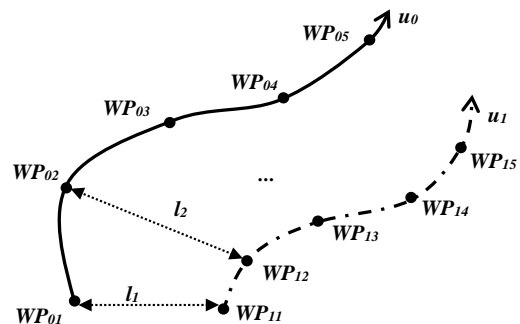


Рис. 2. Траєкторії руху БА u_0, u_1 та їх обмеження

Пошук нового, релевантного поточній ситуації сценарію $W\zeta$ за умов дотримання заданої просторової конфігурації $Shp(En)$ та усіх накладених обмежень L є завданням сценарно-прецедентної системи управління.

На вході динамічна сценарно-прецедентна система керування приймає потік подій, що визначає поточну ситуацію (рис. 3).

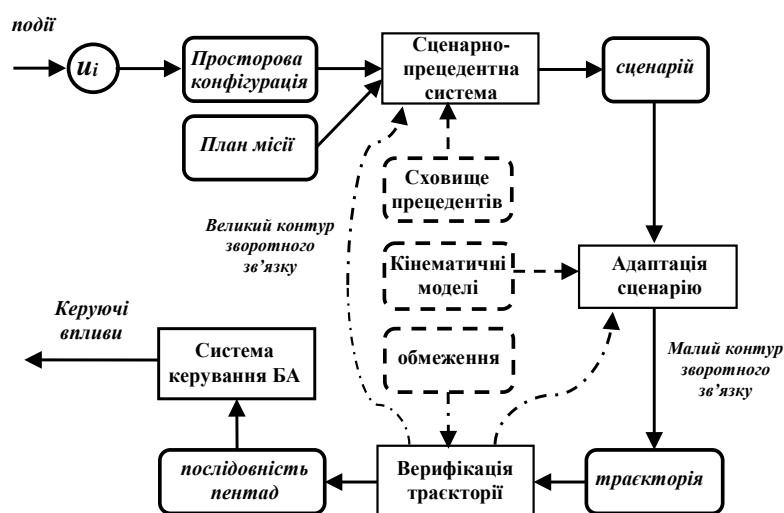


Рис. 3. Послідовність обробки інформації у динамічній сценарно-прецедентній системі

На підставі плану місії та опису поточної ситуації сценарно-прецедентна система виконує пошук прецеденту за стереотипом ситуації (case-based reasoning, CBR). Результатом пошуку є сценарій, який має бути адаптований за допомогою кінематичної моделі. Для реалізації фази адаптації має використовуватися окремий модуль, що реалізує виведення за моделями (model-based reasoning, MBR). Результатом адаптації є побудована траєкторія руху, яку надалі необхідно верифікувати для перевірки дотримання заданих обмежень. Для цього використовується спеціальний модуль, що вирішує задачу дотримання обмежень (constraint satisfaction problem, CSP). Якщо знайдено траєкторія відповідає всім наявним обмеженням, траєкторія перетворюється у послідовність пентад та передається у систему керування БА для подальшого формування керуючих впливів на актуатори БА. Якщо певні обмеження порушено, за допомогою «малого контуру» зворотного зв'язку система робить спробу виконати адаптацію сценарію з новими умовами. Як правило, цей контур зворотного зв'язку дозволяє успішно вирішити задачу адаптації/верифікації рішення. Якщо ж задача

не вирішується за певне (невелике) число кроків, має бути задіяним «великий контур» зворотного зв'язку, за яким проводиться спроба знайти інший сценарій, релевантний поточній ситуації.

Структуру сценарно-прецедентної системи керування спільним рухом БА представлено на рис. 4. Вона складається з модуля пошуку сценаріїв за прецедентами, модуля адаптації за моделями, модуля перевірки дотримання обмежень, сховища прецедентів та множини кінематичних моделей.

На рис. 5 представлено архітектуру гібридної сценарно-прецедентної системи керування спільним рухом БА. Модулі, що виконують пошук рішень за прецедентами, адаптацію рішень та верифікацію рішень, віднесено до бортової системи керування БА.

В той же час сумісно використовувані сховище прецедентів, бібліотека кінематичних моделей, набір обмежень та поточні плани операції і місії окремих БА, обсяг яких значно перевищує можливості бортових комп'ютерів, віднесено до берегової (або наземної) станції керування ансамблем БА, в якій може використовуватися комп'ютерне обладнання значно більшої

потужності. Це дозволяє перенести за межі бортового обладнання також і доволі «важкі» процеси, які відпо-

відають за аналіз, навчання та накопичення прецендентів.

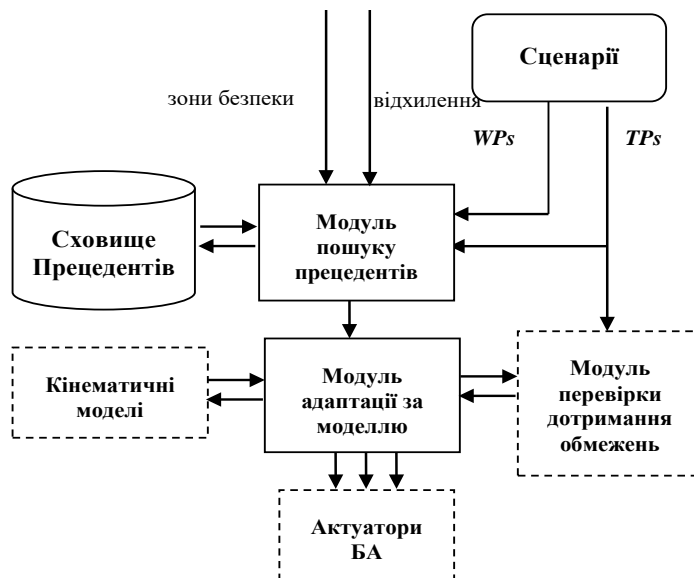


Рис. 4. Структура сценарно-прецендентної системи керування спільним рухом БА

Обмін інформацією здійснюється через комунікаційний інтерфейс прийомом-передачею повідомлень у форматі XML. Сценарії та тригери для кожного класу

подій записуються мовою опису сценаріїв SCDL, надбудованою над XML.

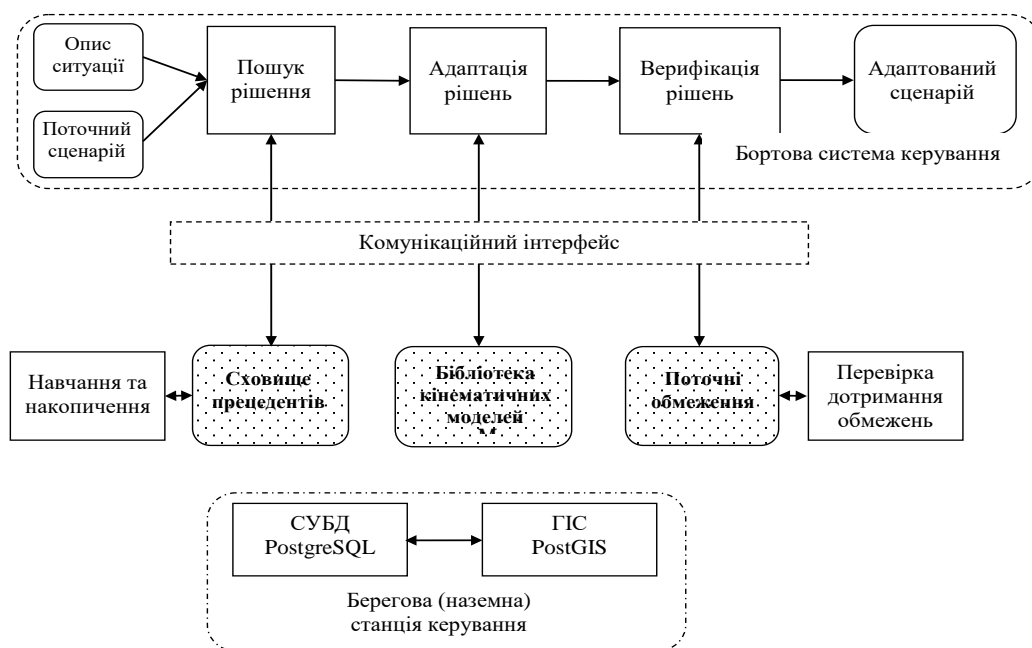


Рис. 5. Архітектура сценарно-прецендентної системи керування спільним рухом БА

Таким чином, керування спільним рухом гетерогенного ансамблю БА є складним багаторівневим процесом, що включає:

- *стратегічний* (операційний) рівень, який призначений для вибору адекватного плану операції і відповідних планів місії на основі просторової конфігурації $V(t)$. Схема виконання операції $Sch(Op)$ налаштовується до $Str(En)$ та $Shp(En)$ в процесі адаптації планів. Потім схема $Sch(Op)$ розкладається на множину сценаріїв, відповідно W_k для всіх ролей $r_k \in R$, призначених БА $u_k \in Str(En)$, і кожен з БА починає виконувати свій сценарій.

- *тактичний* рівень, на якому безпосередньо виконуються сценарії. Кожен сценарій перетворюється у послідовність пентад $\langle t_l, Pos(u_k), F(u_k, t_l), j_j, t_j \rangle$ з урахуванням усіх наявних навігаційних, ситуаційних та часових обмежень. Зокрема, на цьому рівні здійснюється контроль припустимості щодо кожної позиції в пентадах, оскільки БА не повинні потрапляти в небезпечні зони. На цьому рівні сценарно-прецедентна система отримує всі потоки подій та перевіряє просторову конфігурацію $V(t)$. У випадку наявних змін просторо-

вої конфігурації розпочинається пошук нового плану місії для всіх БА, яких ці зміни стосуються. В іншому випадку, на цьому рівні узгоджуються позиції та терміни виконання спільних маневрів відповідно до обраних сценаріїв БА.

- *рівень керування* БА, на якому безпосередньо виконується перетворення пентад у послідовності керуючих дій низького рівня. Цей рівень отримує послідовність пентад на вході і генерує відповідні значення певних параметрів P_{li}, \dots, P_{vj} множини актуаторів ac_l, \dots, ac_v кожного БА u_k на виході.

Всі три рівня можуть бути реалізовані на основі спільного функціонування сценарно-прецедентного модуля, модуля кінематичних моделей та модуля перевірки дотримання обмежень. Модуль, що виконує висновок на основі кінематичної моделі, є головним, тоді як сценарно-прецедентний модуль є підпорядкованим. Процес верифікації рішень прецедентів використовує алгоритм задоволення критичних просторових та часових обмежень.

На рис. 6 представлено загальну структуру бортової системи управління БА з використанням сценарно-прецедентної системи керування спільним рухом.

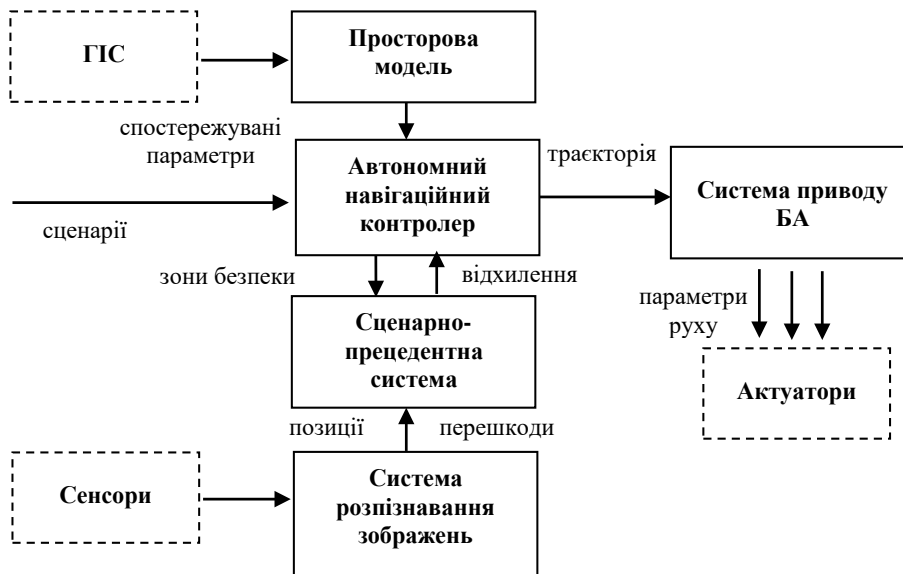


Рис. 6. Загальна структура бортової системи управління БА з використанням сценарно-прецедентної системи керування спільним рухом

Прототип бортової системи управління безпілотником реалізовано на основі вбудованого мікроконтролера STM32F429 (процесор Cortex M4 180 МГц, внутрішня оперативна пам'ять 256 Кб та флеш-пам'ять 2 Мб, зовнішній модуль пам'яті QSPI Flash N25Q512). Для розробки програмних засобів було використано інструментарій GNU для вбудованих процесорів ARM (в т.ч. мову програмування C++ під Linux). В прототипі центру управління ансамблем безпілотників використано сервер HP ProLiant ML350 (Intel Xeon E5-2620, 8 ядер до 3 ГГц) з системою управління базами даних PostgreSQL та ГІС-системою PostGIS який містив сховище прецедентів.

Висновки

В статті розглянуто особливості керування спільним рухом великої групи БА, що рухаються у спільному 3-D просторі в межах різних середовищ. Розроблено модель керування спільним рухом гетерогенних ансамблів БА у реальному часі за допомогою гібридної динамічної сценарно-прецедентної системи та представлено архітектуру прототипу цієї системи.

Запропонована система керування є частиною складної бортової системи управління БА, яка може пілотувати його за певною траєкторією, що визначається сценарієм, відповідним до ролі даного БА у ансамблі, його місії та поточної просторової конфігурації, яка має відповідати умовам безпеки.

Новизна запропонованого підходу полягає у розробці гібридної моделі сценарно-прецедентного по-

шуку рішень, що заснована на принципах пасивного керування, та комбінує сценарно-прецедентний пошук рішень з їх адаптацією на основі кінематичних моделей та верифікацією з перевіркою дотримання заданих обмежень. Ця модель має обчислювальну складність, яка слабко залежить від числа динамічних об'єктів, які одночасно рухаються, та є працездатною у 3-D просторі.

Практична значимість запропонованого підходу полягає в тому, що він дає можливість вирішувати задачу керування спільним рухом БА у гетерогенних ансамблях в умовах реального часу, змінюючи призначені БА сценарії активності «на льоту», замінюючи, додаючи або видаляючи певні послідовності дій та синхронізуючи їх у часі й просторі, що дозволяє БА спільно маневрувати, уникаючи зіткнень, перешкод тощо. Це дозволяє отримувати адекватні і своєчасні реакції ансамбля БА на динамічні та ситуаційні збурення, яких зазнають окремі БА ансамблю внаслідок непередбачуваності середовища.

Запропонований підхід суттєво зменшує обчислювальну складність вирішення проблем. Спираючись на опис поточної просторової конфігурації та використовуючи кінематичну модель БА, він дозволяє отримувати елементи безпечних траєкторій БА, що входять до гетерогенного ансамблю, які максимально підтримують задану структурну та геометричну конфігурацію та компенсують виникаючі збурення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Sherstjuk, V. (2015). Scenario-Case Coordinated Control of Heterogeneous Ensembles of Unmanned Aerial Vehicles. In *Proceedings of the 2015 IEEE 3rd International Conference on Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments* (pp. 275–279). <https://doi.org/10.1109/APUAVD.2015.7346620>
2. Cruz, G.C.S., & Encarnação, P.M.M. (2012). Obstacle Avoidance for Unmanned Aerial Vehicles. *Journal of Intelligent Robotic Systems*, 65(1-4), 203–217. <https://doi.org/10.1007/s10846-011-9587-z>
3. Lapiere, L., Zapata, R., & Lepinay, P. (2007). Combined Path-following and Obstacle Avoidance Control of a Wheeled Robot. *International Journal of Robotics Research*, 26(4), 361–375. <https://doi.org/10.1177/0278364907076790>
4. Carvalhosa, S., Pedro Aguiar, A., & Pascoal, A. (2010). Cooperative Motion Control of Multiple Autonomous Marine Vehicles: Collision Avoidance in Dynamic Environments. *IFAC Proceedings Volumes*, 43(16), 395–400. <https://doi.org/10.3182/20100906-3-IT-2019.00069>
5. Ge, S.S., Lai, X.-C., & Ai Mamun, A. (2007). Sensor-based path planning for nonholonomic mobile robots subject to dynamic constraints. *Robotics and Autonomous Systems*, 55(7), 513–526. <https://doi.org/10.1016/j.robot.2007.02.003>
6. Skowron, M., Chmielowiec, W., Glowacka, K., Krupa, M., & Srebro, A. (2019). Sense and avoid for small unmanned aircraft systems: Research on methods and best practices. *Journal of Aerospace Engineering*, 233(16), 6044–6062. <https://doi.org/10.1177/0954410019867802>
7. Orefice, M., Di Vito, V., & Torrano, G. (2015). Sense and Avoid: Systems and Methods. In *Encyclopedia of Aerospace Engineering*, J. Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9780470686652.eae1149>
8. Tsourveloudis, N.C., Doitsidis, L., & Valavanis, K.P. (2005). Autonomous Navigation of Unmanned Vehicles: A Fuzzy Logic Perspective. In *Cutting Edge Robotics*, IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/4654>

9. Lyu, Y., Pan, Q., Zhao, C., Yu, C., & Hu, J. (2016). A UAV Sense and Avoid System Design Method Based on Software Simulation. In *Proceedings of 2016 International Conference on Unmanned Aircraft Systems* (pp. 572–579). <https://doi.org/10.1109/ICUAS.2016.7502673>
10. Häusler, A.J., Saccon, A., Pedro Aguiar, A., Hauser, J., & Pascoal, A. (2012). Cooperative Motion Planning for Multiple Autonomous Marine Vehicles. *IFAC Proceedings Volumes*, 45(27), 244–249. <https://doi.org/10.3182/20120919-3-IT-2046.00042>
11. Polvara, R., Sharma, S., Wan, J., Manning, A., & Sutton, R. (2018). Obstacle Avoidance Approaches for Autonomous Navigation of Unmanned Surface Vehicles. *Journal of Navigation*, 71(1), 241–256. <https://doi.org/10.1017/S0373463317000753>
12. Hoy, M., Matveev, A., & Savkin, A. (2015). Algorithms for Collision-Free Navigation of Mobile Robots in Complex Cluttered Environments: A Survey. *Robotica*, 33(3), 463–497. <https://doi.org/10.1017/S0263574714000289>
13. Chakravarthy, A., & Ghose, D. (1998). Obstacle avoidance in a dynamic environment: a collision cone approach. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part A: Systems and Humans*, 28(5), 562–574. <https://doi.org/10.1109/3468.709600>
14. Pietrzykowski, Z., & Uriasz, J. (2009). The Ship Domain – A Criterion of Navigational Safety Assessment in an Open Sea Area. *Journal of Navigation*, 62, 93–108. <https://doi.org/10.1017/S0373463308005018>
15. Song, L., Chen, Z., Dong, Z., Xiang, Z., Mao, Y., Su, Y., & Hu, K. (2019). Collision avoidance planning for unmanned surface vehicle based on eccentric expansion. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 16(3). <https://doi.org/10.1177/1729881419851945>
16. Zak, B. (2004). The Problems of Collision Avoidance at Sea in the Formulation of Complex Motion Principles. *International Journal of Applied Mathematics and Computer Science*, 14(4), 503–514.
17. Liu, Y., Yang, C., & Du, X. (2008). A CBR-based Approach for Ship Collision Avoidance. In: *New Frontiers in Applied Artificial Intelligence, Lecture Notes In Artificial Intelligence*, 5027, 687–697. https://doi.org/10.1007/978-3-540-69052-8_72
18. Шерстюк, В. (2013). Сценарно-прецедентное управление эргатическими динамическими объектами. Lambert Academic Publishing.
19. Шерстюк, В. (2015). Модель вывода по прецедентам в интеллектуальной системе «Муссон». *Штучний інтелект*, 1-2, 103–111.
20. Шерстюк, В. (2012). Динамический отбор прецедентов в интеллектуальной системе «Муссон». *Штучний інтелект*, 4, 392–403.
21. Zharikova, M., & Sherstjuk, V. (2016). Case-based Approach to Intelligent Safety Domains Assessment for Joint Motion of Vehicles Ensembles. In *Proceedings of the 4th International Conference on Methods and Systems of Navigation and Motion Control* (pp. 245–250). <https://doi.org/10.1109/MSNMC.2016.7783153>
22. Шерстюк, В. (2012). Основы теории динамических сценарно-прецедентных интеллектуальных систем. Феникс.
23. Sherstjuk, V., Zharikova, M., & Sokol, I. (2018). Forest Fire-Fighting Monitoring System Based on UAV team and Remote Sensing. In *Proceedings of 2018 IEEE 38th International Conference on Electronics and Nanotechnology* (pp. 99–106). <https://doi.org/10.1109/ELNANO.2018.8477527>

MODEL OF SCENARIO-CASE CONTROL OF COOPERATIVE MOTION OF LARGE HETEROGENEOUS ENSEMBLES OF DRONES IN REAL TIME

Volodymyr Sherstiuk

Doctor of Technical Sciences, Professor, KNTU, Kherson, Ukraine
Email: vgsherstyuk@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9096-2582

Sokol Ihor

PhD., Associate professor, Doctoral candidate, Kherson National Technical University, Ukraine
ORCID: 0000-0002-7324-1441

Husiev Viktor

PhD, Associate Professor, Head of the College of Kherson State Maritime Academy ORCID: 0000-0001-7775-2276

Ruslan Levkivskyi

Deputy Head of the Kherson State Maritime Academy College ORCID: 0000-0003-3114-179X

Abstract. The paper considers the peculiarities of simultaneous motion control of a large group of unmanned vehicles moving in the common 3-D space within different environments. A model of the joint motion control of heterogeneous unmanned vehicles in real time using a hybrid dynamic scenario-case system is developed and the prototype architecture of such system is presented. The proposed joint motion control system is a part of the complex onboard control system that can pilot an unmanned vehicle on a specific trajectory, which is determined by the scenario with respect to the role of the unmanned vehicle in the ensemble, its mission and a current spatial configuration, which should meet the safety requirements. To solve the problem, we used the methods of scenario-case approach, model-based reasoning, and constraint satisfaction. The novelty

of the proposed approach is to develop a hybrid model of finding case-based solutions based on passive control principles, and combine scenario-case search of solutions with their adaptation based on kinematic models and verification of specified constraints satisfaction. The model has a computational complexity that is weakly dependent on the number of dynamic moving objects and is capable to work in 3-D space. The practical relevance of the proposed approach is that it enables the joint motion control of unmanned vehicles in heterogeneous ensembles in real time by changing “on-the-fly” activity scenarios assigned to unmanned vehicles, replacing, adding or removing specific action sequences and synchronizing them allowing unmanned vehicles to maneuver together avoiding collisions, obstacles, etc. This allows to obtain adequate and timely reactions of the ensemble of unmanned vehicles to the dynamic and situational perturbations experienced by the individual vehicle due to the unpredictability of the environment. The proposed approach significantly reduces the computational complexity of problem solving. Based on the description of the current spatial configuration and using the kinematic model of unmanned vehicles, it allows to obtain safe elements of the trajectories of vehicles, which are the parts of the heterogeneous ensemble, and support the given structural and geometric configuration maximally compensating perturbations simultaneously.

Keywords: trajectory, joint motion, plan, scenario, case, constraints, perturbations, maneuver.

МОДЕЛЬ СЦЕНАРНО-ПРЕЦЕДЕНТНОГО УПРАВЛЕНИЯ ОБЩИМ ДВИЖЕНИЕМ БОЛЬШИХ ГЕТЕРОГЕННЫХ АНСАМБЛЕЙ БЕСПИЛОТНЫХ АППАРАТОВ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

Владимир Шерстюк

д.т.н., профессор, Херсонский национальный технический университет, Украина,
Email:vgsherstyuk@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9096-2582

Игорь Сокол

к.т.н., доцент, докторант Херсонского национального технического университета
ORCID: 0000-0002-7324-1441

Виктор Гусев

к.т.н., доцент, начальник колледжа Херсонской государственной морской академии
ORCID: 0000-0001-7775-2276

Руслан Левковский

Зам. начальника колледжа Херсонской государственной морской академии
ORCID: 0000-0003-3114-179X

Аннотация. В статье рассмотрены особенности управления одновременным движением большой группы беспилотных аппаратов, движущихся в общем 3-D пространстве в рамках различных сред. Разработана модель управления совместным движением гетерогенных ансамблей беспилотных аппаратов в реальном времени с помощью гибридной динамической сценарно-прецедентной системы, представлена архитектура прототипа этой системы. Предложенная система управления совместным движением является частью сложной бортовой системы управления беспилотных аппаратов, она может пилотировать беспилотник по определенной траектории, определяемой сценарию, соответствующему роли данного беспилотного аппарата в ансамбле, его миссии и текущей пространственной конфигурации, соответствующей условиям безопасности. Для решения задачи используются методы сценарно-прецедентного подхода, получения выводов на основе моделей, и проверки удовлетворения ограничений. Новизна предложенного подхода заключается в разработке гибридной модели сценарно-прецедентного поиска решений, основанной на пассивных принципах управления, и комбинирующей сценарно-

прецедентный поиск решений с их адаптацией на основе кинематических моделей и верификацией для проверки удовлетворения заданных ограничений. Модель имеет вычислительную сложность, слабо зависящую от числа динамических объектов, которые одновременно движутся, и является работоспособной в 3-D пространстве. Практическая значимость предложенного подхода заключается в том, что он дает возможность решать задачу управления совместным движением беспилотных аппаратов в гетерогенных ансамблях в условиях реального времени, изменяя назначенные сценарии активности «на лету», заменяя, добавляя или удаляя определенные последовательности действий и синхронизируя их во времени и пространстве, что позволяет беспилотным аппаратам совместно маневрировать, избегая столкновений, препятствий и т.д. Это позволяет получать адекватные и своевременные реакции ансамбля беспилотных аппаратов на динамические и ситуационные возмущения, которые испытывают отдельные беспилотники ансамбля из-за непредсказуемости среды. Предложенный подход существенно уменьшает вычислительную сложность решения задачи. Опираясь на описание текущей пространственной конфигурации и используя кинематические модели беспилотных аппаратов, он позволяет получать элементы безопасных траекторий беспилотников, входящих в гетерогенный ансамбль, и максимально поддерживает заданную структурную и геометрическую конфигурацию, компенсируя возникающие возмущения.

Ключевые слова: траектория, совместное движение, план, сценарий, прецедент, ограничения, возмущения, маневр.

REFERENCES:

1. Sherstjuk V. Scenario-Case Coordinated Control of Heterogeneous Ensembles of Unmanned Aerial Vehicles. *Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments: Proceedings of the 2015 IEEE 3rd International Conference*. Kyiv, 2015. Pp. 275–279. <https://doi.org/10.1109/APUAVD.2015.7346620>
2. Cruz G.C.S., Encarnação P.M.M. Obstacle Avoidance for Unmanned Aerial Vehicles. *Journal of Intelligent Robotic Systems*. 2012. Vol. 65(1-4). Pp. 203–217. <https://doi.org/10.1007/s10846-011-9587-z>
3. Lapiere L., Zapata R., Lepinay P. Combined Path-following and Obstacle Avoidance Control of a Wheeled Robot. *International Journal of Robotics Research*. 2007. Vol. 26(4). Pp. 361–375. <https://doi.org/10.1177/0278364907076790>
4. Carvalhosa S., Pedro Aguiar A., Pascoal A. Cooperative Motion Control of Multiple Autonomous Marine Vehicles: Collision Avoidance in Dynamic Environments. *IFAC Proceedings Volumes*. 2010. Vol. 43(16). Pp. 395–400. <https://doi.org/10.3182/20100906-3-IT-2019.00069>
5. Ge S.S., Lai X.-C., Ai Mamun A. Sensor-based path planning for nonholonomic mobile robots subject to dynamic constraints. *Robotics and Autonomous Systems*. 2007. Vol. 55(7). Pp. 513–526. <https://doi.org/10.1016/j.robot.2007.02.003>
6. Skowron M., Chmielowiec W., Glowacka K., Krupa M., Srebro A. Sense and avoid for small unmanned aircraft systems: Research on methods and best practices. *Journal of Aerospace Engineering*. 2019. Vol. 233(16). Pp. 6044–6062. <https://doi.org/10.1177/0954410019867802>
7. Orefice M., Di Vito V., Torrano G. Sense and Avoid: Systems and Methods. *Encyclopedia of Aerospace Engineering*. J. Wiley & Sons, 2015. <https://doi.org/10.1002/9780470686652.eae1149>
8. Tsourveloudis N.C., Doitsidis L., Valavanis K.P. Autonomous Navigation of Unmanned Vehicles: A Fuzzy Logic Perspective. *Cutting Edge Robotics*. IntechOpen, 2005. <https://doi.org/10.5772/4654>
9. Lyu Y., Pan Q., Zhao C., Yu C., Hu J. A UAV Sense and Avoid System Design Method Based on Software Simulation. *Unmanned Aircraft Systems: Proceedings of 2016 International Conference*. Arlington, 2016. Pp. 572–579. <https://doi.org/10.1109/ICUAS.2016.7502673>
10. Häusler A.J., Saccon A., Pedro Aguiar A., Hauser J., Pascoal A. Cooperative Motion Planning for Multiple Autonomous Marine Vehicles. *IFAC Proceedings Volumes*. 2012. Vol. 45(27). Pp. 244–249. <https://doi.org/10.3182/20120919-3-IT-2046.00042>
11. Polvara R., Sharma S., Wan J., Manning A., Sutton R. Obstacle Avoidance Approaches for Autonomous Navigation of Unmanned Surface Vehicles. *Journal of Navigation*. 2018. Vol. 71(1). Pp. 241–256. <https://doi.org/10.1017/S0373463317000753>
12. Hoy M., Matveev A., Savkin A. Algorithms for Collision-Free Navigation of Mobile Robots in Complex Cluttered Environments: A Survey. *Robotica*. 2015. Vol. 33(3). Pp. 463–497. <https://doi.org/10.1017/S0263574714000289>
13. Chakravarthy A., Ghose D. Obstacle avoidance in a dynamic environment: a collision cone approach. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part A: Systems and Humans*. 1998. Vol. 28(5). Pp. 562–574. <https://doi.org/10.1109/3468.709600>
14. Pietrzykowski Z., Uriasz J. The Ship Domain – A Criterion of Navigational Safety Assessment in an Open Sea Area. *Journal of Navigation*. 2009. Vol. 62. Pp. 93–108. <https://doi.org/10.1017/S0373463308005018>
15. Song L., Chen Z., Dong Z., Xiang Z., Mao Y., Su Y., Hu K. Collision avoidance planning for unmanned surface vehicle based on eccentric expansion. *International Journal of Advanced Robotic Systems*. 2019. Vol. 16(3). <https://doi.org/10.1177/1729881419851945>

16. Zak B. The Problems of Collision Avoidance at Sea in the Formulation of Complex Motion Principles. *International Journal of Applied Mathematics and Computer Science*. 2004. Vol. 14(4). Pp. 503–514.
17. Liu Y., Yang C., Du X. A CBR-based Approach for Ship Collision Avoidance. *New Frontiers in Applied Artificial Intelligence: Lecture Notes In Artificial Intelligence*. 2008. Vol. 5027. Pp. 687–697. https://doi.org/10.1007/978-3-540-69052-8_72
18. Шерстюк В.Г. Сценарно-прецедентное управление эргатическими динамическими объектами. Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2013. 407 с.
19. Шерстюк В.Г. Модель вывода по прецедентам в интеллектуальной системе «Муссон». *Штучний інтелект*. 2015. №1-2. С. 103–111.
20. Шерстюк, В.Г. Динамический отбор прецедентов в интеллектуальной системе «Муссон». *Штучний інтелект*. 2012. №4. С. 392–403.
21. Zharikova M., Sherstjuk V. Case-based Approach to Intelligent Safety Domains Assessment for Joint Motion of Vehicles Ensembles. *Methods and Systems of Navigation and Motion Control: Proceedings of the 4th International Conference*. Kyiv, 2016. Pp. 245–250. <https://doi.org/10.1109/MSNMC.2016.7783153>
22. Шерстюк В.Г. Основы теории динамических сценарно-прецедентных интеллектуальных систем. Херсон: Феникс, 2012. 476 с.
23. Sherstjuk V., Zharikova M., Sokol I. Forest Fire-Fighting Monitoring System Based on UAV team and Remote Sensing. *Electronics and Nanotechnology: Proceedings of 2018 IEEE 38th International Conference*. Kyiv, 2018. Pp. 99–106. <https://doi.org/10.1109/ELNANO.2018.8477527>

RISK ANALYSIS SYSTEM

UDC 681.5

DOI: <https://doi.org/10.35546/2313-0687.2019.25.18-29>**Ohnieva Oksana**

Ph.D., Associate Professor of the Software Tools and Technology Department,
Kherson National Technical University, Kherson, Ukraine, ORCID ID: 0000-0001-6206-0285, **E-mail:** Oksana_Ognieva@meta.ua;

Vyshemyrska Svitlana

Ph.D., Associate Professor of the Computer Science Department,
Kherson National Technical University, Kherson, Ukraine, ORCID ID: 0000-0002-6343-7512, **E-mail:** printvvs@gmail.com;

Papusha Roman

PhD student, Kherson National Technical University, Kherson, Ukraine, **E-mail:** drfailov21@gmail.com

Abstract. Nowadays uniting the efforts of all interested parties and authorities in preparation and making informed decisions in the field of public safety, government, territories, natural environment acquires special actuality. Systematic logically reasonable construction of failures of system elements that can lead to a failure requires a full understanding of the nature and operation of the system of possible failures of its elements.

The purpose of the study is to identify a system of related methodic materials (approved methods) that define the stages and their corresponding methods of assessing the risks of emergencies associated with exposure to damaging factors caused by fires, explosions and releases of toxic substances used in the risk assessment techniques and tools and set standards acceptable levels of risk of emergencies.

Research methods. The article considers the possibility of using logical-graphic schemes (dendrograms) for correct identification of the dangers of objects. The task of deciding to assess the risk of an emergency in the context of financial damage caused can be solved on the basis of a fuzzy game model.

The main results of research. Systematic logically reasonable construction of failures of system elements that can lead to a failure requires a full understanding of the nature and operation of the system of possible failures of its elements. Inclusion into the tree of failures the external causes further requires the understanding of the connection of the analyzed system with other technical systems and natural events. Together, this causes the involvement of special experts into the construction and analysis of fault trees. The task of deciding to assess the risk of an emergency in the context of financial damage caused can be solved on the basis of a fuzzy game model.

Scientific novelty. The system is based on the principle of developing a compromise between accuracy and ease of assessment calculations, so there is a possibility of simplified calculation of the maximum possible number of victims in emergency situations (number of people killed or damage to health) without significant loss of accuracy.

Practical significance. Nowadays uniting the efforts of all interested parties and authorities in preparation and making informed decisions in the field of public safety, government, territories, natural environment acquires special actuality.

Keywords: risk, optimization, emergency situations, fuzzy game model.

Problem Statement. Nowadays uniting the efforts of all interested parties and authorities in preparation and making informed decisions in the field of public safety, government, territories, natural environment acquires special actuality. This is also the work in increasing public awareness, public authorities and the analysis of the organization, risk control, risk acceptance. This is also the independent examination and the development of programs, projects, promising ideas, technical solutions, regulatory documents. As well as these are scientific and research activities.

Review of the Literature. The issues of management in emergency situations and the construction of information systems for decision-making in emergency situations are devoted to the study and publication of many scientists and specialists – A.N. Yelokhina, A.V. Izmalkov, V.V. Kulby, V.I. Vasilyeva, B.N. Porfiriev, R.Z. Khamitova, M.A. Shakhramyan, I.Yu. Yusupova, V.G. Krymsky and others.

In recent years, scientific and practical developments in the field of risk management have been actively developed abroad, among which are the works of J. Apostalakis, L. Gossen, S. Guaro, R. Cook, H. Kumamoto, F. Lissa, Marshall, G. Saver, E. Henley and others.

Nevertheless, the range of unresolved problems in this area is still quite wide. The difficulty of solving the problem of modeling and management in emergency situations is due to the fact that the nature of the development of a particular emergency situation is purely individual, and its development takes place under conditions of uncertainty.

The aim of the paper is to identify a system of related methodic materials (approved methods) that define the stages and their corresponding methods of assessing the risks of emergencies associated with exposure to damaging factors caused by fires, explosions and releases of toxic substances used in the risk assessment techniques and tools and set standards acceptable levels of risk of emergencies. The system is based on the principle of developing a compromise between accuracy and ease of assessment calculations, so there is a possibility of simplified calculation of the maximum possible number of victims in emergency situations (number of people killed or damage to health) without significant loss of accuracy.

Presentation of research material. Critically important objects may be at risk and endangered danger (as you can see at figure 1).



Fig. 1. Threats to critical facilities [1; 4]

The specific part of the territory, depending on the degree of risk can be attributed to one of the four types of risk areas:

- unacceptable risk zone (prohibitive) - this is the territory where the presence of people is not permitted, except for persons providing an appropriate organizational, social and technical actions (special construction of engineering structures, the introduction of additional protection, monitoring, alerts, etc.), aimed at reducing the risk to an acceptable level. New construction is not allowed, regardless of the possible economic and social benefits of a particular type of economic activity, with the exception of defense facilities, the state border guarding or objects functioning automatically. The relocation of people to safe areas is routinely performed.

- high-risk area - a territory which allowed temporary staying of limited number of people associated with the performance of official duties. New residential and industrial construction is allowed in exceptional cases by the decision of the heads of the administration or executive with mandatory implementation of a set of special measures to reduce risk to an acceptable level, mandatory risk control and prevention of emergency situations.

- conditionally acceptable risk zone - the area where construction and the location of new residential, social and industrial facilities is allowed, in case of obligatory performance of a complex of additional measures to reduce the risk.

- acceptable risk zone - territory on which any construction and location of population is allowed.

Determination of risk factors in the operation of critical facilities (CEP) is based on the result analysis of certification or declaration of safety of the facility. Depending on the result of a critically important object can be in one of three areas of risk:

- unacceptable risk area (area of strict regulation and risk control) - optional quantitative analysis of risk,

requires special measures to ensure protection of critical facilities;

- high risk area (area of economic regulation and risk management) - a quantitative risk analysis is mandatory, requires to take certain measures to ensure the security of the object;

- acceptable risk area (area with no need of risk management) - analysis and the adoption of special additional security measures are required.

The risk assessment of an emergency is divided into five consecutive steps (fig.2):

- identification of dangers;
- construction of damaging factors fields;
- selection of defeat criteria;
- assessment of the effects of exposure to damaging factors;
- calculation of risk indicators.

Danger identification.

The task of this stage - to identify and clearly describe all the dangers sources and ways (scenarios) of their implementation. This is crucial stage of the risk assessment, since not identified at this stage dangers are not exposed to the further consideration and disappear from view.

The results of dangers identification stage are:

- a list of adverse events;
- description of hazards, risk factors, conditions of occurrence and development of adverse events (e.g., scenarios of possible accidents), including an assessment of implementation of the frequency of occurrence of each of the scenarios and the development of the accident;

- preliminary hazard and risk assessment. When dangers identification of the object performed, which is not a complex technical system, it is acceptable to use a method of quality dangers assessments, detailed in [2,10].

The emergence and development of emergencies in objects of a complex technical system, is determined by a combination of random events occurring at different rates and at different stages.

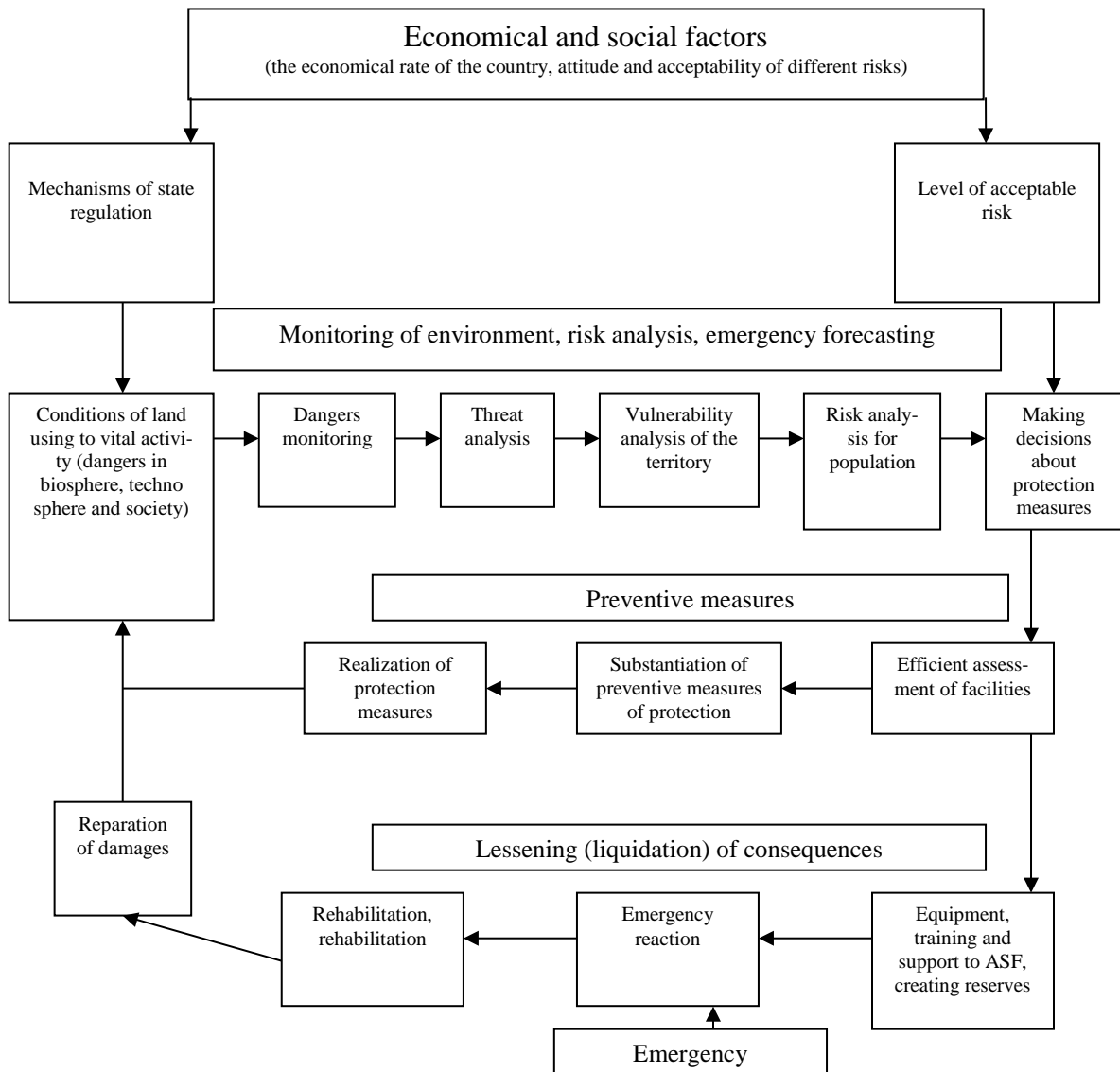


Fig. 2. The structure of control system of the natural and technogenic risks [4]

Correct identification of the dangers of this type of objects is possible in the case of quantitative risk analysis, based on the use of logical-graphic schemes (dendrograms):

- “fault trees” identify the causal chain of events that led to the appearance of an emergency;
- “trees of events” identify the sequence of the outgoing head events determining the feasibility of a scenario of an emergency.

Evaluation of the frequency of occurrence of different scenarios and the development of the accident presupposes

data on the frequency of primary failures (triggering events), the mutual influences of element failures and other similar information that can be obtained from:

- the technical documentation (for components and assemblies);
- statistics (for accident and reliability of technological systems and natural phenomena);
- expert specialists assessment.

Construction of damaging factors fields.

The main parameters affecting the factors taken into account when calculating the risk markers of emergency

due to fires, explosions and releases of toxic substances, presented in [4]. Also, in [4], the sources are recommended for use in constructing the fields affecting factors in the case of propagation of the shock wave thermal radiation and pollutants in three-dimensional space (the atmosphere).

To calculate the damaging factors fields in the development of emergency in a two-dimensional or one-dimensional space (for example, filling of oil on the surface or contact with soluble emergency chemically hazardous substances in open watercourses) qualitatively different mathematical models needed. Some of them are presented in the relevant teaching materials for assessment of impacts [4].

Selection criteria for the lesion

In assessing the effects of damaging factors on a man, the environment and the different objects can be used as deterministic destruction criteria and probability.

When calculating on the basis of risk indicators lesion fields constructed in accordance with recommended [6] sources probabilistic metrics used. Guidelines for the selection criteria of probability of adverse effects of assessment factors are presented in [3,5].

Deterministic criteria destruction used, including when assessing the effects of damaging factors in the environment, are also presented in the relevant methodic materials [6].

Assessment of the impacts of the damaging factors

The effects of an emergency situation refer to:

- the number of victims among the staff and the population living on the territory adjacent to the fire and explosion danger and chemically dangerous objects or routes of transportation of dangerous loads;
- material and environmental and economic damage associated with exposure to damaging factors of an emergency on the property of the state, individuals and legal entities, and the environment.

The number of victims - is the number of people killed and/or received health damage by the emergency, i.e. the amount of irrecoverable loss and health [11-12]. Estimation of the number of victims in emergency situations of technogenic character can be done, following [4].

The calculation of risk indicators

The main risk factors are:

- individual risk;
- collective risk;

- social risk;
- material risk;
- economic risk.

The physical meaning of individual risk can be expressed as the frequency of lesions of separate person as a result of the impact of the total of the studied danger factors at a given point of space. Individual risk - a function defined on a surface adjacent to a dangerous object.

Through individual risk, knowing the density of the population distribution and / or staff at the surface adjacent to the risk, collective risk can be expressed. [9]. Collective risk so, in fact, is the math expectation of a discrete accidental human values. By analogy with the collective risk, the material risk determined - the expectation of a discrete random variable material damage.

Guidelines for the construction and analysis "fault trees"

1. General characteristics of the method

The method of quantitative risk analysis, based on logic-graphic circuit "fault tree" is used to analyze the possible causes and underlying causes of an emergency (accidental) situation and calculate its frequency.

The tree of faults - a graphical representation of logical connections between emergency situations and events, initiating them. Fault Tree Construction is a process of "reverse comprehension", that is, since the accident, or other undesirable event (often referred to as the upper undesirable event and / or the parent event) covers development that may lead to its realization. Then we study the causes of these events, and so on, until you have identified all of the primary initiating events. The result of applying this method is to determine the frequency of emergency (accidental) situations. It is also recommended to determine the minimum combination of events that determine the occurrence of an accident, or the inability (minimum bandwidth and a combination of interception, respectively).

2. Fault Tree Structure

Fault tree structure includes one parent event (accident, incident), which connects with a set of relevant previous events (failures errors, adverse external influences), which form a causal chain. For communication between the events in the "nodes" of trees used logical signs "AND" and "OR". Logic symbol "AND" means that the higher-level event occurs during the lower occurrence of events (equiva-

lent to multiplying their probability to estimate the probability of a superior event). The sign "OR" means that the higher-level event may occur due to the occurrence of one of the lower-level events.

Fault tree elements can be divided into three groups:

- primary failures or triggering events;
- secondary failures;
- control failures.

The primary failures are events that took place under conditions that normally function in considered technical system. Secondary failures occur due to changes in operating conditions of the equipment, in particular due to the deviation from production schedules. Management faults occur, even when the equipment is functioning normally doesn't receive for some reason the control signals that ultimately leads to its malfunctioning. All three types of failure may be present in the fault tree structure. One of the fault tree analysis tasks is to determine the list of the primary failure, leading to the creation of an emergency. Secondary failures and management failures are intermediate events that require further analysis, to identify leading to the emergence of the primary events.

3. Triggering event

Many causes of emergency (triggering events) can be divided into three classes:

- equipment failures;
- staff actions, which led to a deviation from production schedules;
- external causes.

External events can initiate accident at the various sites. Although the frequency of such events is small enough,

they can lead to large-scale consequences. External events can be divided into two categories:

- natural phenomena: earthquakes, floods, storms, high temperature, lightning, etc.
- effects resulting from human activities: crash, work of neighbor industrial facilities, sabotage, etc.

4. The minimum bandwidth and a combination of interception

Failure analysis of the tree allows you to select the signal branch to main event and indicate related:

- Minimum bandwidth combination.
- Minimum shut-off combinations.

Minimum bandwidth combinations - a set of initiating events, mandatory (simultaneously) the occurrence of which is sufficient for the occurrence of main events (accidents). Such combinations are used primarily for the detection of "weak points".

Minimum shut-off combination – a set of initial events that guarantees absence non-arising of main event, provided none of the components of this set of events. Such combinations are mainly used to determine the most effective measures to prevent accidents.

5. An example of design and analysis of fault tree

When analyzing the occurrence of a failure, a failure tree consists of sequences and combinations of violations and malfunctions, and thus it represents a multi-level graphological structure of causal relationships obtained by following dangerous situations in reverse order to find possible causes of their occurrence (Fig. 3).

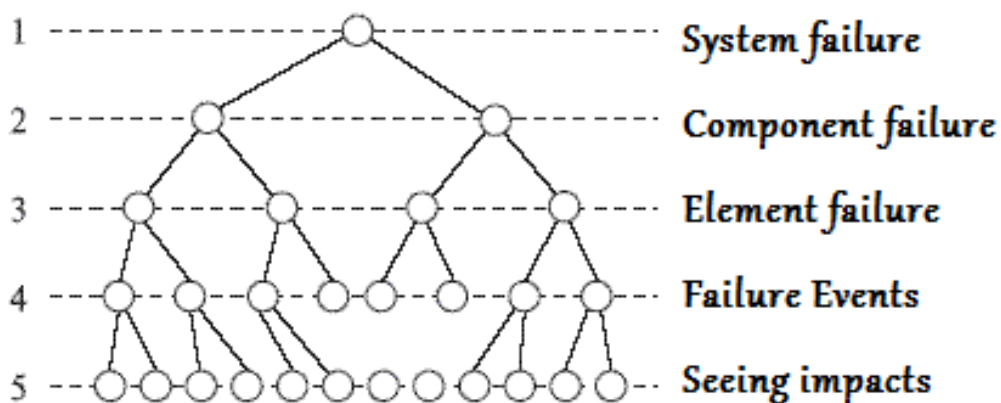


Fig. 3. Conditional scheme of building a tree of failures

The advantages of a fault tree are as follows:

- analysis focuses on finding failures;
- allows you to show explicitly unreliable places;
- is provided with graphics and provides visual material for the part of IT professionals who are involved in system maintenance;
- makes it possible to perform a qualitative or quantitative analysis of the reliability of the system;
- the method allows specialists to focus on individual specific system failures in turn;
- provides a deep understanding of the system behavior and penetration into the process of its work;
- are a means of communication of specialists, as they are presented in a clear visual form;
- helps to deductively detect failures;
- gives designers, users and managers the opportunity to visually justify design changes or establish the degree of compliance of the system design with specified requirements and analysis of trade-off decisions;
- facilitates the analysis of the reliability of complex systems.

The main advantage of the fault tree (compared to other methods) is that the analysis is limited to identifying only those elements of the system and events that lead to this particular system failure or accident.

The disadvantages of the fault tree are as follows:

- implementation of the method requires a significant investment of funds and time, since an increase in the detail of the infrastructure under consideration leads to a geometric increase in the number of influencing events;
- the fault tree is a scheme of Boolean logic, which shows only two states: working and failed;
- it is difficult to take into account the state of partial failure of elements, because when using the method, as a rule, it is considered that the system is either in good condition or in a state of failure;
- difficulties in the general case of an analytical solution for trees, containing backup nodes and reestablished nodes with priorities, not to mention the significant efforts that are required to cover all types of multiple failures;
- requires reliability specialists to have a deep understanding of the system and specific consideration of each time only one specific failure;

- the fault tree describes the system at a certain point in time (usually in the steady state), and the sequence of events can be shown with great difficulty, sometimes it is impossible. This is true for systems with complex control loops, in such cases, as a rule, they refer to methods based on stochastic (random) processes.

Emergency Risk Assessments

The task of deciding to assess the risk of an emergency in the context of financial damage caused can be solved on the basis of a fuzzy game model. Such tasks are considered when making decisions about participation in an investment project under risk conditions, as models reflecting risk, classic matrix game models are used with the search for solutions in the class of mixed strategies, i.e. based on a probabilistic approach [6, 7]. We use the approach proposed in [8] for risk assessment.

Emergency:

- 1) relatively satisfactory condition, no emergencies - d_1 ;
- 2) emergencies with minimal damage - d_2 ;
- 3) catastrophic emergency - d_3 .

Income values are taken into account with a "+" sign, losses - with a "-" sign. The numerical values of d_1 , d_2 and d_3 are known (or at least their estimates are known). To prevent an emergency, you can carry out various activities, spending on it certain funds.

Because the emergency is unique, the decision maker (DM) can choose one of two behavioral strategies:

- 1) decides to invest in preventing emergencies;
- 2) decides not to invest in disaster prevention.

It is necessary to choose the strategy of behavior of the decision maker, in which his gain would be at least non-negative, and the worst case losses would be zero. This situation is described by the player A matrix A (DM) of the two-player matrix game (Table 1).

Next, we bring the matrix model to a fuzzy mind [6–8]. Experts can determine the degree of belonging to alternatives of "nature" - the degree of confidence that nature will choose the option B_i . Expert estimates are selected according to the E. Harrington scale [6] for the formalization of heuristic information.

Table 1

Decision maker winnings matrix

	B_1 (relatively satisfactory condition, no emergencies)	B_2 (emergency with minimal damage)	B_3 (catastrophic emergency)
A_1 (DM decides to invest in preventing emergencies)	D_1	D_2	D_3
A_2 (DM decides not to invest in emergency prevention)	0^*	0^*	0^*

* - the decision maker does not lose anything and does not gain

If model A chooses alternative A_1 , interpretation of the model is reflected in this case by a set of fuzzy production rules:

- R_1 : if x is B_1 , then y is d_1 ,
- R_2 : if x is B_2 , then y is d_2 ,
- R_3 : if x is B_3 , then y is d_3 .

Here, the variable x represents the state of player B ("nature"), and y - the gain (loss) of player A (DM). The degree of truth of the premise of the first rule (R_1) is obviously equal g_1 to that of the second - g_2 and third - g_3 .

At the same time, the set of reduced fuzzy rules together with the accepted conditions form the model of Wang – Mendel fuzzy inference [4], according to which the clear value of the output variable (in this case, the gain value Q_j) is determined by the formula:

$$Q_j = \frac{\bigwedge_{j=1}^3 a_j \times g_j}{\bigwedge_{j=1}^3 g_j} \quad (1)$$

When player A chooses strategy A_2 , it is obvious that the proceeds (losses) of the decision maker are equal to zero $Q_2 = 0$.

The question of choosing a strategy is now solved by checking the inequality: $Q_1 > Q_2$ or $Q_1 > 0$. If this inequality holds, then the strategy (risk level) should be accepted, if not executed, discard.

In our case, the losses, as well as the degree of confidence for the alternatives of "nature" are given in table 2 (the sum of the alternatives is not necessarily 1).

Table 2

Baseline for decision making

	B_1 (relatively satisfactory condition, no emergencies)	B_2 (emergency with minimal damage)	B_3 (catastrophic emergency)
A_1 (DM decides to invest in preventing emergencies)	Proceeds – 178 000 UAH	Loss – 90 000 UAH	Loss – 310 000 UAH
A_2 (DM decides not to invest in emergency prevention)	0	0	0
Degree of confidence for the alternatives of "nature"	0,7	0,5	0,2

The choice of the optimal solution of investment of material means for prevention of an emergency:

$$Q_1 = \frac{178 \times 0,7 - 90 \times 0,5 - 310 \times 0,2}{0,7 + 0,5 + 0,2} \gg 12,6$$

thousand UAH - the value is non-negative, it means that you can invest money in security. 12,6 thousand UAH -

the value, the sign of which determines the choice of one or another alternative [3].

The screen forms of the program module for making decisions on security financing and disaster prevention are shown in Fig. 4.

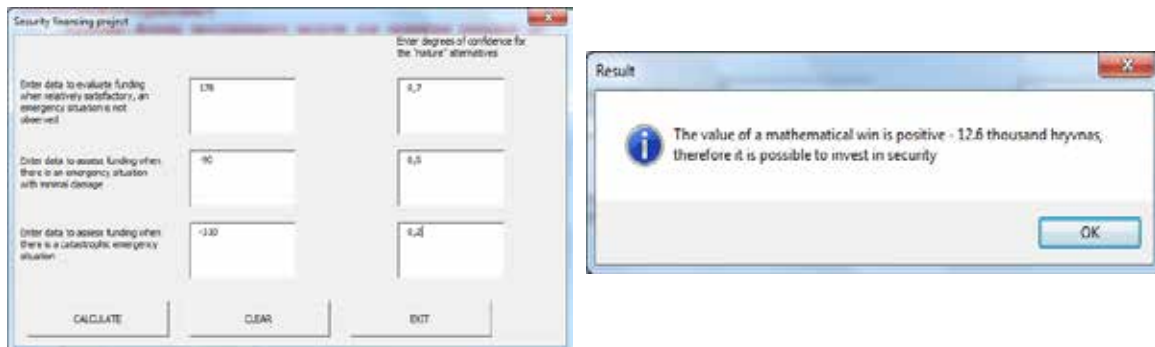


Fig. 4. The screen forms of the program module for making decisions on security financing and disaster prevention [3]

Conclusions. Systematic logically reasonable construction of failures of system elements that can lead to a failure requires a full understanding of the nature and operation of the system of possible failures of its elements.

Inclusion into the tree of failures the external causes further requires the understanding of the connection of the

analyzed system with other technical systems and natural events. Together, this causes the involvement of special experts into the construction and analysis of fault trees.

The task of deciding to assess the risk of an emergency in the context of financial damage caused can be solved on the basis of a fuzzy game model.

REFERENCES:

- Voronenko M.O. (2018) Event model for localization of emergency situations. Control systems and machines, Kiev. 3, 33-41 <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/131336>
- Voronenko M.A. (2017) Informatization of the processes of decision making in emergency situations. System technologies, Dnipro. 6 (113), 173–180
- Vyshemyrska S.V., Rogalskyj F.B. (2007) Informacijna tehnolohiya ocinky ryzyku investycyjnoho proektu. Visnyk KNTU, Kherson. 3(29), 105-110 [In Ukrainian]
- Ohnieva O.Ie. (2011) Ispolzovanie nechetkoy igrovoy modeli prinyatiya resheniya pri planirovanii proizvodstva. Sistemnyie tehnologii. 6 (77), 96-107 [In Russian]
- Artëмова A.Iu. (2015) Upravlenye bezopasnostiu na osnove otsenky ryskov voznyknoventia chrezvychainykh sytuatsii. Vestnyk Ynstitutu hrzhhdanskoj zashchyty Donbassa. (3), 20-25 [In Russian]
- Vyshemyrska S.V. (2010) Vrakhuvannia nevyznachenosti v zadachakh upravlinnia vyrobnychymy systemamy. Matematychno ta prohramne zabezpechennia intelektualnykh system (MPZIS-2010) : VIII Mizhnar. nauk.-prakt. konf., 10-12 lystopada 2010 r., materialy, Dnipropetrovsk. 48–49 [In Ukrainian]
- Rohalskyi F.B., Tsokurenko A.A., Kurylovych Ya.E. (2001) Matematycheskye metody analiza ekonomycheskykh system. Kyiv, Nukova Dumka [In Russian]
- Berezhnaia E.V., Berezhnoi V.Y. (2006) Matematycheskye metody modelirovaniya ekonomycheskykh system. Moscow, «Finansy i statistika» [In Russian]
- Kyryllov O.M, Rohalskyi F.B., Voronenko M.O, Mikhailik M.O. (2007) Zakhyst naselennia i terytorii vid nadzvychainykh sytuatsii myrnoho chasu: Navch.posib.: KhNTU, Kherson . [In Ukrainian]
- Kruhlov V.V. (2006) Pryniate reshenyi v usloviyah ryska s yspolzovanyem nechetkoi ygrovoi modely. Menedzhment v Rossyy i za rubezhom. 5, 52-54. [In Russian]
- Belov P.H. (2003) Systemnyi analiz i modelirovanie opasnykh protsessov v tehnosfere: uchebnoe posobie dlia vuzov. Moscow, Academia [In Russian]
- Vostokov V.Iu. (2007) O modeli prognoznoi otsenki zagriazneniya otkrytyh vodoistochnykov pry chrezvychainykh sytuatsiyah. Problemy bezopasnosti i chrezvychainykh sytuatsiy. 6, 27-36 [In Russian]

СИСТЕМА АНАЛИЗА РИСКА

Оксана Огнева

к.т.н., доцент кафедры программных средств и технологий, Херсонский национальный технический университет, Херсон, Украина, **ORCID ID:** 0000-0001-6206-0285, **e-mail:** Oksana_Ognieva@meta.ua;

Светлана Вышемирская

к.т.н., доцент кафедры информатики и компьютерных наук, Херсонский национальный технический университет, Херсон, Украина, **ORCID ID:** 0000-0002-6343-7512? **e-mail:** printvvs@gmail.com;

Роман Папуша

аспирант, Херсонский национальный технический университет, Херсон, Украина, **e-mail:** drfailov21@gmail.com

Аннотация. В наше время объединение усилий всех заинтересованных сторон и органов власти по подготовке и принятию обоснованных решений в области общественной безопасности, управления государством, территориями, природной средой приобретает особую актуальность. Систематически логически обоснованное построение элементов системы, которые могут привести к отказу, требует полного понимания характера и функционирования системы возможных отказов ее элементов.

Методы исследования. В статье рассматривается возможность использования логико-графических схем (дендрограмм) для правильной идентификации опасностей объектов. Задача принятия решения об оценке риска возникновения чрезвычайной ситуации в контексте причиненного финансового ущерба может быть решена на основе модели нечеткой игры.

Основные результаты исследования. Систематически логически обоснованное построение элементов системы, которые могут привести к отказу, требует полного понимания характера и функционирования системы возможных отказов ее элементов. Включение в дерево отказов внешних причин дополнительно требует понимания связи анализируемой системы с другими техническими системами и природными явлениями. В совокупности это вызывает привлечение специальных экспертов к построению и анализу деревьев отказов.

Научная новизна. Система основана на принципе выработки компромисса между точностью и простотой расчетов, поэтому существует возможность упрощенного расчета максимально возможного числа жертв в чрезвычайных ситуациях без значительной потери точности.

Практическая значимость. В наше время объединение усилий всех заинтересованных сторон и органов власти по подготовке и принятию обоснованных решений в области общественной безопасности, управления государством, территориями, природной средой приобретает особую актуальность.

Ключевые слова: *риск, оптимизация, чрезвычайные ситуации, нечеткая игровая модель.*

СИСТЕМА АНАЛІЗУ РИЗИКУ

Оксана Огнева

к.т.н., доцент кафедри програмних засобів і технологій, Херсонський національний технічний університет,
Херсон, Україна, ORCID ID: 0000-0001-6206-0285, e-mail: Oksana_Ognieva@meta.ua;

Світлана Вишемирська

к.т.н., доцент кафедри інформатики і комп'ютерних наук, Херсонський національний технічний університет,
Херсон, Україна, ORCID ID: 0000-0002-6343-7512, e-mail: printvvs@gmail.com,

Роман Папуша

аспірант, Херсонський національний технічний університет, Херсон, Україна, e-mail: drfailov21@gmail.com

Анотація. Сьогодні особлива актуальність набуває об'єднання зусиль усіх зацікавлених сторін і органів влади у підготовці та прийнятті обґрунтованих рішень у сфері громадської безпеки, уряду, територій, природного середовища. Систематична логічно обґрунтована конструкція елементів системи, що може призвести до відмови, вимагає повного розуміння природи і функціонування системи можливих відмов її елементів.

Методи дослідження. У статті розглядається можливість використання логіко-графічних схем для правильної ідентифікації небезпечних об'єктів. Завдання прийняття рішення про оцінку ризику надзвичайної ситуації в контексті фінансової шкоди може бути вирішено на основі нечіткої ігрової моделі.

Основні результати дослідження. Систематично логічно обґрунтована побудова елементів, системи, які можуть привести до відключення, вимагає повної розуміння характеру і функціонування можливих відказів її елементів. Включення до дерева відмов зовнішніх причин додатково вимагає розуміння зв'язку аналогічно-рухових систем з іншими технічними системами і природними явищами. В сукупності це викликає притягання спеціальних експертів до побудови і аналізу дерев відмов.

Наукова новизна. Система, заснована на принципах вираження компромісу між точністю і простотою розрахунків, тому існує можливість спрощеного розрахунку максимально можливого числа жертв у надзвичайних ситуаціях без значної втрати точності.

Практична значимість. У наш час об'єднання зусиль всіх зацікавлених сторін і органів влади з підготовки та прийняття обґрунтованих рішень в галузі громадської безпеки, управління державою, територіями, природним середовищем набуває особливої актуальності.

Ключові слова: ризик, оптимізація, надзвичайні ситуації, нечітка ігрова модель.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Voronenko M.O. (2018) Event model for localization of emergency situations. Control systems and machines, Kiev. 3, 33-41 <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/131336>
2. Voronenko M.A. (2017) Informatization of the processes of decision making in emergency situations. System technologies, Dnipro. 6 (113), 173–180
3. Вишемирська С. В., Рогальський Ф. Б. (2007) Інформаційна технологія оцінки ризику інвестиційного проекту. Вісник ХНТУ, Херсон. 3(29), 105-110
4. Огнева О.Е. (2011) Использование нечеткой игровой модели принятия решения при планировании производства. Системные технологии. 6 (77), 96-107
5. Артёмов А.Ю. (2015) Управление безопасностью на основе оценки рисков возникновения чрезвычайных ситуаций. Вестник Института гражданской защиты Донбасса. (3), 20-25
6. Вишемирська С. В. (2010) Врахування невизначеності в задачах управління виробничими системами. Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем (MPZIS-2010): VIII Міжнар. наук.-практ. конф., 10-12 листопада 2010 р., матеріали, Дніпропетровськ. 48–49.
7. Рогальський Ф.Б., Цокуренко А.А., Курилович Я.Е. (2001) Математические методы анализа экономических систем. Киев, Нукова думка
8. Бережная Е.В., Бережной В.И. (2006) Математические методы моделирования экономических систем. Москва, «Финансы и статистика»

9. Кириллов О.М, Рогальський Ф.Б., Вороненко М.О, Михайлік М.О. (2007) Захист населення і територій від надзвичайних ситуацій мирного часу: Навч. посіб.: Херсонський національний технічний університет, Херсон
10. Круглов В.В. (2006) Принятие решений в условиях риска с использованием нечеткой игровой модели. Менеджмент в России и за рубежом. 5, 52-54
11. Белов П. Г. (2003) Системный анализ и моделирование опасных процессов в техносфере : учебное пособие для вузов. Москва, Academia
12. Востоков В.Ю. (2007) О модели прогнозной оценки загрязнения открытых водосточников при чрезвычайных ситуациях. Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 6, 27-36

АЛГОРИТМ ВІЯВЛЕННЯ ВПЛИВУ СПУФІНГУ ПІД ЧАС ВИКОНАВЧОЇ ПРОКЛАДКИ ПРОГРАМНИМИ ЗАСОБАМИ ЕЛЕКТРОННОЇ КАРТОГРАФІЧНОЇ НАВІГАЦІЙНО-ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

УДК 656.61

DOI: <https://doi.org/10.35546/2313-0687.2019.25.30-38>**Петровський Андрій Валерійович**

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри судноводіння та електронних навігаційних систем
Херсонської державної морської академії, м. Херсон, Україна, E-mail: andreyanybody@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3337-9577

Анотація. Метою статті є розробка алгоритму виявлення впливу спуфінгу під час виконавчої прокладки. Пропонується розробити алгоритм виявлення спуфінгу засобами електронної картографічної навігаційно-інформаційної системи із можливостями усунення його наслідків. Після імплементації програмної реалізації алгоритму soft-девелоперами, передбачається оновлення програмного забезпечення бортової електронної картографічної навігаційно-інформаційної системи при заході в порт, де є їх представники. У процесі дослідження використані методи дослідження: емпіричні (порівняння) та теоретичні (аналіз та синтез) з використанням теорії навігації, інформаційних систем та алгоритмів, особливостей електронних картографічних систем.

Основні результати дослідження. Розроблений алгоритм засновано на аналізі треку позицій судна. Всі позиції треку на цей час бортовою електронною картографічною навігаційно-інформаційною системою встановлюються на електронну карту при виборі оператором відповідного режиму, але не відслідковуються та не аналізуються. На основі отриманих географічних координат позицій формується тренд, який оцінює можливість роботи пристрою під контролем при порівнянні тренду і даних з іншого джерела позиціонування, якщо воно є, наприклад з Echo reference або Estimated position, з даними приладів GPS|DGPS. Якщо сталося значне відхилення, алгоритм розраховує маршрут повернення на найближче плече маршруту з використанням відповідних інструментів електронної картографічної навігаційно-інформаційної системи. У разі їх відсутності – надається рекомендований перелік географічних координат для ручної побудови маршруту повернення.

Наукова новизна. Оскільки останні дослідження та вирішення поставлених питань протидії спуфінгу здійснювалися у розрізі встановлення додаткового обладнання та визнання необхідності наявності у штурмана більш поширених знань з області теорії радіосигналів, наданий алгоритм полегшить визначення моментів зовнішнього контролю суднового обладнання GPS|DGPS програмними засобами та стане основою для подальших досліджень з вирішення цієї проблеми для комерційного та пасажирського транспорту. Практична значимість досягається у кількох

напрямок: немає необхідності у додатковій освіті штурманів з теорії радіосигналів – достатньо стандартної підготовки; є можливість визначати момент часу захвату контролю; здійснюється автоматизована побудова в інтерактивному режимі маршруту повернення на обране плече маршруту, у разі значного відхилення істинної позиції судна за даними проведеної обсервації / іншого джерела позиціонування та аналізу треку від позиції за даними GPS/DGPS; поповнення бази даних відповідних організацій для випуску Admiralty Information Overlay з метою покращення уваги штурманів у даному районі.

Ключові слова: електронна картографічна навігаційно-інформаційна система, спуфінг, алгоритм, GPS.

Постановка проблеми. Використання електронної картографічної навігаційно-інформаційної системи (ЕКНІС) для потреб судноплавства давно є нормою, але з полегшенням праці штурмана та подальшим розвитком прогресу в цієї області, завдяки автоматизації більшості функцій навігації, виникають також негативні керовані явища, які надають недовіри до таких систем. У останні роки все більш з'являється інформації щодо використання технологій впливу на коректність роботи програмного забезпечення керуванням судна. Наприклад, при використанні e-mail можлива підміна адреси відправника, і, відповідно, заміна вкладених файлів [1,2]. Незважаючи на те, що фальсифікація карт S-63 доволі утруднена завдяки шифруванням та іншим механізмам захисту, отримання оновлень через e-mail не є повністю безпечним, особливо при недбайливому відношенні щодо безпеки використання USB портів встановленого обладнання. Розроблені засоби захисту [3] потребують додаткових знань від операторів спеціалізованого програмного забезпечення, тому у подальшому не розглядаються. Поряд з цим поширюється використання спуфінгу. Цю технологію використовують для поширення шкідливого програмного забезпечення, викрадення даних, а також з метою обходу механізмів контролю доступу.

Помилкові сигнали дають можливість змінити курс судна і направити його в територіальні води іншої країни, причому як з метою створення напруги на міжнародній арені [4], так і з метою піратства [5], захоплення вантажу або екіпажу. Спотворення сигналів GPS є не тільки російською практикою [6], ці методи використовують і інші країни, з метою дезорієнтації навігації поблизу стратегічно важливих об'єктів [7]. У звіті [8], який було опубліковано у 2019р. надано статистику за 2017-2018рр., де вказано кількість випадків спуфінгу для більш ніж 1300 судів. На даний час з'ясовані акваторії, де використовуються найбільш часто спуфінг:

Чорне море [9], Фінська затока [10], Владивосток, Сірія [8] та побудовано карту статистики використання такої технології у акваторії Чорного моря (рис. 1).

Військові суда мають більш потужний сигнал, тому здійснити такого роду атаку дуже складно, але громадянські суда – інша справа. Спuffers пригнічують відносно слабкі сигнали GNSS за допомогою радіосигналів, що несуть неправдиву інформацію про місцезнаходження. Велика кількість цивільних пристроїв GPS робить громадянське шифрування непрактичним, а також це йде проти оригінальної мети творців GPS, яка повинна була забезпечити вільний доступ до GPS кожному і всюди. Відомості, що GPS піддається атакам, змушує багато країн шукати йому альтернативу: eLoran, eChayka [11]. За словами фахівців в області кібербезпеки, основна проблема GPS- і GNSS (Global Navigation Satellite Systems) систем полягає в слабких сигналах, які передаються на висоті близько 20 тис. кілометрів над Землею і можуть глушитися хакерами за допомогою дешевих і доступних «глушилок». З іншого боку, сигнали eLoran заглушити складніше, так як в середньому вони в 1,3 млн разів сильніше в порівнянні з сигналами GPS. Розвиток таких напрямків – додаткове навантаження на бюджет країн, тому на даний момент актуальність розробки методів та засобів боротьби із спуфінгом не підлягає сумніву.

Існує два способи спуфінгу:

- ретрансляція сигналів GNSS, записаних в іншому місці або часу (так званий meaconing – введення похибки навмисними перешкодами);
- генерація і передача модифікованих супутникових сигналів.

Головним компонентом пристрою-спуфера є імітатор GPS-сигналів. Сучасні технології з року в рік зменшують собівартість виробництва компонентів інтегральних схем, і тому, такі пристрої є у вільному продажі вартістю від 1000\$. Однак, внаслідок особливостей функціонуван-

ня такі імітатори мають радіус дії до 10 м, при використанні підсилювачів – хибний сигнал GPS збільшується в десятки разів. Ідеальним моментом для підміни сигналів з кодом стандартної точності є моменти, коли зв'язок із справжніми супутниками пропадає або дуже слабкий [12]. Перш за все така технологія передбачає запуск процесу дублювання реальних сигналів зі супутників, з метою повної відповідності по характеристикам. Далі,

збільшують потужність хибних сигналів. При цьому навігаційна система вважає їх головними та фільтрує реальні сигнали як перешкоди. Контроль над СНС встановлено [13]. Можливі варіанти подальшого розвитку подій: поступово змінювати відомості місцезнаходження для плавної зміни курсу судна з метою приводу судна у визначену акваторію [14] або повністю дезорієнтувати оператора навігаційної системи.



Рис. 1 – Карта випадків спуфінгу [8]

Об'єктом дослідження статті є результати впливу на ЕКНІС використання спуфінгу у морі/прибережних водах. Предмет дослідження – наукові та практичні рішення з виявлення та боротьби із спуфінгом.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У 2001 Міністерство транспорту США розробило міри для протидії спуфінгу, які базувалися на використанні додаткових апаратних пристроїв та збереження робочих місць замість комп'ютеризації, що є досить дорогим рішенням. У подальшому для 5 із 6 контрмір дослідниками Корнелльського університету та технологічного університету Вірджинії було подолано.

Марк Псіакі запропонував схему захисту від GPS-спуфінга. Його група створила модифікований GPS-приймач з антеною, яка змінює своє положення з певною частотою. Оскільки супутники знаходяться на значній відстані один від одного, а помилкові сигнали приходять з одного близького місця (прибережної зони), фаза несучого коливання в для такого приймача буде

змінюватися по-різному, що і дозволить розпізнати обман [15].

Пристрій від Mitre -Time Anomaly Detection Appliqué (TADA) захищає сучасні цифрові системи від спуфінг-атак. Система безперервно порівнює вивірені параметри: відому частоту або місцезнаходження, з тими, що надає GPS-приймач. Коли з'являється різниця між даними, TADA видає тривогу. Недолік: різниця, якщо її робити дуже плавно, може не перевищувати параметрів безпеки щодо відхилення від курсу [16].

Передові технології придушення перешкод, такі як AIM+, використовують алгоритми обробки сигналів для реєстрації шляхів виявлення різних аномалій в сигналі. З реальними рівнями потужності та фактичними навігаційними даними в сигналі AIM+ може ідентифікувати «неаутентичний» сигнал. Також використання антени подвійний поляризації сприяє зменшенню ймовірності впливу спуфінгу.

Для боротьби зі спуфінгом приймачі GNSS повинні «виловлювати» підроблені сигнали з суміші автентич-

них і підроблених сигналів. Після того, як супутниковий сигнал позначено як підроблений, він може бути виключений з розрахунку позиціонування [17].

Різні країни інвестують кошти в забезпечення стійкості GNSS до підробок, створюючи систему безпеки безпосередньо на своїх супутниках. З системою OS-NMA (Open Service Navigation Message Authentication – Відкритий сервіс аутентифікації навігаційних послань) Galileo стала першою супутниковою системою, яка вводить службу захисту від спуфінгу безпосередньо на цивільному сигналі GNSS. OS-NMA – це безкоштовний сервіс на частоті Galileo E1. Він дозволяє аутентифікувати навігаційні дані на супутниках Galileo і навіть на супутниках GPS. Такі навігаційні дані несуть інформацію про місцезнаходження супутника і в разі їх зміни приведуть до неправильного обчислення розташування приймача. В даний час OS-NMA знаходиться в розробці, але її планується зробити загальнодоступною в найближчому майбутньому. GPS експериментує з новою системою аутентифікації Chimera [17]. У роботі [18] розроблено алгоритм виявлення спуфінгу на основі апріорних знань об положеннях групи супутників. Алгоритм передбачає використання нейронної мережі на базі MLP- класифікаторів. **Ніколас Гатсіс, Давід Акопьян** із UTSA Department of Electrical and Computer Engineering розробили алгоритм визначення атаки на електричні мережі та системи СНС. Але принцип дії алгоритму не опубліковано [19].

Всі наведені вище дослідження в області протидії спуфінгу розраховані на: використання достатньо вартісного обладнання, спеціалізованих «вумних» антен зі спеціалізованим програмним забезпеченням на базі новітніх методів інформаційних технологій, у тому числі нейронної мережі. Однак немає прикладів розробки засобів боротьби без достатньо вартісних змін у конфігурації СНС обладнання.

Мета дослідження – розробка алгоритму виявлення впливу спуфінгу під час виконавчої прокладки. Пропонується розробити алгоритм виявлення спуфінгу засобами ЕКНІС із можливостями усунення його наслідків. Після імплементації програмної реалізації алгоритму soft-девелоперами, передбачається оновлення програмного забезпечення бортового ЕКНІС при заході в порт, де є їх представники.

Виклад матеріалу дослідження. Запропонований алгоритм (рис. 2) вимагає відсутність криволінійного маневру протягом плеча маршруту та нульовий/незначний градієнт швидкості течії/вітру. Дані GPS постійно (в середньому раз у 5 секунд, як відображає їх ЕКНІС Transas NaviSailor 4000) заносяться до масиву group протягом часу timer1, значення якого встановлює оператор ЕКНІС. Якщо протягом цього часу є зависання показників GPS, згідно порівняння із параметром $timer2 \in (0; timer1]$, тоді додатково видається відповідно сповіщення про сбой системи позиціонування GPS. Масив group має розмірність $timer1 * 60 / 5$ рядків та 3 стовпчики (1, 2 – довгота та широта, 3 – швидкість SOG, шаг дискретизації дорівнює step_GPS, тобто це частота відображення ЕКНІС даних позиції з GPS). Дані потрібні для формування локального тренду позицій судна за час timer1.

На базі локального тренду з даних масиву group математично визначаються координати його кінцевої точки, яка є наступною точкою масиву trend для подальшої побудови основного тренду від WPT1 (way point) до WPT2/WOL2 (wheel over line). Якщо алгоритм визначає вплив спуфінгу: розраховується відхилення теоретичної позиції щодо плеча поточного/наступного (обирається найближче при опусканні перпендикулярів на вказані плечі), для побудови маршруту повернення використовується інтерактивний інструмент як Curve heading line у Transas NaviSailor 4000; далі дані заносяться до БД для відправки у відповідні організації.

При визначенні статусу позиції здійснюється порівняння теоретичної позиції за побудованим трендом масиву даних trend та позицією GPS (яка під впливом спуфінгу може співпадати із лінією плеча) та плечем маршруту. Якщо є відхилення теоретичної позиції з лінії тренду по відношенню до лінії плеча, тоді статусом буде наявність впливу спуфінгу.

Якщо присутні АІС цілі є доцільним визначити їх геокоординати. На базі порівняння даних САРП та АІС здійснити відповідні висновки. Крім того, при наявному спуфінгу, геокоординати таких цілей будуть однаковими, що є додатковою ознакою для алгоритму, оскільки спуфінг не діє вибірково, а судна-жертви будуть під впливом з ймовірністю прямо пропорційній їх відстані до спуфєру.

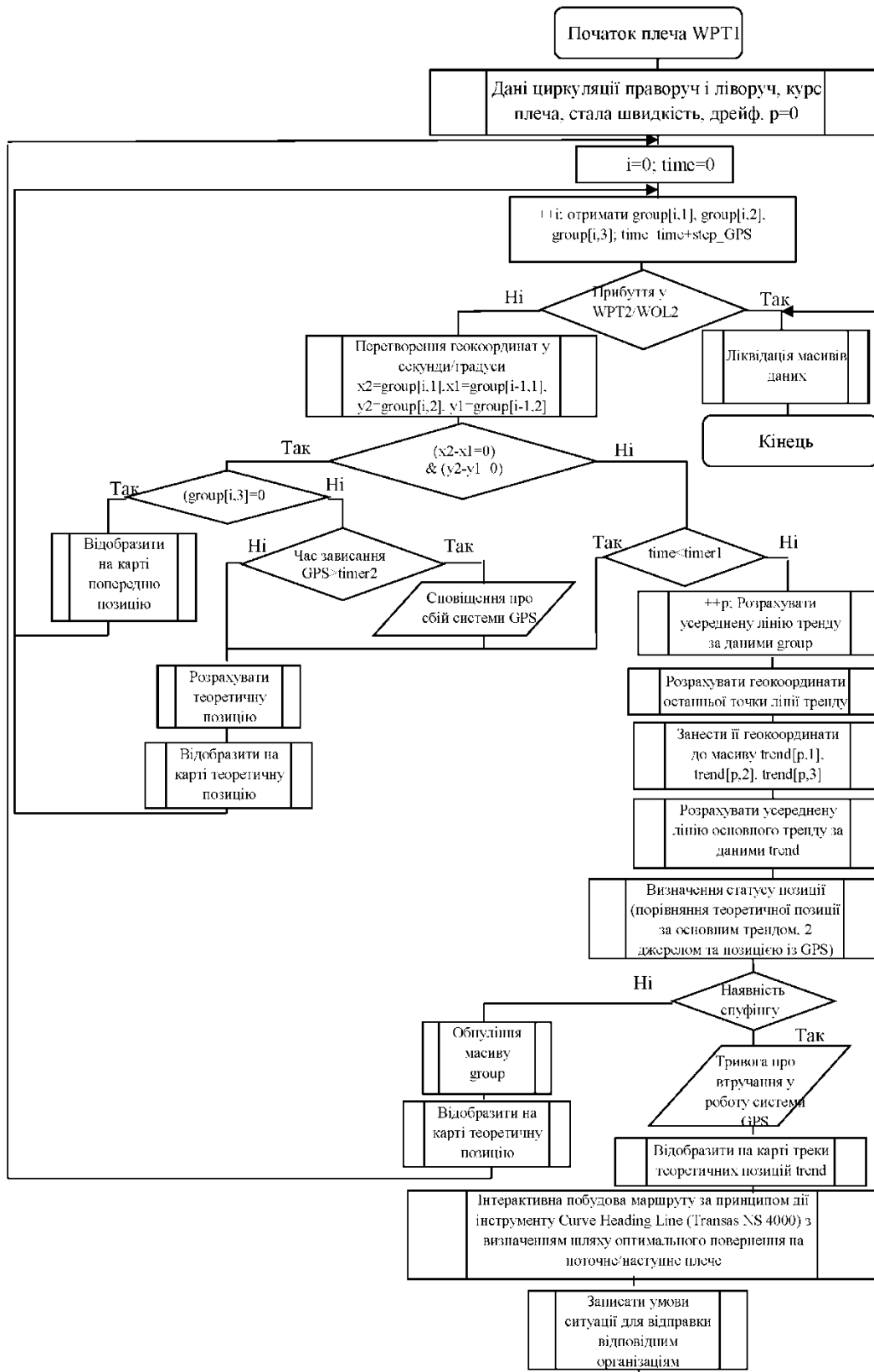


Рис. 2. Алгоритм виявлення спуфінгу засобами EGNOS

Висновки. У роботі надано алгоритм визначення спуфінг-атаки з розрахуванням приблизної позиції і пропонування маршруту найкорішого повернення на поточне/наступне плече маршруту. Оскільки є обмеження доцільності використання алгоритму: наявність незначного градієнту або нульовий градієнт швидкості течії/вітру на

плечі маршруту та прямолінійність плеча, у подальшому, можлива розробка алгоритму визначення такого типу атак при поворотах судна. Також можливе накладання при перевірці маршруту шару карти випадків нападу піратів, або схожих випадків спуфінгу для більш деталізованого аналізу при визначенні ознак спуфінгу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Подделка письма электронной почты почти от любого человека менее чем за 5 минут и способы защиты. *Режим доступу:* <https://habr.com/ru/company/cloud4y/blog/341096/>
2. Подделка адрес отправителя в e-mail. *Режим доступу:* <https://xakep.ru/2014/03/05/easy-hack-182/>
3. Подделка писем. Защита. *Режим доступу:* <https://habr.com/ru/company/cbs/blog/314738/>
4. Американские аналитики: Россия намеренно искажает сигналы GPS. *Режим доступу:* <http://seafarers.com.ua/russian-gps-spoofing/16149/>
5. Проблема подмены навигационного сигнала. *Режим доступу:* <https://glonassgps.com/novie-sluchai-podmeny-gps-signala-v-rossii>
6. Mass GPS Spoofing Attack in Black Sea? *Режим доступу:* <https://www.maritime-executive.com/editorials/mass-gps-spoofing-attack-in-black-sea>
7. ТОI: сбои в работе GPS в Израиле произошли из-за России. *Режим доступу:* <https://cont.ws/@contemplator/1375625>
8. *Above Us Only Stars. SPOOFING ACTIVITY ACROSS RUSSIA, CRIMEA, AND SYRIA.* *Режим доступу:* <https://static1.squarespace.com/static/566ef8b4d8af107232d5358a/t/5c99488beb39314c45e782da/1553549492554/Above+Us+Only+Stars.pdf>
9. Report: Russian GPS Spoofing Threatens Safety of Navigation. *Режим доступу:* <https://www.maritime-executive.com/editorials/report-russian-gps-spoofing-threatens-safety-of-navigation>
10. Norway says it proved Russian GPS interference during NATO exercises. *Режим доступу:* <https://www.reuters.com/article/us-norway-defence-russia/norway-says-it-proved-russian-gps-interference-during-nato-exercises-idUSKCN1QZ1WN>
11. Ведущие страны отказываются от GPS в пользу радиолокации из-за риска хакерских атак. *Режим доступу:* http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:GPS#.D0.A1.D0.BE.D0.B7.D0.B4.D0.B0.D0.BD_.D0.BD.D0.BE.D0.B2.D1.8B.D0.B9_.D0.B0.D0.BB.D0.B3.D0.BE.D1.80.D0.B8.D1.82.D0.BC_.D0.B4.D0.BB.D1.8F_.D0.B7.D0.B0.D1.89.D0.B8.D1.82.D1.8B_.D0.BE.D1.82_.GPS-.D1.81.D0.BF.D1.83.D1.84.D0.B8.D0.BD.D0.B3.D0.B0
12. НАВИГАЦИЯ 2.0: КАК ОБМАНЫВАЮТ GPS И ВОССТАНАВЛИВАЮТ ИСТИНУ. *Режим доступу:* <https://www.computerra.ru/183473/gps-spoofing/>
13. Тодд Хамфрис. Как обмануть GPS. *Режим доступу:* https://www.ted.com/talks/todd_humphreys_how_to_fool_a_gps/transcript?language=ru
14. Спуфинг-атака на GPS-системы может сбить маршрут пользователя. *Режим доступу:* <https://www.anti-malware.ru/news/2018-07-16-1447/26837>
15. 'Spoofed' GPS signals can be countered, researchers show. *Режим доступу:* <http://news.cornell.edu/stories/2012/07/researchers-counter-gps-spoof-attacks>
16. Защита от спуфинг-атак на координатно-временные системы. *Режим доступу:* <http://vestnik-glonass.ru/news/corp/zashchita-ot-spufigatak-na-koordinatnovremennye-sistemy/>
17. Рубцов Н.С. Алгоритм защиты от спуфинга аппаратуры потребителей спутниковых навигационных систем // Известия ТулГУ. Технические науки. 2018 (4). С.92-101. *Режим доступу:* <https://cyberleninka.ru/article/v/algorithm-zaschity-ot-spufiga-apparatury-potrebiteley-sputnikovyh-navigatsionnyh-sistem>
18. Как защитить ГНСС от спуфинга. *Режим доступу:* <http://vestnik-glonass.ru/news/tech/kak-zashchitit-gnss-ot-spufiga/>
19. New UTSA study presents method to stop cyber attacks on GPS-enabled devices. *Режим доступу:* <http://www.utsa.edu/today/2018/03/story/GPS-spoofing.html>

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛИЯНИЯ СПУФИНГА ВО ВРЕМЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ ПРОКЛАДКИ ПРОГРАММНЫМИ СРЕДСТВАМИ ЭЛЕКТРОННОЙ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ НАВИГАЦИОННО-ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ**Петровский Андрей Валерьевич,**

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры судовождения и электронных навигационных систем
Херсонской государственной морской академии, г. Херсон, Украина, e-mail: andreyanobody@gmail.com,
ORCID ID: 0000-0002-3337-9577

Анотація. Целью статьи является разработка алгоритма выявления влияния спуфинга при исполнительной прокладке. Предлагается разработать алгоритм выявления спуфинга электронной картографической навигационно-информационной системой с возможностями устранения его последствий. После имплементирования программной реализации алгоритма soft-девелоперами, предусматривается обновление программного обеспечения бортовой электронной картографической навигационно-информационной системы при заходе в порт, где есть их представители. В процессе исследования использованы методы исследования: эмпирические (сравнение) и теоретические (анализ и синтез) с использованием теории навигации, информационных систем и алгоритмов, особенно-стей электронных картографических систем.

Основные результаты исследования. Разработанный алгоритм основан на анализе трека позиций судна. Все позиции трека в настоящее время бортовой электронной картографической навигационно-информационной системой устанавливаются на электронную карту при выборе оператором соответствующего режима, но не отслеживаются и не анализируются. На основе полученных географических координат позиций формируется тренд, который оценивает возможность работы устройства под контролем при сравнении тренда и данных из другого источника позиционирования, если оно есть, например с Echo reference или Estimated position с данными приборов GPS | DGPS. Если произошло значительное отклонение, алгоритм рассчитывает маршрут возвращения на ближайшее плечо маршрута с использованием соответствующих инструментов электронной картографической навигационно-информационной системы. В случае их отсутствия – предоставляется рекомендованный перечень географических координат для ручного построения маршрута возвращения.

Научная новизна. Поскольку последние исследования и решения поставленных вопросов противодействия спуфингу осуществлялись в разрезе установки дополнительного оборудования и признания необходимости наличия у штурмана более распространенных знаний из области теории радиосигналов, предоставленный алгоритм облегчит определение моментов внешнего контроля судового оборудования GPS | DGPS программными средствами и станет основой для дальнейших исследований по решению этой проблемы для коммерческого и пассажирского транспорта. Практическая значимость достигается в нескольких направлениях: нет необходимости в дополнительном образовании штурманов по теории радиосигналов – достаточно стандартной подготовки; есть возможность определять момент времени захвата контроля; осуществляется автоматизированное построение в интерактивном режиме маршрута возвращения на выбранное плечо маршрута, в случае значительного отклонения истинной позиции судна по данным проведенной обсервации/другого источника позиционирования и анализа трека от позиции по данным GPS|DGPS; пополнение базы данных соответствующих организаций для выпуска Admiralty Information Overlay с целью повышения внимания штурманов в данном районе.

Ключевые слова: электронная картографическая навигационно-информационная система, спуфинг, алгоритм, GPS.

ALGORITHM FOR DETERMINING THE INFLUENCE OF SPOOFING DURING THE EXECUTIVE LAYING BY THE SOFTWARE OF THE ELECTRONIC CARTOGRAPHIC NAVIGATION-INFORMATION SYSTEM

Petrovskiy Andrii Valeriyovich,

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Department of Navigation and Electronic Navigation Systems, Kherson State Maritime Academy, Kherson, Ukraine, e-mail: andreyanybody@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3337-9577

Abstract. The aim of the article is to develop an algorithm for identifying the impact of spoofing during executive laying. It is proposed to develop an algorithm for detecting spoofing by an electronic cartographic navigation and information system with the possibilities of eliminating its consequences. After implementing the software implementation of the algorithm by soft developers, it is planned to update the software of the on-board electronic cartographic navigation and information system when entering the port where there are representatives. In the research process, research methods were used: empirical (comparison) and theoretical (analysis and synthesis) using the theory of navigation, information systems and algorithms, and features of electronic cartographic systems.

The main results of the research. The developed algorithm is based on the analysis of the track position of the vessel. All track positions are currently installed on-board electronic cartographic navigation and information system on an electronic map when the operator selects the appropriate mode, but is not tracked and analyzed. Based on the obtained geographical coordinates of the positions, a trend is formed that evaluates the possibility of the device working under control when comparing the trend and data from another source of positioning, if any, for example, with Echo reference or Estimated position with data from GPS devices | DGPS. If a significant deviation has occurred, the algorithm calculates the return route to the nearest route shoulder using the appropriate tools of the electronic cartographic navigation and information system. In case of their absence, a recommended list of geographical coordinates is provided for the manual construction of a return route.

Scientific novelty. Since the latest research and solutions to the issues raised to counteract spoofing were carried out in the context of installing additional equipment and recognizing the need for the navigator to have more common knowledge in the field of radio signal theory, the algorithm provided will facilitate the determination of the moments of external control of ship GPS equipment | DGPS software tools and will become the basis for further research to solve this problem for commercial and passenger vehicles. Practical significance is achieved in several directions: there is no need for additional training of navigators in the theory of radio signals – standard training is enough; it is possible to determine the time point of control capture; automated construction of the return route to the selected route arm in the interactive mode is carried out in the event of a significant deviation of the vessel's true position according to the observational data / other positioning and analysis source of the track from the position according to GPS | DGPS data; updating the database of relevant organizations for the release of Admiralty Information Overlay in order to increase the attention of navigators in this area.

Keywords: *electronic cartographic navigation and information system, spoofing, algorithm, GPS.*

REFERENCES:

1. Poddelka pisma elektronnoj pochty pochti ot lyubogo cheloveka menee chem za 5 minut i sposoby zashhity. Rezhim dostupu: <https://habr.com/ru/company/cloud4y/blog/341096/>
2. Poddelat adres otpravatelya v e-mail. Rezhim dostupu: <https://xakep.ru/2014/03/05/easy-hack-182/>
3. Poddelka pisem. Zashhita. Rezhim dostupu: <https://habr.com/ru/company/cbs/blog/314738/>
4. Amerikanskije analitiki: Rossiya namerenno iskazhaet signaly GPS. Rezhim dostupu: <http://seafarers.com.ua/russian-gps-spoofing/16149/>
5. Problema podmeny navigaczionnogo signala. Rezhim dostupu: <https://glonassgps.com/novie-sluchai-podmeny-gps-signala-v-rossii>

6. Mass GPS Spoofing Attack in Black Sea? Rezhim dostupu: <https://www.maritime-executive.com/editorials/mass-gps-spoofing-attack-in-black-sea>
7. TOI: sboi v rabote GPS v Izraile proizoshli iz-za Rossii. Rezhim dostupu: <https://cont.ws/@contemplator/1375625>
8. Above Us Only Stars. SPOOFING ACTIVITY ACROSS RUSSIA, CRIMEA, AND SYRIA. Rezhim dostupu: <https://static1.squarespace.com/static/566ef8b4d8af107232d5358a/t/5c99488beb39314c45e782da/1553549492554/Above+Us+Only+Stars.pdf>
9. Report: Russian GPS Spoofing Threatens Safety of Navigation. Rezhim dostupu: <https://www.maritime-executive.com/editorials/report-russian-gps-spoofing-threatens-safety-of-navigation>
10. Norway says it proved Russian GPS interference during NATO exercises. Rezhim dostupu: <https://www.reuters.com/article/us-norway-defence-russia/norway-says-it-proved-russian-gps-interference-during-nato-exercises-idUSKCN1QZ1WN>
11. Vedushhie strany otказыvayutsya ot GPS v polzu radiolokaczii iz-za riska khakerskikh atak. Rezhim dostupu: http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:GPS#.D0.A1.D0.BE.D0.B7.D0.B4.D0.B0.D0.BD_.D0.BD.D0.BE.D0.B2.D1.8B.D0.B9_.D0.B0.D0.BB.D0.B3.D0.BE.D1.80.D0.B8.D1.82.D0.BC_.D0.B4.D0.BB.D1.8F_.D0.B7.D0.B0.D1.89.D0.B8.D1.82.D1.8B_.D0.BE.D1.82_GPS-.D1.81.D0.BF.D1.83.D1.84.D0.B8.D0.BD.D0.B3.D0.B0
12. Navigaczija 2.0: kak obmany vayut GPS i vosstanavlivayut istinu. Rezhim dostupu: <https://www.computerra.ru/183473/gps-spoofing/>
13. Todd Khamfris. Kak obmanut GPS. Rezhim dostupu: https://www.ted.com/talks/todd_humphreys_how_to_fool_a_gps/transcript?language=ru
14. Spufing-ataka na GPS-sistemy mozhet sbit marshrut pol zovatelya. Rezhim dostupu: <https://www.anti-malware.ru/news/2018-07-16-1447/26837>
15. 'Spoofed' GPS signals can be countered, researchers show. Rezhim dostupu: <http://news.cornell.edu/stories/2012/07/researchers-counter-gps-spoof-attacks>
16. Zashchita ot spufing-atak na koordinatno-vremennye sistemy. Rezhim dostupu: <http://vestnik-glonass.ru/news/corp/zashchita-ot-spufingatak-na-koordinatnovremennye-sistemy/>
17. Rubczov N.S. Algoritm zashchity ot spufinga apparatury potrebitelej sputnikovykh navigaczionnykh sistem// Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki. 2018 (4). S.92-101. Rezhim dostupu: <https://cyberleninka.ru/article/v/algoritm-zaschity-ot-spuffinga-apparatury-potrebiteley-sputnikovyh-navigatsionnyh-sistem>
18. Kak zashchitit GNSS ot spufinga. Rezhim dostupu: <http://vestnik-glonass.ru/news/tech/kak-zashchitit-gnss-ot-spufinga/>
19. New UTSA study presents method to stop cyber attacks on GPS-enabled devices. Rezhim dostupu: <http://www.utsa.edu/today/2018/03/story/GPS-spoofing.html>

ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ДАНИХ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ

УДК 004.9

DOI: <https://doi.org/10.35546/2313-0687.2019.25.39-47>

Захарченко Раїса Миколаївна

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри програмних засобів і технологій, Херсонський національний технічний університет, місто Херсон, Україна; e-mail: zraissa2@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4650-3095

Кірюшатова Тетяна Григорівна

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри програмних засобів і технологій, Херсонський національний технічний університет, місто Херсон, Україна; e-mail: TanyaKir1963@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0000-0065

Чебаненко Олександр Володимирович

аспірант кафедри програмних засобів і технологій, Херсонський національний технічний університет, місто Херсон, Україна; e-mail: alexandrchebanenko@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3816-5383

Анотація. Мета статті є опис використання методів моніторингових досліджень в освітньому процесі. На сьогоднішній день об'єми накопиченої інформації постійно ростуть. Збільшується кількість задач, які вирішуються за допомогою інтелектуального аналізу даних. Необхідно дослідити алгоритми інтелектуального аналізу даних та їх використання для прийняття рішень в управлінні освітнім процесом. Методи дослідження. Основою досліджень є теорії інформації, інформаційних систем та процесів, управління, оптимізації. Основні результати дослідження. Застосування моніторингових досліджень в освітньому процесі дозволить прийняти ефективні управлінські рішення. Проаналізовано в статті придатність використання методів технології Data Mining у сфері освіти та відносна ефективність їх використання. Досвід використання освітніх показників (індикаторів) свідчить про необхідність дотримання певних вимог щодо їх структури. Система показників повинна бути: за кількістю показників обмеженою; система має містити достатній набір індикаторів; повною; адекватною основним цілям і завданням; динамічною; легкою в обчисленнях та вимірюваннях. Застосовують кілька систем показників якості освіти у світовій практиці, які можуть використовуватися саме для аналізу стану освітньої сфери. Вони поділяються на два типи моделей – міжнародні та національні. Для аналізу даних в визначенні якості освіти необхідно постійно збирати, групувати дані, візуалізувати їх. Для цього необхідно використовувати основні показники описової статистики, проводити перевірку статистичних гіпотез, перевірку зв'язку між гіпотезами, проводити регресійний аналіз, проводити факторний аналіз, виконувати класифікацію даних та аналіз часових рядів. Для обробки інформації використовують електронні таблиці, математичні та статистичні пакети і мови програмування та середовища інтелектуального аналізу

даних. Одна з найважливіших задач обробки статистичних даних – виявлення таких параметрів, які в компактній формі достатньо повно характеризують властивості генеральної сукупності, що вивчається. Попарне порівняння факторів володіє одним істотним недоліком, здатним значною мірою ускладнити роботу експерта. Якщо досліджувані критерії однорідні, тобто їх властивості належать градації одного рівня, то віднесення їх до певного класу не викликає особливих проблем. Але як тільки має місце відповідність чинників градації різного рівня, тобто коли одні фактори мають мінімальні значення, інші – середні, треті – близькі до максимальних відразу виникає невизначеність, тим більша, чим сильніше розкид градацій. У цьому випадку експерту непросто прийняти однозначне рішення. Метод аналізу ієрархій полягає в попарному зіставленні факторів. Результати парних порівнянь представляють у вигляді матриці X_{ij} , де X_{ij} означає відношення ваг відповідних критеріїв. Для вирішення даного завдання по методу аналітичної ієрархічної процедури розроблений алгоритм для визначення вагових коефіцієнтів по кожному критерію і розроблена програма для їх визначення. В подальшому їх використовують для інтелектуального аналізу даних. Наукова новизна. Без сучасної аналітики та достовірних показників, таких як збір, опрацювання та аналіз освітніх даних, впровадження освітніх реформ неможливе. Запропонована система обробки інформації освітніх установ з використанням інтелектуального аналізу даних. Розроблено нові концепції і моделі, що дозволили формалізувати виявлені взаємозв'язки методу аналітичної ієрархічної процедури та інтелектуального аналізу даних складових компонентів інформаційних процесів навчання з елементами теорій інформації та оптимізаційного управління інформаційними системами, досягаючи вдосконалення комп'ютеризованих інформаційних технологій з урахуванням якості освіти.

Практична значимість. Розробка інструментарію для проведення досліджень запропонованого алгоритму з метою його подальшого покращення та вдосконалення та інтеграції з іншими системами.

Ключові слова: інформаційна технологія, комп'ютер, мережа, система, процес, навчання, освіта.

Постановка проблеми. Проаналізувати сучасні технології аналізу інформації з метою визначення в накопичених даних корисних знань. На основі отриманих результатів визначитися з прийняттям оптимальних управлінських рішень в освітньому процесі. В наш час низька якість української освіти стає предметом серйозного занепокоєння вітчизняних роботодавців. Якість тих хто навчається, можна охарактеризувати за допомогою таких показників: знання з профільних дисциплін; комп'ютерна грамотність; рівень володіння іноземною мовою; бажання навчатися; рівень інтелекту; духовний розвиток; креативність; рівень розвитку пам'яті; дисциплінованість; наполегливість; працездатність; спостережливість; уміння планувати кар'єру та інші.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В даний час методи Data Mining отримали широке поширення в різних сферах діяльності. Дослідженнями в цій області займаються такі вчені, як А.А. Барсегян, М.С. Купріянов, Г. Пятецькій-Шапіро, Х. Ромесбург, Дж. Хан. Проблеми аналізу даних освітнього процесу розглядалися в роботах таких вчених, як Р. Бакер, Л.І. Григор'єв та інші.

Воложаніна О.А. в своїх працях звертає увагу на те, що ситуація на ринку праці і ринку освітніх послуг вищої школи вимагає їх взаємозв'язку з метою урегулювання дисбалансу [3].

Як зазначає В. Кремень, «мистецтво і талант педагога є центральною атрибутивною ланкою в її системі». Саме від вчителя багато в чому залежить і якість процесу та результату навчання, і мотиваційні детермінанти особистості тих, хто навчається, а взагалі – складові якісної освіти. Саме тому, стан сучасного суспільства, яке характеризується високим динамізмом та плінністю більшості соціальних процесів, стає важливішою детермінантою нових форм, напрямків удосконалення вчителя та його інтенсивності.

Зазначене коло питань викликає широкий інтерес науковців. Перш за все, це фундаментальні розробки проблем освіти в західній соціології. Функціональний напрямок представлений роботами Е. Дюркгейма, Р. Мертона, Т. Парсонса, в яких освіта розглядається як феномен, що сприяє інтеграції суспільства та його інститутів [4].

Сьогодні загальні питання трансформації, модернізації та реформування вітчизняної освітньої сфери ґрунтовно вивчаються вченими. Сучасні зарубіжні та вітчизняні науковці (Л. Власчану, А. Вроейнстийн, С.І. Кудло та інші) вивчають проблеми забезпечення якості освіти у зв'язку з її інституціональною оцінкою. Якість освіти розглядається ними як відповідність державному стандарту.

О. І. Ляшенко, доктор педагогічних наук, професор, дійсний член НАПН України відмітила, що: «Побудова національної системи моніторингу якості освіти потребує чіткого розуміння основних засад, що мають бути покладені в основу здійснення моніторингових досліджень в Україні, і відповіді на кілька конкретних питань, які повинні бути відображені в концепції національної системи моніторингу якості освіти» [5].

Статистичні методи оцінювання якості освіти розкриті в працях професора, д.ф.-м.н., академіка АН вищої школи України В. Вахрушина [6].

Перелічені дослідники розкривали у своїх роботах окремі аспекти проблеми якості освіти. При цьому соціологічний підхід до її вивчення залишився не реалізованим у повній мірі. Зокрема це торкається феномену якості загальної середньої освіти [3].

Мета дослідження. Помилково навчальні заклади займаються в основному результатами своєї діяльності і досягненнями своїх вихованців, потім вибудовують на їх основі управлінські рішення тільки локального змісту.

Упродовж останніх років випускники ЗНО, що мають намір вступати до ВОЗ, проходять **зовнішнє незалежне оцінювання**. Накопичено значний матеріал, який потребує додаткового опрацювання як результатів досліджень інтелектуального аналізу даних в освітньому процесі.

Дані оцінювання повинні допомогти визначити слабкі та сильні сторони української системи освіти рис. 1 [5].

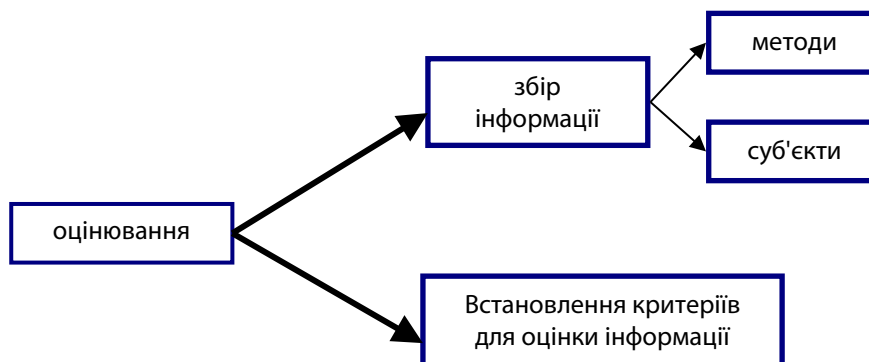


Рис. 1 – Оцінювання в сфері освіти

Для прийняття оптимальних управлінських рішень в освітньому процесі необхідно проводити постійно інтелектуальний аналіз даних за допомогою сучасних засобів Data Mining [10, 12].

Результати досліджень. Як відомо, методи технології Data Mining це лінійна регресія, нейронні мережі, дерева прийняття рішень та K-ближчого сусіда. Інтелектуальний аналіз даних необхідно проводити за допомогою використання засобів управління моделями Data Mining в редакторі моделей. Редактор моделей дає можливість створювати, порівнювати та формувати на їх основі прогнози. Для вибору моделі в редакторі є можливість використати засіб для порівняння моделей Mining Accuracy Chart [12].

Підходи до оцінки ефективності у ВОЗ: аналіз успішності та їх участь у активностях університету, аналіз викладацьких методик, аналіз відповідності навчальних програм потребам ринку праці та інтересам стейкхолдерів. Україна фіксується як одна із тих, яка має найбільші у світі суспільні витрати на освіту. Тому розумно політикам та громадськості поставити питання про ефективність використання значних бюджетних коштів, які зазвичай виділяють на розвиток освітньої галузі в Україні [6]. Тому, якщо говорити про обсяги офіційних приватних видатків на освіту в Україні то вони є досить значними. Всього половина випускників українських університетів затребувана роботодавцями. Це є серйозна проблема майбутнього інноваційного розвитку

суспільства вже завтра. Не зовсім задовольняє ситуація, яка склалася в галузі загальної середньої освіти. За статистичними даними, через короткий час після працевлаштування за направленням спостерігається тенденція зменшення працевлаштованих випускників.

Проведені дослідження, показали, що різні стейкхолдери інтерпретують «хороший університет», орієнтуючись на різні групи показників. Зокрема, роботодавці та абітурієнти більшою мірою зорієнтовані на результати освітньої діяльності, представники державних органів влади оцінюють якість навчальних закладів за наявними у них ресурсами, а для студентів та викладачів велику роль відіграють процеси [6].

Система менеджменту якості освіти є інтегрованою. Вона орієнтована на сучасні інформаційні технології, використання досягнень теорії і практики менеджменту. Її успішність може оцінюватися шляхом використання якіс-

них і кількісних показників [10]. У перспективі необхідний розвиток незалежних (зовнішніх) оцінок якості діяльності освітніх установ. Таким чином, практика оцінки якості підготовки випускників, що сьогодні існує, носить галузевий характер. Відповідно до окреслених управлінських функцій різних споживачів інформації щодо результатів моніторингових досліджень освіти можна зробити тривіальний висновок: **за допомогою єдиного формату моніторингу якості освіти, яким би досконалим він не був, задовольнити всі зацікавлені сторони неможливо; потрібен системний моніторинг освіти.** Такий моніторинг якості освіти передбачає різнобічне і багатопараметричне обстеження різних об'єктів системи освіти і процесів, що впливають на якість їх функціонування, унаслідок якого кожна його складова є носієм певного набору критеріїв і показників, що відображають якість системи освіти в цілому, системно табл. 1.

Таблиця 1

Показники моніторингу якості освіти

Тип показника	Приклад показника
Вхідні ресурси	Стан будівель Умови проживання Меблі Обладнання Лабораторії Загальна кількість учнів, студентів Вік Кількість повних ставок Співвідношення кількості учнів або студентів та викладачів
Начальні процеси	Навантаження викладачів Розуміння чинників, що впливають на навчання Навчальна програма Можливість навчатися Кількість предметних годин Відвідування інспекторів
Результати (наслідки)	Досягнення з ключових предметів Кількість учнів або студентів що закінчили навчання Кількість учнів або студентів, що успішно складають іспити, % Відвідування Агресія Уживання наркотиків Проблеми дисципліни

Моніторинг створює інформаційну систему, яка постійно поповнюється, що вказує на безперервність відстеження, а також включає розробку апарату та технології вимірювання існуючого стану об'єкту. Моніторинг потребує систематичності та послідовності дослідження проблем, а якість результатів моніторингу залежить від якості технології та інструментарію для оцінювання [10].

Діяльність учбових закладів визначаються з допомогою загального індексу рейтингової оцінки – Із. Цей індекс є інтегральним і визначається трьома комплексними критеріями (індексами):

$$I_z = I_{np} + I_n + I_{mv}, \quad (1)$$

де – I_{np} – індекс якості науково-педагогічного потенціалу, значення якого змінюються в діапазоні до 50 відсотків;

– I_n – індекс якості навчання, який змінюється в діапазоні до 30 відсотків;

– I_{mv} – індекс міжнародного визнання, змінюється в діапазоні до 20 відсотків.

Кожний комплексний критерій визначається групою індикаторів, перелік яких із відповідними ваговими коефіцієнтами наведений у таблиці 1.

Вагові коефіцієнти визначаються групою фахівців високого рівня в галузі науки та освіти із застосуванням методу експертного оцінювання [7].

Пропонується використання програмного забезпечення для обробки великої кількості даних в Херсонському регіональному центрі оцінювання якості освіти з метою прийняття вірного управлінського рішення відносно якості освіти. Для вирішення даного завдання по методу аналітичної ієрархічної процедури розроблений алгоритм для визначення вагових коефіцієнтів по кожному критерію і розроблена програма.

У програмі є можливість вносити зміни, редагувати інформацію та моделювати різні варіанти. Описану процедуру, яка використовується в програмі можна інтерпретувати, як спрощений метод визначення зваженого середнього. Метод може використовувати невизначену і суб'єктивну інформацію. Метод формування вектору переваг дозволяє використовувати індивідуальну шкалу оцінок попарних порівнянь

Приклад виконання розрахунків для чотирьох критеріїв і для чотирьох районів Херсонської області на рис. 2. Необхідно попарно порівняти чотири райони по кожному критерію.

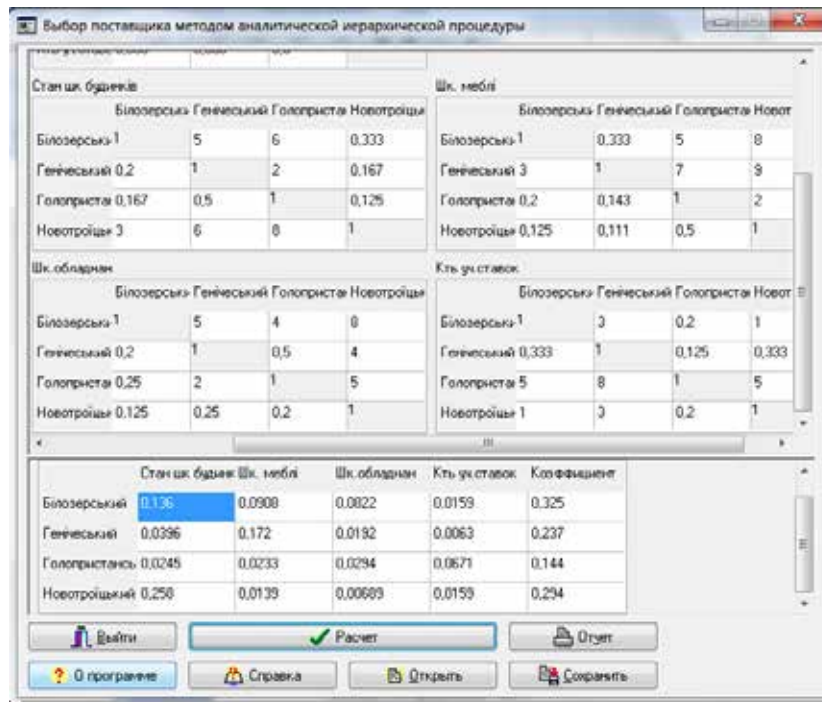


Рис. 2 – Екранна форма програми

Математичний аналіз вирішення завдань показує, що якщо при введенні вхідних даних не було допущено помилок, тобто вхідні дані задовольняють встановленим для системи обмеженням, то отримане рішення дійсно буде відповідати поставленому завданню.

Отримане рішення, при виконанні програмного продукту, з точки зору економіки є оптимальним. При використанні даного методу значно економляться витрати робочої сили і часу. Користувач має можливість отримати результат розрахунків вагових коефіцієнтів, редагувати та моделювати різні варіанти при проведенні досліджень.

Висновки. Використовуючи якісні характеристики діяльності учбових закладів, можна сказати, що вони

пов'язані зі значними складностями у зв'язку з відсутністю в Україні досвіду, фахового потенціалу та організаційних засад для об'єктивного застосування методів експертного оцінювання. Проаналізовано підходи до оцінки ефективності освіти у ВОЗ. Проаналізовано придатність використання методів технології Data Mining у сфері освіти та відносна ефективність їх використання. Звернена увага на відсутність інтегрованого алгоритму збору та відбору даних. Розроблено та протестовано програмний додаток, що відображає вагові коефіцієнти обраних критеріїв в освітньому процесі для відбору даних. Даний програмний продукт дає можливість урахувати окремі критерії, що можуть вплинути на кінцевий результат.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Valero A., Van Reenen J. The economic impact of universities. Evidence from across the globe (No. w22501). USA: National Bureau of Economic Research, 2016. 320 p.
2. Glewwe P., Muralidharan K. Improving Education Outcomes in Developing Countries: Evidence, Knowledge Gaps, and Policy Implications. Handbook of the Economics of Education, 2016. Volume 5. 424 p.
3. School Resources. Handbook of the Economics of Education. 2006. Volume 2.
4. Beck U. (German sociologist). Globalization of modern education. URL: <https://www.assignmentexpert.com/blog/education-tips/>
5. Украинская система образования. URL: <https://edunews.ru/education-abroad>
6. Антоненко В. М., Мамченко С. Д., Рогушина Ю. В. Сучасні інформаційні системи і технології: управління знаннями: навч. посіб. Ірпінь: Національний університет ДПС України, 2016. 212 с.
7. *Computer Science and Information Technology*. proceedings of the Forth International conference CoSIT-2017 (Geneva, Switzerland, 25-26 March 2017) / Eds.: D. Nagamalai, N. Meghanathan. – Geneva, Switzerland: AIRCC Publishing Corporation, 2017. 208 p.
8. Saidani N. Towards a better comprehension of adaptation to information and communication technologies: a multi-level approach: PhD dissertation. Georgia State University, USA, 2016. 220 p.
9. Higher education in the digital age. Moving academia online / eds.: A. Zorn, J. Haywood, J. Glachant. Cheltenham, UK, Northampton, MA, USA: Edward Edgar Elgar Publishing, 2018. 170 p.
10. Yang X. Optimization techniques and applications with examples. USA, UK: WILEY, 2018. 384 p.
11. Operations research applications / Eds.: G. Stecca. Rome, Italy: AIRO (Associazione Italiana di Ricerca Operativa), 2017. 123 p.
12. Fayyad, U. & Piatetsky-Shapiro, G. & Smyth, P. (2006) Advances in Knowledge Discovery and DataMining. USA: National Bureau of Economic Research.

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Раиса Николаевна Захарченко,

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры программных средств и технологий,
Херсонский национальный технический университет, город Херсон, Украина,
E-mail: zraissa2@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4650-3095

Татьяна Григорьевна Кирышатова,

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры программных средств и технологий,
Херсонский национальный технический университет, город Херсон, Украина,
E-mail: TanyaKir1963@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0000-0065

Александр Влалимирович Чебаненко,

аспирант кафедры программных средств и технологий, Херсонский национальный технический университет,
город Херсон, Украина; E-mail: fullmakar@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3816-5383

Аннотация. Цель статьи является описание использования методов мониторинговых исследований в образовательном процессе. На сегодняшний день объемы накопленной информации постоянно растут. Увеличивается количество задач, которые решаются с помощью интеллектуального анализа данных. Необходимо исследовать алгоритмы интеллектуального анализа данных и их использование для принятия решений в управлении образовательным процессом. Методы исследования. Основой исследований является теории информации, информационных систем и процессов, управления, оптимизации. Основные результаты исследования. Применение мониторинговых исследований в образовательном процессе позволит принять эффективные управленческие решения. Проанализированы в статье пригодность использования методов технологии Data Mining в сфере образования и относительная эффективность их использования. Опыт использования образовательных показателей (индикаторов) свидетельствует о необходимости соблюдения определенных требований по их структуры. Система показателей должна быть: по количеству показателей ограниченной; система должна содержать достаточный набор индикаторов; полной; адекватной основным целям и задачам; динамичной; легкой в вычислениях и измерениях. Применяют несколько систем показателей качества образования в мировой практике, которые могут использоваться именно для анализа состояния образовательной сферы. Они делятся на два типа моделей – международные и национальные. Для анализа данных в определенные качества образования необходимо постоянно собирать, группировать данные, визуализировать их. Для этого необходимо использовать основные показатели описательной статистики, проводить проверку статистических гипотез, проверку связи между гипотезами, проводить регрессионный анализ, проводить факторный анализ, выполнять классификацию данных и анализ временных рядов. Для обработки информации используют электронные таблицы, математические и статистические пакеты и языки программирования и среды интеллектуального анализа данных. Одна из важнейших задач обработки статистических данных – выявление таких параметров, в компактной форме достаточно полно характеризуют свойства генеральной совокупности, изучается. Парное сравнение факторов обладает одним существенным недостатком, способным в значительной степени осложнить работу эксперта. Если исследуемые критерии однородны, то есть их свойства принадлежат градации одного уровня, то отнесение их к определенному классу не вызывает особых проблем. Но как только имеет место соответствие факторов градации разного уровня, то есть когда одни факторы имеют минимальные значения, другие – средние, третьи – близки к максимальным сразу возникает неопределенность, тем больше, чем сильнее разброс градаций. В этом случае эксперту просто принять однозначное решение. Метод анализа иерархий состоит в попарном сопоставлении факторов. Результаты парных сравнений представляют в виде матрицы x_{ij} , где x_{ij} означает отношение весов соответствующих критериев. Для решения данной задачи по методу

аналитической иерархической процедуры разработан алгоритм для определения весовых коэффициентов по каждому критерию и разработана программа для их определения. В дальнейшем их используют для интеллектуального анализа данных. Научная новизна. Без современной аналитики и достоверных показателей, таких как сбор, обработка и анализ образовательных данных, внедрение образовательных реформ невозможно. Предложенная система обработки информации образовательных учреждений с использованием интеллектуального анализа данных. Разработаны новые концепции и модели, которые позволили формализовать выявлены взаимосвязи метода аналитической иерархической процедуры и интеллектуального анализа данных составляющих компонентов информационных процессов обучения с элементами теории информации и оптимизационного управления информационными системами, достигая совершенствования компьютеризированных информационных технологий с учетом качества образования.

Практическая значимость. Разработка инструментария для проведения исследований предложенного алгоритма с целью его дальнейшего улучшения и совершенствования и интеграции с другими системами.

Ключевые слова: информационная технология, компьютер, сеть, система, процесс, обучение, образование.

RESEARCH OF ALGORITHMS OF INTELLECTUAL DATA ANALYSIS IN THE EDUCATIONAL PROCESS

Raisa Zakharchenko, Ph.D.

(Candidate of Technical Sciences), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Software and Technology, Kherson National Technical University, Kherson, Ukraine; **E-mail:** zraissa2@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4650-3095

Tetiana Kiryushatova, Ph.D.

(Candidate of Technical Sciences), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Software and Technology, Kherson National Technical University, Kherson, Ukraine; **E-mail:** TanyaKir1963@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0000-0065

Oleksandr Chebanenko,

graduate student of Software and Technology, Kherson National Technical University, Kherson, Ukraine;

E-mail: alexandrchebanenko@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3816-5383

Abstract. The objective of the article is a description of the use of monitoring research methods in the educational process. To date, the amount of accumulated information is constantly growing. The number of tasks that are solved with data mining is increasing. It is necessary to explore the algorithms of data mining and their use for decision making in the management of educational process. Research methods. The basis of research is the theory of information, information systems, and processes, control, optimization. Main research results. The applying of monitoring research in the educational process allows to make effective management decisions. The article analyzes the suitability of using the methods of Data Mining technology in education and the relative effectiveness of their use [12]. Experience in using educational indicators reveals the necessity of compliance certain requirements for their structure. The metrics list should include limited number of metrics; the system must contain a sufficient set of indicators; it should be complete; adequate to the main goals and objectives; dynamic; easy to calculate and measure. There are several quality education systems worldwide that can be used to analyze the state of the education sector. They are divided into two types of models – international and national ones[1]. In order to analyze the data in certain qualities of education it is necessary to constantly collect, group the data and visualize it. To do this, you need to use the basic metrics of descriptive statistics, test statistical hypotheses, test the relationship between hypotheses, perform regression analysis, perform factor analysis, perform data classification and time series analysis. Spreadsheets, mathematical and statistical packages and programming languages and data mining environments are used to process information. One of the most important tasks of statistical data processing is to identify parameters which are able to characterize the properties of the studied altogether in a compact

manner. Pairwise comparison of factors has one disadvantage, which can significantly complicate the work of an expert. If the studied criteria are homogeneous, that means that they possess the properties of the gradation of the same level, then their classification in a particular class does not cause any particular problems. But as soon as correspondence between of the factors of gradation of different levels takes place, that is, when some factors have minimum values, others – average, others – close to the maximum, the uncertainty arises at once, the greater the greater the variation of gradations is. In this case, it is not easy for an expert to make a unambiguous decision. The method of analysis of hierarchies consists in pairwise comparison of factors. The results of pairwise comparisons are presented in the form of a matrix x_{ij} , where x_{ij} denotes the ratio of the weights of the respective criteria. To solve this problem by the method of analytical hierarchical procedure, an algorithm was developed to determine the weights for each criterion and a program was developed to determine them. Later they are used for data mining. Scientific novelty. Without modern analytics and reliable indicators such as the collection, processing and analysis of educational data, the implementation of educational reforms is impossible. A system for processing information of educational institutions using data mining [2] is proposed. New concepts and models have been developed that allowed to formalize the revealed interrelations of the method of analytical hierarchical procedure and intellectual analysis of data components of information learning processes with the elements of information theories and optimization management of information systems, achieving the improvement of computerized information technologies for education.

Practical significance. Development of research tools for the proposed algorithm in order to further improve and integrate it with other systems.

Keywords: *information technology, computer, network, system, process, training, education.*

REFERENCES:

1. Valero A., Van Reenen J. The economic impact of universities. Evidence from across the globe (No. w22501). USA: National Bureau of Economic Research, 2016. 320 p.
2. Glewwe P., Muralidharan K. Improving Education Outcomes in Developing Countries: Evidence, Knowledge Gaps, and Policy Implications. Handbook of the Economics of Education, 2016. Volume 5. 424 p.
3. School Resources. Handbook of the Economics of Education. 2006. Volume 2.
4. Beck U. (German sociologist). Globalization of modern education. URL: <https://www.assignmentexpert.com/blog/education-tips/>
5. Ukrainskaya sistema obrazovaniya. Retrieved from [https://edunews.ru/education-abroad_\(data_zvernennya_29.10.18\)](https://edunews.ru/education-abroad_(data_zvernennya_29.10.18)).
6. Antonenko, V. M., Mamchenko, S. D., & Rohushyna, Yu. V. (2016) Suchasni informatsiini systemy i tekhnolohii: upravlinnia znanniamy: navch. posib. Irpin: Natsionalnyi Universytet DPS Ukrainy.
7. *Computer Science and Information Technology*: proceedings of the Forth International conference CoSIT-2017 (Geneva, Switzerland, 25-26 March 2017) / Eds.: D. Nagamalai, N. Meghanathan. – Geneva, Switzerland: AIRCC Publishing Corporation, 2017. 208 p.
8. Saidani N. Towards a better comprehension of adaptation to information and communication technologies: a multi-level approach: PhD dissertation. Georgia State University, USA, 2016. 220 p.
9. Higher education in the digital age. Moving academia online / eds.: A. Zorn, J. Haywood, J. Glachant. Cheltenham, UK, Northampton, MA, USA: Edward Edgar Elgar Publishing, 2018. 170 p.
10. Yang X. Optimization techniques and applications with examples. USA, UK: WILEY, 2018. 384 p.
11. Operations research applications / Eds.: G. Stecca. Rome, Italy: AIRO (Associazione Italiana di Ricerca Operativa), 2017. 123 p.
12. Fayyad, U. & Piatetsky-Shapiro, G. & Smyth, P. (2006) Advances in Knowledge Discovery and DataMining. USA: National Bureau of Economic Research.

INFORMATION SYSTEM FOR AUTOMATED CREATION AND ANALYSIS OF SOCIAL NETWORK MESSAGES CORPUS

UDC 004.9+81'27+81'33+81'42

DOI: <https://doi.org/10.35546/2313-0687.2019.25.48-57>

Borysova Natalia

PhD, associate professor of the Department of Intelligent Computer Systems, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine, **E-mail:** borysova.n.v@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8834-2536>

Melnyk Karina

PhD, associate professor of the Department of Software Engineering and Management Information Technologies, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine, **E-mail:** karina.v.melnyk@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9642-5414>

Melnyk Viktoriia

principal of Kharkiv general education school № 145, Kharkiv, Ukraine, **E-mail:** v13121423@gmail.com

Abstract. The purpose of work is development of information system for automated creation and analysis of corpus of social network messages. The information system allows getting statistical information about slang words and expressions used by youth. Combinations of multiple methods of corpus linguistics and sociolinguistics (questionnaire, associative experiment) have been used to achieve this goal. The core achievement of the work is the information system developed to resolve tasks of corpus creation and analysis. Texts for the corpus are collected by the information system from user-selected sources according to user-selected criteria. The information system can analyze the whole corpus or several parts of corpus according to the user-selected criteria. Corpus analysis results can be used by linguists-analysts, specialists in the field of automated natural language processing, corpus linguistics, sociolinguistics, as well as other interested experts and specialists to observe the development of any sociolinguistic phenomena. The scientific novelty of the research results consists in improving of the linguistic corpus automated formation and analysis technology, which allows increasing the information processing speed. The practical importance of the research results consists in the formation of algorithmic, linguistic, information support and software of information system for corpus automated creation and analysis.

Keywords: *automated natural language processing, corpus linguistics, sociolinguistics, information system, texts corpus, world using statistical characteristics, social networks messages analysis, youth slang.*

Introduction. The use of modern information technology today allows expanding and deepening scientific research in all scientific area. For linguistic research infor-

mation technologies offer their technical capabilities for processing, storing and selecting language material [2; 3]. In addition, the involvement of information technology

allows obtaining objective conclusions about the language units functioning, helps to formulate qualitatively new conclusions about language and outlines new directions of language material research. This is made possible also by carrying out corpus researches that allow to abstract from the researcher's subjectivity and to approach the objective study of the language, since they rely mainly on real «living» language material, rather than on language intuition and introspection. Corpus researches imply the creation and use of linguistic corpuses – electronic texts collections selected by a specific criterion, and tagged depending on the research purpose. In our work, information technologies and linguistic corpus are used to study such a sociolinguistic phenomenon as youth slang. The relevance of the research topic is determined by the processes taking place in modern society. The democratization of society has increased the role of spoken language and its wider use in all areas of language communication. As a rule, the modern living language is formed by the most active representatives of the language society – journalists, politicians, businessmen and, first of all, young people. The language of youth, after the language of the media, is the second most influential on the state of modern living language of the mass communication sphere. Nowadays, non-literary words appear more often on media pages, in the influential people speeches and so on. Although research on youth slang has received some attention, this sociolinguistic phenomenon is still remains poorly understood. There was also a need to involve regional material more actively in researching this issue, as the specificity of the linguistic and cultural situation is generally determined by the regional context.

Last researches and publications analysis. The analysis of publications and researches [5-7] showed that to study such sociolinguistic phenomenon as youth slang, researchers use different approaches: the first group includes traditional sociolinguistic (questioning, associative experiment, surveys, field studies, etc.), and the second – modern approaches of corpus linguistics, which provide sufficient opportunities to explore different sociolinguistic phenomena at a qualitatively new level. However, despite the obvious prospects and effectiveness of using corpuses to study sociolinguistic phenomena, particularly in detecting language variations and changes, analyzing of language phenomena using by the person, social group, na-

tion, etc., there are practically no similar works for Ukrainian language. There is no information on corpuses for sociolinguistic researches, on information systems for analyzing such corpuses, etc. Regarding to youth slang, it became only an object of lexicographic description, its lexical composition, formation and functioning were examined, but there is no information on the study of this phenomenon by corpus linguistics methods and approaches. Therefore, the results of last researches and publications analysis have determined the direction and purpose of our work.

The purpose of work is development of information system for automated creation and analysis of linguistic corpus.

The main material. The first stage of development process for resolving the task of automated creation and analysis corpus is creating of Software Requirement Specification (SRS). The SRS is a detailed description of the future information system with its functional and non-functional requirements. The list of requirements in formal view for the information system is presented in Fig. 1 in the form of a requirements diagram.

Let's consider this diagram in more detail way. The functional requirements involve the process of corpus automated creation and analysis. These possibilities are assigned with the requirements «Corpus automated creation» and «Corpus automated analysis» accordingly. The management of corpus' text is responsible for following functionalities: «Corpus' texts structure control» and «Corpus' texts management». These options allow using, adding, editing and deleting texts for corpus changing. A youth slang dictionary can be downloading. The functional requirement «Dictionary downloading» is responsible for this action.

Non-functional requirements define the information system quality attributes. They are important to ensure the usability and effectiveness of the entire information system. The reliability, performance, efficiency, usability and security are provided by appropriate options in information system.

Appropriate linguistic support is used for the information system correct work. It consists of our own social networks messages corpus, which was created by the information system, a youth slang dictionary and a slang database, which stores information about the inflection of words from youth slang dictionary.

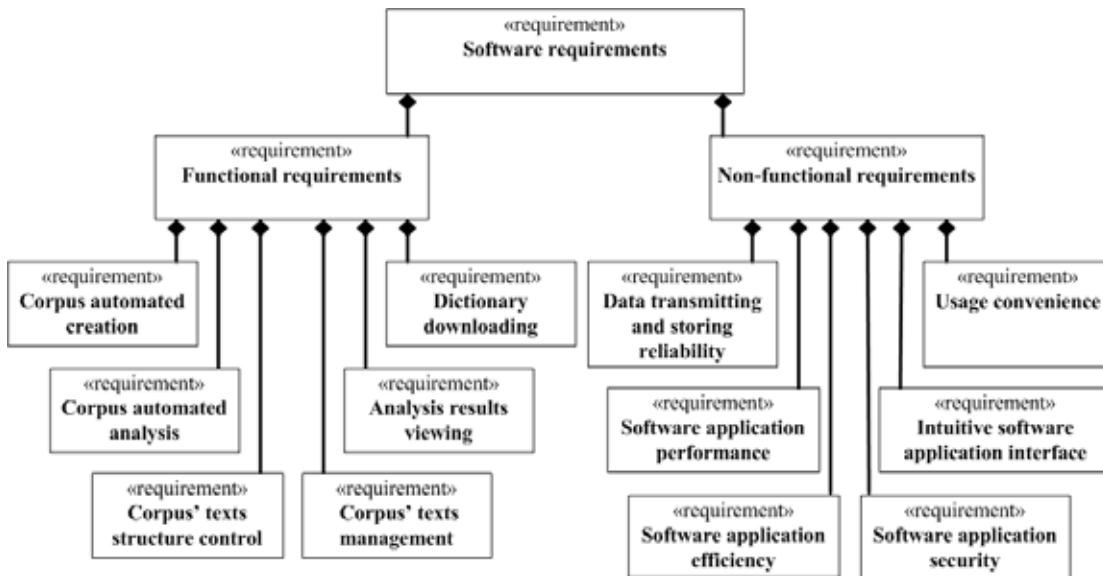


Fig. 1. Requirements diagram

As we research such a sociolinguistic phenomenon as youth slang as a texts sources for our own corpus have been selected social networks Facebook and Instagram messages and posts from various publics, such as «JustStory», «Убивчі Історії», «Веселі історії з життя людей», «Типовий Харків», «Типова Салтівка», «Підслухано ХП», etc., as well as the messages and posts from Pikabu web-site [1]. In order for the results of the study to be considered reliable when creating our own corpus, the general requirements for the corpuses were taken into account, namely:

- corpus volume – from 30000 to 1000000 words;
- the texts in the corpus must be representative;
- the size of the texts should be approximately the same;
- information can be extracted from the corpus.

Let's consider the process of automated corpus creation in more detail way. The analytical review of this process is presented using the IDEF0 diagram, which allows creating an appropriate functional model (Fig. 2).

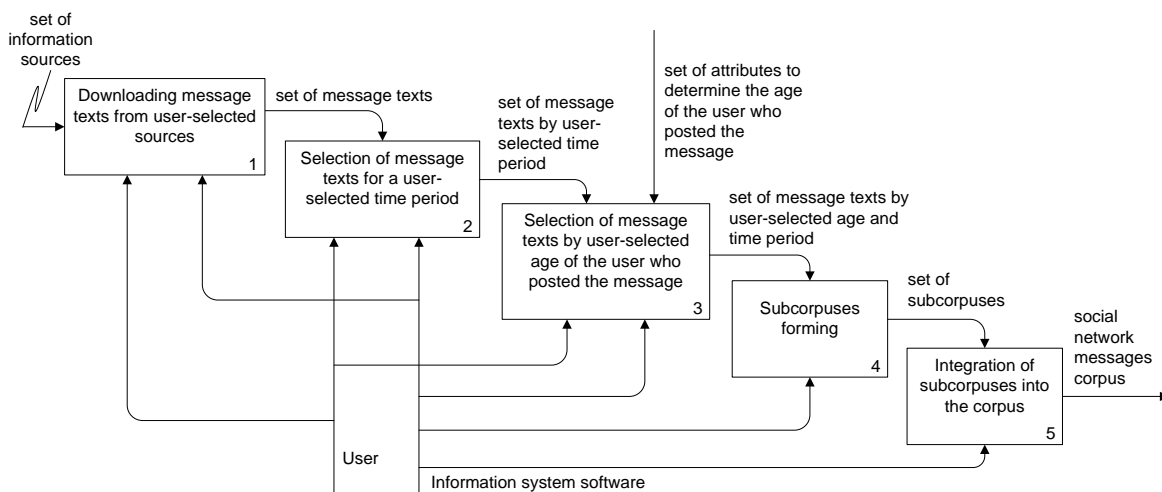


Fig. 2. The process of corpus automated creation

For corpus creation, first of all, user must specify a list of sources from which the texts will be selected. All found messages from the user-selected web pages are extracted and downloaded by the information system. Next, the user must specify for what time period he wants to select the messages (in our work – from December 2016 to December 2018 inclusively). All found messages from the user-selected time period are extracted by the information system. In the next step, the user must specify the age criterion that is what age of the people who posted the messages he wants to select the messages (in our work – from 16 to 25 years old inclusively). All found messages from the user-selected age are extracted by the information system. Then subcorpus are automatically formed by information system. Texts from one source are stored in one subcorpus. In the last step, subcorpus are integrated into the corpus.

Our own social networks messages corpus created by the information system fully complies with the general requirements for text corpora. It contains approximately 150000 words, consists of subcorpora, which stores texts from relevant sources, each subcorpus contains txt files, each file contains one comment or one message, the number of words in the file ranges from 150 to 300, the file size ranges from 2 to 3 Kb.

Another component of the information system linguistic support is the youth slang dictionary, which was obtained as a result of social networks users' survey, which was conducted from December 2016 to December 2018 inclusively. The questionnaire included a request to the respondent to fill in the questionnaire, questions about respondent age, place of residence, social status, and finally a request to write the 10 slang words, that he uses most often, to give a definition to these words and indicate their emotional tone (positive, negative, neutral). Since the survey results are stored in Google Tables, it is easy to use them later. Over a thousand people participated in the survey during the specified time period. The youth slang dictionary, which became a survey result, contains approximately five thousand slang words [2].

In order to justify that the youth slang dictionary can be used to analyze the created social networks messages corpus and the results of this analysis will be reliable, it is necessary to analyze the respondents who participated in the survey for dictionary creation. Google Forms has the suitable functionality for this. The respondents' analysis by age, social status and place of residence can be illustrated by the following charts (Fig. 3).

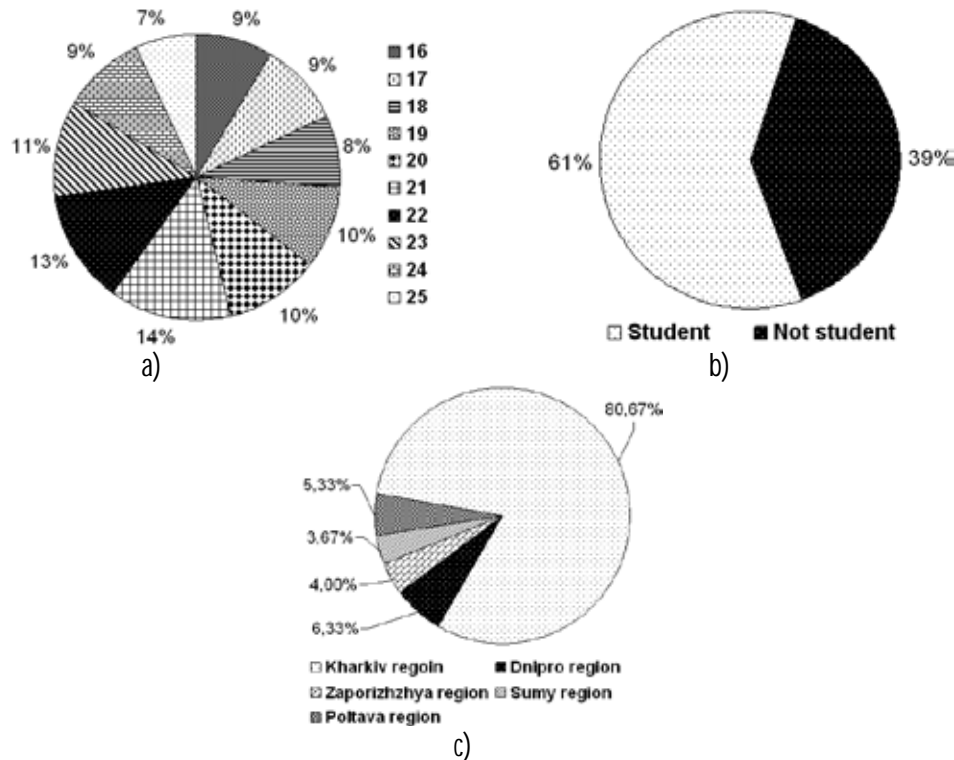


Fig. 3. The respondents' analysis: a) by age; b) by social status; c) by place of residence

Generalized analysis shows that a sample of respondents, which was formed in a random way, is representative. The respondents' analysis by age shows that respondents were separated into the approximately identical groups; there are no abnormally large or abnormally small groups. By social status almost two-thirds of the respondents are students, this fact has influenced on lexical composition of the dictionary by inserting slang words and expressions related to high-

er education. By place of residence almost 81% of respondents reside in Kharkiv region; this fact determined the choice of information sources for our own corpus.

In addition to our own corpus and youth slang dictionary, a slang database is also used as an information system linguistic support. Database stores information about the inflection of words from youth slang dictionary. The database structure is presented in Fig. 4.

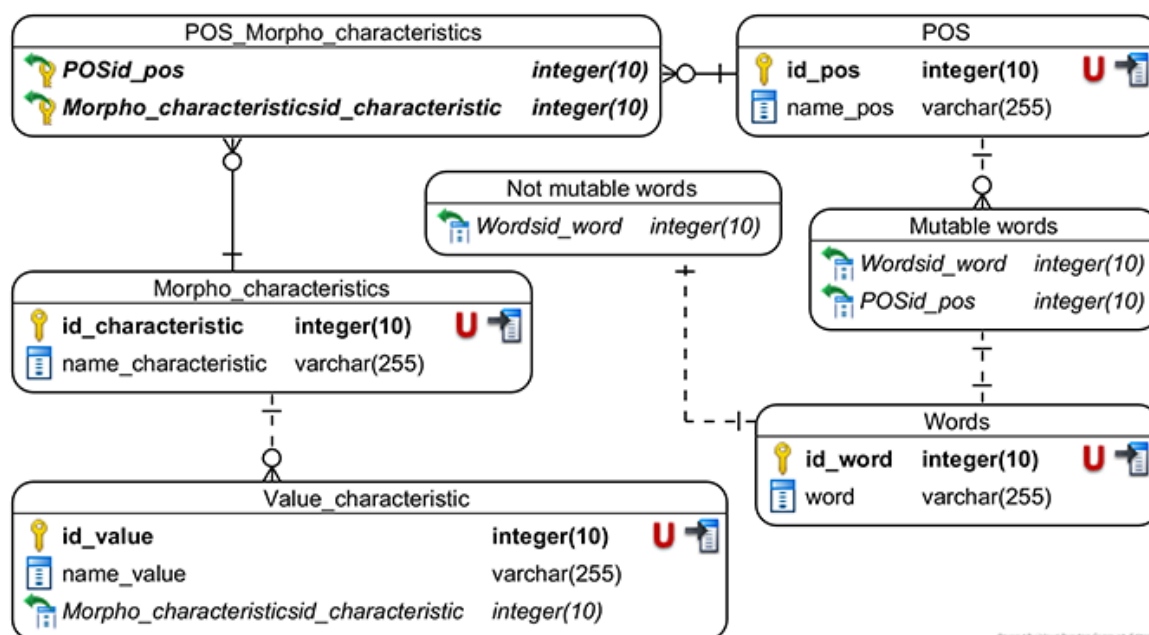


Fig. 4. The slang database structure

The slang database consists of seven entities, which are storing the following information:

- the entity “POS” represents all possible parts of speech;
- the entity “Morpho_characteristics” represents all possible morphological characteristics of parts of speech;
- the associative entity “POS_Morpho_characteristics” describes the relationship between the entities “POS” and “Morpho_characteristics”;
- the entity “Value_characteristic” represents all possible values of each morphological characteristic;
- the entity “Words” is the categorical table, which describes mutable and not mutable words;
- the entities “Mutable_words” and “Not_mutable_words” are the child tables of the table “Words”.

Detailed description of entities and their attributes are presented in Table 1.

Information about slang words inflection is needed because they may not necessarily appear in the text in their initial form, as in the dictionary. All the slang words were separated into two groups: the first group included mutable words which are submitted to regular rules of inflection for natural language parts of speech, and the second group included immutable words which are not submitted to these rules. For the mutable words the part of speech and morphological characteristics are indicated. The rules of inflection for each part of speech are programmed. Therefore when the information system analyzes the corpus, all forms of the mutable word are taken into account, but only one form is taken into account for the immutable word. The information system accesses the database when searching for slang words from the youth slang dictionary in corpus' texts.

Table 1

Description of client database model

Entity	Attribute	Description of attribute
POS	id_pos (PK)	Id of part of speech
	name_pos	Name of part of speech
Morpho_characteristics	id_characteristic (PK)	Id of morphological characteristic
	name_characteristic	The name of morphological characteristic
POS_Morpho_characteristics	id_pos (FK)	Id of part of speech
	id_characteristic (FK)	Id of morphological characteristic
Value_characteristic	id_value (PK)	Id of morphological characteristic value
	name_value	Name of value
	id_characteristic (FK)	Id of morphological characteristic
Words	id_word (PK)	Id of word
	word	Name of word
Mutable_words	id_word (FK)	Id of mutable word
	id_pos (FK)	Id of part of speech
Not_mutable_words	id_word (FK)	Id of immutable word

Considered linguistic support allows the information system to analyze the information from our own social networks

messages corpus. The analytical review of corpus analysis process is presented using the IDEF0 diagram (Fig. 5).

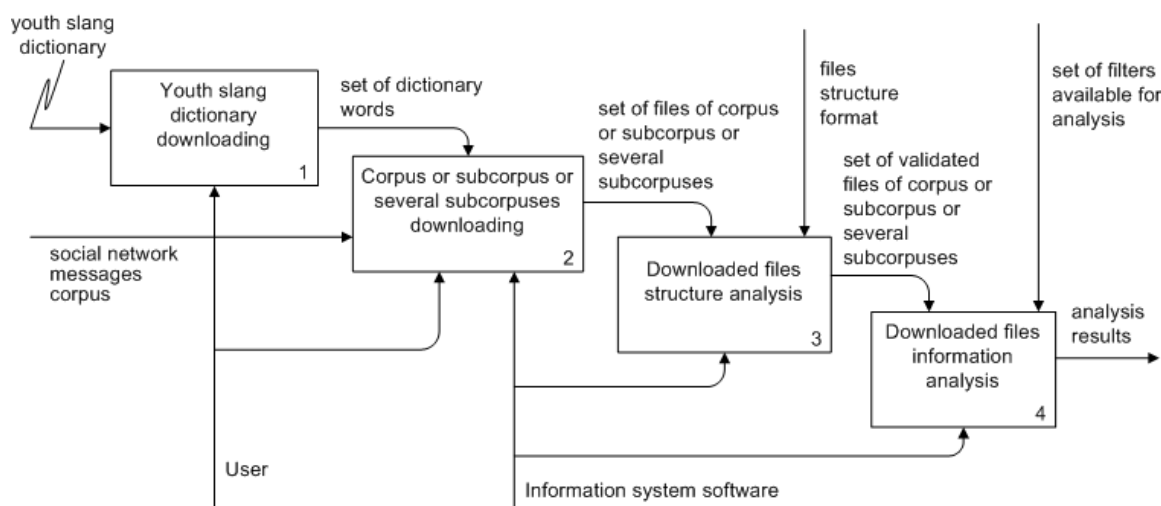


Fig. 5. The process of corpus automated analysis

In order to analyze the corpus, the user must first download a youth slang dictionary. After successful download, user can view the complete list of dictionary words, how many times the respondents have used the word in the questionnaire, the words' definitions (if there are several definitions for one word, they are separated by the symbol "|") and the emotional tone of the words. Also user

can sort the list of words: alphabetically ascending or descending, as well as the number of using ascending or descending.

Then the user must download the corpus or subcorpus or several subcorpus. After download, the user can view the list of downloaded files, can open or delete any number of files from this list. In the case, if the user has downloaded

files other than txt, empty files or files with the wrong structure, he will receive an error message. In addition, the user can view a list of such files, open or delete any number of files from this list.

In the next step, user can analyze the downloaded corpus or subcorpus or several subcorpus. Various filters and any combination of them are available to the user: filters by age and time period. The user can request a complete list of words, TOP-10 words, or make an analysis by one word.

If available age filters are represented as an ordered set A with such elements A = (16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, all ages), the available time period filters are presented as an ordered set B with such elements B = (certain month, certain year, all period), and the available filters by word amount are represented as an ordered set C with such

elements C = (one word, TOP-10 words, all words), then the Cartesian product of these three sets will represent all possible filter combinations available to the user if the user analyze the corpus by three filters. If two filters are used, all possible filter combinations available to the user will be represented as a Cartesian product of two sets: the set C (obligatorily) and the set A or the set B.

As a result of the analysis of the downloaded corpus, subcorpus or several subcorpus, the user receive frequencies of use by youth in social networks messages of slang words and expressions from the youth slang dictionary.

For realization of the main tasks of the research the following architecture of the information system for automated creation and analysis of social networks messages corpus was chosen (Fig. 6).

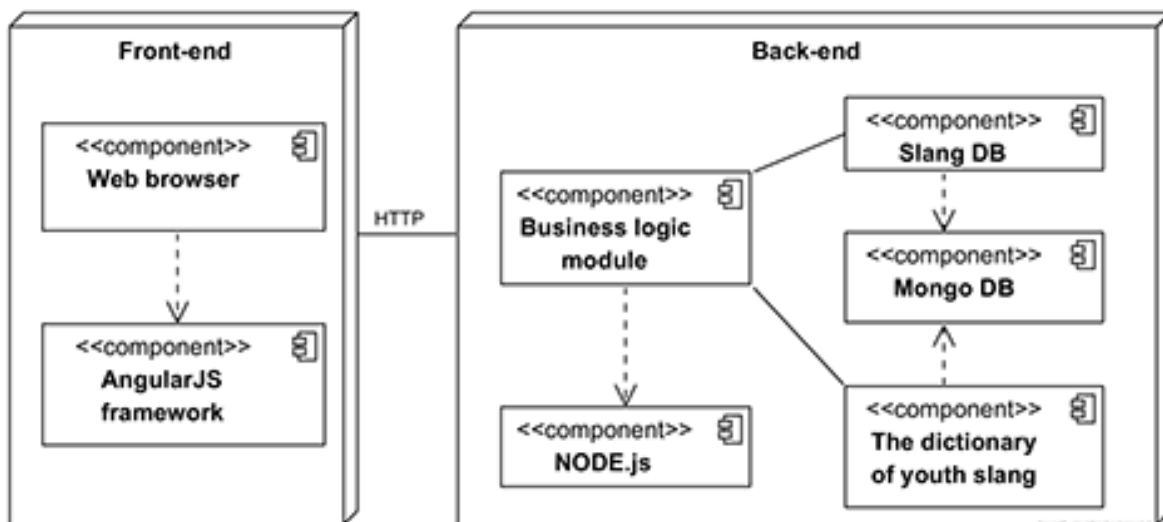


Fig. 6. Deployment diagram of information system

It is a web application, because information system performs specific functions by using a web browser as its client. The following technologies were suggested for information system implementing:

- HTML is using to represent the structural layer of the web application;
- CSS is using to implement the web application presentation layer;
- JavaScript is using to realize the behavior layer.

JavaScript and its frameworks can help to implement front-end and back-end of web application. AngularJS is a structural framework for dynamic web apps. It lets to create

functionality with management corpus' data and the youth slang dictionary.

Back-end part of software uses JavaScript as well. Node.js is the server-side JavaScript runtime environment. It includes everything to execute the software written in JavaScript.

The domain area in our research is natural language processing. Therefore, database management system should work with complex structures of information with hierarchical relationships. So, MongoDB was proposed as a database management system. It uses for modern web applications.

Therefore, the considered linguistic, algorithmic, information support and software are enough to solve the main tasks of our research.

Let's consider the automated corpus analysis results gotten with information system in more detail way. In this paper only results of whole corpus analysis are presented.

A corpus analysis results by all age categories and all time period showed that the biggest use frequency had slang words which characterize emotions, assessments, expressing users' opinions, addressing to an interlocutor, as well as words related to computer using for games and work. Regarding the emotional tone of these words, they are mostly neutral words (57%), the number of positive and negative words is approximately the same (24% and 19% respectively).

To define if there is a difference in using slang words by young people of different age categories, the frequency words use by persons of age categories 16 and 25 years, that is, the youngest and oldest respondents, was determined. An analysis results showed that sixteen-year-old persons used slang words to express their emotions, attitudes, thoughts, and to address to another person. 40% words they use was a negative tone words, other 60% were divided equally between positive and neutral tone words. As for twenty-five-year-old persons, they used slang words related to computer using, to characterize their attitudes and emotions, to express their opinions, to address to an interlocutor. Most of them used words with a neutral tone (70%), least of all – with a positive (10%) and 20% of words with a negative tone. This difference can be explained by the peculiarities of the psychic and psychological development of these age categories people. Thus, the results obtained are completely correlated with well-

known confirmed psychological theories of personality development.

Also we got interesting results of corpus analysis for different time periods. Let's consider the corpus analysis results by all age categories for July 2018 in more detail way. It was found that in this time period users used slang words related to computers and computer games, to express emotions, mostly positive, opinions and to address to another person. Regarding the emotional tones of these words, they used 60% of words with a positive tone, 30% with a neutral, and 10% with a negative one. Such results in lexical composition and emotional coloring of words can be explained by the fact that July is a vacation time for schoolchildren and students.

To define if there are changes in lexical composition of slang words using during one year, the corpus analysis results by all age categories were compared for 2017 and 2018. It was found that about 30% of slang words on the list for 2017 continued to be used in 2018. Regarding the emotional tones of the words, in 2017 it was used 50% of negative words, 40% of positive and 10% of neutral one. In 2018, the situation changed slightly and more words with a neutral tone (60%) began to be used, positive and negative words were used equally (20% each).

Conclusions. Therefore, the information system for automated creation and analysis of social networks messages corpus has all the necessary functionality for comprehensive corpus analysis, in particular it can be used to study the frequency characteristics of the specific lexis use by a certain group of native speakers. To do this, the system selects the texts for the corpus from the user-selected sources by certain criteria, and then analyzes the corpus information by user-selected parameters.

REFERENCES:

1. Борисова, Н.В., Ніфтілін, В.В. (2018). Застосування методів корпусної лінгвістики для дослідження особливостей використання сучасного молодіжного сленгу. *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2018*, Ч. 1, 27.
2. Борисова, Н.В., Ніфтілін, В.В. (2017). Автоматизоване створення електронного словника *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXV Міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2017*, Ч. 1, 32.
3. Мельник, К.В. (2018). Метод інформаційного скринінгу медичної документації. Под ред. В.С. Пономаренко, *Інформаційні технології: сучасний стан та перспективи* (С. 391-406). Харків, Україна: ТОВ «ДІСА ПЛЮС».
4. Мельник, К.В. (2017). Моделювання процесу інтелектуальної обробки медичних даних. *Системи обробки інформації*, 4 (150), 237-244.
5. Brezina, V. (2018). *Statistics in Corpus Linguistics: A Practical Guide*. Cambridge, England: Cambridge University Press. doi:10.1017/9781316410899

6. Crawford, W., Csomay, E. (2015). *Doing Corpus Linguistics*. New York, NY: Routledge. doi: 10.4324/9781315775647
7. Friginal, E. (2017). *Studies in Corpus-Based Sociolinguistics*. New York, NY: Routledge. doi: 10.4324/9781315527819

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО СТВОРЕННЯ ТА АНАЛІЗУ КОРПУСУ ПОВІДОМЛЕНЬ СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖ

Борисова Наталя Володимирівна

кандидат технічних наук, доцент кафедри інтелектуальних комп'ютерних систем,
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна,
E-mail: borysova.n.v@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8834-2536>

Мельник Каріна Володимирівна

кандидат технічних наук, доцент кафедри програмної інженерії та інформаційних технологій управління,
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна,
E-mail: karina.v.melnyk@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9642-5414>

Мельник Вікторія Іванівна

директор Харківської загальноосвітньої школи I-III ступенів №145, м. Харків, Україна,
E-mail: v13121423@gmail.com

Анотація. Метою статті є розробка інформаційної системи автоматизованого створення та аналізу корпусу повідомлень соціальних мереж для отримання статистичної інформації щодо використання молоддю сленгових слів та виразів. Для досягнення поставленої мети комплексно використовувались методи корпусної лінгвістики та соціолінгвістики (анкетування, асоціативний експеримент). Основним результатом дослідження є розроблена інформаційна система, яка виконує дві основні задачі: створення корпусу та аналіз корпусу. Тексти для корпусу збираються інформаційною системою з зазначених користувачем джерел за визначеними користувачем критеріями. Щодо аналізу інформації корпусу інформаційна система може аналізувати за обраними користувачем критеріями як весь корпус, так і його частину, або декілька частин. Результати аналізу корпусу можуть бути використані лінгвістами-аналітиками, спеціалістами в галузі автоматизованої обробки природної мови, корпусної лінгвістики, соціолінгвістики, а також іншими зацікавленими експертами та спеціалістами для моніторингу розвитку будь-яких соціолінгвістичних явищ. Наукова новизна одержаних результатів дослідження полягає у вдосконаленні технологій автоматизованого формування та аналізу лінгвістичних корпусів, що дозволяє підвищити швидкість обробки інформації. Практична значимість одержаних результатів полягає у формуванні алгоритмічного, лінгвістичного, інформаційного та програмного забезпечення інформаційної системи автоматизованого створення та аналізу корпусів текстів.

Ключові слова: автоматизована обробка природної мови, корпусна лінгвістика, соціолінгвістика, інформаційна система, корпус текстів, статистичні характеристики використання слів, аналіз повідомлень соціальних мереж, молодіжний сленг.

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СОЗДАНИЯ И АНАЛИЗА КОРПУСА СООБЩЕНИЙ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Борисова Наталья Владимировна

кандидат технических наук, доцент кафедры интеллектуальных компьютерных систем,
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, Украина,
E-mail: borysova.n.v@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8834-2536>

Мельник Карина Владимировна

кандидат технических наук, доцент кафедры программной инженерии и информационных технологий управления,
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, Украина,
E-mail: karina.v.melnyk@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9642-5414>

Мельник Виктория Ивановна

директор Харьковской общеобразовательной школы I-III ступеней №145, г. Харьков, Украина,
E-mail: v13121423@gmail.com

Аннотация. Целью статьи является разработка информационной системы автоматизированного создания и анализа корпуса сообщений социальных сетей для получения статистической информации об использовании молодежью сленговых слов и выражений. Для достижения поставленной цели комплексно использовались методы корпусной лингвистики и социолингвистики (анкетирование, ассоциативный эксперимент). Основным результатом исследования является разработанная информационная система, выполняющая две основные задачи: создание корпуса и анализ корпуса. Тексты для корпуса собираются информационной системой из определенных пользователем источников по определенным пользователем критериям. Относительно анализа информации корпуса информационная система может анализировать по выбранным пользователем критериям, как весь корпус, так и его часть, или несколько частей. Результаты анализа корпуса могут использоваться лингвистами-аналитиками, специалистами в области автоматизированной обработки естественного языка, корпусной лингвистики, социолингвистики, а также другими заинтересованными экспертами и специалистами для мониторинга развития любых социолингвистических явлений. Научная новизна полученных результатов исследования состоит в усовершенствовании технологий автоматизированного формирования и анализа лингвистических корпусов, что позволяет повысить скорость обработки информации. Практическая значимость полученных результатов состоит в формировании алгоритмического, лингвистического, информационного и программного обеспечения информационной системы автоматизированного создания и анализа корпусов текстов.

Ключевые слова: автоматизированная обработка естественного языка, корпусная лингвистика, социолингвистика, информационная система, корпус текстов, статистические характеристики использования слов, анализ сообщений социальных сетей, молодежный сленг.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Борисова Н. В., Ніфтілін В. В. Застосування методів корпусної лінгвістики для дослідження особливостей використання сучасного молодіжного сленгу. *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2018* / відп. ред. проф. Сокол Є.І. Харків: НТУ «ХПІ». Ч 1. С. 27
2. Борисова Н.В., Ніфтілін В.В. Автоматизоване створення електронного словника. *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXV Міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2017* / відп. ред. проф. Сокол Є.І. Харків: НТУ «ХПІ». Ч. 1. С. 32
3. Мельник К. В. Метод інформаційного скринінгу медичної документації : монографія / відп. ред. В. С. Пономаренко. Харків : ТОВ «ДІСА ПЛЮС», 2018. С. 391-406.
4. Мельник К. В. Моделювання процесу інтелектуальної обробки медичних даних. *Системи обробки інформації*. 2017. № 4 (150). С. 237-244.
5. Crawford W., Csomay E. *Doing Corpus Linguistics*. New York: Routledge, 2015. 178 p.
6. Brezina V. *Statistics in Corpus Linguistics: A Practical Guide*. Cambridge: Cambridge University Press, 2018. 314 p.
7. Friginal E. *Studies in Corpus-Based Sociolinguistics*. New York: Routledge, 2017. 382 p.

КЛАСИФІКАЦІЯ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ЗАХИСТУ ВІД МІТМ АТАК

УДК 004.056.53

DOI: <https://doi.org/10.35546/2313-0687.2019.25.58-65>**Козел Віктор**

к.т.н., доцент кафедри інформаційних технологій, Херсонський національний технічний університет,
Херсон, Україна, ORCID ID: 0000-0002-2627-2499, E-mail: k_vic@ukr.net

Анотація. Сьогодні особлива актуальність набуває захист персональних даних та методи захисту інформації від несанкціонованого доступу. Найголовнішим для користувача є уважне користування мережею, та не ризикувати при підозрілій роботі мережі або будь яких дій де вас просять вводити особисті дані, завжди потрібно бути впевненим у тому, що це не зловмисник запрошує у вас дані, а саме система з якою ви працюєте.

Методи дослідження. У статті розглядається загальна класифікація типів атак у вигляді схеми для більш зручного використання. Проведено аналіз поведінки зловмисника у разі застосування МІТМ атак, а також розроблені рекомендації налаштування Wi-Fi роутерів, щодо підвищення безпеки комп'ютерної мережі.

Основні результати дослідження. Забезпечення безпеки протоколу зв'язку з використанням Wi-Fi роутерів при повсякденному застосуванні з використанням рекомендацій. Виявлено що, безпечний протокол зв'язку повинен мати кожне з наступних властивостей: конфіденційність, цілісність. В якості основних рекомендацій, що до захисту від атак виділено наступні: зробити мережу прихованою, створювати декілька мереж для використання IoT, створити окрему підмережу для дітей та гостей. Наведені рекомендації налаштування кількох параметрів значно поліпшують загальну безпеку домашньої мережі.

Наукова новизна. Запропонована класифікація атак дозволяє виявити рівень моделі OSI на якому відбувається втручання в комп'ютерну мережу, що дозволяє обрати найбільш зручний засіб забезпечення безпеки комп'ютерної мережі. Рекомендації налаштування роутерів розроблені виходячи з сучасних потреб та вмінь простих користувачів.

Практична значимість. У наш час поширення комп'ютеризації усіх галузей життєдіяльності людини забезпечення конфіденційності інформації набуває особливої актуальності для простого користувача мереж.

Ключові слова: безпека, роутер, атака, комп'ютерні мережі.

Постановка проблеми.

Сьогодні дуже багато інформації передається в інтернеті та дуже велика частина цієї інформації переда-

ється через технологію Wi-Fi, але якщо канал не є закритим та захищений додатково (з використанням спеціально навчених людей – системних адміністраторо-

рів або спеціалістів з інформаційної безпеки) або це не передача за допомогою кабелю, то інформація може бути перехоплена зловмисником. Справа у тому, що коли використовується кабель, то комп'ютер користувача вже під'єднаний до мережі і зловмиснику для під'єднання до такої мережі потрібно під'єднати кабель до свого комп'ютеру, тобто потрібен фізичний контакт, що далеко не завжди є можливим, а коли використовується бездротова точка доступу, то користувач повинен під'єднатись до неї та відправити пароль на цю точку доступу, тобто зловмисник також може під'єднатись до цієї точки доступу тобто до цієї ж мережі знаючи пароль, який він може перехопити у момент коли користувач відправляє його на точку доступу, а подалі почати перехоплювати усю інформацію що використовує користувач у мережі. Таким чином класифікація атак та рекомендації що до захисту сучасних комп'ютерних мереж є актуальною на даний час.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Для обмеження і блокування збору інформації о системі з боку неавторизованого об'єкта розробляються різні методи протидії мережевому скануванню: від реалізації прихованих каналів дослідження до використання підходу до ідентифікації аномалій а також налаштування мережевого обладнання для запобігання неавторизованого проникнення[1-5]. Але ці методи не дають однозначного результату в разі застосування кіберзлочинцем комбінування різних загроз. Таким чином, розроблення простих рекомендацій для звичайного користувача є актуальною оскільки запропоновані методи та рекомендації впершу чергу рекомендовані для системних адміністраторів і є важкими для звичайних користувачів.

Мета дослідження. Метою даної статті є розробка та дослідження сучасних комп'ютерних атак. Розробка класифікації загроз та розробка рекомендацій що до захисту комп'ютерних мереж від MITM атак.

Виклад матеріалу дослідження.

У неоднорідній мережі для передачі інформації застосовуються набір протоколів TCP/IP, які забезпечують сумісність між комп'ютерами різних типів. Цей набір протоколів став відомим завдяки сумісності та можливості надання доступу до ресурсів глобальної мережі Інтернет, та став стандартом міжмережевої взаємодії. Однак з розповсюдженням стека протоколів TCP/IP

проявились його слабкі сторони, що призвело до можливості віддалених атак на розподілені системи, оскільки їх частини (компоненти) зазвичай використовують відкриті канали передачі даних. При атаках порушник може не тільки прослуховувати канал зв'язку але і модифікувати інформацію що передається.

Надлишкова функціональність в сучасних системах є великим недоліком в контексті віддалених атак, в результаті цього тяжкість виявлення процесу проведення віддаленої атаки та відносна простота проведення виводить цей вид неправомірних дій на перше місце за ступеню небезпеки, а також перешкоджає своєчасному реагуванню на відповідну загрозу. Все це підвищує шанси вдалої атаки.

Мережеві атаки на розподільні обчислювальні системи (РОС) можна класифікувати наступним чином (рис. 1):

- За характером впливу:
- За ціллю впливу:
- За початком дії впливу:
- За розташуванням суб'єкта атаки відносно об'єкта атаки:
- За наявності зворотнього зв'язку з об'єктом атаки:
- За рівнем моделі ISO/OSI.

Технологія MITM атаки. Атака посередника, або атака «людина посередині» (англ. Man in the middle (MITM)) – вид атаки в криптографії, коли зловмисник таємно ретранслює і при необхідності змінює зв'язок між двома сторонами, які вважають, що вони безпосередньо спілкуються один з одним, схема МА (рис. 2). Є методом компрометації каналу зв'язку, при якому зломщик, підключившись до каналу між контрагентами, здійснює втручання в протокол передачі, видаляючи або спотворюючи інформацію.[6]

Щоб зрозуміти принцип атаки посередника, варто спочатку розібратися з тим, як працює сам інтернет. Основні точки взаємодії: клієнти, маршрутизатори, сервери. Найбільш поширений протокол взаємодії між клієнтом і сервером – Hypertext Transfer Protocol (HTTP). Серфінг в інтернеті за допомогою браузера, електронна пошта, обмін миттєвими повідомленнями – все це здійснюється через HTTP. Коли ви вводите <http://www.сайт.com> в адресному рядку вашого браузера, то клієнт (ви) відправляє запит на відображення веб-

сторінки сервера. Пакет (HTTP GET-запит) передається через кілька маршрутизаторів на сервер. Після цього сервер відповідає веб-сторінкою, яка відправляється

клієнту і відображається на його моніторі. HTTP-повідомлення повинні передаватися в безпечному режимі, щоб забезпечити конфіденційність і анонімність.

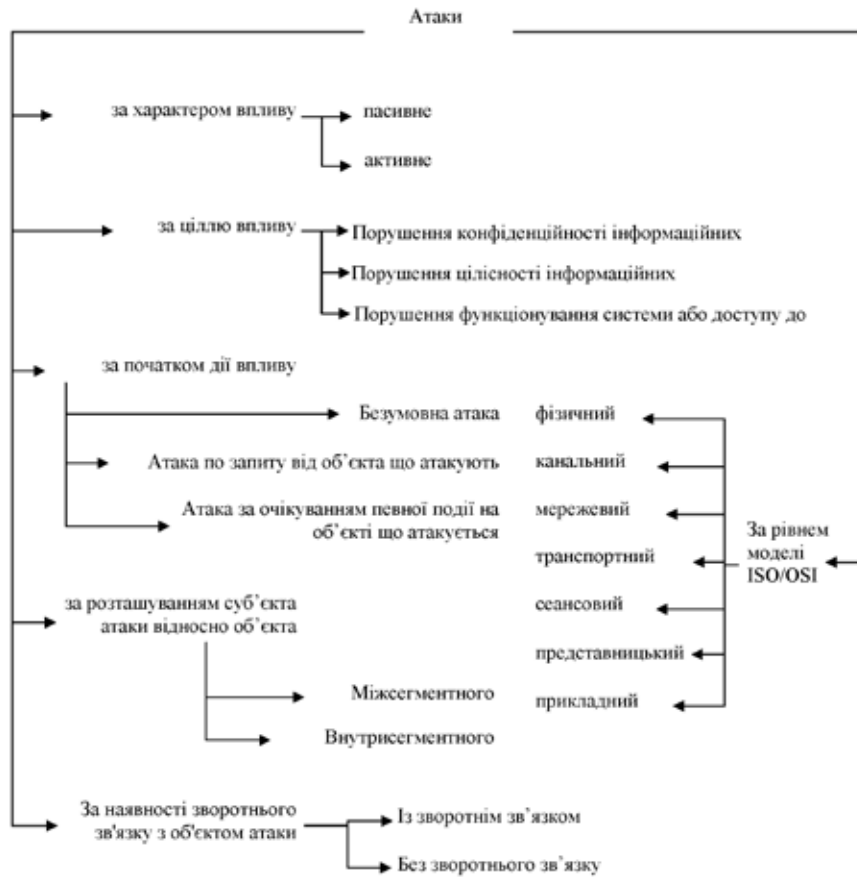


Рис. 1. Класифікація атак

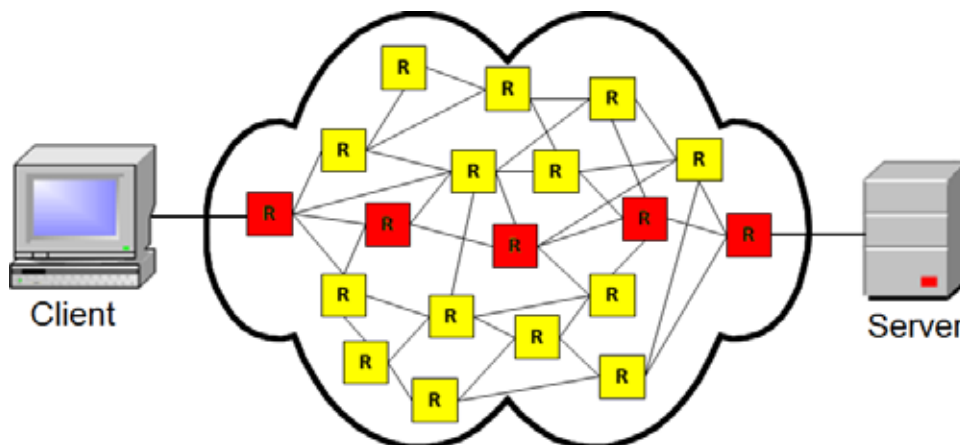


Рис. 2. Взаємодія клієнт-сервер

Забезпечення безпеки протоколу зв'язку. Безпечний протокол зв'язку повинен мати кожне з наступних властивостей:

- Конфіденційність – тільки передбачуваний одержувач може прочитати повідомлення.
- Автентичність – особистість взаємодіючих сторін доведена.
- Цілісність – підтвердження того, що повідомлення не було змінено в дорозі.

Якщо хоч одна з цих правил не дотримано, весь протокол скомпрометований.

Одним із прикладів атак типу «людина посередині» є активне прослуховування, при якому зловмисник встановлює незалежні зв'язку з жертвами і передає повідомлення між ними. Тим самим він змушує жертв повірити, що вони розмовляють безпосередньо один з одним через приватну зв'язок, фактично ж вся розмова управляється зловмисником. Зловмисник повинен вміти перехоплювати всі передані між двома жертвами повідомлення, а також вводити нові. У більшості випадків це досить просто, наприклад, зловмисник може вести себе як «людина посередині» в межах діапазону прийому бездротової точки доступу (Wi-Fi).

Дана атака спрямована на обхід взаємної аутентифікації або відсутність такої і може увінчатися успіхом тільки тоді, коли зловмисник має можливість видати себе за кожну кінцеву точку або залишатися непоміченим в якості проміжного вузла. Більшість криптографічних протоколів включає в себе деяку форму аутентифікації кінцевої точки спеціально для запобігання MITM-атак.

Атака «людини посередині» дозволяє підмінити необхідні дані при передачі, атакуючий посилає команду переадресації на HTTP протокол. За допомогою даного методу вся інформація передається знову у незашифрованому вигляді. Існує два основні методи вирішення проблеми несанкціонованої переадресації:

- примусовий розрив HTTP сесій;
- примусова переадресація з HTTP на HTTPS веб-сервісом.

У першому випадку користувач не зможе отримати доступ до сайту, якщо він використовує HTTP протокол при з'єднанні. Даний спосіб діє на шкоду власникові веб-сайту, так як людина, що не знає таких тонкощів, краще відмовиться від послуг компанії через недоступ-

ність сайту. Звичайному користувачеві не зробить самостійний протокол HTTPS. У другому випадку відбувається непомітна переадресація за допомогою скриптів сервісу на протокол HTTPS. Даний спосіб є найбільш ефективним як для клієнта, так і для власника сайту. В даному випадку, якщо проводиться атака MITM, то сайт не дасть перейти на протокол HTTP. А пізніше виступають у дію сертифікати SSL.[6]

Також існує проблема підміни сертифікатів SSL атакуючим. Для цього атакуючому необхідно отримати SSL сертифікат від одного з ліцензіатів. Але цього не досить, так як ліцензіати дорожать своєю репутацією і правом на видачу сертифікатів, в результаті чого за підозрілою активністю сертифікат блокується. Таким чином, атака можлива тільки, якщо використовується HTTP протокол. У зв'язку з масовим переходом на HTTPS протокол, складно знайти сайт, який би не мав SSL сертифікат. Веб-сервіси, де існує авторизація через логін і пароль або електронні платежі, зобов'язані мати SSL сертифікат. На сьогоднішній день неможливо знайти веб-сайт такого типу на HTTP протоколі. У зв'язку з цим дана атака не є актуальною, але все одно продовжує використовуватися та атакуючі максимально змінюють стандартні алгоритми цієї атаки.

MITMf – це фреймворк для атак людина-посередині. Цей інструмент базується на sergio-proxu. Метою MITMf – бути інструментом «все в одному» для мережевих атак і атак «людина по середині», при цьому оновлюючи і вдосконалюючи існуючі атаки і техніки. Спочатку створений для виправлення значних недоліків інших інструментів (наприклад, Ettercap, Mallory), програма була практично повністю переписана з нуля для забезпечення модульного і легко масштабованого фреймворка, який кожен може використовувати для реалізації своїх власних атак MITM. Особливості:

- Цей фреймворк містить вбудовані сервера SMB, HTTP і DNS, які можуть управлятися і використовуватися безліччю плагінів, він також містить модифіковану версію SSLStrip proxu, яка дозволяє HTTP модифікацію і частковий обхід HSTS.

- Починаючи з версії 0.9.8, MITMf підтримує активну фільтрацію пакетів і маніпуляцію (в основному те, що робили etterfilters, тільки краще), дозволяючи користувачам модифікувати будь-який вид трафіку або протоколу.

- Конфігураційний файл може бути відредагований на льоту в той час коли MITMf запущений, зміни будуть передані у фреймворк: це дозволяє вам робити тонке налаштування плагінів і сервера під час виконання атаки.

- MITMf буде захоплювати FTP, IRC, POP, IMAP, Telnet, SMTP, SNMP (community strings), NTLMv1 / v2 (всі підтримувані протоколи на зразок HTTP, SMB, LDAP і т.д.) і облікові дані Kerberos з використанням Net-Creds, який запускається при старті програми.

- Інтеграція з Responder дозволяє LLMNR, NBT-NS і MDNS poisoning, а також підтримку шахрайського сервера WPAD.

Узагальнюючи усі типи, види, технології та методи атак, розглянуті у розділах 1 та 3, розглянемо загальні рекомендації для виявлення атак і більшого захисту мережі від них та конкретні рекомендації для виявлення та запобігання від конкретних атак.

Виявлення та захист від MITM атак. Перевірка затримки за часом може потенційно виявити атаку в певних ситуаціях. Наприклад, при тривалих обчисленнях хеш-функцій, які виконуються протягом десятка секунд. Щоб виявити потенційні атаки, сторони перевіряють розбіжності в часі відповіді. Припустимо, що дві сторони зазвичай витрачають певну кількість часу для виконання конкретної транзакції. Однак, якщо одна транзакція займає аномальний період часу для досягнення іншої сторони, це може свідчити про втручання третьої сторони, що вносить додаткову затримку в транзакцію.

Для виявлення атаки «людина посередині» також необхідно проаналізувати мережевий трафік. Наприклад, для детектування атаки по SSL слід звернути увагу на наступні параметри:

- IP-адреса сервера.
- DNS-сервер.
- X.509-сертифікат сервера.
- Чи підписано сертифікат самостійно.
- Чи підписано сертифікат центром сертифікації.
- Чи був сертифікат анульований.
- Чи змінювався сертифікат недавно.
- Чи отримували інші клієнти в інтернеті такий же сертифікат.
- Захист від атак «людина по середині».

Для запобігання MITM атак потрібно бути уважними при користуванням мережею, використовувати https протокол замість http, якщо вас веб-сторінка перенаправляє на http протокол краще не відкривати її, усі сучасні ресурси використовують захищений протокол.

Використовувати статичні записи у agr-таблиці, для уникнення від типу атаки agr-спуфінгу, тепер атакуючий не зможе змінити записи у таблиці оскільки вони задані жорстко (статично). Перевага такого захисту у простоті її реалізації для звичайного користувача без належних знань. Але у використанні у великих мережах зазвичай роботають спеціально обучені люди для вирішення цих питань.

Використовування VPN з шифруванням та/або https, у такому випадку усі дані, що перехоплює атакуючий є зашифрованими.

За можливістю відмовитись від передачі важливих даних через відкриті wifi мережі. Використання закритих wifi мереж значно знижує ймовірність присутності атакуючого, а MITM атака є безуспішною.

Рекомендаційні дії для захисту Wi-Fi для звичайного користувача. Для того щоб покращити захист роутеру необхідно правильно його налаштувати. З усіх налаштувань за замовчуванням пароль для доступу до інтерфейсу адміністратора роутера повинен бути змінений в першу чергу. Зокрема, для надійного захисту роутера підберіть сильну і унікальну ключову фразу замість стандартного імені користувача наприклад «admin», «administrator», «root», «user». Крім зниження витрат для виробників, ці та інші настройки за замовчуванням призначені для полегшення віддаленого усунення несправностей. Однак якщо не змінити їх, можна зіткнутися з рядом проблем. Наприклад, реєстраційні дані часто очевидні і загальні для окремих моделей і навіть цілих брендів. Тому облікові дані можна легко знайти в Інтернеті або відгадати, спробувавши найбільш поширені комбінації, наприклад, «admin / password».[7]

Крім цього, часто назвою бездротової мережі є бренд і модель. Змініть це ім'я, а саме Service Set Identifier (SSID), на те, що не ідентифікує Вас або Ваше місце розташування.

Також за замовчуванням часто включена функція під назвою Wi-Fi Protected Setup (WPS), яка призначена

для допомоги в підключенні нових пристроїв. Однак у зв'язку з недоліками впровадження, WPS може бути легко використаний для шкідливих цілей, зокрема для здійснення атак на пароль.

Іншою особливістю, яка часто використовується за умовчанням у роутерах і пов'язане зі значним ризиком для безпеки, є Universal Plug and Play (UPnP). У разі відсутності потреби в UPnP, який призначений для забезпечення безперешкодної зв'язку між пристроями, краще його вимкнути. Також для запобігання потенційних атак і захисту роутера варто вимкнути всі протоколи і порти, які не використовуються.

Для забезпечення захисту роутера від атак злоумисників необхідно забезпечити захист Wi-Fi за допомогою налаштування складного і надійного пароля. Комбінація повинна відрізнятися від усіх інших реєстраційних даних користувача, в тому числі і пароля для доступу до консолі адміністратора роутера. Крім цього, необхідно вказати протокол безпеки для бездротового з'єднання. Єдиним варіантом, який можна порекомендувати, є WPA2. Для домашніх користувачів кращий варіант – персональний режим (WPA2-Personal або WPA2-PSK) WPA2, який доповнений шифруванням AES. Надійне шифрування захищає всі дані при передачі між підключеним до Wi-Fi комп'ютером або мобільним пристроєм і роутером. Таким чином, злоумисники не зможуть переглянути інформацію, навіть якщо вона потрапила в руки кіберзлочинців. На роутерах все ще можуть бути доступні два старих режиму безпеки Wi-Fi – WPA і WEP. Однак, їх не варто використовувати, особливо останній. Оскільки WPA2 був обов'язковим для всіх сертифікованих апаратних засобів Wi-Fi ще в 2006 році.

Вбудоване програмне забезпечення роутерів, як і програмне забезпечення комп'ютерів, вимагає регулярного оновлення. Пристрої можуть містити уразливості через відсутність оновлень програмно-апаратних засобів. Це дозволяє злоумисникам легко проникнути всередину мережі, тоді як відомі проблеми безпеки можна запобігти за допомогою простого сканування на наявність відомих вразливостей.

Для перевірки актуальності оновлень перейдіть до адміністративної панелі роутера. Сучасні моделі оновлюються автоматично або повідомляють про нові версії прошивки, тоді як для застосування виправлення на

застарілих моделях потрібно відвідати сайт постачальника і перевірити наявність новішої. Такі дії необхідно робити регулярно, принаймні, кілька разів на рік, щоб забезпечити захист роутера від нових вразливостей.

Цілком можливо, що виробник припинив випускати оновлення для Вашої моделі, тому на неї не може бути встановлено ніяких оновлень. Крім виправлення вразливостей, нова версія програмно-апаратних засобів може також мати кращою продуктивністю і новими функціями, включаючи ті, які пов'язані з механізмами безпеки.

Деякі роутери дозволяють створювати кілька мереж, що особливо зручно при використанні Інтернету речей (IoT). У разі використання технологій смартбудинку потрібно винести всі пристрої Інтернету речей в окрему підмережу, щоб їх уразливості не могли бути використані для доступу до даних на комп'ютері, смартфоні або інших гаджетів для зберігання даних. Для додаткового захисту роутера також необхідно створити окрему підмережу для дітей та гостей. Таким чином, можливо запобігти ризику доступу шкідливого програмного забезпечення до ваших цифрових файлам.

Також рекомендується вимкнути віддалене управління роутером, щоб зменшити шанси злочинців отримати доступ до нього з будь-якої точки світу, наприклад, шляхом використання вразливостей. Таким чином, для внесення будь-яких змін в налаштування потрібен фізичний доступ до роутера.

Висновки. Розглянуті методи захисту Wi-Fi користувача дозволяють застосовувати ці методи для звичайного користувача, що не має спеціальних знань в області мереж, інформаційної безпеки та подібного, саме такі користувачі найчастіше піддаються вдалим атакам. В якості основних рекомендацій, що до захисту від атак виділимо наступні: зробити мережу прихованою, тобто у переліку доступних wifi мереж SSID даної корпоративної мережі не буде видно, для атакуючого це ускладнює злом даної мережі, створювати декілька мереж для використання IoT, створити окрему підмережу для дітей та гостей. Насправді засобів забезпечення захисту роутера значно більше, ніж було розглянуто. Однак навіть налаштування кількох параметрів значно поліпшить загальну безпеку домашньої мережі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Бахарева Н. Ф., Тарасов В. Н., Шухман А. Е., Полежаев П. Н., Ушаков Ю. А., Матвеев А. А. Выявление атак в корпоративных сетях с помощью методов машинного обучения/ Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2018. №3. С.626-632. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vyyavlenie-atak-v-korporativnyh-setyah-s-pomoschyu-metodov-mashinnogo-obucheniya> (дата обращения: 01.12.2019).
2. Гаврилова Е. А. Исследование методов обнаружения сетевых атак. *Научные записки молодых исследователей*. 2017. №4. С.55-58. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-metodov-obnaruzheniya-setevyih-atak> (дата обращения: 11.12.2019).
3. Thing V.L.L. IEEE 802.11 Network Anomaly Detection and Attack Classification: A Deep Learning Approach // 2017 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC). San Francisco, CA, 2017. Pp. 1-6. DOI: 10.1109/WCNC.2017.7925567
4. Bodström T., Hämmäläinen T. State of the Art Literature Review on Network Anomaly Detection with Deep Learning / O. Galinina, S. Andreev, S. Balandin, Y. Koucheryavy (Eds.) // *Internet of Things, Smart Spaces, and Next Generation Networks and Systems. NEW2AN 2018, ruSMART 2018. Lecture Notes in Computer Science*. Vol. 11118. Springer, Cham, 2018. Pp. 64-76. DOI: 10.1007/978-3-030-01168-0_7
5. Aygun R.C., Yavuz A.G. Network Anomaly Detection with Stochastically Improved Autoencoder Based Models. *2017 IEEE 4th International Conference on Cyber Security and Cloud Computing (CSCloud)*. New York, NY, 2017. Pp. 193-198. DOI: 10.1109/CSCloud.2017.39
6. M. Ramilli, W. Cerroni and F. Callegati, "Man-in-the-Middle Attack to the HTTPS Protocol" in *IEEE Security & Privacy*, vol. 7, no. 01, pp. 78-81, 2009. doi: 10.1109/MSP.2009.12.
7. Безпека домашньої мережі: як забезпечити захист роутера від атак. eset: веб-сайт. [Електронний ресурс] URL: <https://eset.ua/ua/news/view/655/bezopasnost-domashney-seti-kak-obespechit-zashchitu-routera-ot-atak> (дата звернення: 11.12.2019).
8. Wi-Fi to carry up to 60% of mobile data traffic by 2019 [Електронний ресурс] URL: <http://www.juniperresearch.com/press/press-releases/Wi-Fi-to-carry-60pc-of-mobile-datatraffic-by-2019>

MITM ATTACK PROTECTION CLASSIFICATION AND RECOMMENDATIONS**Viktor Kozel**

Candidate of Engineering Sciences (PhD), Associate Professor of the Information Technologies, Kherson National Technical University, Kherson, Ukraine, ORCID ID: 0000-0002-2627-2499, E-mail: k_vic@ukr.net

Abstract. Today, the protection of personal data and methods of protecting information from unauthorized access become particularly relevant. The most important thing for the user is the bladed use of the computer network, and not to risk suspicious operation of the network or any actions where you are asked to enter personal data, it is always necessary to be sure that it is not the attacker who invites you to enter data, namely the system with which you work.

Research methods. The article discusses the general classification of attack types in the form of a diagram for more convenient use. An analysis of the behavior of the attacker in case of MITM attacks has been carried out, as well as recommendations for setting up Wi-Fi routers, to improve the security of the computer network have been developed.

The main results of research. Secure the communication protocol using a Wi-Fi router for everyday use using the suggested recommendations. It is revealed that a secure communication protocol should have any of the following properties: confidentiality, integrity. As the main recommendations, to protection against the attacks it is allocated the following: to make network hidden, to create several networks for use IoT, to create a separate subnet for children and guests. The following recommendations for configuring individual settings significantly improve overall home network security.

Scientific novelty. The proposed classification of attacks allows to identify the level of OSI model on which interference in the computer network takes place, which allows to choose the most convenient way to ensure security of the computer network. Router configuration recommendations designed to meet today 's needs and skills of simple users.

Practical significance. Today, widespread computerization in all spheres of human activity, ensuring the confidentiality of information becomes particularly relevant for a simple user of networks.

Keywords: security, router, attack, computer networks.

КЛАССИФИКАЦИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ ЗАЩИТЫ ОТ MITM АТАК

Виктор Козел

к.т.н., доцент кафедры информационных технологий, Херсонский национальный технический университет,
Херсон, Украина, ORCID ID: 0000-0002-2627-2499, e-mail: k_vic@ukr.net

Аннотация. Сегодня особую актуальность приобретает защита персональных данных и методы защиты информации от несанкционированного доступа. Самым главным для пользователя является безопасное использование компьютерной сетью, и не рисковать при подозрительной работе сети или каких-либо действий где вас просят ввести личные данные, всегда нужно быть уверенным в том, что это не злоумышленник приглашает вас ввести данные, а именно система с которой вы работаете.

Методы исследования. В статье рассматривается общая классификация типов атак в виде схемы для более удобного использования. Проведен анализ поведения злоумышленника в случае применения MITM атак, а также разработаны рекомендации настройки Wi-Fi роутеров, по повышению безопасности компьютерной сети.

Основные результаты исследования. Обеспечение безопасности протокола связи используя Wi-Fi роутер при повседневном применении с использованием предложенных рекомендаций. Выявлено что, безопасный протокол связи должен иметь любое из следующих свойств: конфиденциальность, целостность. В качестве основных рекомендаций, к защите от атак выделено следующие: сделать сеть скрытой, создавать несколько сетей для использования IoT, создать отдельную подсеть для детей и гостей. Приведенные рекомендации настройки отдельных параметров значительно повышают общую безопасность домашней сети.

Научная новизна. Предложенная классификация атак позволяет выявить уровень модели OSI на котором происходит вмешательство в компьютерную сеть, что позволяет выбрать наиболее удобный способ обеспечения безопасности компьютерной сети. Рекомендации настройки роутеров разработаны исходя из современных потребностей и умений простых пользователей.

Практическая значимость. В наше время повсеместная компьютеризация во всех сферах жизнедеятельности человека обеспечение конфиденциальности информации приобретает особую актуальность для простого пользователя сетей.

Ключевые слова: безопасность, роутер, атака, компьютерные сети.

REFERENCES:

1. Bakhareva N. F., Tarasov V. N., Shukhman A. E., Polezhaev P. N., Ushakov Yu. A., & Matveev A. A. (2018). Vy`yavlenie atak v korporativny`kh setyakh s pomoshh`yu metodov mashinnogo obucheniya. *Sovremennyy`e informacziorny`e tekhnologii i IT-obrazovanie*, 14 (3), 626-632.
2. Gavrilova E. A. (2017). Issledovanie metodov obnaruzheniya setevy`kh atak. *Nauchny`e zapiski molody`kh issledovatelej*, (4), 55-58.
3. Thing V.L.L. (2017). IEEE 802.11 Network Anomaly Detection and Attack Classification: A Deep Learning Approach. *IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC)*. San Francisco, CA, 1-6. DOI: 10.1109/WCNC.2017.7925567
4. Bodström T. & Hämmäläinen T. (2018). State of the Art Literature Review on Network Anomaly Detection with Deep Learning. *Internet of Things, Smart Spaces, and Next Generation Networks and Systems. NEW2AN 2018, ruSMART. Lecture Notes in Computer Science*. Vol. 11118. Springer, Cham., 64-76. DOI: 10.1007/978-3-030-01168-0_7
5. Aygun R.C. & Yavuz A.G. (2017). Network Anomaly Detection with Stochastically Improved Autoencoder Based Models. *IEEE 4th International Conference on Cyber Security and Cloud Computing (CSCloud)*. New York, NY, 193- 198. DOI: 10.1109/CSCloud.2017.39
6. Callegati, Franco & Cerroni, Walter & Ramilli, Marco. (2009). Man-in-the-middle attack to the HTTPS protocol. *Security & Privacy, IEEE*. 7. 78-81. 10.1109/MSP.2009.12..
7. Eset (2019). Bezpeka domashn`oyi merezhi` : yak zabezpechiti zakhist routera vi`d atak. URL: <https://eset.ua/ua/news/view/655/bezopasnost-domashney-seti-kak-obespechit-zashchitu-routera-ot-atak>
8. Wi-Fi to carry up to 60% of mobile data traffic by (2019). URL: <http://www.juniperresearch.com/press/press-releases/Wi-Fi-to-carry-60pc-of-mobile-datatraffic-by-2019>

МОДЕЛЮВАННЯ ТА РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

УДК 004.9

DOI: <https://doi.org/10.35546/2313-0687.2019.25.66-75>**Киричук Дмитро Леонідович,**

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри програмних засобів і технологій, Херсонський національний технічний університет, м. Херсон, Україна, e-mail: kidiam2@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-4905-6932

Анотація. Моніторинг надзвичайних ситуацій відіграє важливу роль, так як спостереження, аналіз і оцінка стану потенційних джерел надзвичайних ситуацій дозволить розробляти і реалізовувати заходи, спрямовані на ліквідацію надзвичайних ситуацій та мінімізацію економічних і екологічних наслідків.

В роботі наведено приклад створення інформаційної системи моніторингу надзвичайних ситуацій, головним призначенням якої є отримання оперативної інформації про загрозу або виникнення надзвичайних ситуацій, характеристиках вражаючих факторів з метою визначення масштабів поширення і тяжкості наслідків від їх виникнення. На відміну від існуючих система моніторингу надзвичайних ситуацій здійснює моніторинг навколишнього середовища та стану потенційно небезпечних об'єктів; оперативний моніторинг в зоні виникнення надзвичайних ситуацій; визначення основних характеристик вражаючих факторів надзвичайних ситуацій – якісний аналіз; визначення ризику впливу вражаючих факторів і оцінку їх стійкості – кількісний аналіз; прогнозування надзвичайних ситуацій та оцінку ризику їх виникнення.

Інформаційне забезпечення системи моніторингу надзвичайних ситуацій подано у вигляді сукупності документів і структурованих наборів даних, що призначені для підвищення ефективності діяльності керівників з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій шляхом забезпечення їх повною, достовірною інформацією про характер і масштаби виникнення надзвичайних ситуацій та порушення функціонування систем життєзабезпечення.

Інформаційне забезпечення системи включає такі види інформації «Оперативна інформація», «Картографічна інформація», «Довідкова інформація». Відповідні бази даних містять топографічні карти місцевості подані у векторному share-форматі, нормативно-правову інформацію щодо потенційно-небезпечних об'єктів та процесів (класифікатори, реєстри, реєстри, паспорти тощо), а також додаткову довідкову інформацію щодо прецедентів виникнення надзвичайних ситуацій та досвіду в запобіганні надзвичайних ситуацій і ліквідації їх наслідків.

Використання системи моніторингу надзвичайних ситуацій спрямовано на підвищення рівня знань про потенційну небезпеку об'єктів моніторингу та поліпшення інформаційного обслуговування фахівців з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

Ключові слова: моніторинг надзвичайних ситуацій, інформаційна системи, прогнозування надзвичайних ситуацій.

Постановка проблеми.

Аналіз небезпек і загроз техногенного та природного характеру, виникнення надзвичайних ситуацій (НС) свідчить, що за останні 10 років тенденції до їх збільшення або зменшення не спостерігається. Але, враховуючи збереження рівня наслідків від НС, варто зазначити, що рівень ризиків виникнення НС природного та техногенного характеру та ризиків збитків від них залишаються практично незмінними та досить високими для більшості регіонів України [1].

Тому моніторинг НС відіграє важливу роль, так як спостереження, аналіз і оцінка стану потенційних джерел НС дозволить розробляти і реалізовувати заходи, спрямовані на ліквідацію НС та мінімізацію економічних і екологічних наслідків.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

В роботі [2] розглянуто питання застосування інформаційної технології для моніторингу та прогнозуванні НС природного і техногенного характеру. Наведено приклад створення інформаційної системи моніторингу та прогнозування таких НС, її приблизна структура, завдання та функції.

В роботі [3] представлені результати створення системи комплексного моніторингу НС в аспекті інтеграції сучасних інформаційних технологій. В системі комплексного моніторингу НС реалізовані принципи технологічної інтеграції, що дозволило забезпечити високий рівень узгодженості функціонування всіх елементів і досягти синергетичного ефекту можливостей окремих компонентів. Отримані результати інтеграції технологій дозволили підвищити оперативність прийняття обґрунтованих рішень на основі повноти, достовірності і несуперечності управлінської інформації, її поданні в необхідних аналітичних зрізах, з необхідним ступенем деталізації. Сформовані інформа-

ційні ресурси комплексного моніторингу використовуються для аналізу небезпечних природних явищ, виникнення техногенних аварій, оцінки стану безпеки територій.

В роботі [4] розглянуто стан і проблеми системи моніторингу безпеки в Україні та її відмінності від систем розвинутих країн. Аналізуються функції в залежності від цілей, сам процес моніторингу розглядається як складова інформаційної технології безпеки. Запропоновано створення тривірневої системи моніторингу. Розглянуто будову критеріїв безпеки за принципами ризикорієнтованого підходу, алгоритми аналізу інформації, концепцію нової системи та питання ведення бази даних і бази знань з питань безпеки.

Основною метою дослідження [5] є розробка системи моніторингу лісових пожеж у реальному часі з використанням безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Система використовує п'ять датчиків. Датчик температури, який слугує для вимірювання температури в моніторинговій лісовій місцевості. Барометр, датчик глобального позиціонування (GPS), інерційний блок вимірювання (IMU) та датчик компаса. IMU складається з датчиків акселерометра та гіроскопа, які використовуються для оцінки положення транспортного засобу.

Мета дослідження. Метою дослідження є розробка програмних засобів для моніторингу НС.

Виклад матеріалу дослідження.

Моніторинг – це система спостереження за визначеними об'єктами, явищами та процесами з метою оперативного оцінювання їх стану, виявлення результатів впливу на них зовнішніх чинників та прийняття відповідних управлінських рішень [7].

Залежно від цілей виділимо такі види моніторингу (рис. 1):

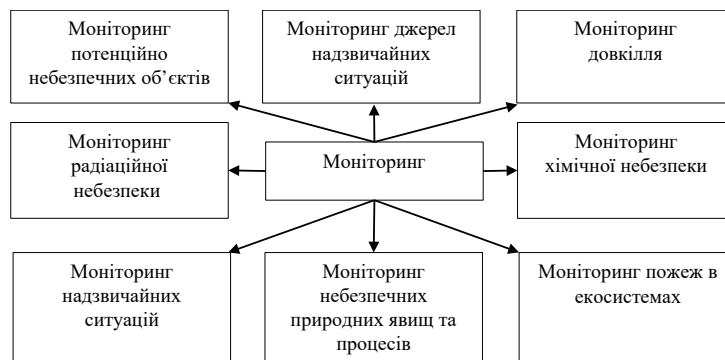


Рис. 1. Види моніторингу

Моніторинг НС – це система спостереження за об'єктами, які можуть бути джерелами НС, що має на меті виявлення небезпеки, збирання, узагальнення та аналізування оперативної інформації стосовно стану об'єктів моніторингу та розроблення науково-обґрунтованих рекомендацій щодо проведення заходів із запобігання та ліквідування НС [7].

До техногенних чинників потенційної небезпеки належать:

- небезпечні продукти та речовини (хімічні, вибухові, займисті, радіаційні, біологічні тощо);
- підвищені тиск та температура, які різко відрізняються від тиску та температури оточуючого середовища;
- речовини з токсичними продуктами згоряння;
- незадовільний стан обладнання, будов і споруд тощо.

Вагомими природними небезпечними чинниками виникнення НС є водопілля, паводки, селі, а комплексними природно-техногенними – гідротехнічні споруди (дамби, водосховища, греблі, мости тощо). На виникнення НС також значно впливають геологічні процеси: зсуви, підтоплення, просідання, ерозія, абразія, карст. Основна рушійна сила цих процесів – підземні (для абразії – поверхневі) води. Коливання кількості та якості підземних вод у верхній зоні породного масиву, що доповнюються зміною температурного режиму, стають показником активізації того чи іншого геологічного процесу.

Моніторинг НС також передбачає спостереження за якісними і кількісними параметрами стану об'єктів, які можуть бути джерелами НС, збирання, оброблення, передавання та збереження інформації про стан таких об'єктів.

Якісний аналіз НС полягає у визначенні основних характеристик уражаючих факторів НС, а також найзагальніших заходів, що можуть бути вжиті для ліквідації НС.

Основні критерії за якими здійснюється якісна оцінка потенційних наслідків для кожного небезпечного стану досліджуваного об'єкта наступні [1; 7]:

клас 1 – БЕЗПЕЧНИЙ – не спричиняє незворотних наслідків, ушкодження обладнання та нещасних випадків з людьми (стан пов'язаний з помилками персоналу,

недоробками конструкцій, невідповідності проекту, позаштатною роботою досліджуваної системи);

клас 2 – ГРАНИЧНИЙ – призводить до порушень в роботі, може бути компенсованим чи взятим під контроль без ушкодження обладнання або нещасних випадків з персоналом (стан пов'язаний з помилками персоналу, недоробками конструкцій, позаштатною роботою досліджуваної системи);

клас 3 – КРИТИЧНИЙ – призводить до великих порушень у роботі, ушкодження обладнання та створення небезпечної ситуації, яка потребує негайних заходів для рятування персоналу та обладнання (стан пов'язаний з помилками персоналу, позаштатною роботою досліджуваної системи);

клас 4 – КАТАСТРОФІЧНИЙ – призводить до втрати обладнання та загибелі або масового травмування персоналу.

Кількісний аналіз несе кількісну інформацію про НС і виконується на всіх етапах життєвого циклу НС. За допомогою кількісного аналізу НС здійснюється визначення ризику впливу вражаючих факторів і оцінка їх стійкості.

В межах системи моніторингу НС з метою запобігання (зниження ризику виникнення), а також зменшення втрат і збитків від НС (пом'якшення наслідків) здійснюються моніторинг навколишнього середовища і стану потенційно небезпечних об'єктів й прогнозування НС та оцінка ризику їх виникнення.

Об'єктами моніторингу навколишнього середовища і стану потенційно небезпечних об'єктів є атмосферне повітря; водні ресурси; рослинний світ; тваринний світ; лісовий та сільськогосподарський фонди; геологічне середовище; будівлі та споруди; потенційно небезпечні об'єкти; об'єкти підвищеної небезпеки.

Можна виділити такі режими проведення моніторингових досліджень:

- до виникнення НС – у режимі повсякденного функціонування. При цьому головною метою є прогнозування місця, часу, уражаючого фактора небезпеки і оцінка ризиків для населення;
- у момент загрози виникнення НС – у режимі підвищеної готовності. Головною метою є своєчасне визначення місця, часу, уражаючого фактора небезпеки та прогнозування можливих наслідків;

- після виникнення НС – у режимі надзвичайної ситуації. Головною метою є прогнозування місця, часу, можливості виникнення нових осередків небезпеки, оцінка ризику для населення, підготовка управлінських рішень щодо локалізації та ліквідації НС.

Спостереження, аналіз та оцінка стану та змін джерел НС у межах системи моніторингу НС здійснюється такими центральними органами виконавчої влади та державними організаціями, що підпорядковані уряду України (табл. 1).

Таблиця 1

Органи виконавчої влади та державні організації України, що здійснюють спостереження, аналіз та оцінку стану НС у межах системи моніторингу НС [7]

Органи виконавчої влади та державні організації України	Види спостереження, аналізу та оцінки стану НС у межах системи моніторингу НС
1	2
Міністерство екології та природних ресурсів України.	<ul style="list-style-type: none"> - аварії, пов'язані з загрозою викиду (викидом) небезпечних хімічних речовин на промислових об'єктах; - аварії, пов'язані з загрозою викиду (викидом) радіоактивних речовин та забрудненням навколишнього середовища; аварії на очисних спорудах; - небезпечні та стихійні гідрологічні явища; небезпечні та стихійні метеорологічні явища; - пожежі у природних екосистемах; ураження сільськогосподарських рослин і лісових масивів хворобами та шкідниками і епіфітотії.
Міністерство охорони здоров'я	<ul style="list-style-type: none"> - аварії в системах життєзабезпечення; - інфекційна захворюваність людей та епідемії; - епізоотії.
Державна служба з надзвичайних ситуацій	<ul style="list-style-type: none"> - аварії на транспорті із небезпечними вантажами; - аварії, пов'язані з загрозою викиду (викидом) небезпечних хімічних речовин на промислових об'єктах; - аварії, пов'язані з загрозою викиду (викидом) радіоактивних речовин та забрудненням навколишнього середовища; - пожежі та вибухи на потенційно небезпечних об'єктах; - аварії в електроенергетичних системах; - аварії в системах життєзабезпечення; - гідродинамічні аварії; - небезпечні та стихійні гідрологічні явища; - небезпечні геологічні явища; - небезпечні та стихійні метеорологічні явища; - пожежі у природних екосистемах; - інфекційна захворюваність людей та епідемії; - епізоотії; - ураження сільськогосподарських рослин і лісових масивів хворобами та шкідниками - та епіфітотії.

Закінчення таблиці 1

1	2
Державне агентство водних ресурсів	- аварії на очисних спорудах; - гідродинамічні аварії; - небезпечні та стихійні гідрологічні явища.
Державне агентство лісових ресурсів	- пожежі у природних екосистемах; - ураження сільськогосподарських рослин і лісових масивів хворобами та шкідниками та епіфітотії.
Державна екологічна інспекція	- аварії, пов'язані з викидом (загрозою викиду) небезпечних хімічних речовин на промислових об'єктах; - аварії на очисних спорудах; - пожежі у природних екосистемах.
Державна інспекція з безпеки на морському та річковому транспорті	аварії на транспорті із небезпечними вантажами.
Державна інспекція з безпеки на наземному транспорті	аварії на транспорті із небезпечними вантажами.
Національне космічне агентство	- аварії, пов'язані з загрозою викиду (викидом) небезпечних хімічних речовин на промислових об'єктах; - аварії, пов'язані з викидом (загрозою викиду) радіоактивних речовин та забрудненням навколишнього середовища; - небезпечні та стихійні гідрологічні явища; - небезпечні геологічні явища.

Залежно від призначення моніторингова інформація поділяється на оперативну і аналітичну. До оперативної відноситься інформація, призначена для оповіщення населення про загрозу виникнення НС. Вона містить відомості про загрозу НС і основних її параметрах. В аналітичних матеріалах відображаються узагальнені за певними параметрам за встановлений період часу дані про стан джерел НС, отримувані на основі інтеграції, узагальнення, комплексної обробки й аналізу оперативної й аналітичної моніторингової інформації, а також одержувані в результаті обміну інформацією з державною системою моніторингу довкілля, системою соціально-гігієнічного моніторингу та інших відомчих та міжвідомчих систем [7].

Здійснення моніторингу забезпечує інформаційна система моніторингу надзвичайних ситуацій.

Моніторинг НС спрямовано на підвищення рівня знань про потенційну небезпеку об'єктів моніторингу та

поліпшення інформаційного обслуговування фахівців з ліквідації наслідків НС.

Структуру інформаційної системи моніторингу НС подано на рис. 2.

Головним призначенням системи моніторингу є отримання оперативної інформації про загрозу або виникнення НС, характеристиках вражаючих факторів з метою визначення масштабів поширення і тяжкості наслідків від їх виникнення.

Таким чином, основними напрямками роботи системи є:

- моніторинг навколишнього середовища та стану потенційно небезпечних об'єктів;
- оперативний моніторинг в зоні виникнення НС;
- визначення основних характеристик вражаючих факторів НС – якісний аналіз;
- визначення ризику впливу вражаючих факторів і оцінка їх стійкості – кількісний аналіз;
- прогнозування НС та оцінка ризику їх виникнення.

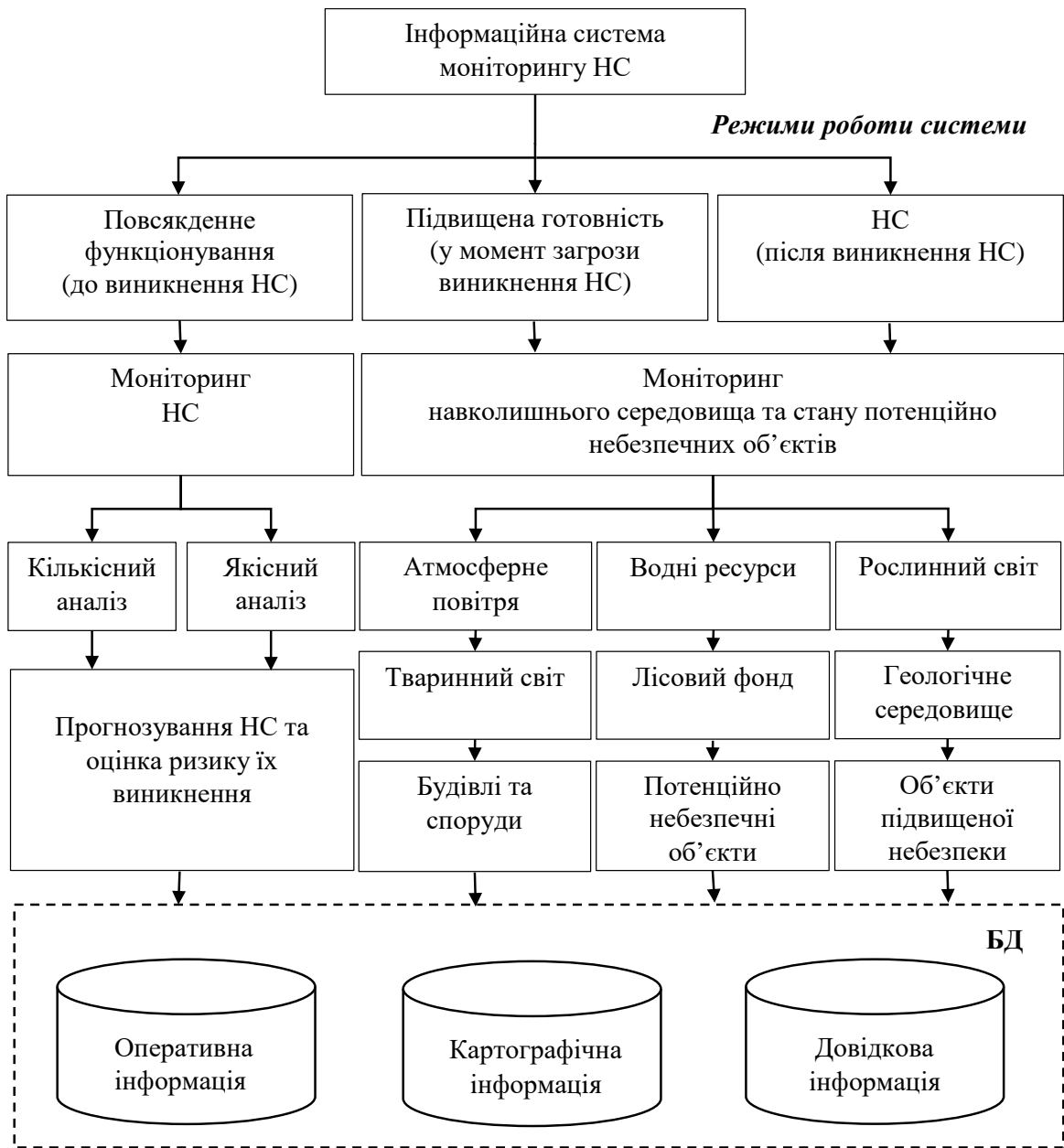


Рис. 2. Структура інформаційної системи моніторингу НС

Інформаційне забезпечення системи моніторингу НС подано у вигляді сукупності документів і структурованих наборів даних, що призначені для підвищення ефективності діяльності керівників з ліквідації наслідків НС шляхом забезпечення їх повною, достовірною інформацією про характер і масштаби виникнення НС та порушення функціонування систем життєзабезпечення.

Інформаційне забезпечення системи повинно включати наступні види інформації, що міститься у відповідних базах даних (БД).

1. Оперативна інформація. Містить відомості про основні параметри НС. Так, наприклад, оперативна інформація про аварії з викидом аварійно небезпечних хімічних та радіоактивних сполук на об'єктах (крім транспортних) по країні містить:

адресу, характеристику об'єкта (аварійно небезпечні хімічні сполуки, загальну кількість аварійно небезпечних хімічних сполук на об'єкті, обсяг ємності, з якої стався витік), площу розливу чи забруднення, глибину зони ураження, метеоумови на момент аварії, кількість осіб постраждалих від аварії, кількість осіб загиблих внаслідок аварії, причину аварії тощо.

2. Картографічна інформація. Картографічне забезпечення системи подано у вигляді топографічних карт із детальністю та точністю, які відповідають традиційним картам в масштабі 1: 100000. Топографічні карти подані у векторному share-форматі. Кожен share- файл карти в свою чергу складається з чотирьох обов'язкових файлів наступних форматів:

- .shr файл, що містить геометричну інформацію про об'єкти;
- .dbf файл, що містить атрибутивну інформацію у форматі dBase;
- .shx індексний файл;
- .prj файл, що містить інформацію про проекти карт.

3. Довідкова інформація. Містить нормативно-правову інформацію щодо потенційно-небезпечних об'єктів та процесів (класифікатори, реєстри, реєстри, паспорти тощо), а також додаткову довідкову інформацію щодо прецедентів виникнення НС та досвіду в запобіганні НС і ліквідації їх наслідків.

Для розробки системи було використано крос-платформну геоінформаційну систему Quantum GIS (QGIS) і високорівневу мову програмування Python.

Для розробки БД було використано систему керування базами даних PostgreSQL. Структурну схему БД «Оперативна інформація» подано на рис.3.

Для зберігання картографічних даних і обробки просторово-розподіленої інформації було використано геоінформаційну систему PostGIS.

Використання PostGIS дозволило додати підтримку географічних об'єктів в реляційну базу даних PostgreSQL, а також можливості просторового індексування, фільтрації і побудови пошукових запитів до просторових даних.

Для імпорту share-файлів в базу даних PostGIS було використано модуль SPIT (Shapefile to PostGIS Import Tool), який є частиною архітектури QGIS. Модуль SPIT дозволив здійснити одночасний імпорт декількох share-файлів з підтримкою схеми бази даних PostGIS.

Для обробки і аналізу просторово-розподіленої інформації про районування територій за наявністю потенційно небезпечних об'єктів, інформації про стан навколишнього природного середовища було використано модуль fTools, який також є частиною архітектури QGIS.

До основних функцій аналізу, геопроецювання, обробки геометрії, управління даними, які доступні в модулі fTools можна віднести:

- створення буферних зон навколо об'єктів заданого розміру;
- перевірку полігонів на наявність перетинів і неправильного порядку нумерації вузлів;
- додавання до шару поля з інформацією про геометрії: (XCOORD, YCOORD) для точкового шару, (LENGTH) для лінійного і (AREA, PERIMETER) для полігонального;
- перетворення складових об'єктів (мульти-полігонів або мульти-поліліній) в кілька простих об'єктів (полігонів або поліліній);
- об'єднання декількох share-файлів, що знаходяться в одній директорії, в новий share-файл, ґрунтуючись на типі шару (точковий, лінійний, полігональний).

Висновки.

Наведено приклад створення інформаційної системи моніторингу НС, її структура та основні напрямки роботи. Система здійснює моніторинг навколишнього середовища та стану потенційно небезпечних об'єктів; оперативний моніторинг в зоні виникнення НС; визначення основних характеристик уражаючих факторів НС – якісний аналіз; визначення ризику впливу уражаючих факторів і оцінка їх стійкості – кількісний аналіз; прогнозування НС та оцінка ризику їх виникнення.

Використання системи моніторингу НС спрямовано на підвищення рівня знань про потенційну небезпеку об'єктів моніторингу та поліпшення інформаційного обслуговування фахівців з ліквідації наслідків НС.

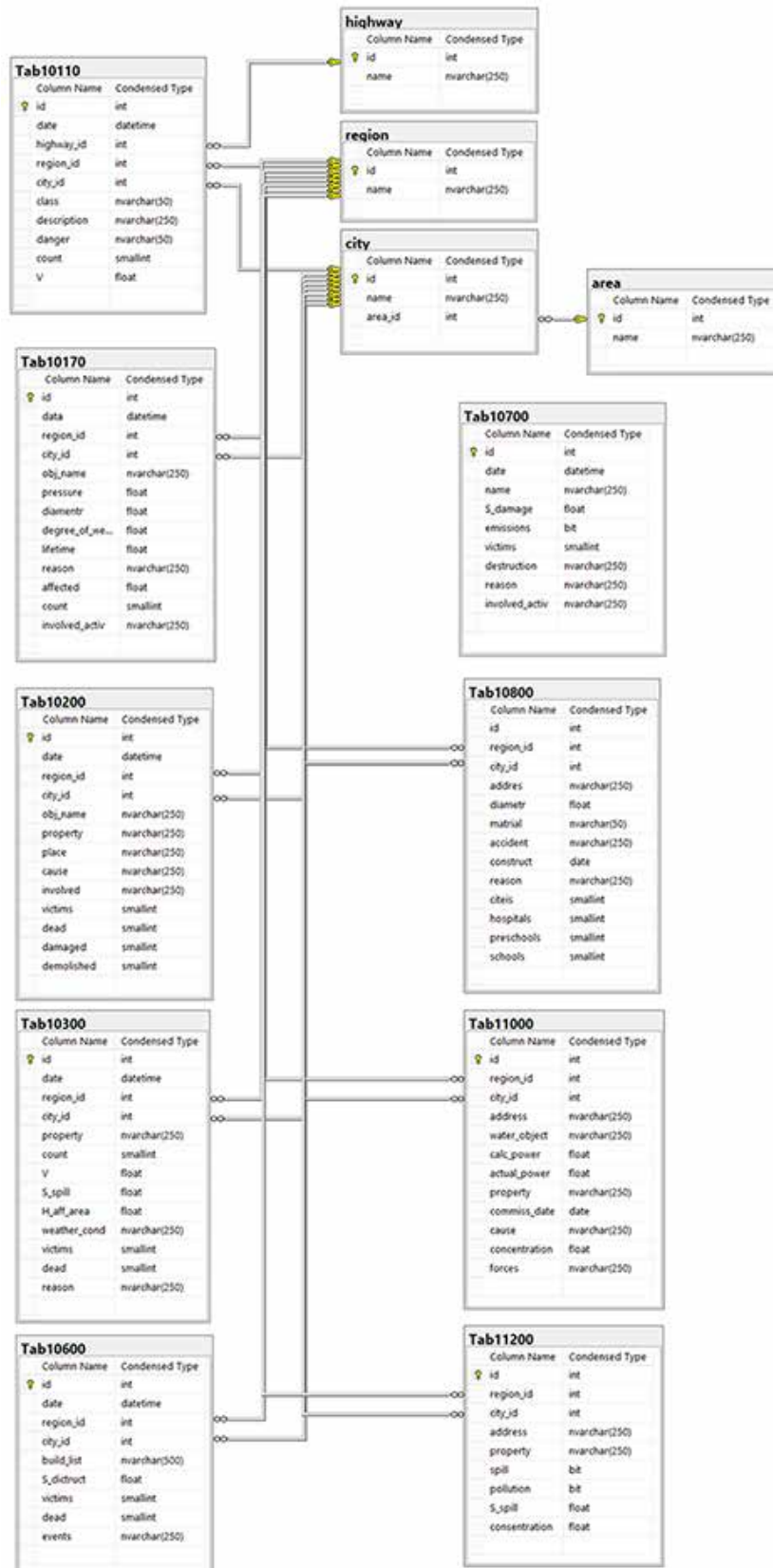


Рис. 3. Структурна схема БД «Оперативна інформація»

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Інформаційно-аналітична довідка про виникнення НС в Україні упродовж 2019 року [Електронний ресурс] URL: <https://www.dsns.gov.ua/ua/Dovidka-za-kvartal/103179.html> (дата звернення: 11.04.2019).
2. Малыгин И. Г., Чуприян А. П. Создание информационной системы мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера субъекта Российской Федерации. Пожаровзрывобезопасность. 2006. Том. 15. №. 1. С. 10-13.
3. Ничепорчук В.В., Ноженков А.И. Интеграция технологий в системе комплексного мониторинга чрезвычайных ситуаций. Образовательные ресурсы и технологии. 2016. 2 (14). С. 281–287.
4. Кропотов П.П., Бегун В.В., Гречанинов В.Ф. Створення сучасної системи моніторингу безпеки – актуальна державна та наукова задача. Системи обробки інформації. 2015. 11 (136). С. 199–206.
5. E. WARDIHANI, Magfur RAMDHANI, Amin SUHARJONO et al., «Real-time forest fire monitoring system using unmanned aerial vehicle», Journal of Engineering Science and Technology. 2018. vol. 13. no. 6. Pp. 1587–1594.
6. Державна служба України з надзвичайних ситуацій. Регламент функціонування системи моніторингу і прогнозування ризику виникнення надзвичайних ситуацій [Електронний ресурс]. URL: <https://undicz.dsns.gov.ua> (дата звернення: 5.04.2019).

МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Кирийчук Дмитрий Леонидович,

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры программных средств и технологий,

Херсонский национальный технический университет, город Херсон, Украина, e-mail: kidiyam2@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-4905-6932

Аннотация. Мониторинг ЧС играет важную роль, так как наблюдение, анализ и оценка состояния потенциальных источников ЧС позволит разрабатывать и реализовывать мероприятия, направленные на ликвидацию ЧС и минимизации экономических и экологических последствий.

В работе приведен пример создания информационной системы мониторинга ЧС, главным назначением которой является получение оперативной информации об угрозе или возникновении ЧС, характеристиках поражающих факторов с целью определения масштабов распространения и тяжести последствий их возникновения. В отличие от существующих, система мониторинга ЧС осуществляет мониторинг окружающей среды и состояния потенциально опасных объектов; оперативный мониторинг в зоне возникновения ЧС; определение основных характеристик поражающих факторов ЧС – качественный анализ; определение риска воздействия поражающих факторов и оценку их устойчивости – количественный анализ; прогнозирования ЧС и оценку риска их возникновения.

Информационное обеспечение системы мониторинга ЧС представлено в виде совокупности документов и структурированных наборов данных, предназначенных для повышения эффективности деятельности руководителей по ликвидации последствий ЧС путем обеспечения их полной, достоверной информацией о характере и масштабах возникновения ЧС и нарушениях функционирования систем жизнеобеспечения.

Информационное обеспечение системы включает такие виды информации: «Оперативная информация», «Картографическая информация», «Справочная информация». Соответствующие БД содержат топографические карты местности, которые представлены в векторном shape-формате, нормативно-правовую информацию о потенциально опасных объектах и процессах (классификаторы, реестры, регистры, паспорта и т.п.), а также дополнительную справочную информацию о прецедентах возникновения ЧС и опыта в предотвращении НС и ликвидации их последствий.

Использование системы мониторинга ЧС направлено на повышение уровня знаний о потенциальной опасности объектов мониторинга и улучшения информационного обслуживания специалистов по ликвидации последствий ЧС.

Ключевые слова: мониторинг ЧС, информационная система, прогнозирования ЧС.

MODELING AND DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR MONITORING EMERGENCIES

Dmytro Kiriychuk,

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor, Department of Software Tools and Technology, Kherson National Technical University, Kherson, Ukraine, e-mail: kidiam2@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-4905-6932

Abstract. Emergency monitoring plays an important role, since observing, analyzing and assessing the state of potential emergency sources will allow developing and implementing measures aimed at emergency response and minimizing economic and environmental consequences.

The paper gives an example of creating an information system for monitoring emergencies, the main purpose of which is to obtain operational information about the threat or occurrence of emergencies, the characteristics of damaging factors in order to determine the extent of spread and the severity of the consequences of their occurrence. Unlike the existing ones, the emergency monitoring system monitors the environment and the condition of potentially dangerous objects; operational monitoring in the area of emergencies; determination of the main characteristics of the damaging factors of emergencies – a qualitative analysis; determination of the risk of exposure to damaging factors and assessment of their stability – quantitative analysis; forecasting emergencies and assessing the risk of their occurrence.

Information support for the emergency monitoring system is presented in the form of a set of documents and structured data sets designed to increase the effectiveness of managers' response to emergency situations by providing them with complete, reliable information about the nature and extent of emergencies and disruptions in the functioning of life support systems.

Information support of the system includes the following types of information: «Operational information», «Cartographic information», «Reference information». The corresponding databases contain topographic maps of the area, which are presented in a vector shape format, regulatory information about potentially dangerous objects and processes (classifiers, registers, registers, passports, etc.), as well as additional reference information about the precedents for emergency situations and experience in preventing emergencies and their response.

The use of the emergency monitoring system is aimed at increasing the level of knowledge about the potential danger of monitoring objects and improving the information services of emergency response specialists.

Key words: *emergency monitoring, information system, emergency forecasting.*

REFERENCES:

1. Інформаційно-аналітична довідка про виникнення НС в Україні упродовж 2019 року [Електронний ресурс]. URL: <https://www.dsns.gov.ua/ua/Dovidka-za-kvartal/103179.html> (дата звернення: 11.04.2019).
2. Малыгин, И. Г., Чуприян, А. П. (2006). Создание информационной системы мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера субъекта Российской Федерации. *Пожаровзрывобезопасность*, Том. 15. № 1., 10-13.
3. Ничепорчук, В.В., Ноженков, А.И. (2016). Интеграция технологий в системе комплексного мониторинга чрезвычайных ситуаций. *Образовательные ресурсы и технологии*, 2 (14), 281-287.
4. Кропотов, П.П. Бегун, В.В., Гречанинов, В.Ф. (2015). Створення сучасної системи моніторингу безпеки – актуальна державна та наукова задача. *Системи обробки інформації*, 11 (136), 199–206.
5. WARDIHANI, E., RAMDHANI, Magfur, SUHARJONO, Amin et al. (2018). «Real-time forest fire monitoring system using unmanned aerial vehicle», *Journal of Engineering Science and Technology*, vol. 13, no. 6, 1587-1594.
6. Державна служба України з надзвичайних ситуацій. Регламент функціонування системи моніторингу і прогнозування ризику виникнення надзвичайних ситуацій [Електронний ресурс] URL: <https://undicz.dsns.gov.ua> (дата звернення: 5.04.2019).

ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРІОДИЧНОСТІ АТМОСФЕРНИХ ЯВИЩ

УДК 004.986

DOI: <https://doi.org/10.35546/2313-0687.2019.25.76-85>**Повод Яків**

аспірант, ХНТУ, Херсон, Україна,
E-mail: elornau@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8403-5945

Шерстюк Володимир

доктор технічних наук, професор, ХНТУ, Херсон, Україна,
E-mail: vgsherstyuk@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9096-2582

Анотація. При визначенні кількості сонячної енергії, що досягає поверхні Землі, серед розглянутих чинників атмосферних явищ найбільше значення має хмарність. Досліджуючи вплив хмарного покриття на розрахунки сонячної інсоляції поблизу поверхні Землі за допомогою усереднених даних був розроблений алгоритм, який дає можливість врахувати рівень хмарності для прогнозування сонячної інсоляції.

Для дослідження та розробки алгоритму, було проаналізовано існуючі методи отримання даних, та визначено, що найбільший вплив на коливання сонячної інсоляції має саме хмарність. Для розробки математичної моделі було використано дані, які є на сайті NASA Earth Observations, що отримані з супутників Terra і Aqua за допомогою інструмента MODIS. Для застосування в якості статистичних даних були обрані дані в форматі CSV, за період з лютого 2000р. по червень 2019р. В результаті було отримано карту усередненої хмарності. Для врахування змін хмарності було побудовано графіки залежності рівня хмарності від часу. Для цього були використані середньомісячні дані для міста Херсона, для точки з географічними координатами 46.7, 32.6; для точки на Алясці - з координатами 67, -147.4; для точки з координатами 38.7,36.5, що знаходиться на території Туреччини.

В результаті було зроблено апроксимацію цих даних. В якості функції апроксимації було використано функцію Фур'є першого порядку. Щоб отримати дані для всієї поверхні Землі було використано бібліотеку ALGLIB та алгоритм Левенберга – Марквардта. Отримані дані було відображено на рисунках з картами коефіцієнтів детермінації, також карта значень середньоквадратичної похибки.

Наукова новизна полягає в одержанні більш точних даних коливання хмарності за допомогою обраного методу; та за допомогою розробленої математичної моделі прогнозувати щільність хмарного покриття в будь якій точці планети. Отже розроблений алгоритм дає можливість аналізувати та прогнозувати періодичні коливання рівня хмарності в залежності від місяця (пори року).

Практичне значення розробленого алгоритму полягає в використанні його в програмному забезпеченні, яке допоможе отримувати більш точні розрахунки прогнозованої потужності сонячного випромінювання з урахуванням коливання хмарності для можливого використання в галузях, де потрібні дані сонячної інсоляції.

Ключові слова: алгоритм, похибка, графік, карта, інсоляція, апроксимація, клімат, хмарність.

Постановка проблеми

Розрахунок сонячної інсоляції має широке застосування в різних сферах промисловості. Найточніші розрахунки можна отримати за допомогою, використання спеціальних метеостанцій. Проте такі станції встановлені лише у певних місцях. Побудова нових метеостанцій потребує значних матеріальних затрат, а збір даних буде тривати що найменше декілька років. Інтерполюючи дані метеостанцій можна отримати достатньо точні результати, за умовою достатньо близького розташування метеостанцій та однорідності клімату. При невиконанні цих умов точність розрахунків буде значно знижуватися, при тому, що складність розрахунків буде залишатися досить високою із за значного об'єму даних, які необхідно опрацювати. Одним з рішень є створення математичної моделі на базі статистичних даних метеостанцій. Для створення статистичної моделі необхідно визначитись з вхідними даними, від яких залежить результат. Для сонячної інсоляції це потужність сонячної інсоляції, яка доходить до атмосфери землі, та кількість енергії, яка поглинається і розсіюється в атмосфері. Найбільші коливання сонячної інсоляції виникають саме в результаті впливу Земної атмосфери. Хоча світло поглинається і розсіюється і в ясний день, найбільший вплив в коливання сонячної інсоляції вносить саме хмарність.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Хмарність залежить від значної кількості факторів, які врахувати і точно передбачити на даний момент неможливо. В якості альтернативи можливо використовувати статистичні методи. Для цього необхідні статистичні дані. Данні хмарності можливо отримати за допомогою метеостанцій. Наприклад дані типового метеорологічного року національної бази даних сонячного випромінювання США має щогодинні дані хмарності. Ці дані можна використовувати для розробки математичної моделі. Проте ці дані прив'язані до координат метеостанцій, що не дає змогу використовувати їх в програмному забезпеченні, яке має робити розрахунки

для будь-якої точки планети. Окрім метеостанцій данні хмарності можна отримати за допомогою супутників. Супутникові данні, та дані з інших джерел вже використовуються для передбачення хмарності, та інших погодних явищ. Для цього використовується чисельний прогноз погоди. Проте для достатньо точного прогнозування на значні проміжки часу необхідні дуже значна кількість розрахункових ресурсів, що може бути економічно недоцільно.

Для статистичного аналізу, було обрано дані, які є на сайті NASA Earth Observations. На цьому сайті можна знайти оброблені дані з супутників Terra і Aqua. Для розрахунку найбільш відповідними є середньомісячні дані щільності хмарності, отримані супутником Terra, за допомогою інструмента MODIS. Ці дані доступні у декількох форматах, а саме: для візуалізації у вигляді зображень в форматі PNG та GeoTIFF, та для розрахунків у вигляді чисел з плаваючою точкою в форматі CSV та GeoTIFF. Для застосування в якості статистичних даних були обрані дані в форматі CSV, за період з лютого 2000р. по червень 2019р. Також можливо використовувати щоденні дані, проте із за значного об'єму їх аналіз зайняв би занадто багато часу.

Мета дослідження

Метою дослідження є пошук алгоритму за допомогою якого можливо враховувати рівень хмарності для прогнозування сонячної інсоляції.

Виклад матеріалу дослідження

По перше для розрахунків можливо використати самі супутникові дані, проте їх об'єм робить неможливість роботи програмами в реальному часі на звичайному комп'ютері, а також значно збільшує об'єм, який буде займати програма. Як альтернативу можна використовувати усереднене значення хмарності. Карта усередненої хмарності дасть змогу робити розрахунки значно точніше ніж за допомогою інтерполяції даних метеостанцій. Для побудови карти було проведено усереднення даних за період з лютого 2000 р. по червень 2019 р. В результаті було

отримано карту усередненої хмарності. Якщо цю карту перевести в зображення, де чорний колір вiдповiдає за вiдсутнiсть хмарностi, а бiлий за мак-

симальну хмарнiсть, можна отримати наступний результат:

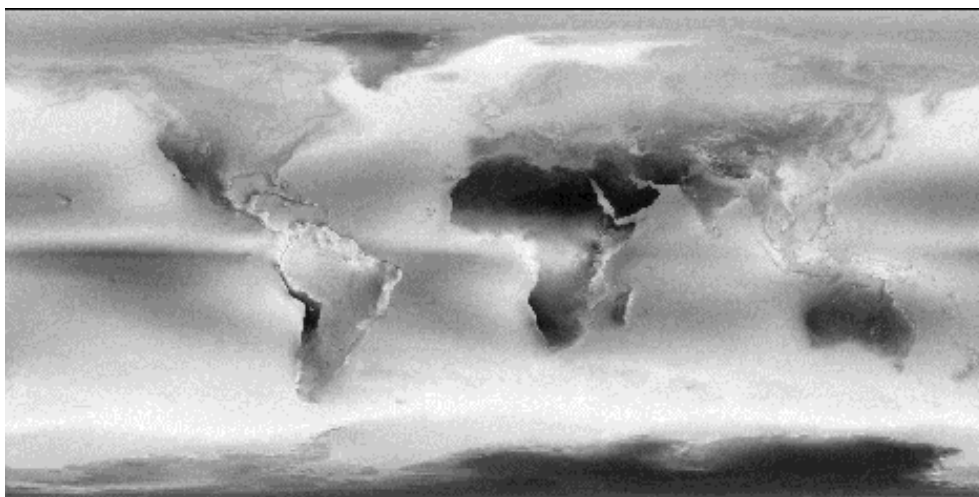


Рис. 1 – Карта усередненої хмарності

Хоча усередненi данi вже дозволяють досягти непоганої точностi розрахункiв, врахування змiни хмарностi в залежностi вiд часу може значно покращити результат.

Для врахування змiн хмарностi в залежностi вiд часу, по-перше необхідно помiтити цi змiни. Для

цього було побудовано графiк залежностi рiвня хмарностi вiд часу. Для того, щоб графiк краще сприймався були використанi середньомiсячнi данi для мiста Херсона, для точки з географiчними координатами 46.7, 32.6.

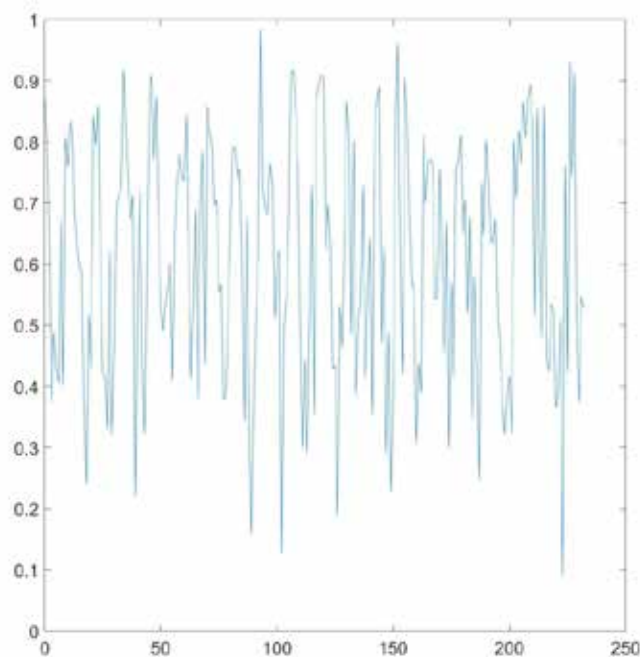


Рис. 2 – Графiк рiвня хмарностi для координат 46.7, 32.6, за перiод з лютого 2000 р. по червень 2019 р.

Помітити на цьому графіку періодичність досить важко, так як він більш схожий на звичайний шум. Це викликано тим, що погода а разом з нею і хмарність змінюються швидко і не передбачувано, проте на знач-

ному проміжку часу клімат в цілому має більш постійний характер. Отже для фільтрації шумів можна відобразити середньомісячні значення для цього ж періоду.

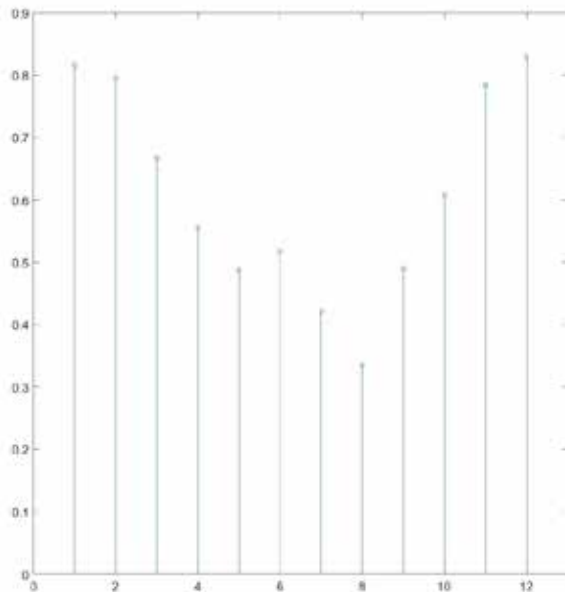


Рис. 3 – Усереднений графік рівня хмарності для координат 46.7, 32.6, за період з лютого 2000р. по червень 2019 р.

На цьому графіку вже можна помітити, що середньомісячна хмарність в серпні значно нижче ніж наприклад в грудні. Проте ця закономірність може відрізнятись для

інших місць. Для перевірки можна побудувати аналогічний графік для більш північної точки для прикладу візьmemo Аляску з координатами 67, -147.4.

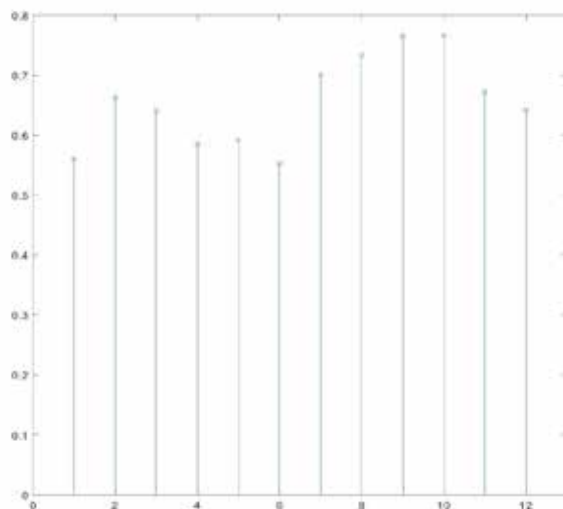


Рис. 4 – Усереднений графік рівня хмарності для координат 67, -147.4, за період з лютого 2000р. по червень 2019 р.

За цими координатами рівень коливань хмарності значно нижчий, а середньорічні максимуми і мінімуми знаходяться в інших місцях. Також є сенс побудувати

графік для більш південної точки. Отже побудуємо графік для точки з координатами 38.7,36.5, що знаходиться на території Туреччини.

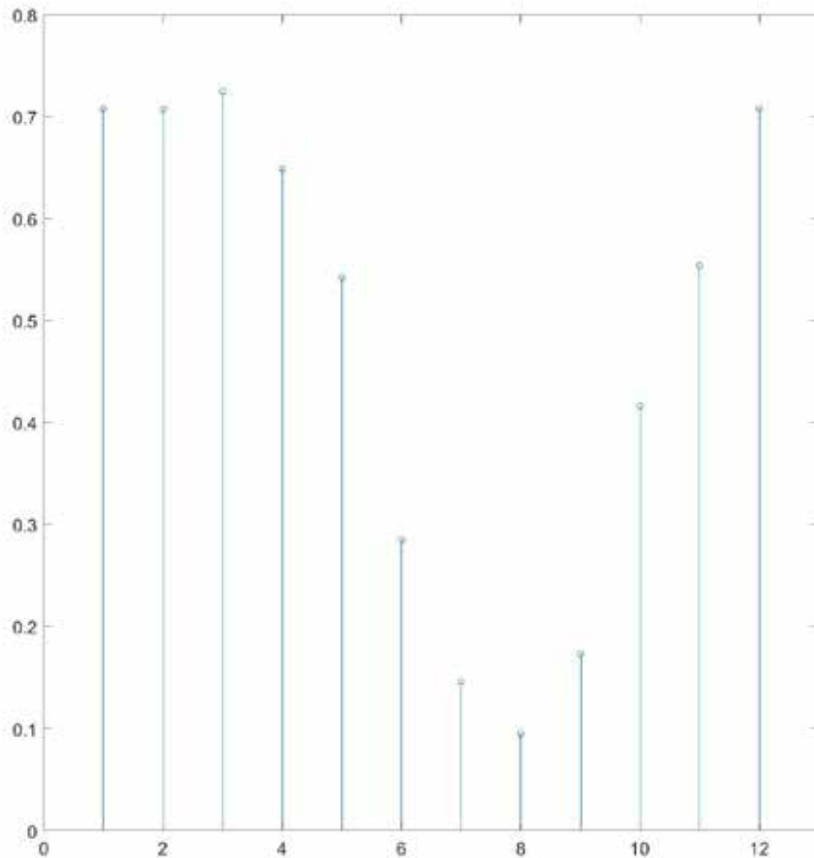


Рис. 5 – Усереднений графік рівня хмарності для координат 38.7,36.5, за період з лютого 2000р. по червень 2019 р.

Як можна помітити графік хмарності для південної точки має схожий вигляд з графіком побудованим для Херсона. Проте амплітуда коливань значно вища. І саме ці коливання будуть мати найбільший вплив на точність при використанні усереднених даних. Для врахування коливань можливо замінити одну усереднену карту на дванадцять. Проте це призведе до підвищення вимог до апаратного забезпечення в дванадцять разів. А саме усереднені дані займають 112 МБ, і 36 МБ, в архівованому виді. Середньомісячні дані займають 1 ГБ в звичайному вигляді, та 344 МБ в архівованому.

Для вирішення цієї проблеми можна зробити апроксимацію цих даних, і зберігати лише коефіцієнти апроксимації. Рівень хмарності має періодичний характер,

отже якості функції апроксимації можна скористатися функцією Фур'є першого порядку (1)

$$a_0 + a_1 \cos(x'w) + b_1 \sin(x'w) \quad (1)$$

Де a_0, a_1, b_1 – коефіцієнти апроксимації;
 w – коефіцієнт, який дорівнює

$$w = \frac{2\pi}{12} = 0.5236.$$

Спочатку можна провести апроксимацію даних, які зображені на рисунках 3-5. Результати наведені в таблиці 1.

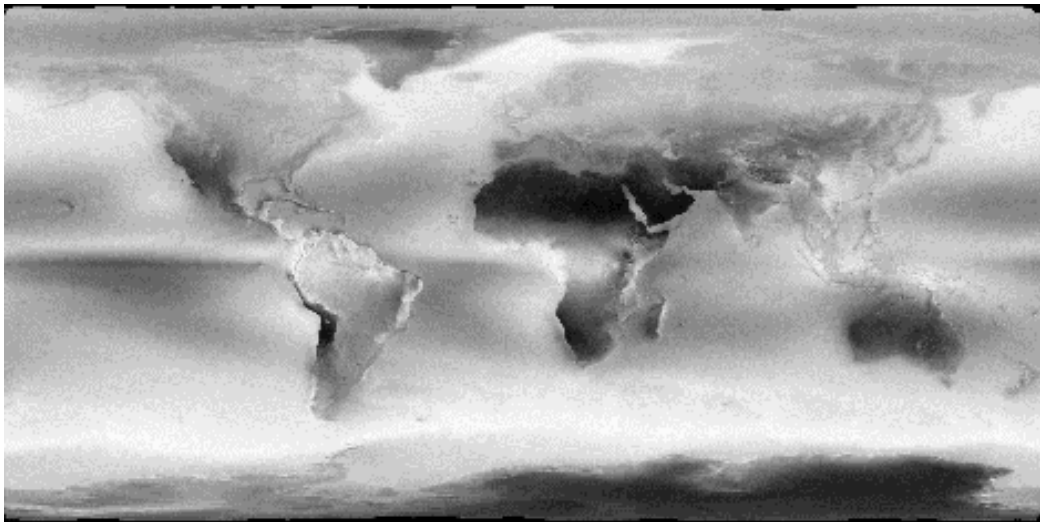
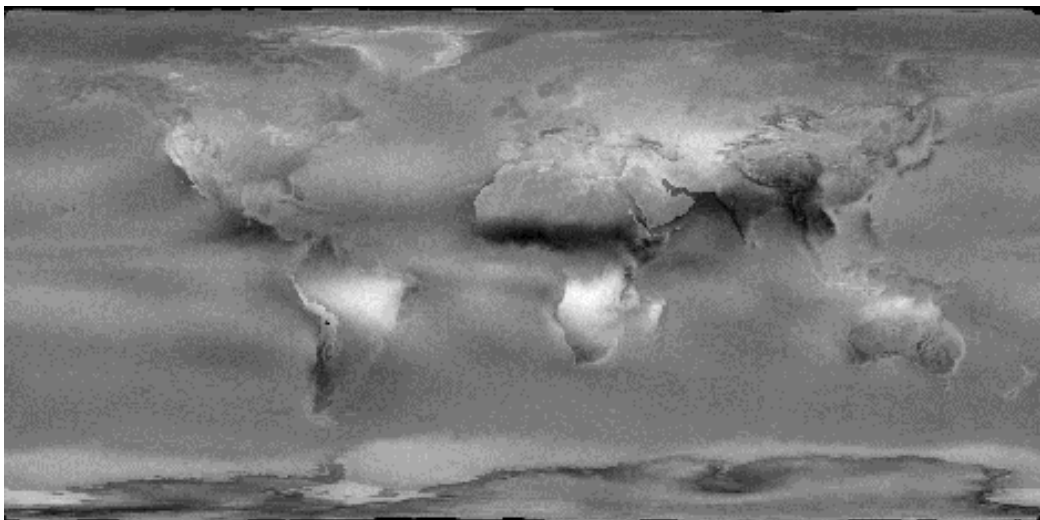
Таблиця 1

Результати апроксимації

Координати	a0	a1	b1	R ²	RMSE
46.7, 32.6	0.609	0.1947	0.09643	0.9108	0.0555
67, -147.4	0.6566	0.01543	-0.07566	0.5771	0.054
38.7, 36.5	0.4758	0.1851	0.2598	0.9395	0.0661

Для першої і третьої точок коефіцієнт детермінації має високе значення, проте для другої точки значення коефіцієнта детермінації значно нижче. Проте із за того що коливання хмарності для другої точки значно менші, середньоквадратична похибка не збільшилась. При використанні усереднених даних коефіцієнт детермінації дорівнював би нулю, а середньоквадратичні відхилення мали би наступні значення: для 46.7, 32.6 - 0.1682, для 67, -147.4 - 0.07506, для 38.7, 36.5 - 0.2431.

Для отримання даних для всієї поверхні землі можна скористатися алгоритмом Левенберга – Марквардта, та бібліотекою ALGLIB. В результаті було отримано 3 карти з коефіцієнтами, які зображені на рисунках 6-8.

*Рис. 6 – Карта значень коефіцієнту a0.**Рис. 7 – Карта значень коефіцієнту b0.*

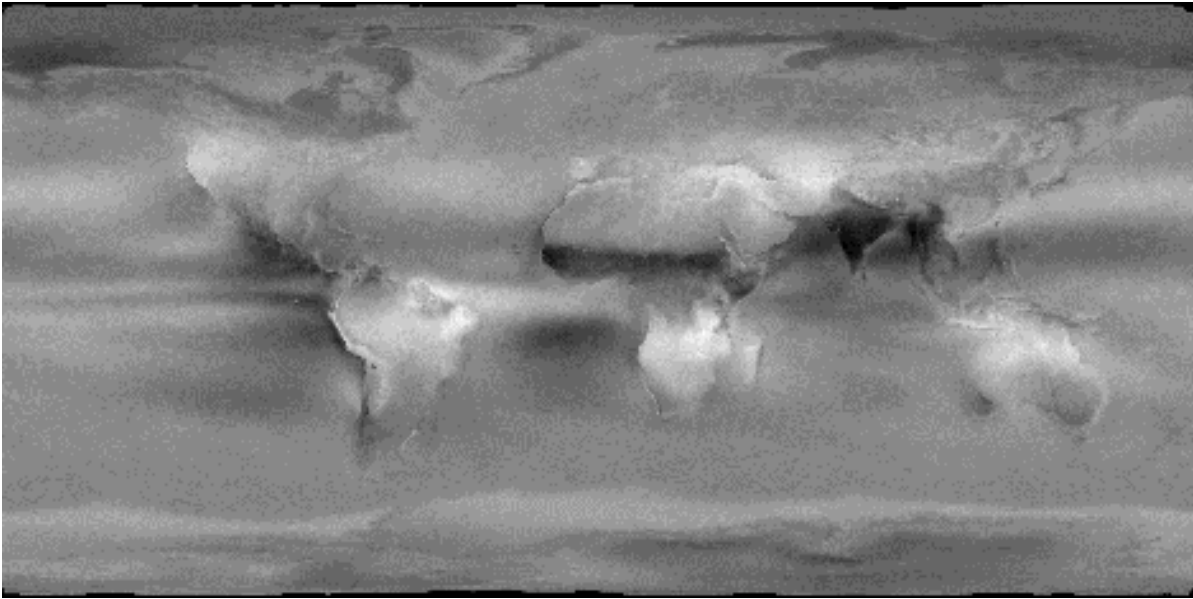


Рис. 8 – Карта значень коефіцієнту b_1 .

Також для перевірки точності було побудовано карту коефіцієнта детермінації, та знайдені його максимальне, мінімальне і середнє значення.

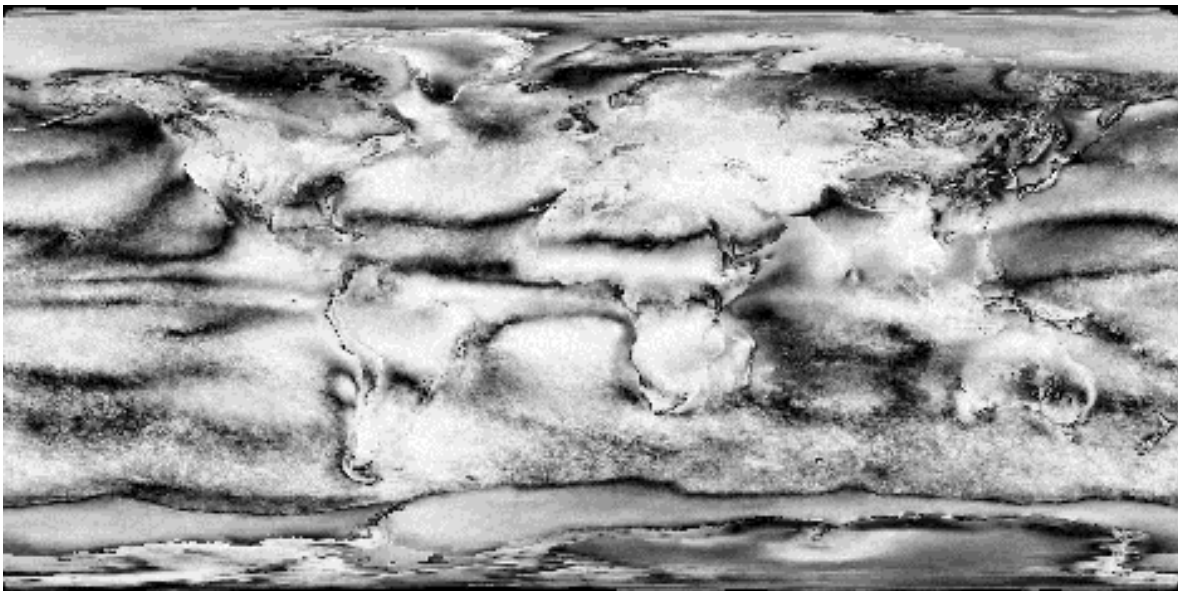


Рис 9. – Карта значень коефіцієнту детермінації

Також була побудована карта значень середньоквадратичної похибки.

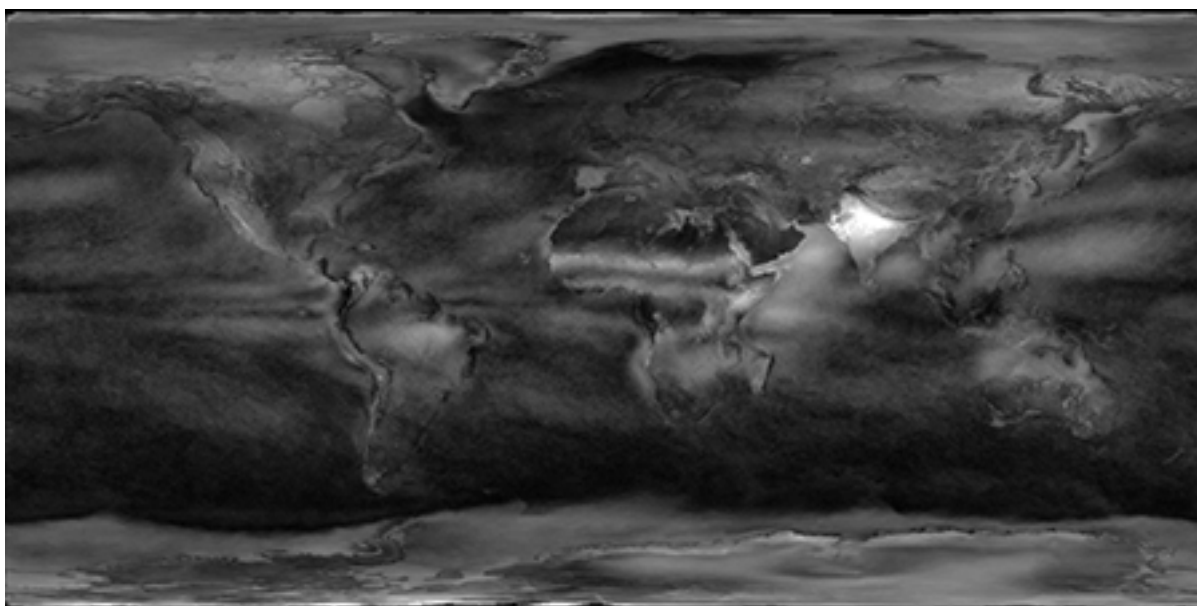


Рис 10. – Карта значень середньоквадратичної похибки

Використовуючи ці карти було знайдене максимальне, мінімальне та середнє значення коефіцієнту детермінації, та середньоквадратичної похибки

Таблиця 2

Значення коефіцієнта детермінації та середньоквадратичної похибки.

	Значення коефіцієнта детермінації	Координати коефіцієнта детермінації	Значення середньоквадратичної похибки	Координати середньоквадратичної похибки
Максимум	0,9978	-44.7, -49	0,2701	27.3, 77.2
Мінімум	0	24, 159.3	0,0006831	-49.3, 69
Середнє	0,6238	-	0,04322	-

Висновки

В результаті дослідження було отримано статистичну модель для розрахунку сезонних змін середньої хмарності. Також були розраховані коефіцієнти для роботи цієї моделі. Додатково було проаналізовано якість моделі. Була виконана візуалізація параметрів моделі, для більш зручної оцінки. Ця модель в першу чергу направлена на використання в програмному

забезпеченні для розрахунку сонячної інсоляції. Хоча для більшої частини поверхні землі, середнє відхилення моделі від статистичних даних не перевищує 5%, є місця для яких точність цієї моделі не перевищує точність при звичайному усередненні статистичних даних. Це накладає деякі обмеження на використання цієї моделі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Cloud Fraction. (23.01.2020). *NASA Earth Observatory*. <https://earthobservatory.nasa.gov>
2. Cloud Fraction. (23.01.2020). *NASA Earth Observations* <https://neo.sci.gsfc.nasa.gov>
3. Hu C., White, R. M. *Solar Cells: From Basic to Advanced Systems* (p. 23). New York: McGraw-Hill, 1983.

4. Ma, Z., Liu, Q., Zhao, C., Shen, X., Wang, Y., Jiang, J. H., ... Yung, Y. (2018). Application and Evaluation of an Explicit Prognostic Cloud-Cover Scheme in GRAPES Global Forecast System. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 10(3), 652–667. doi: 10.1002/2017ms001234
5. Mishra, A. K. (2018). Investigating changes in cloud cover using the long-term record of precipitation extremes. *Meteorological Applications*, 26(1), 108–116. doi: 10.1002/met.1745
6. Pepe, D., Bianchini, G., & Vicino, A. (2017). Model estimation for solar generation forecasting using cloud cover data. *Solar Energy*, 157, 1032–1046. doi: 10.1016/j.solener.2017.08.086

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРИОДИЧНОСТИ АТМОСФЕРНЫХ ЯВЛЕНИЙ

Повод Яков

аспирант, ХНТУ, Херсон, Украина

E-mail: elornau@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8403-5945

Шерстюк Владимир

доктор технических наук, профессор, ХНТУ, Херсон, Украина

E-mail: vgsherstyuk@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9096-2582

Аннотация. При определении количества солнечной энергии достигающей поверхности Земли среди рассматриваемых факторов атмосферных явлений наибольшее значение имеет облачность. Исследуя влияние облачного покрова на расчеты солнечной инсоляции вблизи поверхности Земли, с помощью усредненных данных был разработан алгоритм, который дает возможность учитывать уровень облачности для прогнозирования солнечной инсоляции.

Для исследования и разработки алгоритма, были проанализированы существующие методы получения данных, и определено, что наибольшее влияние на колебания солнечной инсоляции имеет именно облачность. Для разработки математической модели были использованы данные, которые есть на сайте NASA Earth Observations, полученные со спутников Terra и Aqua с помощью инструмента MODIS. Для применения в качестве статистических данных были выбраны данные в формате CSV, за период с февраля 2000г. по июнь 2019г. В результате было получено карту усредненной облачности. Для учета изменений облачности были построены графики зависимости уровня облачности от времени. Для этого были использованы среднемесячные данные для города Херсона, для точки с географическими координатами 46.7, 32.6; для точки на Аляске - с координатами 67, -147.4; для точки с координатами 38.7,36.5, что находится на территории Турции.

В результате было сделано аппроксимацию этих данных. В качестве функции аппроксимации была использована функция Фурье первого порядка. Чтобы получить данные для всей поверхности Земли было использовано библиотеку ALGLIB и алгоритм Левенберг - Марквардта. Полученные данные были отражены на рисунках с картами коэффициентов детерминации, также на карте значений среднеквадратичной погрешности.

Научная новизна заключается в получении более точных данных колебания облачности с помощью выбранного метода; и с помощью разработанной математической модели прогнозировать плотность облачного покрова в любой точке планеты. Итак, разработан алгоритм дает возможность анализировать и прогнозировать периодические колебания уровня облачности в зависимости от месяца (времени года).

Практическое значение разработанного алгоритма заключается в использовании его в программном обеспечении, которое поможет получать более точные расчеты прогнозируемой мощности солнечного излучения с учетом колебания облачности для возможного использования в отраслях, где требуются данные солнечной инсоляции.

Ключевые слова: алгоритм, погрешность, график, карта, инсоляция, аппроксимация, климат, облачность.

INVESTIGATION OF THE PERIODICITY OF THE ATMOSPHERIC PHENOMENA

Povod Yakiv

PhD student, KNTU, Kherson, Ukraine
Email: elornau@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8403-5945

Volodymyr Sherstiuk

Doctor of Technical Sciences, Professor, KNTU, Kherson, Ukraine
Email: vgsherstyuk@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9096-2582

Abstract. The purpose of the study in determining the amount of solar energy reaching the Earth's surface among the considered factors of atmospheric phenomena, cloudiness is of greatest importance. When studying the influence of cloud cover on calculations of solar insolation near the Earth's surface, using averaged data, an algorithm was developed that makes it possible to take into account the level of cloudiness for predicting solar insolation.

For research and development of the algorithm, the existing methods for obtaining data were analyzed, and it was determined that cloudiness has the greatest influence on the fluctuations of solar insolation. To develop a mathematical model, we used the data available on the NASA Earth Observations website, obtained from Terra and Aqua satellites using the MODIS tool. For use as statistical data, data in the CSV format were selected for the period since February 2000. to June 2019 As a result, an average cloud cover map was obtained. To account for changes in cloudiness, graphs of the dependence of cloudiness on time were constructed. For this, monthly average data were used for the city of Kherson, for the point with geographical coordinates 46.7, 32.6; for a point in Alaska - with coordinates 67, -147.4; for the point with coordinates 38.7.36.5, which is located in Turkey.

As a result, an approximation of these data was made. The first-order Fourier function was used as the approximation function. To obtain data for the entire surface of the Earth, the ALGLIB library and the Levenberg-Marquardt algorithm were used. The data obtained were reflected in the figures with maps of the determination coefficients, as well as on the map of the mean square errors.

Scientific novelty is to obtain more accurate cloud fluctuation data using the selected method; and using the developed mathematical model to predict the density of cloud cover anywhere in the world. So, the developed algorithm makes it possible to analyze and predict periodic fluctuations in the level of cloudiness depending on the month (season).

The practical significance of the developed algorithm lies in its use in software that will help to obtain more accurate calculation of solar radiation power prediction, taking into account cloud fluctuations for possible use in industries where solar insolation data is required.

Keywords: *algorithm, error, graph, map, insolation, approximation, climate, cloud cover.*

REFERENCES:

1. Cloud Fraction. *NASA Earth Observatory*: веб сайт. URL: <https://earthobservatory.nasa.gov> (дата звернення: 23.01.2020).
2. Cloud Fraction. *NASA Earth Observations*: веб сайт. URL: <https://neo.sci.gsfc.nasa.gov> (дата звернення: 23.01.2020).
3. Hu C., White, R. M. *Solar Cells: From Basic to Advanced Systems*. New York: McGraw-Hill, 1983. 23 с.
4. Ma, Z., Liu, Q., Zhao, C., Shen, X., Wang, Y., Jiang, J. H., ... Yung, Y. (2018). Application and Evaluation of an Explicit Prognostic Cloud-Cover Scheme in GRAPES Global Forecast System. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 10(3), 652–667. doi: 10.1002/2017ms001234
5. Mishra, A. K. (2018). Investigating changes in cloud cover using the long-term record of precipitation extremes. *Meteorological Applications*, 26(1), 108–116. doi: 10.1002/met.1745
6. Pepe, D., Bianchini, G., & Vicino, A. (2017). Model estimation for solar generation forecasting using cloud cover data. *Solar Energy*, 157, 1032–1046. doi: 10.1016/j.solener.2017.08.086

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ДИНАМІЧНИХ ЯДЕР МОДЕЛІ СУДНА ПРИ ВИКОНАННІ ОПЕРАЦІЙ З ВЕЛИКОВАГОВИМИ НЕГАБАРИТНИМИ ВАНТАЖАМИ

УДК 681.5

DOI: <https://doi.org/10.35546/2313-0687.2019.25.86-95>**Соловей О.С.,**

старший викладач кафедри управління судном, Херсонська державна морська академія, м. Херсон, Україна; e-mail: oleksandr_79@ukr.net.
ORCID ID: 0000-0002-2605-6788.

Анотація. Мета статті полягає у висвітленні створення нових математичних моделей керування процесами суднових вантажних операцій з великоваговими негабаритними вантажами (ВВНВ) за рахунок удосконалення існуючих моделей системи судно-вантаж, розробки та використання нових структурно-орієнтованих методів оптимального управління процесами завантаження ВВНВ. Методи дослідження. Основою досліджень є теорія оптимального управління, математичне моделювання, методи ідентифікації в просторі станів. Основні результати дослідження. Розроблені моделі динамічних ядер судна дозволяють побудувати інтегровану модель судна, обладнаного кранами, в режимі роботи з ВВНВ. Інтегрування і декомпозиція моделі на динамічні ядра і рівняння зв'язку дозволяє отримати структурно простий алгоритм моделювання, що, в свою чергу, дозволяє реалізувати алгоритми оптимального керування, які забезпечують підвищення ефективності операцій з ВВНВ. Застосування запропонованих моделей дозволить скоротити час на виконання вантажних операцій з ВВНВ та підвищити їх безпечність, і, таким чином, поліпшити економічні показники виконання рейсів суднами типу Heavy Lift. Наукова новизна. Запропонований і обґрунтований новий метод виконання вантажних операцій з ВВНВ, заснований на застосуванні моделі динамічних ядер судна. Ґрунтуючись на принципах Гамільтона і методів простору станів, визначено що лінійна модель динамічного об'єкту описується в просторі станів системою диференціальних рівнянь другого порядку. Доведено, що при здійсненні вантажних операцій з ВВНВ виділення динамічного ядра в моделі судна дозволяє визначити допустимі швидкості зміни навантажень, які не викликають виникнення небезпечних коливань судна. Показано, що при роботі із ВВНВ необхідно розділяти траєкторії на прості рухи, що знижує перевантаження у системі судно-вантаж. Удосконалено метод оптимального керування вантажними операціями з обмеженнями по межах остійності судна, що дозволяє розглядати алгоритм управління системою «судно-кран-вантаж» при операціях із ВВНВ, як оптимізаційну задачу з обмеженнями типу нерівності. Практична значимість. Результати досліджень дозволяють розробити удосконалені алгоритми виконання вантажних операцій із ВВНВ суднами типу Heavy Lift. Впровадження

отриманих теоретичних напрацювань щодо вдосконалення управління вантажними операціями з ВВНВ дозволяє істотно підвищувати ефективність та безпечність виконання таких операцій.

Ключові слова: великовагові вантажі, вантажні операції, судно Heavy Lift, динамічне ядро, моделювання завантаження судна.

Вступ. Незважаючи на кризові явища в економіці обсяги морських перевезень продовжують зростати. Особливо помітним є зростання перевезень генеральних (проектних) вантажів для потреб енергетичної промисловості, офшорної індустрії, значну частину з яких складають важкі негабаритні вантажі. В умовах, коли необхідно забезпечити максимально повне завантаження судна, економічні міркування змушують вводити в експлуатацію все більш великі судна, обладнані власними кранами вантажопідйомністю до 1000 тонн.

Морські та річкові перевезення важких негабаритних вантажів на сьогоднішній день вкрай затребувані необхідністю перевезень спеціальної, будівельної, сільськогосподарської та іншої техніки, великих цистерн, промислового обладнання для нафтової і газової промисловості, вітро- та гідроенергетики. Для перевезення вантажів такого типу активно створюються спеціалізовані судна типу Heavy Lift. Найбільш відповідальними, складними і аварійно небезпечними етапами перевезення важких негабаритних вантажів є етапи їх навантаження і вивантаження на судно. За даними літературних джерел [1–5] значна кількість аварійних випадків відбувається саме на цих етапах, що обумовлено необхідністю одноразового контролю і управління значною кількістю параметрів, що впливають на остійність судна.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Згідно проведеного аналізу, за даними найбільших судноплавних компаній – світових лідерів на ринку морських перевезень важких негабаритних вантажів (Jumbo Shipping, BigLift Shipping, Spliethoff, Hansa Heavy Lift, BBC Chartering, Intermarine, SAL, Harren & Partner), основний сегмент їх флоту становлять судна-вагозови дедвейтом до 20 000 т, обладнані двома важкими судновими кранами SWL від 120 т до 450 т. На частку цих суден, що перевозять важкі негабаритні вантажі, припадає близько 70% від загальної кількості таких суден.

Вирішенню проблеми забезпечення безпеки вантажних операцій на судах Heavy Lift присвячена значна

кількість теоретичних і практичних розробок [2–7], з аналізу яких випливає, що підвищення безпеки вантажних операцій на судах типу Heavy Lift може бути забезпечено у разі наявності комплексних програмних засобів управління навантаженням/ вивантаженням судна.

На поточний момент часу інтенсивно розвивається розробка відповідних програмних продуктів, найбільш функціональними з яких є наступні:

– вантажна комп'ютерна програма COLOS (Computer–Loading–System), виробник – Datentechnik Rostock GmbH, Німеччина. Даний програмний комплекс створений для попереднього опрацювання вантажних операцій на універсальних судах з різними типами вантажів: спеціальні (проектні) вантажі, контейнери, насипні вантажі. Програма має прив'язку до кожного конкретного судна [4];

– Seacos MACS3 Loading Computer System, виробник INTERSCHALT maritime systems AG, Німеччина. Цифрова комп'ютерна автоматизована система для транспортних суден складається з комп'ютера і багатофункціонального програмного комплексу–тренажеру для вантажних робіт, який дозволяє просто і швидко визначити основні параметри і значення для будь-яких умов завантаження. Програмний комплекс виконує розрахунок остійності і міцності судна, відображає в графічному і цифровому вигляді результати для основних параметрів навантаження [6];

– LOCOPIAS – комп'ютерна програма для відпрацювання судових вантажних робіт, виробник SARC BV, Нідерланди. Дана програма використовується для отримання оптимального варіанта навантаження судна з урахуванням меж значень для міцності, остійності, осадки судна. Програма може бути використана для будь-якого типу судна. У комерційному варіанті поставляється в прив'язці до конкретного судна [7].

Слід зазначити, що загальним недоліком існуючих програмних засобів є те, що вони вирішують тільки пряму задачу: по заданому навантаженню проводиться

оцінка параметрів морехідності судна. Разом з тим, теоретичні розробки та сучасні комп'ютерні технології дозволяють застосовувати програмне забезпечення, що здатне по заданим припустимим параметрам осідання, остійності та загальної поздовжньої міцності, а також відповідно до пред'явлених вимог що до перевезення вантажу знаходити оптимальний (або прийнятний) варіант завантаження. Крім того існуючі програмні засоби, як правило, прив'язані до конкретного судна. У зв'язку з цим представляється необхідним орієнтуватися на певні класи суден, сформовані за кількома параметрами (дедвейт, кількість і вантажопідйомність суднових кранів).

Таким чином, підвищення ефективності технологій вантажних операцій з великогазовими негабаритними вантажами (ВВНВ) шляхом застосування засобів автоматизації управління, стає важливим народногосподарським завданням.

Вирішення зазначеного завдання потребує створення нових універсальних математичних моделей управління вантажними операціями з ВВНВ які є можуть бути застосовані для переважної більшості суден типу Heavy Lift [8].

Постановка задачі дослідження. Метою дослідження є створення нових математичних моделей управління процесами керування судновими вантажними операціями з ВВНВ за рахунок удосконалення існуючих моделей системи судно–вантаж, розробки та використання нових структурно–орієнтованих методів оптимального керування процесами завантаження ВВНВ.

Таким чином, об'єктна область завдання визначається технологією вантажних операцій з ВВНВ. З огляду на можливий вплив при русі і транспортуванні вантажів, необхідно враховувати динамічні властивості системи судно–вантаж. Особливої уваги потребує вплив обурень при операціях вантаження, так як в цей час судно не в змозі маневрувати, а значна вага вантажу може викликати втрату остійності.

Розв'язання задачі. Однією з особливостей процесу завантаження ВВНВ є ретельний розрахунок процесів переміщення вантажу.

При підготовці до проведення вантажної операції розраховується вихідна метацентрична висота h [9]:

$$h = \frac{\alpha B \ddot{\phi}}{c t \varnothing} \quad (1)$$

де: c – постійна, яка для морських транспортних суден знаходиться у діапазоні $[0,7, 0,85]$; t – період власних коливань судна; B – ширина судна, м.

Знаючи вихідну метацентричну висоту судна і використовуючи схему навантаження (рис. 1) можна розраховувати очікувані кути крену при виконанні операцій з вантажем.

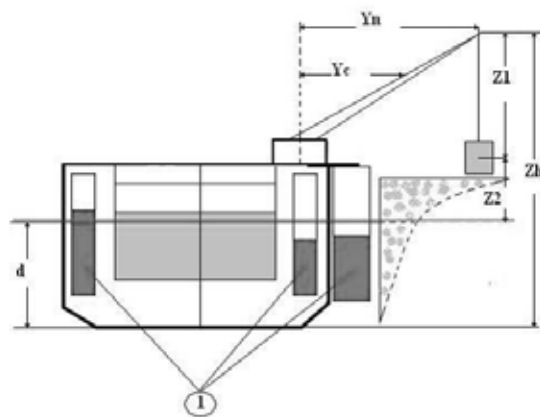


Рис 1. Розрахункова схема вантажної операції.

d – осадка судна; Y_n – максимальний виліт стріли; Y_c – координати центру тяжіння стріли; Z_1 – довжина вантажного шкентеля; Z_h – висота ноку стріли.

Величина початкового крену q , що виникає при підйомі вантажу з використанням суднових кранів, згідно [6,9], може бути визначена з використанням співвідношення:

$$\operatorname{tg} q = \frac{m \times Y_n}{D \times h_1} \quad (2)$$

де: m – маса вантажу, що піднімається, т; D – водотоннажність судна, т; Y_n – відстань центру тяжіння вантажу від діаметральної площини судна, м; h_1 – нове значення метацентричної висоти судна в момент підйому вантажу, м.

При цьому:

$$h_1 = h + \Delta h = h + \frac{\alpha m \ddot{\phi}}{c \varnothing} \times L \quad (3)$$

де: h – початкова метацентрична висота судна до підйому вантажу своїми кранами або стрілами; L – довжина шкентеля суднового крана або суднової вантажної стріли.

Визначення максимальних кутів крену, які може отримати судно при вантаженні своїми кранами або стрілами здійснюється за наступною послідовністю розрахунків:

1. Визначається кількість (n) суднових кранів (суднових стріл), які будуть здійснювати вантаження судна одночасно.

2. Визначається по осі Z положення нока (верхньої частини) стріли або крана, який братиме участь у вантаженні судна Z_n .

3. Визначається по осі Y положення нока (максимальний виліт) стріли або крана, який братиме участь у завантаженні судна, координата центру тяжіння самої стріли при даному вильоті.

4. Визначається нове значення метацентричної висоти (h_1) в тому випадку, якщо всі крани, які беруть участь у вантаженні одночасно почнуть піднімати вантаж з причалу (найгірший можливий варіант)

$$h_1 = h + \Delta h = h + \frac{\dot{a} m}{(D + \dot{a} m)} \left(d + \frac{dt}{2} - Z_n - h \right) \quad (4)$$

де: $\dot{a} m$ – сумарна маса вантажів, яка одночасно піднімається судновими кранами; D – водотоннажність судна, т; d – середня осадка судна, м; Z_n – координата по осі Z нока суднового крана (рис. 1), м; h – початкова метацентрична висота, м.

$$\Delta h = \frac{\dot{a} m}{r \times S} \quad (5)$$

де r – щільність води, т/м³; S – площа діючої ватерлінії, м².

5. Визначається максимальний кут крену, який може отримати судно в тому випадку, якщо всі крани, які беруть участь у вантаженні одночасно почнуть піднімати вантаж з причалу:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\dot{a} (m \times Y_n) + \dot{a} (m_c \times Y_c)}{(D + \dot{a} m) \times h_1} \quad (6)$$

де m_c – маса стріли крану.

Таким чином, виконуючи розрахунки критичних кутів можливо уникнути ризику при вантаженні. Однак ризик розгойдування вантажу, що має величезну інерцію, настільки великий, що рухи при вантаженні виконуються вкрай обережно і повільно. Природно при цьому різко зростають витрати на оплату порту, що викликає необхідність пошуку методів підвищення ефективності вантажних операцій з ВВНВ.

З огляду на особливості умов операції завантаження ВВНВ модель судна повинна описувати поведінку судна при малих переміщеннях і кутових обуреннях [8], тому для побудови математичної моделі, що пропонується, виходимо з принципу Гамільтона [10].

Для стаціонарної динамічної системи з кінцевим числом ступенів свободи x_1, \dots, x_k , що має запас кінетичної енергії T , її рух може бути описаний системою диференціальних рівнянь Лагранжа [10]. Рівняння Лагранжа пов'язані з варіаційним принципом Гамільтона. Принцип Гамільтона стверджує, що «будь-яка динамічна система, яка перебуває під впливом консервативних сил, рухається таким чином, щоб мінімізувати середнє значення за часом різниці між кінетичною $T(x, \dot{x})$ і потенційною $V(x)$ енергіями». Отже можна записати, що варіація різниці енергій для консервативної системи постійна і дорівнює нулю:

$$\int_{t_0}^{t_1} \delta (T(x, \dot{x}) - V(x)) dt = 0 \quad (7)$$

Умовою виконання (7) є рівняння Лагранжа-Ейлера:

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{x}} - \frac{\partial T}{\partial x} = - \frac{\partial V}{\partial x} \quad (8)$$

На судно, що завантажується ВВНВ діють сили в'язкого тертя і має місце розсіювання енергії [3]. Дисипативні сили або сили в'язкого тертя Q_R , пропорційні швидкості, можуть бути визначені через функцію розсіювання енергії R :

$$Q_R = - \frac{\partial R}{\partial \dot{x}} \quad (9)$$

У загальному випадку, коли в системі діють узагальнені сили Q_v , що мають потенціал V , узагальнені дисипативні сили Q_R і зовнішні сили $f(t)$, рівняння руху (8), з урахуванням (9), приймають вигляд:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}} \right) - \frac{\partial T}{\partial x} = - \frac{\partial V}{\partial x} - \frac{\partial R}{\partial \dot{x}} + f(t) \quad (10)$$

Так як дисипативні сили пов'язані з судном, в рівнянні (10) ця компонента повинна бути віднесена до моделі системи судно-вантаж, чим усувається парадокс вільного руху, коли при вільному русі судно продовжує рухатися без зупинки:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}} \right) + \frac{\partial R}{\partial \dot{x}} - \frac{\partial T}{\partial x} = - \frac{\partial V}{\partial x} + f(t). \quad (11)$$

Рівняння (11) є рівнянням в приватних похідних другого порядку і описує поведінку інтегрованих динамічних систем.

Після лінеаризації в області малих обурень, що виправдано в завданні виконання вантажних операцій, рівняння (11) з урахуванням маси M набирає вигляду

$$M \begin{pmatrix} \ddot{x} \\ \ddot{y} \\ \ddot{z} \end{pmatrix} + A \begin{pmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{z} \end{pmatrix} + B \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = u + g. \quad (16)$$

Матриця дисипації в (16) може бути розділена на матрицю власних дисипацій A_0 і матрицю взаємних дисипацій A_1 :

$$A_0 = \begin{pmatrix} a_{11} & 0 & 0 \\ 0 & a_{22} & 0 \\ 0 & 0 & a_{33} \end{pmatrix}, \quad A_1 = \begin{pmatrix} 0 & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & 0 & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & 0 \end{pmatrix} \quad (17)$$

$$M\ddot{x} + R\dot{x} - Tx = - \frac{\partial V}{\partial x} + f(t). \quad (12)$$

Шляхом помноження (12) на зворотну матрицю мас M^{-1} отримуємо лінійну форму рівняння руху:

$$\ddot{x} + M^{-1}R\dot{x} - M^{-1}Tx = - M^{-1} \frac{\partial V}{\partial x} + M^{-1}f(t). \quad (13)$$

Позначивши в (13) матрицю дисипації $M^{-1}R$ як A , а матрицю $M^{-1}T$ через B отримуємо:

$$\ddot{x} + Ax + Bx = - M^{-1} \frac{\partial V}{\partial x} + M^{-1}f(t). \quad (14)$$

Виділивши в правій частині вектор управління u з боку керуючих впливів і вектор обурення g з боку зовнішніх сил і зміни потенційної енергії судна, з (14) можемо записати загальний вигляд лінійної моделі динаміки судна, або його динамічного ядра:

$$\ddot{x} + Ax + Bx = u + g. \quad (15)$$

У розгорнутому вигляді (15) з вектором стану $x = (x, y, z)$ математична модель динамічного ядра судна має вигляд:

Аналогічно в разі виконання принципу роздільних рухів в (16) можна розділити матрицю B на матрицю власних і взаємних рухів:

$$B_0 = \begin{pmatrix} b_{11} & 0 & 0 \\ 0 & b_{22} & 0 \\ 0 & 0 & b_{33} \end{pmatrix}, \quad B_1 = \begin{pmatrix} 0 & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & 0 & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & 0 \end{pmatrix} \quad (18)$$

Отже лінійне динамічне ядро моделі судна (16), при виконанні принципу роздільних рухів, має вигляд:

$$\begin{pmatrix} \ddot{x} \\ \ddot{y} \\ \ddot{z} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a_{11} & 0 & 0 \\ 0 & a_{22} & 0 \\ 0 & 0 & a_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{z} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} b_{11} & 0 & 0 \\ 0 & b_{22} & 0 \\ 0 & 0 & b_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} g_x \\ g_y \\ g_z \end{pmatrix} \quad (19)$$

При малих рухах лінійне динамічне ядро моделі судна (19) розпадається на три процеси:

$$\begin{aligned}
 \ddot{x} + a_{11}\dot{x} + b_{11}x &= u_x + g_x \\
 \ddot{y} + a_{22}\dot{y} + b_{22}y &= u_y + g_y \\
 \ddot{z} + a_{33}\dot{z} + b_{33}z &= u_z + g_z
 \end{aligned} \quad (20)$$

При цьому необхідно враховувати, що рівняння (20) простіше для розв'язання задачі ідентифікації моделі, а права частина розрахункова і не вимагає ідентифікації.

Отримана математична модель (2) описує рух матеріальної точки і для опису руху судна необхідно врахувати число ступенів свободи і судову систему координат з узагальненим вектором стану $gT = (h_1, h_2, h_3, f, y, c, \psi, \chi)$.

При цьому також необхідно врахувати, що компоненти моделі, що пов'язані з координатами η_1, η_2, η_3 і χ є астатичними. Отже стосовно конкретного режиму модель динамічного ядра судна приймає вигляд:

$$\begin{aligned}
 \ddot{h}_1 + a_{11}\dot{h}_1 + b_{11}h_1 &= u_{h_1} + g_{h_1} \\
 \ddot{h}_2 + a_{22}\dot{h}_2 + b_{22}h_2 &= u_{h_2} + g_{h_2} \\
 \ddot{h}_3 + a_{33}\dot{h}_3 + b_{33}h_3 &= u_{h_3} + g_{h_3} \\
 \ddot{f} + a_{44}\dot{f} + b_{44}f &= u_f + g_f \\
 \ddot{y} + a_{55}\dot{y} + b_{55}y &= u_y + g_y \\
 \ddot{c} + a_{66}\dot{c} &= u_c + g_c
 \end{aligned} \quad (21)$$

У розгорнутому вигляді лінеаризована модель (20) має вигляд:

$$\begin{pmatrix} \ddot{h}_1 \\ \ddot{h}_2 \\ \ddot{h}_3 \\ \ddot{f} \\ \ddot{y} \\ \ddot{c} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a_{11} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & a_{22} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & a_{33} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & a_{44} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & a_{55} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & a_{66} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dot{h}_1 \\ \dot{h}_2 \\ \dot{h}_3 \\ \dot{f} \\ \dot{y} \\ \dot{c} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} b_{11} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & b_{22} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & b_{33} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & b_{44} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & b_{55} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} h_1 \\ h_2 \\ h_3 \\ f \\ y \\ c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} g_{h_1} \\ g_{h_2} \\ g_{h_3} \\ g_f \\ g_y \\ g_c \end{pmatrix} \quad (22)$$

В системі рівнянь моделі динамічного ядра (22) права частина записана у вигляді двох векторів: u – вектор управління і g – вектор сил, що збуджують.

Так, якщо в моделі в правій частині знаходяться всі сили, що діють на судно, ми можемо записати:

$$M_s \ddot{q} + b = F, \quad (23)$$

де: M_s – матриця ваги; q – вектор стану; b – вектор гіроскопічного моменту.

У правій стороні вектор узагальнених сил F представлений сумою вектора тягового навантаження FT , вектора ваги судна FG , вектора гідростатичних і гідродинамічних сил Fw і сили опору FF , обумовленою в'язкістю і вихорами. Отже в правій частині рівняння управління має вигляд:

$$F = FT + FG + Fw + FF \quad (24)$$

При вирішенні задачі ідентифікації для обурення стану судна по кутах суднової системи координат необхідно докласти момент, що визначається координатами точки обурення (x_0, y_0, z_0) . В цьому випадку кути ризику, кільової і бортової хитавиці судна визначаються наступним чином:

$$\begin{aligned} f &= \arcsin \frac{z}{\sqrt{y_0^2 + z_0^2}} \\ c &= \arcsin \frac{y}{\sqrt{x_0^2 + y_0^2}} \\ y &= \arcsin \frac{x}{\sqrt{x_0^2 + z_0^2}} \end{aligned} \quad (25)$$

Таким чином можемо перейти до суднової системи координат, з огляду на те, що дана модель справедлива при малих еволюціях судна (в режимі навантаження ВВНВ).

Перехід до нерухомої системи координат виконується стандартним чином [10], $x=L\eta$, або в розгорнутому вигляді перехід виконується з використанням матриці повороту:

$$\begin{pmatrix} e^x \\ e^y \\ e^z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos f \cos c & \sin y \sin f - \cos y \sin c \cos f & \cos y \sin c \sin f + \sin y \cos f \\ \sin c & \cos c \cos f & -\cos c \sin f \\ -\sin y \cos c & \sin y \sin c \cos f + \cos y \sin f & \cos y \sin f - \sin y \sin c \sin f \end{pmatrix} \begin{pmatrix} e^{\eta_1} \\ e^{\eta_2} \\ e^{\eta_3} \end{pmatrix} \quad (26)$$

Таким чином, динамічне ядро моделі судна з малими переміщеннями в спокійній воді (22) відповідає умовам вантаження і описує власні рухи судна.

На основі розробленої математичної моделі побудована модель в середовищі SIMULINK, структура якої

наведена на рис. 2. Динамічне ядро моделі представлено лінійними динамічними системами за координатами. На рис. 2 показано, як спостерігаються процеси і типові результати моделювання.

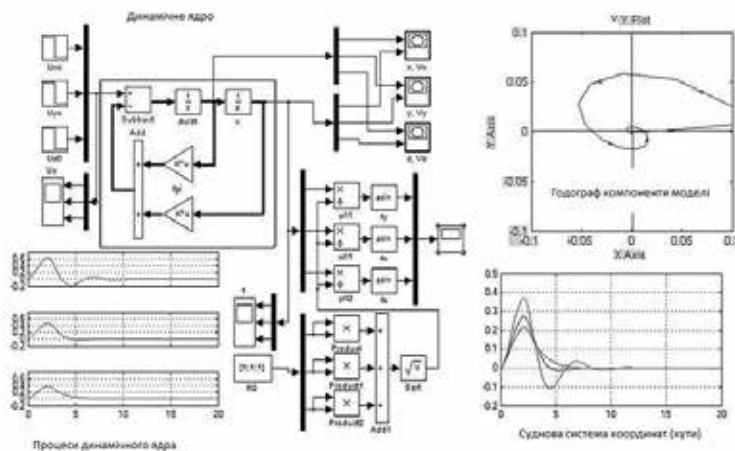


Рисунок – 2. Моделювання динамічного ядра моделі судна при завантаженні

Таким чином, виділення динамічного ядра в моделі судна дозволяє визначити допустимі швидкості зміни навантажень, які не викликають виникнення небезпечних коливань судна.

Висновки. Ґрунтуючись на проведених дослідженнях можна зробити наступні висновки:

- побудована лінеаризована математична модель судна на основі опису судна як об'єкта з дисипацією;
- встановлено, що лінеаризація моделі дозволяє представити модель судно–вантаж як динамічні компоненти: динамічні ядра і рівняння зв'язку;
- проведено опис вимоги безпеки виконання операцій з боку остійності судна рівняннями зв'язку і обмеження;
- лінеаризація моделі дозволяє представити модель судно–вантаж як динамічні компоненти – ядра і рівняння зв'язку;

– параметри моделі можуть змінюватися в процесі операцій з ВВНВ, що вимагає поточних вимірювань і ідентифікації моделі.

Таким чином, розроблені моделі динамічних ядер дозволяють побудувати інтегровану модель судна, обладнаного кранами, в режимі роботи з ВВНВ.

Інтегрування і декомпозиція моделі на динамічні ядра і рівняння зв'язку дозволяє отримати структурно простий алгоритм моделювання, що дозволяє реалізувати алгоритми оптимального управління, які забезпечують підвищення ефективності операцій з ВВНВ.

Застосування запропонованих моделей дозволить скоротити час на виконання вантажних операцій з ВВНВ та підвищити їх безпечність, і, таким чином, поліпшити економічні показники виконання рейсів суднами типу Heavy Lift.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Вагущенко Л.Л., Вагущенко А.Л., Заичко С.И. Бортовые автоматизированные системы контроля мореходности. – Одесса, ФЕНИКС, 2005. – 272 с.
2. Соловей А.С. Пути повышения безопасности грузовых операций с тяжелыми и негабаритными грузами на специализированных судах / А.С. Соловей // Науковий вісник ХДМА. – 2013. – №2 (9). – С. 244–248.
3. Бень А.П. Усовершенствование методов контроля подъемного угла (hoisting angle) во время проведения грузовых операций с тяжелыми и негабаритными грузами на специализированных судах / Бень А.П., Соловей А.С. // Науковий вісник Херсонської державної морської академії № 1 (10), 2014, С.262–266.
4. User Manual for the loading computer COLOS (Computer–Loading–System)., 2014
5. Loading Computer System seacos MACS3 Version NET 1.1 Crane Operation Module Manual / INTERSCHALT maritime systems AG – Wilhelmstrasse 7–9 – 24937 Flensburg., 2015.
6. Ершов А.А. Контроль остойчивости и посадки судна при погрузке и выгрузке. – Санкт–Петербург, Издательство ГМА им. адм. С. О. Макарова, 2002. –60 с.
7. Scopias loading computer software manual / sarc bv Eikenlaan 3, 1406 PK Bussum, The Netherlands, 2016.
8. Соловей А.С. Системи підтримки прийняття рішень для управління завантаженням суден типу «Heavy Lift» / А.П. Бень, А.С. Соловей // Штучний інтелект та інтелектуальні системи (AIS' –2015): Матеріали міжнародної науково–практичної конференції, 21–26 вересня 2015 р., м. Бердянськ.
9. Чижимов, С. Д. Основы динамики судов на волнении: учеб. пособие / С. Д. Чижимов. – Комсомольск–на–Амуре : ГОУВПО «КНАГТУ», 2010. – 110 с.
10. Справочник по теории автоматического управления. Под. ред. А.А. Красовского. — М.: Наука. Гл. ред. физ.–мат. лит., 1987. – 712 с.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ЯДЕР МОДЕЛИ СУДНА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ОПЕРАЦИЙ С ТЯЖЕЛОВЕСНЫМИ НЕГАБАРИТНЫМИ ГРУЗАМИ**Соловей А.С.,**

старший преподаватель кафедры управления судном, Херсонская государственная морская академия, м. Херсон, Украина;
e-mail: oleksandr_79@ukr.net. ORCID ID: 0000-0002-2605-6788.

Аннотация. Цель статьи заключается в освещении создания новых математических моделей управления процессами судовых грузовых операций с тяжеловесными негабаритными грузами (ТВНГ) за счет усовершенствования существующих моделей системы судно-груз, разработки и использования новых структурно-ориентированных методов оптимального управления процессами загрузки ТВНГ. Методы исследования. Основой исследований является оптимальное управление, математическое моделирование, методы идентификации в пространстве состояний. Основные результаты исследования. Разработанные модели динамических ядер судна позволяют построить интегрированную модель судна, оборудованного кранами, в режиме работы с ТВНГ. Интегрирование и декомпозиция модели на динамические ядра и уравнения связи позволяет получить структурно простой алгоритм моделирования, что, в свою очередь, позволяет реализовать алгоритмы оптимального управления, обеспечивающих повышение эффективности операций с ТВНГ. Применение предлагаемых моделей позволит сократить время на выполнение грузовых операций с ТВНГ и повысить их безопасность, и, таким образом, улучшить экономические показатели выполнения рейсов судами типа Heavy Lift. Научная новизна. Предложенный и обоснованный новый метод выполнения грузовых операций с ТВНГ, основанный на применении модели динамических ядер судна. Основываясь на принципах Гамильтона и методов пространства состояний, определено, что линейная модель динамического объекта описывается в пространстве состояний системой дифференциальных уравнений второго порядка. Доказано, что при осуществлении грузовых операций с ТВНГ выделение динамического ядра в модели судна позволяет определять допустимые скорости изменения нагрузок, которые не вызывают возникновения опасных колебаний судна. Показано, что при работе с ТВНГ необходимо разделять траектории на простые движения, таким образом, снижаются перегрузки в системе судно-груз. Усовершенствован метод оптимального управления грузовыми операциями с ограничениями по границам устойчивости судна, что позволяет рассматривать алгоритм управления системой «судно-кран-груз» при операциях с ТВНГ, как оптимизационные задачи с ограничениями типа неравенства. Практическая значимость. Результаты исследований позволяют разработать усовершенствованные алгоритмы выполнения грузовых операций с ТВНГ судами типа Heavy Lift. Внедрение полученных теоретических разработок по совершенствованию управления грузовыми операциями с ТВНГ позволяет существенно повысить эффективность и безопасность выполнения таких операций.

Ключевые слова: *тяжеловесные грузы, грузовые операции, судно Heavy Lift, динамическое ядро, моделирование загрузки судна.*

DYNAMIC CORE IDENTIFICATION OF VESSEL'S MODEL DURING PERFORMING HEAVY LIFT OPERATIONS

Solovey O.,

Head teacher of Ship handling department, Kherson State Maritime Academy, Kherson, Ukraine; e-mail: oleksandr_79@ukr.net.
ORCID ID: 0000-0002-2605-6788.

Abstract. The objective of the article is to cover a developing of new mathematical models for controlling vessel cargo operation processes with Heavy Lift oversized cargo (HLOC) by improving existing vessel-cargo system models, building and using new structure-oriented methods for optimal control of HLOC loading processes. Research methods. The basis of research is optimal control, mathematical modeling, and identification methods in the state-space representation. The main research results. The developed models of the dynamic nucleus of the vessel make it possible to build an integrated model of the vessel equipped with cranes in HLOC operation mode. Integration and decomposition of the model into dynamic nucleus and connection equations allow obtaining a structurally simple modeling algorithm, which, in its turn, allows implementing optimal control algorithms that provide increasing the efficiency of HLOC operations. The appliance of the proposed models will reduce the time being taken to carry out HLOC operations and increase their safety. Thus, it will improve economic performance of voyages with Heavy Lift vessels. Scientific novelty. The proposed and well-grounded new method for performing HLOC operations is based on the appliance of dynamic nucleus' model of a vessel. Based on the principles of Hamilton and state space methods, it is determined that the linear model of a dynamic object is described in the state space by a system of second-order differential equations. It is proved that while performing HLOC operations, the separation of a dynamic nucleus in the vessel model allows determining the permissible velocity changes of loads that do not cause dangerous vessel oscillations. Necessity of dividing the trajectories into simple movements during a work with HLOC is shown. Thus, overloads in the vessel-cargo system are reduced. The optimal control method of cargo operations with restrictions on the limits of vessel stability has been improved. It allows to consider the control algorithm of the "vessel-crane-cargo" system during HLOC operations as optimization problems with inequality-type restrictions. Practical significance. The research results allow developing advanced algorithms for performing HLOC operations on Heavy Lift vessels. The implementation of the theoretical findings on improving of vessel operations control with HLOC can significantly improve the efficiency and safety of such operations.

Key words: *Heavy Lift cargoes, cargo operations, Heavy Lift vessel, dynamic nucleus, modeling of vessel loading*

REFERENCES:

1. Вагущенко Л.Л., Вагущенко А.Л., Заичко С.И. Бортовые автоматизированные системы контроля мореходности. – Одесса, ФЕНИКС, 2005. – 272 с.
2. Соловей А.С. Пути повышения безопасности грузовых операций с тяжелыми и негабаритными грузами на специализированных судах / А.С. Соловей // Науковий вісник ХДМА. – 2013. – №2 (9). – С. 244–248.
3. Бень А.П. Усовершенствование методов контроля подъемного угла (hoisting angle) во время проведения грузовых операций с тяжелыми и негабаритными грузами на специализированных судах / Бень А.П., Соловей А.С. // Науковий вісник Херсонської державної морської академії № 1 (10), 2014, С.262–266.
4. User Manual for the loading computer COLOS (Computer–Loading–System), 2014
5. Loading Computer System seacos MACS3 Version NET 1.1 Crane Operation Module Manual / INTERSCHALT maritime systems AG – Wilhelmstrasse 7–9 – 24937 Flensburg., 2015.
6. Ершов А.А. Контроль остойчивости и посадки судна при погрузке и выгрузке. – Санкт–Петербург, Издательство ГМА им. адм. С. О. Макарова, 2002. –60 с.
7. Osopias loading computer software manual / sarc bv Eikenlaan 3, 1406 PK Bussum, The Netherlands, 2016.
8. Соловей А.С. Системи підтримки прийняття рішень для управління завантаженням суден типу «Heavy Lift» / А.П. Бень, А.С. Соловей // Штучний інтелект та інтелектуальні системи (AIIS` –2015): Матеріали міжнародної науково–практичної конференції, 21–26 вересня 2015 р., м. Бердянськ.
9. Чижимов, С. Д. Основы динамики судов на волнении: учеб. пособие / С. Д. Чижимов. – Комсомольск–на–Амуре : ГОУВПО «КНАГТУ», 2010. – 110 с.
10. Справочник по теории автоматического управления. Под. ред. А.А. Красовского. — М.: Наука. Гл. ред. физ.–мат. лит., 1987. – 712 с.

МЕТОД ФОРМУВАННЯ СУБОПТИМАЛЬНОГО ВАНТАЖНОГО ПЛАНУ КОНТЕЙНЕРОВОЗУ

УДК 681.5

DOI: <https://doi.org/10.35546/2313-0687.2019.25.96-105>**Федоров Антон Ігоревич,**аспірант кафедри судноводіння та електронних навігаційних систем Херсонської державної морської академії,
e-mail: mr.fedorov.anton@mail.ru ORCID ID: 0000-0002-6064-7848.

Анотація. Головною ідеєю наукового дослідження є вивчення особливостей процесу завантаження-вивантаження контейнеровоза під час виконання ним мультипортових рейсів (послідовних заходів до кількох портів під час виконання одного рейсу). При цьому виникає проблема «шифтинга», тобто необхідності переміщення одних контейнерів на борту судна з метою розміщення інших. Пропонований метод розміщення контейнерів дозволяє скоротити час знаходження судна в порту за рахунок зменшення кількості операцій «шифтинга», що позитивно впливає на економічні показники виконання рейсу контейнеровозом. Метою дослідження є розробка математичної моделі завантаження судна-контейнеровозу, що забезпечує зменшення впливу «шифтинга» контейнерів та зменшує витрати часу на формування вантажного плану судна. Методи дослідження. Основою досліджень є теорія оптимального управління, математичне моделювання, евристичні методи. Основні результати дослідження. Визначено ключові напрямки досліджень в галузі автоматизації формування вантажних планів контейнеровозів. Показано, що створення автоматизованої системи управління вантажними операціями контейнеровозів (АСУВОК) дозволить одночасно вирішувати комплекс задач з управління вантажними операціями, що забезпечує скорочення часу, необхідного для їх виконання, та підвищує економічну ефективність рейсу судна. Особливо ефективним застосування пропонованого підходу є в мультипортових перевезеннях, які здійснюються контейнеровозами з невеликою кількістю контейнерів (фідерні перевезення). Наукова новизна. Розроблено математичну модель завантаження контейнеровоза на основі комбінації методів гілок і меж та пошуку із заборонами, що дозволяє одночасно враховувати мультипортовість виконання рейсу судна та технологічні обмеження формування вантажного плану обумовлені особливостями їх розміщення на судні. Практична значимість. Результати досліджень дозволяють розробити удосконалені алгоритми виконання вантажних операцій контейнеровозів. В прикладному плані дана робота спрямована на створення програмного продукту, застосування якого дозволить вирішити важливе науково-прикладне завдання в галузі застосування інформаційних технологій в судноводінні – підвищення ефективності та безпечності контейнерних перевезень за рахунок впровадження АСУВОК.

Ключові слова: вантажний план контейнеровозу, мультипортові перевезення, метод гілок і меж, метод пошуку із заборонами, автоматизована система управління вантажними операціями контейнеровозу.

Вступ. Контейнерні перевезення – економічний і надійний спосіб транспортування великих партій товарів. Перевезення вантажу у контейнерах має ряд переваг, головна з яких – відсутність перевантажень товару при зміні транспортного засобу. Завдяки цьому досягається значна економія коштів при можливості гнучкого і ефективного поєднання різних видів транспорту в процесі доставки вантажу. До переваг морських контейнерних перевезень також можна віднести низьку, в порівнянні з більшістю інших видів транспорту, собівартість перевезень, велику вантажопідйомність морських суден, що дозволяє перевозити значні партії вантажу а також практично необмежену пропускну здатність морських шляхів [1].

Контейнерні перевезення, що здійснюються морським транспортом відрізняються високим рівнем безпеки оскільки сучасні контейнери мають міцну конструкцію і достатню герметичність [2]. Проте, розвантаження і завантаження контейнерів – складна операція, що вимагає використання спеціальної техніки, кваліфікованих операторів і застосування спеціалізованих пограмних засобів.

При плануванні контейнерних перевезень часто виникають проблеми пов'язані з раціональним розміщенням вантажу на судні, що забезпечує ефективність операцій навантаження розвантаження в портах маршруту, об'ємом і вагою вантажу, що перевозиться, а також з дотриманням обмежень при розміщенні його в трюмах і на палубі відповідно до вимог безпеки судна [3].

Розміщення вантажу впливає на провізну спроможність судна не тільки через ступінь використання вантажопідйомності і вантажомісткості, а й своїм впливом на швидкість ходу і продуктивність вантажних робіт. При невдалому розміщенні вантажів судно набуває небажаного диференту, відчуває посилену хитавицю і вібрацію. Ці обставини знижують швидкість судна, збільшують небезпеку штормових пошкоджень і сприяють виникненню аварійних ситуацій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Однією з важливих складових проблеми підвищення ефективності та безпечності морських контейнерних перевезень є процеси навантаження та вивантаження контейнерів у ході яких актуальна проблема розміщення

вантажу на судні або терміналі таким чином, щоб він займав точне місце і не піддавався додатковій перестановці (шіфтіngu) на судні, з судна на берег, з берега на судно [15].

Приймаючи до уваги той факт, що сучасний контейнеровоз зазвичай перевозить кілька тисяч контейнерів, а вищенаведена оптимізаційна задача динамічного програмування є NP-повною, розв'язання її традиційними методами вкрай ускладнено.

В ході аналізу робіт, присвячених створенню моделей і алгоритмів розміщення контейнерів на судні і терміналі було визначено, що для вирішення подібних завдань використовуються, в основному, евристичні підходи, а саме: ітераційний локальний пошук [4]; спрямований локальний пошук [5]; пошук зі змінною околицею [6]; імовірнісний жадібний алгоритм [7,8]; еволюційний алгоритм [9]; генетичний алгоритм [9]; алгоритм оптимізації мурашиної колонії [12]; імітація відпалу [13]; пошук із заборонами [14,16].

Порівняльний аналіз досліджень, проведених різними авторами, показує, що ефективним методом вирішення проблеми є комбінований двох етапний підхід, заснований на формуванні субоптимального плану завантаження контейнеровозу з використанням методу гілок і меж з послідовним застосуванням методу пошуку із заборонами. При цьому також з'являється можливість її додаткового уточнення і ускладнення шляхом введення додаткових обмежень по вазі, розмірам контейнерів, та заздалегідь визначеним місцям розташування окремих груп контейнерів на судні, наприклад рефрижераторних.

Постановка задачі дослідження. Метою дослідження є розробка математичної моделі завантаження судна-контейнеровозу, що забезпечує зменшення впливу «шіфтіngu» контейнерів та зменшує витрати часу на формування вантажного плану судна.

Розв'язання задачі. Формування вантажного плану контейнеровозу – складна комбінаторна задача, складність розв'язання якої залежить від місткості судна (заданого кількістю одиниць 20-ти футових контейнерів – TEU) та кількості контейнерів що завантажуються-вивантажуються у кожному порту призначення (ПП). Проблема суттєво ускладнюється для випадку здійснення мультипортових перевезень. Оптимізація

вантажного плану контейнеровозу також ускладнюється необхідністю враховувати «шифтинг» контейнерів при русі через декілька портів. Визначення оптимального розподілу конкретних контейнерів за місцями їх розміщення навіть на декількох портів є обчислювально-складною проблемою і не вирішується повним перебором можливих варіантів розміщення за прийнятний проміжок часу [17].

Субоптимальне розміщення контейнерів може бути знайдено за прийнятний проміжок часу у випадку застосування комбінованих евристичних методів, один з яких розроблено в роботі.

Для зниження обчислювальної складності процесу формування вантажного плану контейнеровозу пропонується розділити цей процес на два етапи: стратегічне планування карго-плану та тактичне планування.

Під час стратегічного планування групи контейнерів розміщуються блоками, в яких місця розміщення контейнерів, що відповідають кришкам люків, згруповані разом (рис. 1. та рис. 2(а).).

Під час тактичного планування конкретні контейнери розміщуються в конкретні місця всередині блоків, визначених на етапі стратегічного планування (рис. 2(б).).

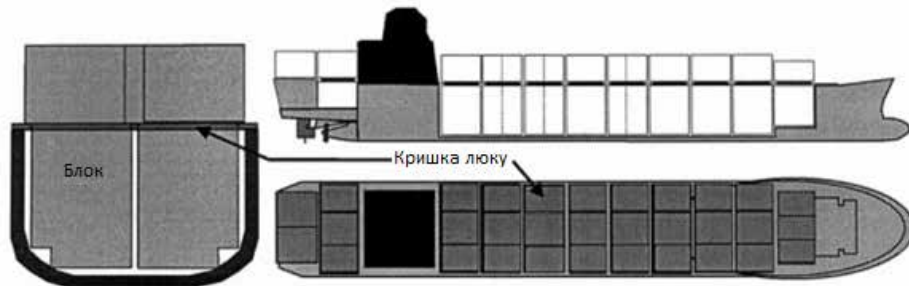


Рисунок – 1. Розбиття вантажного простору контейнеровозу на окремі блоки

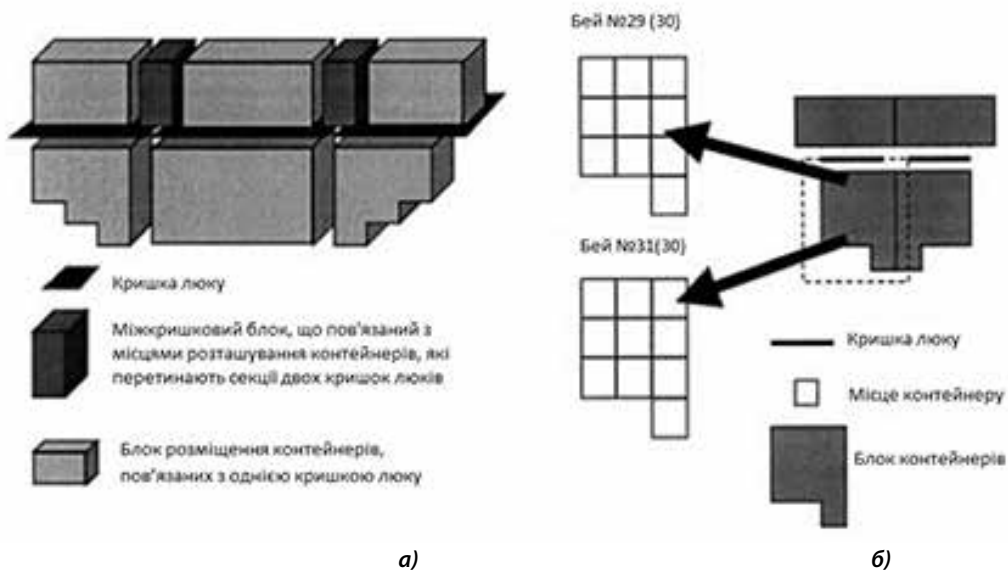


Рисунок – 2. Взаємозв'язок між блоками, кришками люків та місцями розміщення контейнерів

Процес стратегічного планування забезпечує загальний вигляд карго-плану в кінці процесів розвантаження і завантаження у кожному ПП.

Під час тактичного планування точно визначається місце контейнера, яке він буде займати у порту призначення. Це дозволяє уникнути обчислювальних складнощів, пов'язаних з початковим розміщенням усіх

контейнерів в загальному контейнерному масиві контейнеровозу. Кожен блок складається з кількох місць розміщення, розташованих в межах однієї кришки люку (групування по ширині) так, як це показано на рис. 2(б). Таким чином формується бей-план судна.

Завданнями етапу стратегічного планування є наступні:

- мінімізувати кількість вантажних місць, зайнятих в кожному ПП;
- максимізувати кількість кранів, що здійснюють вантажні операції в кожному ПП;
- мінімізувати кількість кишок люків, що переміщуються;
- мінімізувати кількість повторних переміщень;
- мінімізувати кількість блоків, зайнятих контейнерами.

Для вирішення задачі стратегічного планування приймемо наступні умовні позначення:

cr_i - кількість кранів в ПП i ;

nd - кількість ПП;

nh - кількість люків;

nc - кількість контейнерів;

nb - кількість боків;

nr - кількість боків, що укладені нагорі;

nl - кількість кришок люків;

$DH_{ij} = 1$ якщо контейнер в ПП i знаходиться в люку j , інакше 0;

XC_i - найбільша кількість контейнерів в ПП i розмішених в будь якому люку;

YC_i - найбільша кількість контейнерів розмішених для ПП i мінус XC_i ;

$DHH_{ijk} = 1$ якщо існує контейнер для ПП i в люку j і інший в межах сусіднього люку k ;

$DB_{ij} = 1$ якщо контейнер для ПП i існує в блоці j , інакше 0;

$DBR_{ijkl} = 1$ якщо контейнер для ПП k існує в блоці i і контейнер для ПП l існує в блоці j , де блок i вище блоку j і ПП k знаходиться далі ПП l , інакше 0;

$DL_{ij} = 1$ якщо контейнер для ПП i існує нижче кришки люку j , інакше 0;

$VR_{ij} = 1$ – ємність блоку i під кришкою, що залишилась, де контейнери, розташовані в блоці j , який знаходиться над кришкою і блок i знаходиться нижче блоку j ;

Цільова функція процесу стратегічного планування матиме вигляд:

$$f = ((f_1 \cdot w_1) + (f_2 \cdot w_2) + \dots + (f_9 \cdot w_9)) \quad (1)$$

де f_i і w_i – відповідно значення складових цільової функції та їх ваги, що характеризують рівень придатності конкретного варіанта розміщення контейнерів.

Найменше значення цільової функції відповідає найкращому варіанту розміщення.

Перша складова цільової функції f_1 рахує кількість люків, які зайнято контейнерами для кожного ПП, при цьому кращий варіант розміщення характеризується меншою кількістю люків:

$$f_1 = \sum_{i=1}^{nd} \sum_{j=1}^{nh} DH_{ij} \quad (2)$$

Друга складова цільової функції f_2 рахує скільки люків які зайнято контейнерами у кожному ПП, і потім порівнює цю кількість з кількістю кранів що є в наявності в цьому ПП. Це потрібно для визначення необхідної кількості кранів у ПП, що залежить від кількості люків, зайнятих в цьому ПП:

$$f_2 = \sum_{i=1}^{nd} \sum_{j=1}^{nh} DH_{ij} \cdot cr_i \quad (3)$$

Третя складова цільової функції, f_3 визначає наскільки добре контейнери розподілені між люками, і, таким чином, наскільки ефективною буде робота кранів. В ідеальному випадку контейнери повинні бути розміщені таким чином, щоб працювали всі крани, задіяні в розвантаженні:

$$f_3 = \sum_{i=1}^{nd} |XC_i - YC_i| \quad (4)$$

Четверта складова цільової функції, f_4 , рахує кількість ПП, існуючих для кожного люку. Кращий варіант розміщення контейнерів характеризується мінімальною кількістю ПП для кожного люку:

$$f_4 = \sum_{i=1}^{nh} \sum_{j=1}^{nd} DH_{ji} \quad (5)$$

П'ята складова цільової функції, f_5 , є штрафною функцією, що визначає фрагменти розміщення контейнерів, в яких контейнери для одного ПП розмішені в сусідніх люках, що не дозволяє розвантажувати їх одночасно двома кранами:

$$f_5 = \sum_{i=1}^{nd} \sum_{j=1}^{nh} \sum_{k=1}^{nh} DHH_{ijk} \quad (6)$$

Шоста складова цільової функції, f_6 , рахує кількість зайнятих контейнерами блоків для кожного ПП. Мінімальне змішування контейнерів для різних ПП в блоках відповідає кращому карго-плану:

$$f_6 = \sum_{i=1}^{nd} \sum_{j=1}^{nb} DB_{ij} \quad (7)$$

Сьома складова цільової функції, f_7 , є штрафною функцією яка рахує кількість контейнерів, що розміщені на кришках люків, під якими є контейнери, призначені для попереднього ПП:

$$f_7 = \sum_{i=1}^{nb} \sum_{j=1}^{nb} \sum_{k=1}^{nd} \sum_{l=1}^{nd} DBR_{ijkl} \quad (8)$$

Восьма складова цільової функції, f_8 , визначає, наскільки добре контейнери розміщені під кришками люків, від чого залежить ефективність роботи портових кранів:

$$f_8 = \sum_{i=1}^{nd} \sum_{j=1}^{nl} DL_{ij} \quad (9)$$

Дев'ята складова цільової функції, f_9 , рахує кількість місць під кришкою люків над якими знаходяться контейнери. Чим більше таких місць, тим гіршим є карго-план:

$$f_9 = \sum_{i=1}^{nr} \sum_{j=1}^{nb} VR_{ij} \quad (10)$$

Після визначення складових цільової функції здійснюємо її мінімізацію, застосовуючи метод гілок та меж, що включає в себе п'ять етапів.

1. Визначення початкового розташування контейнерів. Контейнери розмішуються блоками відповідно до вантажного простору судна і етапів стратегічного планування. При цьому розміщення розпочинається з контейнерів, призначених для найдальшого ПП.

2. Визначення гілок. Генеруються нові рішення, що відображають кожне можливе розміщення першого контейнеру із списку завантаження у вантажному просторі судна. Невірні варіанти розміщень видаляються.

3. Пошук. Варіанти рішень, сформовані під час визначення гілок аналізуються на придатність за допомогою цільової функції. Найбільш придатні варіанти розміщення запам'ятовуються.

4. Обрізка. Відбувається зменшення кількості варіантів рішень за рахунок вилучення тих розміщень, що при однаковому значенні цільової функції передбачають більшу кількість вантажних операцій.

5. Визначення нових розміщень. Обирається знайдене розміщення з найкращим значенням функції придатності і процес повторюється для наступних контейнерів і ПП.

Далі виконується тактичне планування розміщення контейнерів. Основними

завданнями етапу тактичного планування є наступні:

- зменшення переміщень (шифтіngu) контейнерів;
- забезпечення розташування контейнерів відповідно до їх ваги (знизу – важчі, зверху – легші);
- мінімізація кількості штабелів контейнерів з різними ПП.

Для визначення цільової функції тактичного планування застосуємо наступні позначення:

$C : \{c_1, \dots, c_{nc}\}$ – множина усіх контейнерів;

nc - кількість контейнерів;

D_i - порт призначення контейнеру i ;

DR_i - множина переміщень, які пов'язані з контейнером i ;

DW_i – множина контейнерів в одному штабелі, що розміщені вище контейнеру i і мають більшу вагу;

DS_i – множина контейнерів що мають різні ПП і знаходяться в одному штабелі з контейнером i .

Цільова функція процесу тактичного планування має вигляд:

$$f = (f_{10} \cdot w_{10}) + (f_{11} \cdot w_{11}) + (f_{12} \cdot w_{12}) \quad (11)$$

де w_i - вага відповідної складової f_i цільової функції.

Перша складова цільової функції, f_{10} , визначає кількість шифтінгу:

$$f_{10} = \begin{cases} \sum_{i=1}^{nc} \sum_{j=1}^{nc} a_{ij} & \text{якщо } i \in DR_j \\ 0 & \text{якщо } i \notin DR_j \end{cases} \quad (12)$$

Друга складова цільової функції, f_{11} , визначає кількість контейнерів з різними ПП, що розміщені в одному штабелі:

$$f_{11} = \begin{cases} \sum_{i=1}^{nc} \sum_{j=1}^{nc} a_{ij} & \text{якщо } i \in DS_j \\ 0 & \text{якщо } i \notin DS_j \end{cases} \quad (13)$$

Третя складова цільової функції, f_{12} , визначає кількість контейнерів більшої ваги, що розміщені в одному штабелі один поверх одного:

$$f_{12} = \begin{cases} \sum_{i=1}^{nc} \sum_{j=1}^{nc} a_{ij} & \text{якщо } i \in DW_j \\ 0 & \text{якщо } i \notin DW_j \end{cases} \quad (14)$$

Тактична оптимізація вантажного плану контейнеровозу здійснюється із застосуванням методу пошуку із заборонами. Відбувається ітераційний процес пошуку рішення з найбільш придатних розміщень контейнерів на судні. При цьому для варіанта розміщення контейнерів S в усьому контейнерному просторі судна, множина $M(s)$ представляє собою множину припустимих переміщень m , які можуть бути застосовані до розміщення S з метою отримання нового розміщення $s \leftarrow s \dot{\cup} m$, що дає $N(s) = \{s \dot{\cup} m \in M(s) \mid de \ s \leftarrow s \dot{\cup} m\}$.

Такі переміщення здійснюються з метою знаходження субоптимального розміщення контейнерів, виходячи з мінімізації цільової функції f .

Розроблена математична модель застосована при створенні прототипу автоматизованої системи управління вантажними операціями контейнеровозів (АСУ-ВОК), яка здатна істотно полегшити контроль за завантаженням / вивантаженням судна.

При заході контейнеровоза (3) в порт здійснюється підключення по мережі WiFi (2) судової системи управління завантаженням контейнеровоза (5) до мережі Інтернет, до якої також підключені комп'ютери (4) причальних контейнерних кранів (1). Відбувається реєстрація в мережі і план завантаження судна відображається на комп'ютері перевантажувача. Піднятий контейнер розміщується портовим краном в задану позицію, і інформація про його розміщення надходить в судову інформаційну систему.

Структура АСУВОК наведена на рисунку 4. Відмінними рисами розробленої автоматизованої системи є її відносно невелика вартість, а також орієнтованість до застосування на фідерних перевезеннях (особливістю фідерних перевезень є мультипортовість та невелика кількість контейнерів на судні: 600-1200). Кількість програмних продуктів, що забезпечують вирішення даного класу задач на поточний момент часу обмежена.

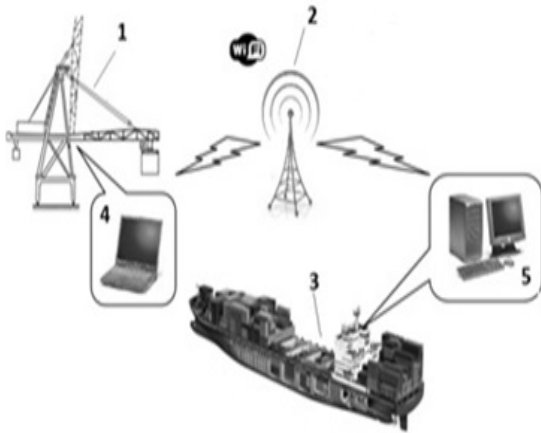


Рис. 4 – Структура АСУВОК

Структура АСУВОК : 1 – портовий кран; 2 – станція WiFi; 3 – контейнеровоз; 4 – ноутбук в кабіні портового крану; 5 – суднова система управління завантаженням судна.

Висновки. Підводячи підсумки проведеного аналізу наукових досліджень вітчизняних та закордонних авторів у зазначеній галузі, було з'ясовано, що питання створення автоматизованих систем управління процесами завантаження-вивантаження контейнеровозів є актуальною науковою проблемою сьогодення, яка потребує вирішення з урахуванням нагальних поточних потреб морської індустрії.

Розробка таких систем потребує створення нових моделей та методів оптимізації процесу складання вантажного плану типу контейнеровозу. Аналіз, який проведено у даній роботі, дозволив розробити власну модель і алгоритм розміщення контейнерів на судні, що оптимізує процес складання вантажного плану судна та сприяє підвищенню безпеки контейнерних перевезень.

Застосування пропонованого підходу до побудови вантажного плану контейнеровозу дозволяє поліпшити економічні показники виконання судном рейсу за рахунок зменшення часу виконання вантажних операцій та тривалості стоянки судна в портах.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Николаева Л.Л., Цимбал Н.Н. Морские перевозки: Учебник. / Л.Л. Николаева, Н.Н. Цимбал. // Одесская национальная морская академия. – Одесса : Феникс, 2005. – 425 с. – 25 лист. ил.
2. Снопков В.И. Технология перевозки грузов морем: Учебник для вузов. – 4-е издание, переработанное и дополненное / В.И. Снопков. – СПб: НПО «Профессионал», 2006. – 500 с.
3. Zhan Bian, Qianqian Shao, Zhihong Jin (Optimization on the container loading sequence based on hybrid dynamic programming), 2015.
4. Wenbin Hu, Zhengbing Hu, Lei Shi, Peng Luo and Wei Song (Combinatorial optimization and strategy for ship stowage and loading schedule of container terminal), 2012.
5. Устинов Р.Г. Анализ критериев составления грузового плана морского судна– контейнеровоза. / Р.Г. Устинов, В.В. Днепровский. // Вестник Приазовского Державного Техничного Университета – Вып. № 15, 2005.
6. Ambrosino, D., Anghinolfi, D., Paolucci, M. and Sciomachen, A. (2010) 'An experimental comparison of different heuristics for the master bay plan problem', Lecture Notes in Computer Science. – Vol. 6049. – Pp.314–325.
7. Avriel, M., Penn, M. and Shpirer, N. (2000) 'Containership stowage problem: complexity and connection to the coloring of circle graphs', Discrete Applied Mathematics. – Vol. 103, Nos. 1–3. – Pp.271–279.
8. Blum, C. and Roli, A. (2003) 'Metaheuristics in combinatorial optimization overview and conceptual comparison', ACM Computing Surveys. – Vol. 35, No. 3. – Pp.268–308.
9. Dubrovsky, O., Levitin, G. and Penn, M. (2002) 'A genetic algorithm with a compact solution encoding for the containership stowage problem', Journal of Heuristics. – Vol. 8, No. 6. – Pp.585–599.
10. Fan, L., Low, M.Y.H., Ying, H.S., Jing, H.W., Min, Z. and Aye, W.C. (2010) 'Stowage planning of large containership with tradeoff between crane workload balance and ship stability', Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computers Scientists. – Vol. III. – Pp.1–7.
11. Imai, A., Sasaki, K., Nishimura, E. and Papadimitriou, S. (2006) 'Multi-objctive simultaneous stowage and loading planning for a container ship with container rehandle in yard stacks', European Journal of Operational Research. – Vol. 171, No. 3. – Pp.373–389.
12. Michalewicz, Z. (1996) Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs, 3rd ed., Springer-Verlag, London, UK.
13. Ribeiro, C.M., Azevedo, A.T. and Teixeira, R.F. (2010) 'Problem of assignment cells to switches in a cellular mobile network via beam search method', WSEAS Transactions on Communications. – Vol. 9, No. 1. – Pp.11–21.

14. Sciomachen, A. and Tanfani, E. (2007) 'A 3D-BPP approach for optimizing stowage plans and terminal productivity', *European Journal of Operational Research*. – Vol. 183, No. 3. – Pp.1433–1446.
15. Vacca, I., Bierlaire, M. and Salani, M. (2007) 'Optimization at container terminals: status, trends and perspectives', 7th Swiss Transportation Research Conference, September. – Pp.1–21.
16. Valente, J.M.S. and Alves, R.A.F.S. (2005) 'Filtered and recovering beam search algorithm for the early/tardy scheduling problem with no idle time', *Computers & Industrial Engineering*. – Vol. 48, No. 2. – Pp.363–375.
17. Wilson, I. and Roach, P.A. (1999) 'Principles of combinatorial optimization applied to container-ship stowage planning', *Journal of Heuristics*. – Vol. 5, No. 4. – Pp.403–418.

МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ СУБОПТИМАЛЬНОГО ГРУЗОВОГО ПЛАНА КОНТЕЙНЕРОВОЗА

Федоров Антон Игоревич,

аспирант кафедры судовождения и электронных навигационных систем Херсонской государственной морской академии,
e-mail: mr.fedorov.anton@mail.ru ORCID ID: 0000-0002-6064-7848.

Аннотация. Главной идеей научного исследования является изучение особенностей процесса загрузки-выгрузки контейнеровоза во время выполнения им мультипортовых рейсов (последовательных заходов в нескольких портах во время выполнения одного рейса). При этом возникает проблема «шифтинга», то есть необходимости перемещения одних контейнеров на борту судна с целью размещения других. Предлагаемый метод размещения контейнеров позволяет сократить время нахождения судна в порту за счет уменьшения количества операций «шифтинга», что положительно влияет на экономические показатели выполнения рейса контейнеровозом. Целью исследования является разработка математической модели загрузки судна-контейнеровоза, обеспечивающей уменьшение влияния «шифтинга» контейнеров и уменьшающей затраты времени на формирование грузового плана судна. Методы исследования. Основой исследований являются оптимальное управление, математическое моделирование, эвристические методы. Основные результаты исследования. Определены ключевые направления исследований в области автоматизации формирования грузовых планов контейнеровозов. Показано, что создание автоматизированной системы управления грузовыми операциями контейнеровозов (АСУВОК) позволит одновременно решать комплекс задач по управлению грузовыми операциями, обеспечивает сокращение времени, необходимого для их выполнения, и повышает экономическую эффективность рейса судна. Особенно эффективным применение предлагаемого подхода является в мультипортовых перевозках, осуществляемых контейнеровозами с небольшим количеством контейнеров (фидерные перевозки). Научная новизна. Разработана математическая модель загрузки контейнеровоза на основе комбинации методов ветвей и границ и поиска с запретами, что позволяет одновременно учитывать мультипортовость выполнения рейса судна и технологические ограничения формирования грузового плана обусловленные особенностями их размещения на судне. Практическая значимость. Результаты исследований позволяют разработать усовершенствованные алгоритмы выполнения грузовых операций контейнеровозов. В прикладном плане данная работа направлена на создание программного продукта, применение которого позволит решить важную научно-прикладную задачу в области применения информационных технологий в судовождении – повышение эффективности и безопасности контейнерных перевозок за счет внедрения АСУВОК.

Ключевые слова: *грузовой план контейнеровоза, мультипортовые перевозки, метод ветвей и границ, метод поиска с запретами, автоматизированная система управления грузовыми операциями контейнеровоза.*

SUB-OPTIMAL FORMATION CARGO PLAN METHOD FOR CONTAINER SHIP

Anton Fedorov,

postgraduate student, Department of Navigation and Electronic Navigation Systems, Kherson State Maritime Academy,
e-mail: mr.fedorov.anton@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6064-7848.

Abstract. The main idea of scientific research is to study the features of the process of loading and unloading a container ship during its multi-port voyages (consecutive visit at several ports during one voyage). This raises the shifting problem, that is, the need to move some containers on board the vessel in order to accommodate others. The proposed method of container placement allows you to reduce the time spent on the ship at the port by reducing the number of “shifting” operations, which positively affects the economic performance of the container ship’s voyage. The aim of the research is to develop a mathematical model of the loading of a container ship that reduces the impact of container “shifting” and reduces the time spent on the formation of the cargo plan of the vessel. Research methods. The basis of research is optimal control, mathematical modeling, heuristic methods. The main results of the research. Key areas of research in the field of automation of the formation of container ship loading plans are identified. It is shown that the creation of an automated control system for the cargo operations of container ships (ACSCOCS) will simultaneously solve a range of tasks for managing cargo operations, reduce the time required to complete them, and increase the economic efficiency of a vessel’s voyage. The most effective application of the proposed approach is in multi-port transportation carried out by container ships with a small number of containers (feeder transportation). Scientific novelty. A mathematical model has been developed for loading a container ship based on a combination of branch and border methods and Tabu search method, which makes it possible to simultaneously take into account the multi-port performance of a vessel’s voyage and the technological limitations of forming a cargo plan due to the peculiarities of their placement on the vessel. Practical significance. The research results allow us to develop improved algorithms for performing container ship cargo operations. In the applied aspect, this work is aimed at creating a software product, the application of which will allow solving an important scientific and applied problem in the field of application of information technologies in navigation – improving the efficiency and safety of container transportation through the using of ACSCOCS.

Key words: *cargo plan, multi-port transport, branch and border method, Tabu search method, automated container ship cargo management system.*

REFERENCES:

1. Николаева Л.Л., Цимбал Н.Н. Морские перевозки: Учебник. / Л.Л. Николаева, Н.Н. Цимбал. // Одесская национальная морская академия. – Одесса : Феникс, 2005. – 425 с. – 25 лист. ил.
2. Снопков В.И. Технология перевозки грузов морем: Учебник для вузов. – 4-е издание, переработанное и дополненное / В.И. Снопков. – СПб: НПО «Профессионал», 2006. – 500 с.
3. Zhan Bian, Qianqian Shao, Zhihong Jin (Optimization on the container loading sequence based on hybrid dynamic programming), 2015.
4. Wenbin Hu, Zhengbing Hu, Lei Shi, Peng Luo and Wei Song (Combinatorial optimization and strategy for ship stowage and loading schedule of container terminal), 2012.
5. Устинов Р.Г. Анализ критериев составления грузового плана морского судна– контейнеровоза. / Р.Г. Устинов, В.В. Днепровский. // Вестник Приазовского Державного Техничного Университета – Вып. № 15, 2005.
6. Ambrosino, D., Anghinolfi, D., Paolucci, M. and Sciomachen, A. (2010) ‘An experimental comparison of different heuristics for the master bay plan problem’, Lecture Notes in Computer Science. – Vol. 6049. – Pp.314–325.
7. Avriel, M., Penn, M. and Shpirer, N. (2000) ‘Containership stowage problem: complexity and connection to the coloring of circle graphs’, Discrete Applied Mathematics. – Vol. 103, Nos. 1–3. – Pp.271–279.
8. Blum, C. and Roli, A. (2003) ‘Metaheuristics in combinatorial optimization overview and conceptual comparison’, ACM Computing Surveys. – Vol. 35, No. 3. – Pp. 268–308.
9. Dubrovsky, O., Levitin, G. and Penn, M. (2002) ‘A genetic algorithm with a compact solution encoding for the containership stowage problem’, Journal of Heuristics. – Vol. 8, No. 6. – Pp. 585–599.

10. Fan, L., Low, M.Y.H., Ying, H.S., Jing, H.W., Min, Z. and Aye, W.C. (2010) 'Stowage planning of large containership with tradeoff between crane workload balance and ship stability', *Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computers Scientists*. – Vol. III. – Pp.1–7.
11. Imai, A., Sasaki, K., Nishimura, E. and Papadimitriou, S. (2006) 'Multi-objetive simultaneous stowage and loading planning for a container ship with container rehandle in yard stacks', *European Journal of Operational Research*. – Vol. 171, No. 3. – Pp.373–389.
12. Michalewicz, Z. (1996) *Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs*, 3rd ed., Springer-Verlag, London, UK.
13. Ribeiro, C.M., Azevedo, A.T. and Teixeira, R.F. (2010) 'Problem of assignment cells to switches in a cellular mobile network via beam search method', *WSEAS Transactions on Communications*. – Vol. 9, No. 1. – Pp.11–21.
14. Sciomachen, A. and Tanfani, E. (2007) 'A 3D-BPP approach for optimizing stowage plans and terminal productivity', *European Journal of Operational Research*. – Vol. 183, No. 3. – Pp.1433–1446.
15. Vacca, I., Bierlaire, M. and Salani, M. (2007) 'Optimization at container terminals: status, trends and perspectives', *7th Swiss Transportation Research Conference*, September. – Pp.1–21.
16. Valente, J.M.S. and Alves, R.A.F.S. (2005) 'Filtered and recovering beam search algorithm for the early/tardy scheduling problem with no idle time', *Computers & Industrial Engineering*. – Vol. 48, No. 2. – Pp.363–375.
17. Wilson, I. and Roach, P.A. (1999) 'Principles of combinatorial optimization applied to container-ship stowage planning', *Journal of Heuristics*. – Vol. 5, No. 4. – Pp. 403–418.

ПОБУДОВА ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ КООРДИНАЦІЇ РОЗРОБЛЕННЯ ПЛАНІВ З ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

УДК 004.9

DOI: <https://doi.org/10.35546/2313-0687.2019.25.106-114>**Кирийчук Дмитро Леонідович,**

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри програмних засобів і технологій, Херсонський національний технічний університет,
місто Херсон, Україна, e-mail: kidiam2@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-4905-6932

Анотація. При розв'язанні завдань захисту населення, територій, навколишнього природного середовища від НС найважливішу роль відіграє розробка оперативних планів з ліквідації наслідків НС. Це обумовлено тим, що керування при розв'язанні цих завдань здійснюється в умовах жорсткого ліміту часу, складності організації координаційної взаємодії різних за складом і призначенням сил та засобів.

Призначення планів з ліквідації наслідків НС полягає у визначенні та обґрунтуванні цілей і шляхів їх досягнення на основі визначення комплексу завдань і робіт, а також ефективних методів, способів і ресурсів усіх видів, необхідних для захисту населення, територій, навколишнього природного середовища та майна від НС.

В роботі розглядаються питання побудови програмного комплексу для координації розробки планів з ліквідації наслідків НС.

Для проектування архітектури програмного комплексу був обраний патерн Model-View-ViewModel (MVVM). Основною перевагою MVVM є те, що патерн розділяє внутрішнє подання стану програми (Model), подання інформації користувачеві (View) і логіку програмного додатку, що відповідає за публікацію і перетворення даних з моделі, для легкого відображення даних в поданні (ViewModel).

Для побудови візуального інтерфейсу було використано технологію WPF (Windows Presentation Foundation), яка є частиною екосистеми платформи .NET і являє собою підсистему для побудови графічних інтерфейсів. Наведено багаторівневу архітектуру WPF та опис рівнів WPF: керований API-інтерфейс, некерований API-інтерфейс (рівень інтеграції з DirectX) і компоненти операційної системи та DirectX.

Для зберігання структурованих наборів даних в роботі було використано базу даних MS SQL Server. Наведено схему моделі даних, що використовується програмним комплексом.

Наведено приклад розробки Плану реагування на НС щодо дій у разі пожежі за допомогою програмного комплексу.

Ключові слова: надзвичайні ситуації, програмний комплекс, координація, плани з ліквідації НС.

Постановка проблеми.

Планування відіграє важливу роль при розв'язанні задач захисту населення, територій, навколишнього природного середовища та майна від надзвичайних ситуацій (НС) шляхом запобігання таким ситуаціям, ліквідації їх наслідків і надання допомоги постраждалим у наслідок НС [1].

Призначення планів з ліквідації наслідків НС полягає у визначенні та обґрунтуванні цілей і шляхів їх досягнення на основі визначення комплексу завдань і робіт, а також ефективних методів, способів і ресурсів усіх видів, необхідних для захисту населення, територій, навколишнього природного середовища та майна від НС.

Існує чотири основні етапи розроблення планів з ліквідації наслідків НС [1]:

1. Аналізування та прогнозування можливих варіантів розвитку небезпечних процесів, явищ, подій. На даному етапі здійснюється збір та аналіз вихідних даних, формулювання та постановка цілей і завдань, визначення шляхів досягнення поставлених цілей, попередні розрахунки фінансових і матеріальних витрат.

2. Організаційно-підготовчий. На даному етапі визначаються виконавці, загальний обсяг робіт, проводиться розрахунок часу та розподіляються обов'язки.

3. Практична розробка плану. На даному етапі здійснюється розробка і оформлення проекту плану, складається програма дій, розраховуються необхідні ресурси та їх джерела, визначаються безпосередні виконавці заходів і робіт.

4. Узгодження та затвердження плану. На даному етапі проект плану проходить узгодження в органах виконавчої влади.

Досягнення запланованих цілей та мети плану з ліквідації наслідків НС значною мірою залежить від того, наскільки заплановані до здійснення заходи скоординовані між собою за цілями, місцем, часом, складом залучених сил і за способом виконання.

Тому актуальною науково-прикладною задачею є розробка програмного комплексу для координації розробки планів з ліквідації наслідків НС.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

В роботі [2] розглядаються питання розробки структури програмного забезпечення оперативного реагування та оповіщення при виникненні НС на території населених пунктів.

Сформульовано такі вимоги до програмного забезпечення: наявність картографічної основи, оперативна актуалізація інформації про НС, розрахований на багатьох користувачів доступ до інформації, оптимізація функціоналу робочого місця в залежності від його призначення, прогноз розвитку НС, наявність функціоналу з розробки планів заходів та відстеження їх виконання.

Також авторами представлена комунікаційна діаграма системи оперативного реагування та оповіщення при виникненні надзвичайних ситуацій, компоненти геоінформаційного забезпечення системи й графічні інструменти, що дозволяють візуалізувати картографічну базу даних.

В роботі [3] наведені алгоритми моніторингу потенційно небезпечних об'єктів та способи розробки сценаріїв дій аварійно-рятувальних підрозділів МНС, які можуть використовуватись у комп'ютерних системах підтримки прийняття управлінських рішень.

В роботі [4] розглядаються мережецентричні методи комп'ютерної підтримки управління ліквідацією залізничних НС, а також описані новий формальний підхід до прийняття рішень та продукційні правила, застосування яких у залізничних НС дозволить скоротити час прийняття обґрунтованого управлінського рішення.

Авторами також наведено приклад формального опису НС при залізничному перевезенні. Наведений приклад є алгоритмом формування бази знань експертної системи, що є складовою СППР, яка може використовуватися як для опрацювання рішень в НС, так і для навчання персоналу процедурам прийняття рішень при взаємодії з СППР.

В роботі [5] розглянуто практичний досвід виконання робіт по забезпеченню кризового центру набором географічних карт району розташування АЕС та евакуаційних планів. Показані приклади готової продукції та можливі напрямки її використання при організації протиаварійних дій і ліквідацію можливих наслідків аварій на АЕС.

Мета дослідження. Метою дослідження є розробка програмного комплексу для координації розробки планів з ліквідації наслідків НС.

Виклад матеріалу дослідження.

Програмний комплекс є сукупністю програмних модулів, що призначені для розв'язання завдань з розро-

бки та оформлення проектів планів з ліквідації наслідків НС, які узгоджені між собою за цілями, місцем, часом, складом залучених сил і за способом виконання.

Для проектування архітектури програмного комплексу був обраний патерн Model-View-ViewModel (MVVM), який дозволяє відокремити логіку програми

від візуальної частини (подання). Даний патерн є архітектурним, тобто він задає загальну архітектуру програмного комплексу [6].

MVVM складається з трьох компонентів: моделі (Model), моделі подання (ViewModel) і подання (View).

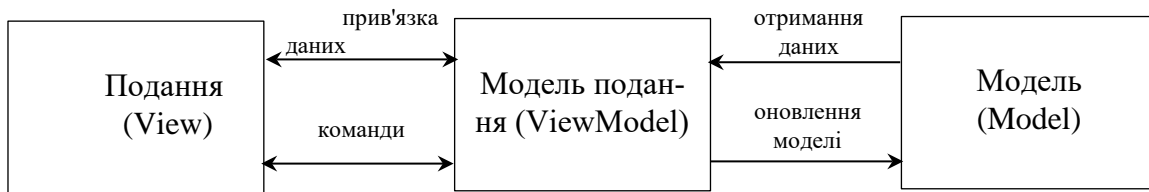


Рис. 1. Компоненти MVVM

Модель описує дані, що використовуються в програмному комплексі. Модель також містить логіку, безпосередньо пов'язану з цими даними. Крім того, модель не містить ніякої логіки, пов'язаної з відобра-

женням даних і взаємодією з візуальними елементами керування. Для зберігання структурованих наборів даних було використано базу даних MS SQL Server. Модель даних подано на рис. 2.

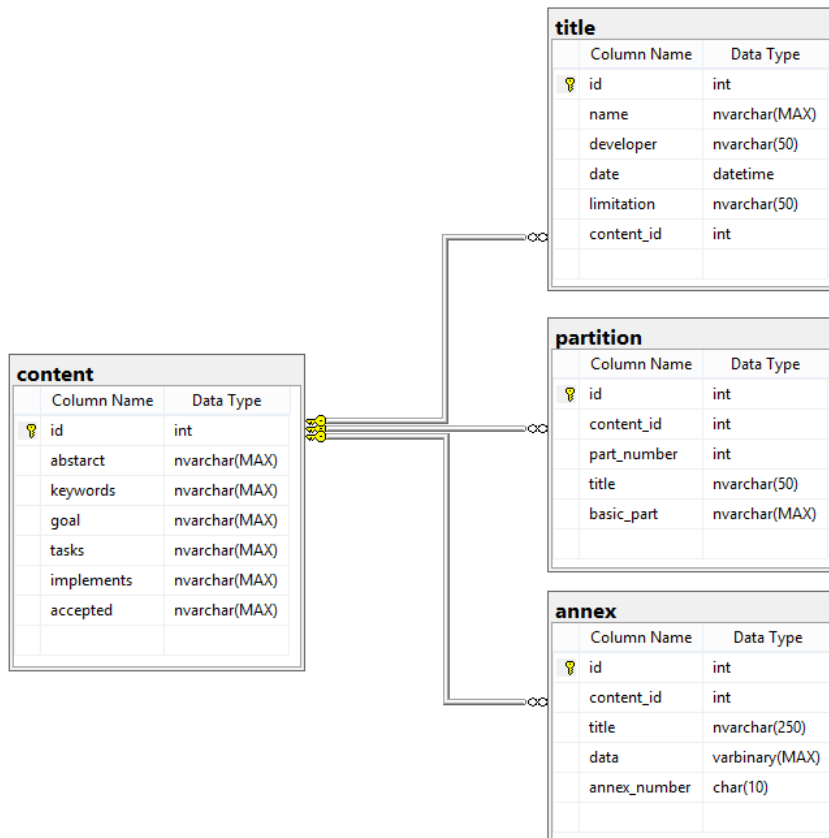


Рис. 2. Модель даних

Подання визначає візуальний інтерфейс програмного комплексу, через який користувач взаємодіє з програмним додатком.

Для побудови візуального інтерфейсу було використано технологію WPF (Windows Presentation Foundation), яка є частиною екосистеми платформи .NET і являє собою підсистему для побудови графічних інтерфейсів [7].

Технологія WPF надає можливість використання мови .NET-платформи - C # для створення логіки програмного комплексу; можливість декларативного визначення графічного інтерфейсу за допомогою спеці-

альної мови розмітки XAML, що заснована на xml і є альтернативою програмному створенню графіки та елементів керування; можливість комбінувати XAML і C #; незалежність від параметрів екрану оскільки в WPF всі елементи вимірюються в незалежних від пристрою одиницях; нові можливості зі створення тривимірних моделей; апаратне прискорення графіки - всі компоненти програми транслюються в об'єкти, що зрозумілі Direct3D, а потім візуалізуються за допомогою процесора на відеокарті, що і підвищує продуктивність роботи з графікою.

Багаторівневу архітектуру WPF подано на рис. 3.

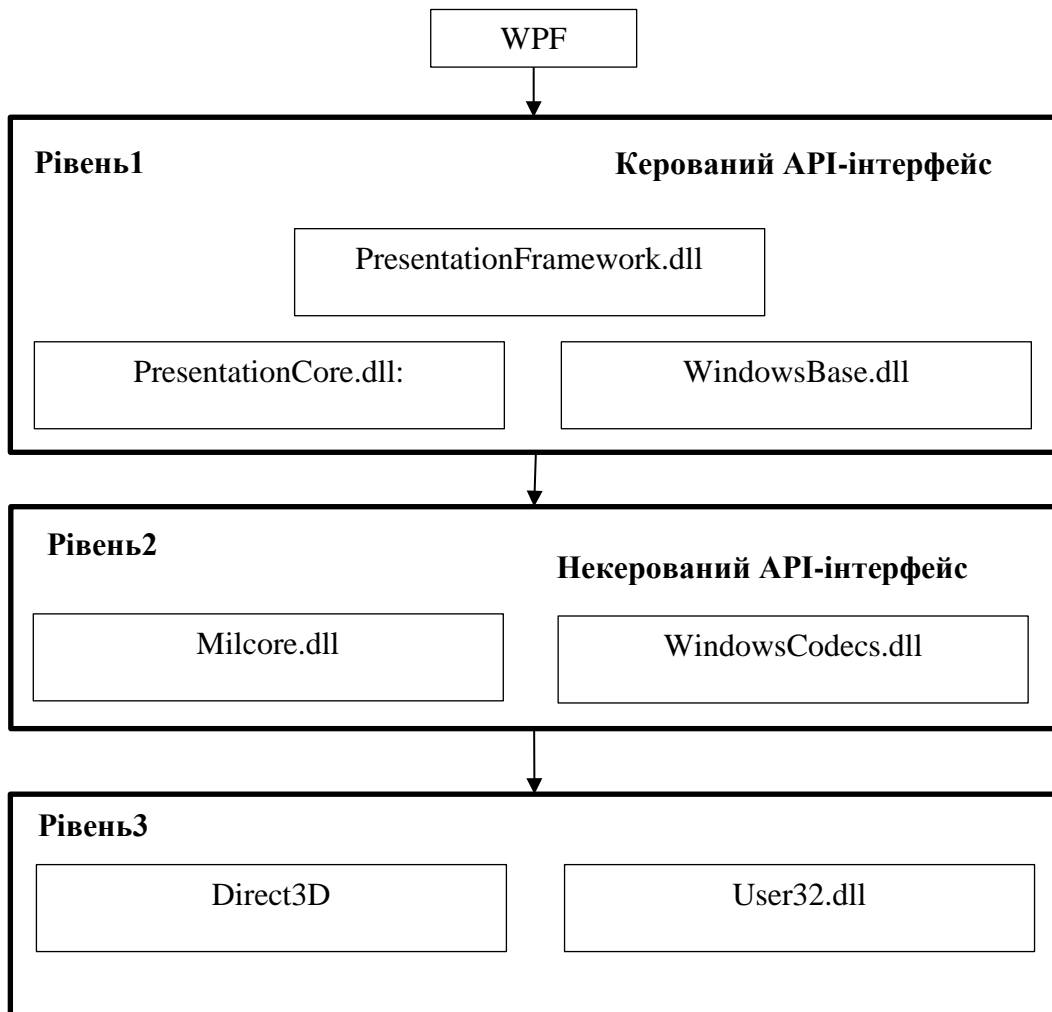


Рис. 3. Багаторівнева архітектура WPF

Архітектура WPF розбивається на три рівні: керований API-інтерфейс, некерований API-інтерфейс (рівень інтеграції з DirectX), компоненти операційної системи та DirectX [7].

Керований API-інтерфейс описує основний функціонал платформи WPF і складається з наступних компонентів:

1. PresentationFramework.dll. Містить типи WPF верхнього рівня, включаючи ті, що представляють вікна, панелі та інші види елементів керування. Також він реалізує високорівневі програмні абстракції, такі як стилі.

2. PresentationCore.dll. Містить базові типи, такі як UIElement і Visual, від яких успадковані всі фігури і елементи керування.

3. WindowsBase.dll. Містить ще більш базові елементи, які потенційно можуть застосовуватися поза WPF, такі як DispatcherObject і DependencyObject, що підтримують механізм властивостей залежності.

Некерований API-інтерфейс використовується для інтеграції з DirectX і складається з наступних компонентів:

1. Milcore.dll. Ядро системи візуалізації WPF і фундамент рівня медіаінтеграції (Media Integration Layer -

MIL). Його складовою є механізм, що трансліює візуальні елементи в трикутники і текстури для DirectX3D.

2. WindowsCodecs.dll. Низькорівневий API-інтерфейс, що забезпечує підтримку зображень (наприклад, обробку, відображення і масштабування растрових зображень і файлів JPEG).

Компоненти операційної системи та DirectX:

1. DirectX3D. Низькорівневий API-інтерфейс, за допомогою якого візуалізується вся графіка в WPF.

2. User32.dll. Використовується для обчислювальних задач, але не бере участі в візуалізації поширених елементів керування.

Модель подання пов'язує модель і подання через механізм прив'язки даних. Модель подання також містить логіку отримання даних з моделі, які потім передаються в подання. Крім того, модель подання визначає логіку по оновленню даних в моделі.

Оскільки елементи подання, тобто візуальні компоненти типу кнопок, не використовують події, то подання взаємодіє з моделлю подання за допомогою команд.

На рис. 4.1, 4.2 наведено приклад розробки Плану реагування на НС щодо дій у разі пожежі за допомогою програмного комплексу.

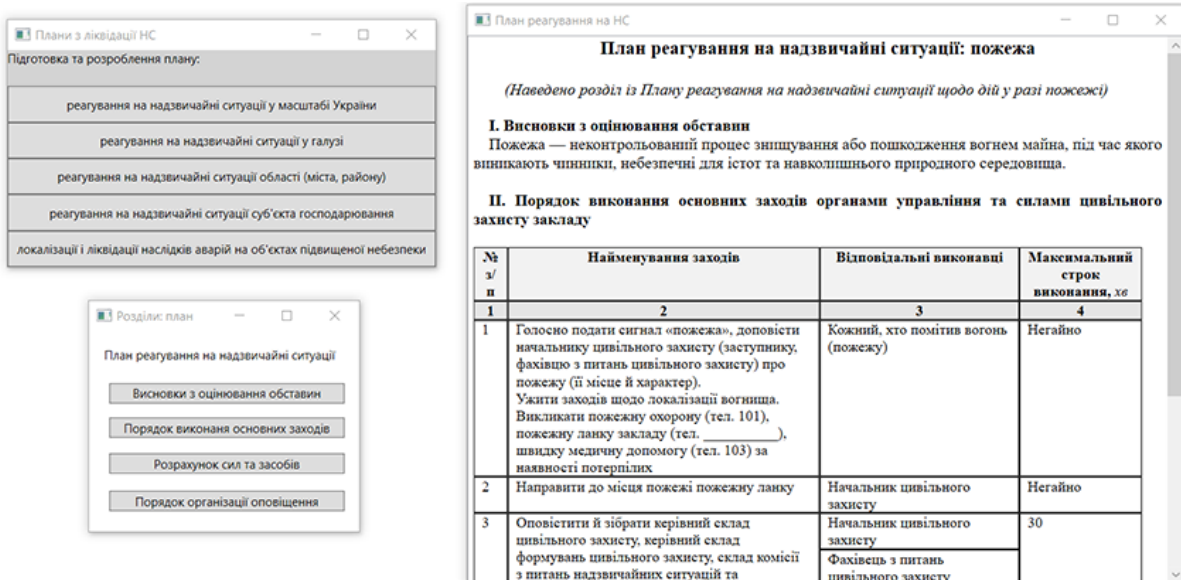


Рис. 4.1. Приклад розробки Плану реагування на НС щодо дій у разі пожежі

План реагування на НС

IV. Порядок організації оповіщення

№ з/п	Підрозділ (формування) цивільного захисту, інші організації, залучені в ліквідації НС	Відповідальний за оповіщення	Номери телефонів	Термін оповіщення, хв
1	2	3	4	5
1	Керівництво закладу	Командир ланки оповіщення та зв'язку Черговий сторож	Схема зв'язку та оповіщення (у додатку)	Негайно
2	Комісія з питань надзвичайних ситуацій	Голова комісії з надзвичайних ситуацій		30
3	Ланка оповіщення та зв'язку	Керівник ланки охорони й захисту	Схема зв'язку та оповіщення, список номерів телефонів (у додатку)	30
	Ланка радіоілюмінного та хімічного спостереження			
	Регульальна ланка	Керівники відповідних формувань цивільного захисту		120
	Медична ланка			
	Ланка охорони громадського порядку			
	Пожежна ланка			
	Ланка видачі засобів індивідуального захисту			
	Ланка обслуговування захисних споруд цивільного захисту			
Ланка матеріально-технічного та продрозбезпечення	Голова евакуаційної комісії			
Комісія з питань евакуації				

Рис. 4.2. Приклад розробки Плану реагування на НС щодо дій у разі пожежі

Висновки. Наведено приклад створення програмного комплексу для координації розробки планів з ліквідації наслідків НС. Програмний комплекс є сукупністю програмних модулів, що призначені для розв'язання завдань з розробки та оформлення проектів планів з ліквідації наслідків НС, які узгоджені між собою за цілями, місцем, часом, складом залучених сил і за способом виконання.

Для проектування архітектури програмного комплексу був обраний патерн Model-View-ViewModel

(MVVM), який складається з трьох компонентів: моделі (Model), моделі подання (ViewModel) і подання (View).

Для побудови візуального інтерфейсу було використано технологію WPF (Windows Presentation Foundation), яка є частиною екосистеми платформи .NET і являє собою підсистему для побудови графічних інтерфейсів. Наведено багаторівневу архітектуру WPF.

Наведено приклад розробки Плану реагування на НС щодо дій у разі пожежі за допомогою програмного комплексу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Державна служба України з надзвичайних ситуацій, Український науково-дослідний інститут цивільного захисту. Методичні рекомендації щодо розроблення планів з питань цивільного захисту. – Київ, 2015. – 149 с. [Електронний ресурс]. URL: https://undicz.dsns.gov.ua/files/Metodichni_rekomendacii_rozroblennya_planiv.pdf (дата звернення: 26.04.2019).
2. Дубровський А. В., Иванов А. Е., Никитин В. Н. Структура программного обеспечения оперативного реагирования и оповещения при возникновении чрезвычайных ситуаций. 2016. Интерэкспо Гео-Сибирь, № (7). С. 38-44.
3. Адаменко М.І., Клівець С.І. Використання комп'ютерних систем підтримки прийняття рішень для моніторингу потенційно небезпечних об'єктів та ліквідації аварій підрозділами МНС України. Системи озброєння і військова техніка. 2007. № 2(10). С. 75-77.
4. Мироненко В.К., Кацман М.Д., Мацюк В.І. Передумови створення системи підтримки прийняття рішень щодо ліквідації наслідків залізничних надзвичайних ситуацій на основі мережецентричних методів управління. Системи обробки інформації. 2016. № 5 (142). С. 182-188.

5. Карпик, А. П., Черепанов, Д. А., Дубровский, А. В., Пошивайло, Я. Г., Писарев, В. С., Кауль, Е. А. Опыт выполнения работ по разработке эвакуационных планов района расположения АЭС. Интерэкспо Гео-Сибирь. 2013. № (1). С. 70-80.
6. Microsoft Documentation. The Model-View-ViewModel Pattern. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.microsoft.com/en-us/xamarin/xamarin-forms/enterprise-application-patterns/mvvm> (дата звернення: 10.03.2019).
7. Microsoft Documentation. Introduction to WPF in Visual Studio. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/framework/wpf/getting-started/introduction-to-wpf-in-vs> (дата звернення: 08.03.2019).

СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ КООРДИНАЦИИ РАЗРАБОТКИ ПЛАНОВ ПО ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Кирийчук Дмитрий Леонидович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры программных средств и технологий, Херсонский национальный технический университет, город Херсон, Украина, e-mail: kidiam2@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-4905-6932

Аннотация. При решении задач защиты населения, территорий, окружающей природной среды от ЧС важнейшую роль играет разработка оперативных планов по ликвидации последствий ЧС. Это обусловлено тем, что управление при решении этих задач осуществляется в условиях жесткого лимита времени, сложности организации координационного взаимодействия различных по составу и назначению сил и средств.

Назначение планов по ликвидации последствий ЧС заключается в определении и обосновании целей и путей их достижения на основе определения комплекса задач и работ, а также эффективных методов, способов и ресурсов всех видов, необходимых для защиты населения, территорий, окружающей природной среды и имущества от ЧС.

В работе рассматриваются вопросы разработки программного комплекса для координации разработки планов по ликвидации последствий ЧС.

Для проектирования архитектуры программного комплекса был выбран паттерн Model-View-ViewModel (MVVM). Основным преимуществом MVVM является то, что паттерн разделяет внутреннее представление состояния программы (Model), представление информации пользователю (View) и логику программного приложения, отвечающую за публикацию и преобразования данных из модели, для легкого отображения данных в представлении (ViewModel).

Для построения визуального интерфейса была использована технология WPF (Windows Presentation Foundation), которая является частью экосистемы платформы .NET и представляет собой подсистему для построения графических интерфейсов. Приведена многоуровневая архитектура WPF и описаны уровни WPF: управляемый API-интерфейс, неуправляемый API-интерфейс (уровень интеграции с DirectX), а также компоненты операционной системы и DirectX.

Для хранения структурированных наборов данных в работе была использована база данных MS SQL Server. Приведена схема модели данных, которая используется программным комплексом.

Приведен пример разработки Плана реагирования на ЧС по действиям в случае пожара с помощью программного комплекса.

Ключевые слова: чрезвычайные ситуации, программный комплекс, координация, планы по ликвидации ЧС.

DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR COORDINATION OF EMERGENCY RESPONSE PLANNING

Dmytro Kiryuchuk,

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Software Tools and Technology, Kherson National Technical University, Kherson, Ukraine, e-mail: kidiam2@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-4905-6932

Abstract. In solving the tasks of protection of the population, territories, environment from emergencies, the most important role is played by the development of operational plans to eliminate the consequences of emergencies. This is due to the fact that the management of these tasks is carried out in a strict time limit, the complexity of the organization of coordination of different composition and purpose of forces and means.

The purpose of emergency response plans is to define and justify the goals and ways to achieve them based on a set of tasks and works, as well as effective methods, methods and resources of all kinds necessary to protect the population, territories, environment and property from emergencies.

The paper considers the development of a software package to coordinate the development of emergency response plans.

The Model-View- ViewModel (MVVM) pattern was chosen to design the architecture of the software package. The main advantage of MVVM is that the pattern separates the internal representation of the state of the program (Model), the presentation of information to the user (View) and the logic of the software application responsible for publishing and converting data from the model to easily display data in the view (ViewModel). WPF (Windows Presentation Foundation) technology was used to build the visual interface, which is part of the .NET platform ecosystem and is a subsystem for building graphical interfaces. The multi-level WPF architecture and description of WPF levels are provided: managed API, unmanaged API (integration with DirectX) and operating system and DirectX components.

The MS SQL Server database was used to store structured data sets. The scheme of the data model used by the software package is given.

An example of the development of an Emergency Response Plan for fire actions with the help of a software package is given.

Key words: emergencies, program complex, coordination, emergency response plans.

REFERENCES:

1. Державна служба України з надзвичайних ситуацій, Український науково-дослідний інститут цивільного захисту. Методичні рекомендації щодо розроблення планів з питань цивільного захисту. – Київ, 2015. – 149 с. [Електронний ресурс]. URL: https://undicz.dsns.gov.ua/files/Metodichni_rekomendacii_rozroblennya_planiv.pdf (дата звернення: 01.03.2019).
2. Дубровский А. В., Иванов А. Е., & Никитин В. Н. (2016). Структура программного обеспечения оперативного реагирования и оповещения при возникновении чрезвычайных ситуаций. Интерэкспо Гео-Сибирь, (7), 38-44.
3. Адаменко М.І., Клівець С.І. (2007). Використання комп'ютерних систем підтримки прийняття рішень для моніторингу потенційно небезпечних об'єктів та ліквідації аварій підрозділами МНС України. Системи озброєння і військова техніка, 2(10), 75-77.
4. Мироненко В.К., Кацман М.Д., Мацюк В.І. (2016). Передумови створення системи підтримки прийняття рішень щодо ліквідації наслідків залізничних надзвичайних ситуацій на основі мережецентричних методів управління. Системи обробки інформації, 5 (142), 182-188.

5. Карпик, А. П., Черепанов, Д. А., Дубровский, А. В., Пошивайло, Я. Г., Писарев, В. С., & Кауль, Е. А. (2013). Опыт выполнения работ по разработке эвакуационных планов района расположения АЭС. *Интерэкспо Гео-Сибирь*, (1), 70-80.
6. Microsoft Documentation. The Model-View-ViewModel Pattern. [Електронний ресурс]. URL: <https://docs.microsoft.com/en-us/xamarin/xamarin-forms/enterprise-application-patterns/mvvm> (дата звернення: 10.03.2019).
7. Microsoft Documentation. Introduction to WPF in Visual Studio. [Електронний ресурс]. URL: <https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/framework/wpf/getting-started/introduction-to-wpf-in-vs> (дата звернення: 08.03.2019).



АВТОРИ



Borysova N.	48	Кірюшатова Т.....	39
Melnyk K.	48	Козел В.	58
Melnyk V.	48	Левківський Р.....	4
Ohnieva O.....	18	Петровський А.....	30
Papusha R.	18	Повод Я.	76
Vyshemyrska S.....	18	Сокол І.	4
Гусев В.	4	Соловей О.С.....	86
Захарченко Р.	39	Федоров А.....	96
Кирийчук Д.	106	Чебаненко О.	39
Кирийчук Д.	66	Шерстюк В.....	4, 76



ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ в журналі «Проблеми інформаційних технологій»

Журнал «Проблеми інформаційних технологій» є періодичним науковим журналом, який включено до переліку наукових фахових видань України з технічних наук (Наказ Міністерства освіти і науки України № 820 від 11.07.2016 р.).

Журнал публікує статті з новими науковими результатами в області теоретичних і прикладних проблем сучасних інформаційних технологій, системного аналізу і моделювання за такими групами спеціальностей:

- 121 Інженерія програмного забезпечення.
- 122 Комп'ютерні науки.
- 123 Комп'ютерна інженерія.
- 124 Системний аналіз.
- 125 Кібербезпека.
- 126 Інформаційні системи і технології.

Мінімальний обсяг статті – 8 сторінок. Максимальний – 20 сторінок. Література та анотації також входять до загальної кількості сторінок публікації.

Журнал видається українською, англійською та російською мовами.

Публікація статей здійснюється на платній основі. Розмір внеску за публікацію статті становить 45 грн. за кожну (повну чи неповну) сторінку поданих матеріалів.

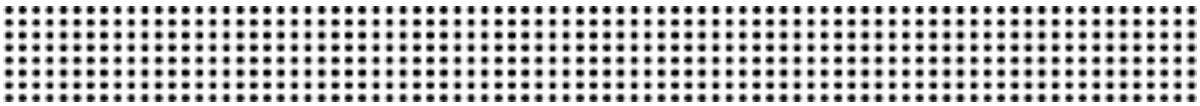
Журнал включено до науково-метричних баз даних, цифрових архівів та бібліотек з безкоштовним on-line-доступом: Index Copernicus, CrossRef, Google Scholar, Directory of Open Access Journals (DOAJ), Research Bible, Open Academic Journals Index (OAJI), РІНЦ (Російський індекс наукового цитування), AcademicKeys, National Library of Ukraine (Vernadsky).

ВИМОГИ ДО ЗМІСТУ Й ОФОРМЛЕННЯ НАУКОВИХ СТАТЕЙ

Наукова стаття в журналі «Проблеми інформаційних технологій» повинна відповідати вимогам п. 3 Постанови ВАК України № 7-05 / 1 від 15.01.2003 року та враховувати вимоги міжнародних наукометричних баз даних (Scopus / Elsevier database, Clarivate Analytics / former Thomson Reuters, Web of Knowledge, CrossRef / Digital Object Identified та ін.) до наукових статей.

Редакційна колегія рекомендує авторам дотримуватися такої структури наукової статті:

1. **Постановка проблеми.** Необхідно розкрити сутність і стан наукової проблеми у загальному вигляді, її теоретичну та (або) практичну значущість, обґрунтувати актуальність дослідження.
2. **Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Необхідно проаналізувати основні положення останніх досліджень і публікацій, що безпосередньо стосуються порушеної проблеми, виокремити невирішені раніше частини загальної проблеми, яким присвячено статтю.
3. **Мета дослідження.** Необхідно висловити основну ідею публікації. Мета дослідження має випливати з постановки проблеми й аналізу останніх досліджень і публікацій, у ній повинно бути чітко визначено кінцевий науковий результат.
4. **Виклад матеріалу дослідження.** Необхідно висвітлити основні положення і результати наукового дослідження.
5. **Висновки.** Необхідно висвітлити найбільш важливі результати дослідження, які містять наукову новизну і мають теоретичне та (або) практичне значення.
6. **Список літератури.** Список літератури повинен бути оформлений у двох варіантах:
 1. відповідно до міжнародного бібліографічного стандарту APA: <https://www.apastyle.org>.
 2. відповідно до ДСТУ 8302.2015 «Інформація та документація. Бібліографічні посилання. Загальні положення та правила складання.».У списку літератури обов'язково повинні бути присутні джерела з досліджуваної проблеми не більше ніж 3-4-річної давності. Не слід обмежуватися цитуванням робіт, які належать тільки одному колективу авторів або дослідницькій групі. Необхідними є посилання на сучасні міжнародні публікації. Статті, які не містять посилань на роботи, опубліковані протягом останнього десятиліття, автоматично вважаються такими, що не відповідають редакційним вимогам.



СТРУКТУРНІ ЕЛЕМЕНТИ НАУКОВОЇ СТАТТІ

Індекс УДК у верхньому лівому куті сторінки (Times New Roman, 12 пт.).

Інформація про авторів (співавторів) статті (ім'я та прізвище мовою статті, науковий ступінь, вчене звання, посада, місце роботи, населений пункт, країна, адреса електронної пошти, ORCID ID) (Times New Roman, 12 пт., вирівнювання – по лівому краю).

Назва статті. Назву статті потрібно подавати напівжирним шрифтом великими літерами з вирівнюванням по центру, без скорочень, зокрема літерних абревіатур. Назва статті повинна відображати зміст дослідження та відповідати його меті, науковим результатам і висновкам. (Times New Roman, 14 пт., напівжирний шрифт).

Анотація мовою статті. Обсяг анотації має становити 2–3 тис. знаків разом із ключовими словами (4–8 слів). (Times New Roman, 12 пт.).

Анотація має містити такі структурні елементи:

- 1) мета статті;
- 2) методи дослідження;
- 3) основні результати дослідження;
- 4) наукова новизна;
- 5) практична значимість.

Перелік ключових слів, який починається зі слів: «Ключові слова:» (Times New Roman, 12 пт., курсив).

Постановка проблеми

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Мета дослідження

Виклад матеріалу дослідження

Висновки

Список літератури

У тексті статті можна подавати ілюстрації. Підпис під ілюстрацією має складатися з чотирьох основних елементів: найменування, що позначається скороченим словом «Рис.»; порядкового номера ілюстрації, який вказується без знаку номера арабськими цифрами; тематичного заголовка ілюстрації, що містить текст зі стислою характеристикою зображення.

Ілюстрації потрібно оформлювати окремими файлами у форматах jpg, tiff, png належної якості. Роздільна здатність має бути не менш як 300 dpi, а розмір зображення – не менш як 1060 x 1410 pixel.

Таблиці необхідно виконувати у текстовому редакторі MS Word 2016.

Кожна таблиця повинна мати порядковий номер і тематичний заголовок, які необхідно розмістити над нею симетрично до тексту.

Формули потрібно подавати за допомогою редактора формул MS Equation 3.0, Math Type.

Також мають бути анотації українською та російською мовами, які за змістом цілком відповідають анотації англійською мовою. Кожна анотація також повинна містити інформацію про авторів, відповідною мовою.

Редакційна колегія не обов'язково поділяє позицію, висловлену авторами у статтях, та не несе відповідальності за достовірність наведених даних, цитат, фактів та посилань.

Редакційна колегія залишає за собою право відхиляти матеріали, що не відповідають редакційним вимогам, мають низький науковий рівень та не пройшли процедуру рецензування.

ВИМОГИ ДО ПОДАННЯ НАУКОВОЇ СТАТТІ

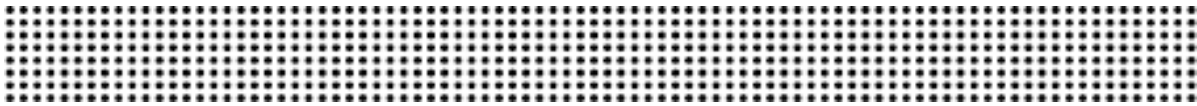
Для опублікування наукової статті на адресу електронної пошти журналу (magazinerpit@ukr.net) необхідно надіслати її електронну версію разом із ілюстраціями, оформленими окремими файлами у відповідних форматах.

Звертаємо увагу!

Автору (співавторам) не потрібно надсилати рецензію, оскільки кожна подана для опублікування наукова стаття проходить анонімне рецензування та перевірку на наявність плагіату.

Вимоги до оформлення файлу:

Текст наукової статті повинен бути надрукований у текстовому редакторі MS Word 2016 (у форматі docx); формат паперу: А4 (210 x 297мм); орієнтація сторінок: книжкова із вирівнюванням по ширині з відступом від лівого краю – 1,25 мм; поля: верхнє, нижнє, праве – 2 см, лівє – 2,5 см; шрифт: Times New Roman (розмір шрифту – 12 pt); міжрядковий інтервал – 1.



У тексті не повинно бути переносів і макросів. У тексті статті виділяються лише назви розділів статті, відповідно до її структури. Інших виділень не має бути.

Формули потрібно подавати за допомогою редактора формул MS Equation 3.0, Math Type. Всі формули вставляються в таблицю з неокресленим контуром, що складається з двох колонок: у першій знаходиться формула без абзацу та вирівняна по центру, в другій - номер формули (якщо такий є) теж без абзацу та з вирівнюванням по правому краю. Кордон між колонками таблиці встановлюється на позначці 14 см. У тексті формули повинні бути виділені зверху і знизу порожнім рядком. Нижче наведено приклад вставки формули:

$\lim_{t \rightarrow 0} \int_0^t \rho dt = \pi^1 0 .$	(1)
---	-----

Параметри в редакторі формул повинні бути такими:

Розміри (опція меню редактора Equation Editor: **РОЗМІР, Визначити ...**):

- .. Звичайний 10 пт.
- .. Великий індекс 7 пт.
- .. Дрібний індекс 5 пт.
- .. Великий символ 16 пт.
- .. Дрібний символ 10 пт.

Стилі (опція меню **СТИЛЬ, Визначити ...**)

- .. Текст Times New Roman
- .. Функція Times New Roman
- .. Змінна Times New Roman
- .. Ряд. грецькі Symbol
- .. Пр. грецькі Symbol
- .. Символ Symbol
- .. Матриця-вектор Times New Roman напівжирний
- .. Числа Times New Roman

1. Таблиці створюються тільки за допомогою Microsoft Word. Передбачається обмеження на кількість (≤5).
2. Сумарний обсяг рисунків і таблиць повинен бути менше 50% обсягу основного розділу.

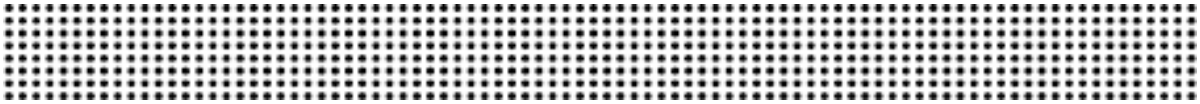
Прохання до авторів суворо дотримуватися вимог редколегії. В іншому випадку Вашу статтю буде відхилено.

У разі необхідності уточнення інформації щодо оформлення статей – зв'язок з відповідальним секретарем журналу
e-mail: magazinepit@ukr.net

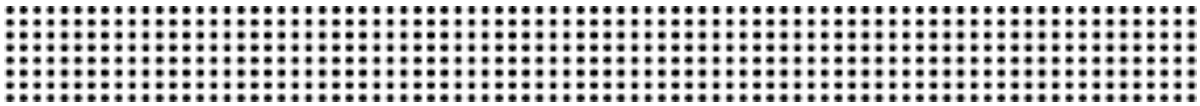
Рукописи авторам не повертаються.

Рукописи для розгляду Редколегією збірника приймаються на кафедрі Програмних засобів і технологій Херсонського національного технічного університету за адресою:

73008, Україна, м Херсон, Бериславське шосе, 24, ХНТУ, корп. 3, ауд. 316.



НОТАТКИ



„ПРОБЛЕМИ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ” №25 /2019/

Свідоцтво про реєстрацію KB №11321-20 IP

.....

ВИДАВЕЦЬ:

Херсонський національний технічний університет

.....

**Адреса редакції: 73008 . . . ,
 . . . , 24, . 3, . 316**

Телефони: 8(0552) 51-57-31, 32-69-66

e-mail: Magazinepit@ukr.net

Підписано до друку 28.04.2019.

Формат видання 60x84/8. Папір офсетний.

Ум. друк. арк. 13,95. Тираж 300 прим.

.....

Друк: «ОЛДІ-ПЛЮС»

вул. Паровозна, 46-А, м. Херсон, 73034

Свідоцтво ДК № 6532 від 13.12.2018 р.

Тел.: +38 (0552) 399-580, +38 (098) 559-45-45,

+38 (095) 559-45-45, +38 (093) 559-45-45

Для листування: а/с 20, м. Херсон, Україна, 73021

E-mail: office@oldiplus.ua