

О. Б. ЗАЧКО, Р. П. ГОЛОВАТИЙ

МУЛЬТИАГЕНТНА МОДЕЛЬ УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОЮ ПРИ ПЛАНУВАННІ ПРОЄКТІВ СТВОРЕННЯ ОБ'ЄКТІВ З МАСОВИМ ПЕРЕБУВАННЯМ ЛЮДЕЙ

Проведений аналіз проблем моніторингу та прогнозу надзвичайних ситуацій в проєктах створення об'єктів з масовим перебуванням людей. Розроблено концептуальну модель одноканальної системи масового обслуговування в проєктах створення об'єктів з масовим перебуванням людей (ОМПЛ). Запропоновано використання та математично описано принцип дії алгоритмів: бджолиних колоній, мурашиних потоків та зозулі у проєктах створення ОМПЛ. Побудовано імітаційну модель життєвого циклу функціонування продукту проєкту створення ОМПЛ.

Ключові слова: об'єкт з масовим перебуванням людей, безпеко-орієнтований підхід, агентне моделювання, управління проєктами.

Проведенный анализ проблем мониторинга и прогноза чрезвычайных ситуаций в проектах создания объектов с массовым пребыванием людей. Разработана концептуальная модель одноканальной системы массового обслуживания в проектах создания объектов с массовым пребыванием людей (ОМПЛ). Предложено использование и математически описан принцип действия алгоритмов: пчелиных колоний, муравьиных потоков и кукушки в проектах создания ОМПЛ. Построена имитационная модель жизненного цикла функционирования продукта проекта создания ОМПЛ.

Ключевые слова: объект с массовым пребыванием людей, безопасность-ориентированный подход, агентное моделирование, управления проектами.

In today's conditions, with increasing of scale of industrialization the Ukraine's major cities, also increases the threat of emergency situations (ES), disasters and accidents at the objects with mass stay of people (OMSP). Inadequate level of paying attention to the exploitation of OMSP at all stages of the project life cycle gives its tangible negative consequences. The analysis of statistics for the last 5-10 years has shown the significant growth of dynamics of mortality after emergencies on enterprises, which shows that in most cases the cause of these deaths is the lack of strict management consistency across all hierarchy management structure that is the project-oriented management, ignorance the rules of fire safety at the workplace, lack of automatic fire alarm systems and alarm systems and extinguishing, especially in the regional context. Therefore, the definition of the concept of objects with mass stay of people using safety-oriented approach will allow them to identify and ultimately increase security at such objects. In the article the literary analysis of the available scientific studies. Developed multi-agent safety management model in planning projects for the creation of objects with mass stay of people.

Keywords: object with mass stay of people, safety-oriented approach, agent-based modeling, project management.

Вступ. В останні роки в Україні збільшується потреба в удосконаленні безпеки функціонування об'єктів з масовим перебуванням людей (ОМПЛ). Однією з головних причин збільшення уваги до стану безпеки споруд даного типу є підвищення індустріалізації міст, зокрема через міграцію сільського населення в обласні центри, підвищення рівня соціального стану населення, пришвидшення темпу життєдіяльності в великих містах, тощо. Пропорційно до розвитку та функціонування ОМПЛ збільшується загроза виникнення надзвичайних ситуацій (НС) в даних спорудах та прилеглих територіях. Сюди можна віднести небезпеку виникнення пожеж, терактів, обвалу частини споруди [1], крадіжок (торгово-розважальні центри), техногенних небезпек тощо. На нашу думку, уніфікуючи ОМПЛ використовуючи безпеко-орієнтований підхід, можна підвищити рівень надійності споруд, мінімізувати кількість виникнення НС та значно зменшити втрати від них. Основна мета роботи на основі теоретико-методологічних основ проєктного управління, розробити концепцію безпеки об'єктів з масовим перебуванням людей.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Світовий досвід управління проєктами та програми в галузі безпеки життєдіяльності засвідчив ефективність від впровадження проєктно-орієнтованого підходу в питаннях безпеки експлуатації ОМПЛ. Проведений інформаційний та літературний аналіз [1–5] підходів до реалізації проєктів та програм у сфері цивільного захисту показав їх орієнтованість на вирішення задач в рамках наявних функцій управління, зокрема управління безпекою та ризиками проєктів

У праці Кобеса [2] звертається увага, що найбільш вагомим аспектом безпеки експлуатації об'єктів з масовим перебуванням людей є можливість вчасно проведеної евакуації, приймаючи до уваги ризики, які можуть виникнути при прямуванні відвідувачів та персоналу ОМПЛ в зону безпеки. Досить часто методи моделювання виникнення НС та практичний досвід наявної небезпеки різняться, через не врахування фактів, які на перший погляд мають незначне значення при плануванні безпеки експлуатації споруди.

В науковій роботі Кенга [3] наводиться аналіз статистичних даних НС, під час яких виникли жертви, в основному внаслідок виникнення обвалу частини будівлі. Для подальшого аналізу і мінімізації кількості жертв, автор пропонує провести класифікацію ОМПЛ, як універсальний засіб для визначення та вивчення властивості просторового функціонування об'єкту з відображенням зв'язків між усіма внутрішніми та зовнішніми впливами на середовище експлуатації ОМПЛ.

Danny Norkin у своїй роботі присвяченій огляду вогнестійкості висотних будівель Великобританії [4] приділяє значну увагу проблемі поліпшення системи безпеки оповіщення жителів будівель та персоналу навколишніх торгових закладів. За словами автора, розуміння того, як люди поведуться в разі пожежі та евакуації має найважливіше значення при уникненні виникнення НС. У статті міститься огляд наявної літератури щодо поведінки людини під час пожежі в ОМПЛ, до прибуття пожежно-рятувальних підрозділів. Отриманні результати представлені у вигляді огляду найважливіших факторів, що визначають успішність уникнення матеріальних та людських жертв.

В науковій праці Зачка О.Б. [5] було запропоновано термінологічний апарат безпеко-орієнтованого управління проектами, який включає нові означення термінів «управління безпекою в проекті», «безпека проекту», «безпека продукту проекту», «безпека експлуатації продукту проекту», «безпека команди проекту», «проект розвитку системи безпеки». Сформульовано припущення про вплив складності проекту на процеси забезпечення безпеки під час його реалізації та на стадії експлуатації кінцевого продукту проекту. Наукові результати, отримані в статті, доповнюють наявну методологію проектного менеджменту та змінюють бачення ціннісних характеристик проекту, враховуючи нову парадигму безпеко-орієнтованого управління проектами.

В роботі [6] професора Кононенка розглядається моделі та методи синтезу методології (як гнучкі системи, так і методології «стандартного» типу) управління проектами з нечіткими вхідними даними. В статті показано, що проблема створення моделі чи методу синтезу методології для конкретно проекту з нечіткими вхідними даними є актуальною та розроблена математична модель та метод вирішення даної проблеми. Проте у роботі не розглядається використання безпеко-орієнтованого підходу на прикладі проектів цивільного захисту, що дає змогу здійснювати подальші наукові дослідження у цьому напрямку.

Професор С.Д. Бушуев у своїй науковій праці [7] розглядає проблему застосування ціннісного підходу та побудови моделі гармонізованої цінності в програмах розвитку фінансових систем в умовах турбулентного оточення. Увага в якості основного інструменту управління розвитком надається інноваційним проектам та програмам збалансованого розвитку, тому застосовування даної моделі для проектів забезпечення безпеки життєдіяльності населення та територій потребує подальшого дослідження.

Професор Дружинін Є.А. створив наукову школу ризик-орієнтованого підходу до управління проектами та програмами розробки складних об'єктів [21]. Наукова школа професора Кошкіна К.В. створила новий підхід [22] до використання когнітивного моделювання для оцінки успішності портфелів проектів підвищення безпеки об'єктів підвищеної небезпеки. В науковій праці Тараканова [23] розроблені алгоритми виявлення коефіцієнтів важливості показників за допомогою шкали визначення пріоритетності завдань, які вирішуються на ділянках ліквідації надзвичайних ситуацій.

Основна частина. Однією з ключових умов постійного зростання економіки, конкурентоспроможності, розвитку будівельних організацій в Україні є проектна діяльність при використанні безпеко-орієнтованого підходу.

Існуючий механізм управління проектною діяльністю при використанні безпеко-орієнтованого підходу будівельних організацій має визначені недоліки [6, 7], що істотно обмежує діяльність керівників проектів в застосуванні методів

господарювання прийнятої системи управління ризиками. Виправданий або допустимий ризик - необхідна складова стратегії і тактики ефективного менеджменту в проектах створення ОМПЛ.

Для мінімізації виникнення надзвичайних ситуацій у проектах створення об'єктів з масовим перебуванням людей, нами рекомендується використовувати методи імітаційного моделювання на всіх стадіях реалізації проектів даного типу (починаючи від фази ініціації) та планово, після завершення реалізації проекту (тестування надійності безпечного функціонування готового продукту проекту). Для розв'язку задач даного типу можемо використати вже відомі новітні [8, 9, 10] методи та алгоритми.

Зокрема на основі одного з методу мультиагетної оптимізації – алгоритму бджолиних колоній. Даний алгоритм базується на моделюванні поведінки бджіл у природному середовищі. Можна провести аналогію у проектах створення об'єктів з масовим перебуванням людей розглядаючи питання автоматизації руху відвідувачів на основі застосування даних сучасних методів оптимізації. Схема руху відвідувачів не є сталим показником, та змінюється інтерактивно, в залежності від особистих вподобань та потреб, впливу зовнішніх факторів ОМПЛ. Описати математично алгоритм бджолиних колоній у проектах створення ОМПЛ можна наступним виразом:

$$V_n^{i+1} = w * V_n^i + c_1 \text{rand}() (p_n - x_n) + c_2 \text{rand}() * (g_n - x_n), \quad (1)$$

де: w – масштабування нової швидкості зі старої;

c_1 – коефіцієнт, котрий визначає яке відношення на відвідувача впливає на його «пам'ять» про найкращу персональну позицію;

c_2 – коефіцієнт, котрий визначає який вплив на відвідувача надають інші зацікавлені сторони проекту;

$\text{rand}(-1;1)$ – функція випадкових чисел від -1 до 1;

$v_{n,i}$ – це швидкість відвідувача ОМПЛ в n -том вимірі на попередньому кроці,

x_n – це координата відвідувача в n -том вимірі,

p_n – найкраща персональна позиція відвідувача ОМПЛ,

g_n – глобальна найкраща позиція відвідувачів ОМПЛ.

Управління безпекою передбачає моніторинг стану на всіх стадіях життєвого циклу проекту. Підвищення надійно безпеки функціонування об'єктів з масовим перебуванням людей можна зробити за допомогою сучасних методів та алгоритмів: алгоритму бджолиних колоній, алгоритм «зозулі», алгоритм мурашиних колоній.

Застосування алгоритму бджолиних колоній при складанні та корегуванні довільного графіку руху відвідувачів дозволить розробити нові системи підтримки прийняття рішень інженерних працівників при безпеко-орієнтованому управлінні, а також надасть можливість корегування в оперативному порядку при безумовному задоволенні потреб в пересуванні відвідувачів та персоналу.

Алгоритм зозулі [8] сформував новий мета-евристичний підхід, який створений для покращення вирішення завдань оптимізації. Даний алгоритм заснований на закономірною розплоду паразитичної поведінки деяких видів зозул в поєднанні з поведінкою польоту стягування деяких птахів і плодівих мушок. Ми маємо можливість перевірити запропонований алгоритм в тестових функціях для поведінки відвідувачів та персоналу ОМПЛ та порівняти його з іншими відомими нам методами та алгоритмами.

Перевагою алгоритму мурашиних колоній [9] є їхня незалежність від конкретного виду цільової функції. Результати деяких експериментальних досліджень довели високу продуктивність цих алгоритмів, а на деяких контрольних прикладах – їх беззаперечну перевагу над існуючими методами.

Імітаційне моделювання у порівнянні з експериментами над реальними об'єктами та системами є більш дешевшим та доступнішим. Моделювання безпечного функціонування ОМПЛ дозволяє оптимізувати складну систему на фазі планування – до її реалізації [11].

Серед основних складових імітаційного моделювання, яке можливо застосовувати у проектах створення об'єктів з масовим перебуванням людей можна виділити:

- Агентне моделювання;
- Системна динаміка;
- Дискретно-подійне моделювання.

Схилиючись до досвіду вітчизняних та закордонних вчених [12,13,14], ми вирішили у наших дослідженнях використовувати метод агентного моделювання, адже підхід при якому обчислюється складна система, яка містить багато агентів, проте моделі використовують прості правила поведінки – є унікальною та дозволяє зекономити час та матеріальні ресурси.

Ідентифікацію об'єкта з масовим перебуванням людей як макросистему можна визначати, враховуючи властивості системи та специфікацію виконуваних завдань, котрі виникають при її дослідженні. ОМПЛ складається з великої кількості взаємодіючих та взаємопов'язаних між собою елементів системи [13], які в загальному виконують складну функцію. Математично систему ОМПЛ у вигляді макросистеми можна відобразити наступним чином:

$$S = \{ \{e\}, \{z\}, \{C\} \}, \quad (2)$$

де e – елемент системи ОМПЛ; z – зв'язок між елементами; C – ціль функціонування.

Для вирішення завдання управління безпекою на ОМПЛ рекомендується використовувати алгоритм [15], згідно якого можлива оцінка безпечного функціонування будівель та споруд. Рівень загрози виникнення надзвичайних ситуацій на території ОМПЛ та прилеглих ділянках розраховуватимемо за наступним співвідношенням:

$$R_{HC} = \sum_{i=1}^n P_i K_i \quad (3)$$

де P_i – ймовірність (можливе значення) виникнення надзвичайної (нештатної) ситуації при реалізації i -го виду небезпеки; K_i – вагомий коефіцієнт i -ої небезпеки (знаходиться у межах від 0 до 1).

Для більш детального ознайомлення з принципами надійного функціонування ОМПЛ при проектно-організаційному управлінні та способами реагування на уникнення виникнення надзвичайних ситуацій у навчальному середовищі рекомендується використовувати метод імітаційного моделювання систем масового обслуговування.

Процес функціонування ОМПЛ розглядатимемо як послідовну схему стану об'єкта в заданому інтервалі часу (T_0, T_1) . Стан досліджуваної макросистеми в будь-який момент часу характеризується набором величин $g_1, g_2 \dots g_n$ [16]. Якщо розглядати процес експлуатації ОМПЛ як послідовну зміну станів, то $g_1(T), g_2(T) \dots g_n(T)$ виявляються функціями часу T . Графічно концептуальну модель системи масового обслуговування в ОМПЛ представлено на рис. 1

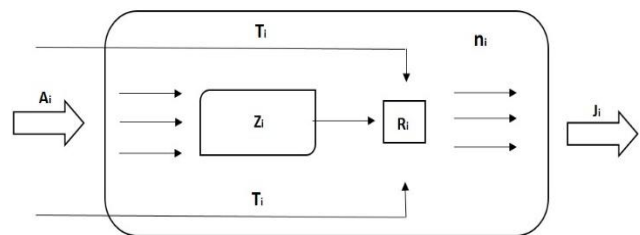


Рис. 1 – Концептуальна модель одноканальної системи масового обслуговування в об'єктах з масовим перебуванням людей, де: J_i – вихідний потік відвідувачів ОМПЛ; T_i – час обслуговування споживачів проекту; Z_i – час очікування обслуговування відвідувачів; A_i – вхідна кількість споживачів проекту, які прибувають за одиницю часу; n_i – кількість споживачів проекту на території ТРЦ; R_i – кількість каналів обслуговування;

Для здійснення експериментального дослідження одноканальної системи масового обслуговування на ОМПЛ використаємо віртуальне середовище AnyLogic. Система володіє безліччю переваг перед аналогами [17]. При розробці інтелектуального моделювання будемо керуватися безпековими принципами описаними у працях присвячених безпечній евакуації з спортивно-видовищних споруд [18] та управлінні концептуальної моделі проекту аеропорту «Львів» [19, 20].

Для формалізації моделі життєвого циклу продукту інфраструктурного проекту використаємо наступну формулу [19]:

$$M = \{ \{A\}, \{PS\}, \{Z\} \}, \quad (4)$$

де, A – множина агентів системи; PS – проектне середовище системи ОМПЛ; Z – системні зв'язки.

Усі агенти середовища проекту безпечної експлуатації ОМПЛ можна описати за допомогою множини п'яти елементів:

$$A_i = \langle S_i, E_{n_i}, E_{x_i}, V_i, P_i \rangle \quad (5)$$

де, S_i – поточний стан досліджуваного агента; E_{n_i} – вхідні дані: кількість працівників, охорони, транспорту, тощо); E_{x_i} – вихідні дані (кількість людей у приміщенні в разі виникнення нештатної ситуації); V_i – вплив внутрішнього та зовнішнього проектного середовища; P_i – процес.

На основі побудованої концептуальної моделі (рис. 1) та співвідношень 3 та 4 побудовано імітаційну модель життєвого циклу функціонування продукту проекту створення ОМПЛ на основі життєвого циклу інфраструктурного проекту функціонування торгово-розважального центру (ТРЦ), як комплексу, що згідно класифікації відноситься до об'єктів з масовим перебуванням людей (рис. 2) за допомогою засобів мультиагентного та дискретно-подійного моделювання.

Розроблення концептуальної та імітаційної моделей проекту створення ОМПЛ при безпеко-орієнтованому управлінні, які зrealізовані та апробовані в віртуальній системі інтелектуального моделювання AnyLogic. Дані дослідження дають змогу моделювати основні безпекові характеристики, що впливають на безпеку функціонування досліджуваного нами об'єкта: критичні стани системи, бізнес-процеси середовища, пропускну здатність ОМПЛ, години пікових навантажень, тощо. Корегуючи параметри вхідних параметрів та задаючи налаштування системи,

враховуючи наші потреби на об'єктах реального типу – ми зможемо отримати результати безпекових характеристик, котрі покажуть функціонування нашої системи в стані «відносного спокою» та в стані виникнення надзвичайної ситуації. Для прикладу на рис. 2, задавши параметри роботи E_n (стала кількість працівників, охорони, персоналу та допоміжного транспорту та модельована кількість відвідувачів, транспорту відвідувачів, тощо) в моделі торгово-розважального центру (не враховуючи сектор продуктивних магазинів), маємо змогу спостерігати «спокійний» стан роботи. Жодна з зон торгово-розважального центру (ТРЦ) не має перезавантаження людьми, кількість охорони задовільна для кожної зони, а рівень забезпечення товарами всього ТРЦ – задовільний (P_i). В разі виникнення надзвичайної ситуації евакуація зі споруди пройде в визначений нормативний час, адже кількість відвідувачів, персоналу та їхнє співвідношення – в задовільному стані (E_x).

Висновки. В статті вирішені актуальні питання в галузі безпеки життєдіяльності будівель і споруд з використанням безпеко-орієнтованого підходу.

Отримані нами результати дадуть змогу підвищити рівень захищеності будівель та споруд категорії ОМПЛ ще на рівні планування проекту. Стратегія безпеко-орієнтованого підходу покращує розуміння проблематики захищеності проектів у сфері цивільного захисту на всіх стадіях життєвого циклу проекту, що дає змогу мінімізувати негативний вплив на функціонування ОМПЛ та своєчасно вплинути на виникнення НС.



Рис. 2 – Імітаційна модель життєвого циклу функціонування продукту проекту створення ОМПЛ

Список літератури

- Zachko, O. B. Методологічний базис безпеко-орієнтованого управління проектами розвитку складних систем [Текст] / О. Б. Зачко // Управління розвитком складних систем. – К. : вид-во КНУБА. – 2015. – Вип. 23 (1). – С. 51–55.
- Kobes, M. Building safety and human behaviour in fire: A literature review [Text] / M. Kobes, I. Helsloot, B. D. Vries, J. G. Post // Fire Safety Journal. – 2010. – № 45.1. – P. 1–11. doi: 10.1016/j.firesaf.2009.08.005
- Kang, Ru. Analysis of the Case of Fire Fighters Casualties in the Building Collapse [Text] / Kang Ru, Gui Fu, Jun Yan // Procedia Engineering. – 2016. – № 135. – P. 342–347. doi.org/10.1016/j.proeng.2016.01.140
- Hopkin, D. A Review of Fire Resistance Expectations for High-Rise UK Apartment Buildings [Text] / D. Hopkin // Fire Technology. – P. 1–20. doi: 10.1007/s10694-016-0571-9
- Зачко, О. Б. Підходи до формування портфелю проектів вдосконалення системи безпеки життєдіяльності [Текст] / О. Б. Зачко, Ю. П. Рак, Т. С. Рак // Управління проектами та розвиток виробництва. – 2008. – № 3 (27). – С. 54–61.
- Kononenko, I. V. Model and method for synthesis of project management methodology with fuzzy input data [Text] / I. V. Kononenko, A. Aghae // Вісник НТУ «ХПБ». Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. – 2016. – № 1 (1173). – С. 9–13. doi: 10.20998/2413-3000.2016.1173.2
- Бушуйев, С. Д. Модель гармонізації цінностей програм розвитку організацій в умовах турбулентності оточення [Текст] / С. Д. Бушуйев, Н. С. Бушуйева, Р. Ф. Ярошенко // Управління розвитком складних систем. – 2012. – Вип. 10. – С. 9–13.
- Vacanic, N. An object-oriented software implementation of a novel cuckoo search algorithm [Text] / N. Vacanic // Proc. of the 5th European Conference on European Computing Conference (ECC'11). – 2011. – P. 245–250.
- Данчук, В. Д. Оптимізації пошуку шляхів по графу в динамічній задачі комівояжера методом модифікованого мурашиного алгоритму [Текст] / В. Д. Данчук, В. В. Сватко // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2012.
- Pham, D. T. Benchmarking and Comparison of Nature-Inspired Population-Based Continuous Optimisation Algorithms [Text] / D. T. Pham, M. Castellani // Soft Computing. – 2013. – P. 1–33. doi: 10.1007/s00500-013-1104-9
- Федяев, О. И. Преимущества агентно-ориентированного моделирования систем с распределённым интеллектом [Текст] / О. И. Федяев, Ю. В. Зудикова // Моделирование та комп'ютерна графіка: матер. 4 Міжнар. наук.-техн. конф. – Донецьк : ДоНТУ. – 2011. – С. 56–58.
- Gustafsson, L. Consistent micro, macro, and state-based population modelling [Text] / L. Gustafsson, M. Sternad // Mathematical Biosciences. – 2010. – № 225 (2). – P. 94–107. doi:10.1016/j.mbs.2010.02.003. PMID 20171974.
- Agent-Based Models of Industrial Ecosystems [Text]. – Rutgers University, 2003.
- Bonabeau, E. Agent-based modeling: Methods and techniques for simulating human systems. [Text] / E. Bonabeau // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 99 (National Academy of Sciences) – 2002. – P. 72–80. doi:10.1073/pnas.082080899. PMC 128598. PMID 12011407.
- Минаев, В. А. Методика оценки геоэкологического риска и геоэкологической безопасности ландшафтно-территориальных комплексов [Текст] / В. А. Минаев, А. О. Фаддеев // Матер. XVII науч.-техн. конф. "Системы безопасности". – М. : Академия ГПС МЧС России, 2008. – С. 96–102.
- Бушуйев, С. Д. Креативные технологии управления проектами и программы [Текст] : монографія / С. Д. Бушуйев [та ін.]. – К. : «Саммит-Книга», 2010. – 768 с. : ил.
- Маликов, Р. Ф. Практикум по имитационному моделированию сложных систем в среде AnyLogic 6 [Текст] : учеб. пособие / Р. Ф. Маликов. – Уфа : Изд-во БГПУ, 2013. – 296 с.
- Рак, Ю. П. Забезпечення умов пожежної безпеки при експлуатації спортивно-видовищних споруд на концептуальній стадії життєвого циклу проекту [Текст] / Ю. П. Рак, С. Д. Дмитровський, О. Б. Зачко, А. І. Івануса // Пожежна безпека. – 2011. – № 18. – С. 51–57.
- Зачко, О. Б. Інтелектуальне моделювання параметрів продукту інфраструктурного проекту (на прикладі аеропорту «Львів») [Текст] / О. Б. Зачко // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2013. – № 1/10 (61). – С. 92–94.
- Рак, Ю. П. Безпеко-орієнтоване управління регіональними проектами захисту критичних інфраструктур засобами системи 112 [Текст] / Ю. П. Рак, О. Б. Зачко, Д. С. Кобилкін, Р. П. Головатий // Управління проектами та розвиток виробництва : зб. наук. пр. – Луганськ : вид-во СНУ ім. В. Даля. – 2016. – № 1 (57). – С. 49–55.
- Федорович, О. Е. Информационные технологии организационного управления сложными социотехническими системами [Текст] / О. Е. Федорович, Н. В. Нечиторук, Е. А. Дружинин, А. В. Прохоров. – Х. : Нац. аэрокосм. ун-т "Харьк. авиац. ин-т", 2004. – 295 с.
- Григорян, Т. Г. Применение когнитивного моделирования в оценке портфелей проектов повышения безопасности АЭС [Текст] / Т. Г. Григорян, Е. А. Квасневский, К. В. Кошкин // Управління проектами та розвиток виробництва. – 2012. – № 2. – С. 73–77.
- Семенов, А. О. Алгоритм многокритериального выбора вариантов расстановки сил и средств при тушении пожаров с применением имитационного моделирования [Электронный ресурс] / А. О. Семенов, Д. В. Тараканов // Технологии техносферной безопасности: Интернет журнал. – 2011. – Вып. 4 (38). – 6 с. – Режим доступа : http://ipb.mos.ru/ttb/2011-4. – 0421100050/0058.

References (transliterated)

- Zachko O. B. The methodological basis of confidence-oriented project management of complex systems. *Managing the development of complex systems*. Kyiv, publishing house KNUBA, 2015, vol. 23 (1), pp. 51–55.
- Kobes M., Helsloot I., Vries B. D., Post J. G. Building safety and human behaviour in fire: A literature review. *Fire Safety Journal*. 2010, no. 45.1, pp. 1–11. doi.org/10.1016/j.firesaf.2009.08.005
- Kang Ru, Gui Fu, Jun Yan. Analysis of the Case of Fire Fighters Casualties in the Building Collapse. *Procedia Engineering*. 2016, no. 135, pp. 342–347. doi.org/10.1016/j.proeng.2016.01.140
- Hopkin D. A Review of Fire Resistance Expectations for High-Rise UK Apartment Buildings. *Fire Technology*, pp. 1–20. doi.org/10.1007/s10694-016-0571-9
- Zachko O. B. *Models, mechanisms and IT portfolio management of complex regional systems for life safety*. LDUBGD, 2015. 125 p.
- Kononenko I. V. Aghae A. Model and method for synthesis of project management methodology with fuzzy input data. *Vesmik NTU "KPI". Ser : Strategic management, portfolio management, programs and projects*. 2016, no. 1 (1173), pp. 9–13. doi.org/10.20998/2413-3000.2016.1173.2
- Bushuyev S. D., Yaroshenko R. F. Model harmonization Nations Development Programme values in the turbulent environment. *Management of development folding systems*. 2012, vol. 10, pp. 9–13
- Vacanic N. An object-oriented software implementation of a novel cuckoo search algorithm. *Proc. of the 5th European Conference on European Computing Conference (ECC'11)*. 2011, pp. 245–250.
- Danchuk V. D., Svatko V. V. Optimization of finding ways to count in a dynamic traveling salesman problem by a modified ant algorithm. *System Research and Information Technologies*. 2012.
- Pham D. T., Castellani M. Benchmarking and Comparison of Nature-Inspired Population-Based Continuous Optimisation Algorithms. *Soft Computing*. 2013, pp. 1–33. doi.org/10.1007/s00500-013-1104-9
- Fedyayev, O. I. Zudikova Y. The benefits of agent-Oriented Modeling systems with distributed intelligence. *Modelyuvannya i Komp'yuterniy grafika: mater. 4 Mizhnar. Sciences. Tehn. Conf.* Donetsk., 2011, pp. 56–58.
- Gustafsson L., Sternad M. Consistent micro, macro, and state-based population modelling. *Mathematical Biosciences*. 2010, no. 225 (2), pp. 94–107. doi:10.1016/j.mbs.2010.02.003. PMID 20171974.
- Agent-Based Models of Industrial Ecosystems*. Rutgers University. 2003.
- Bonabeau E. (May 14.). Agent-based modeling: Methods and techniques for simulating human systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 99 (National Academy of Sciences)*. 2002, pp. 72–80. doi:10.1073/pnas.082080899. PMC 128598. PMID 12011407.
- Minaev V. A., Faddeev A. O. Methods geo-environmental risk assessment and geo-ecological security landscape-territorial

- complexes. *Mater. XVII scientific and engineering. Conf. "Security Systems"*. Moscow, Academy of FMS MOE Russia, 2008, pp 96–102.
16. Bushuyev S. D. *Creativnie tehnologii upravleniya proektami I programami* [Creative technologies of project and program management]. Kyiv, "Summit Book", 2010. 768 p.
 17. Malikov R.F. *Workshop on simulation of complex systems in environment AnyLogic 6*. Ufa, Publishing House of the Belarusian State Pedagogical University, 2013. 296 p.
 18. Rak Yu. P., Dmitrov S. D., Zachko O. B., Ivanusa A. I. Ensuring fire safety conditions for the operation of sports and entertainment facilities at the conceptual stage of the project life cycle. *Fire safety*. 2011, no. 18, pp. 51–57.
 19. Rak Yu. P., Zachko O. B., Kobylkin D.S., Golovaty R.R. Safety-oriented management of regional projects critical infrastructure protection by means of 112. *Project management and development of production: Coll. Science. pr.* Lugansk, publishing house EUNU. Dal, 2016, no. 1 (57), pp. 49–55.
 20. Zachko O.B. Predictive modeling parameters product infrastructure project (for example, the airport "Lviv"). *Eastern European Journal of advanced technologies*. 2013, no. 1/10 (61), pp. 92–94.
 21. Fedorovich O. E., Nechiporuk N. V., Druzhinin E. A., Prokhorov A. V. *Information technology management organizational complex socio-technical systems*. Kharkiv, Nat. aerokosm. Univ "Kharkiv. aviation. Inst", 2004. 295 p.
 22. Grigoryan T. G., Kwasniewski E. A., Koshkin K. V. Application of cognitive modeling in the evaluation of portfolios of AES safety enhancement. *Project management and production development*. 2012, no. 2, pp. 73–77.
 23. Semenov A. O., Tarakanov D. V. Algorithm of multi-choice forces gokriterialnogo placement options and means to extinguish the fire with it primeneni- simulation. *Technospheric Security Technology: Internet magazine*. 2011, vol. 4 (38). 6 p. Available at: [http // ipb.mos.ru / ttb / 2011- 4. - 0421100050/0058](http://ipb.mos.ru / ttb / 2011- 4. - 0421100050/0058).

Надійшла (received) 07.12.2016

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Мультиагентна модель управління безпекою при плануванні проектів створення об'єктів з масовим перебуванням людей / О. Б. Зачко Р. Р. Головатий // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. – X. : НТУ «ХПІ», 2017. – № 2 (1224). – С. 46–51. – Бібліогр.: 23 назв. – ISSN 2311–4738.

Мультиагентная модель управления безопасностью при планировании проектов создания объектов с массовым пребыванием людей / О. Б. Зачко Р. Р. Головатый // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. – X. : НТУ «ХПІ», 2017. – № 2 (1224). – С. 46–51. – Бібліогр.: 23 назв. – ISSN 2311–4738.

Multi-agent model of safety management in planning projects for the creation of objects with mass stay of people / O. B. Zachko, R. R. Golovaty // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Strategic management, portfolio, program and project management. – Kharkov : NTU "KhPI", 2017. – No. 2 (1224). – P. 46–51. – Bibliogr.: 23. – ISSN 2311–4738.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Зачко Олег Богданович – доктор технічних наук, доцент, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів, професор кафедри Управління проектами, інформаційних технологій та телекомунікацій; тел.: (067) 688–00–60; e-mail: zachko@ukr.net.

Зачко Олег Богданович – доктор технических наук, доцент, Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности, г. Львов, профессор кафедры Управления проектами, информационных технологий и телекоммуникаций; тел. : (067) 688–00–60; e-mail: zachko@ukr.net.

Zachko Oleg Bogdanovich – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Lviv State University of Life Safety, Lviv, Professor of the Department of project management, information technologies and telecommunications; tel. : (067) 688–00–60; e-mail: zachko@ukr.net.

Головатий Роман Русланович – Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів, ад'юнкт кафедри управління проектами, інформаційних технологій та телекомунікацій; тел.: (063) 499–65–40; e-mail: roman@golovaty.com.

Головатый Роман Русланович – Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности, г. Львов, адъюнкты кафедры управления проектами, информационных технологий и телекоммуникаций; тел. : (063) 499–65–40; e-mail: roman@golovaty.com.

Golovaty Roman Ruslanovych – Lviv State University of Life Safety, Lviv, Adjunct of the Department of project management, information technologies and telecommunications; tel.: (063) 499–65–40; e-mail: roman@golovaty.com.