

*В. М. Меленчук*  
(Військова академія, м. Одеса)

### **МОДЕЛЬ ОЦІНКИ РИЗИКІВ ПРОЕКТІВ/ПРОГРАМ/ПОРТФЕЛІВ ТРАНСПОРТНОЇ ЛОГІСТИКИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ НЕЧІТКОГО ЛОГІЧНОГО ВИВЕДЕННЯ**

Розглянуто завдання автоматизації оцінки ризиків проектів/програм/портфелів у вантажних перевезеннях автотранспортом військових формувань та правоохоронних органів за встановленими показниками проектів/програм/портфелів. Виявлено нелінійний характер залежності між вхідними змінними та кінцевою оцінкою ризиків. Запропоновано модель оцінки ризиків проектів/програм/портфелів з перевезення вантажів на підставі нечіткого логічного виведення. Застосування моделі на відміну від існуючих дає можливість: використання якісних показників; урахування неточної, приблизної інформації тощо, про значення ознак; знань фахівців з автотранспорту та автомобільного господарства, управління проектами/програмами/портфелями – експертів, які подаються у вигляді нечітких правил виведення; отримання більш якісної оцінки ризику, що досліджується під час оцінки проектів. Здійснено її реалізацію на прикладі відомого та авторського програмного забезпечення у вигляді систему нечіткого логічного виведення Мамдани. Проведено експериментальне дослідження, яке показало підвищення достовірності та зменшення часу щодо оцінки проектів з вантажних перевезень.

**Ключові слова:** автотранспорт, логістика, проект/програма/портфель, ризик, модель, нечіткий логічний вивід.

*В. М. Меленчук*

### **МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ РИСКОВ ПРОЕКТОВ/ПРОГРАММ/ПОРТФЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЕТКОГО ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА**

Рассмотрены задачи автоматизации оценки рисков проектов/программ/портфелей грузовых перевозок автотранспортом военных формирований и правоохранительных органов по установленным показателям проектов/программ/портфелей. Выявлено нелинейный характер зависимости между входными переменными и конечной оценкой рисков. Предложена модель оценки рисков проектов/программ/портфелей по перевозке грузов на основании нечеткого логического вывода. Применение модели в отличие от существующих позволяет: использование качественных показателей; учета неточной, приблизительной информации и т.п., о значении признаков; знаний специалистов в области автотранспорта и автомобильного хозяйства, управления проектами/программами/портфелями – экспертов, которые подаются в виде нечетких правил вывода; получения более качественной оценки риска, который исследуется при оценке проектов. Осуществлена ее реализация на примере известного и авторского программного обеспечения в виде системы нечеткого логического вывода Мамдани. Проведено экспериментальное исследование, которое показало повышение достоверности и уменьшение времени оценки проектов по грузовым перевозкам.

**Ключевые слова:** автотранспорт, логистика, проект/программа/портфель, риск, модель, нечеткий логический вывод.

## MODEL OF RISK ASSESSMENT IN TRANSPORT LOGISTIC PROJECTS / PROGRAMS / PORTFOLIOS USING FUZZY INFERENCE

The problems of automation of risk assessment of projects/programs/portfolios in transport logistic of military units and law enforcement agencies have been analyzed. A non-linear nature of the relationship between the input variables and the final risk assessment parameters has been revealed. A model of risk assessment in transport logistic projects / programs / portfolios using fuzzy inference has been suggested. The model allows to use the quality indicators; to account inaccurate, approximate information, etc. about signs meaning; to use experts knowledge in the field of road transport and road management, project/program/portfolio management; to receive more qualitative risk assessment, which is studied in the evaluation of projects. The experts can be served in the form of fuzzy inference rules. The model has been implemented on the example of the known software and on the example of software, that was offered by the author in Mamdani system of fuzzy inference. The experimental study has showed increasing of reliability and time reducing in the process of risk assessment transport logistic projects.

**Key words:** transport logistic, project / program / portfolio, risk, model, the fuzzy inference.

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** За останні 2 роки кількість вантажоперевезень для потреб військових формувань та правоохоронних органів (далі – ВФПО), підвищилась у рази. Спостерігається також стійка тенденція збільшення перевезення особового складу, зброї, техніки, продуктів харчування, обмундирування та боєприпасів тощо. Сучасні умови існування ВФПО потребують підвищення забезпечення виконання завдань щодо безпекового та оборонного характеру. Першочерговим напрямком є управління проектами/програмами/портфелями (далі – проектами), впровадження сучасних підходів у тому числі логістики [1]. Особливості діяльності ВФПО мають елементи невизначеності, зростають зони ризикових ситуацій. Функціонування ВФПО просто неможливе без ризику. Важливим елементом управління ризиками є оцінка. Оцінка ризиків полягає у виявленні за характерними (типовими) ознаками елементів, етапів проектів, які відбуваються з відхиленням від запланованого. Аналіз автомобільного господарства ВФПО свідчить, що одним із найскладніших питань з точки зору формалізації є перевезення вантажів [2].

**Постановка завдання.** Здійснення оцінки ризиків є складовою інформаційно-аналітичної підтримки персоналу, який займається проектами, та передбачає оперативну обробку значної кількості різноманітної інформації. Це потребує застосування математичних моделей та методів з подальшим впровадженням у відомчі інформаційно-телекомунікаційні системи.

Формулювання математичної задачі з оцінки ризику проектів/програм/портфелів щодо вантажних перевезень автотранспортом ВФПО, виходячи з її особливості, пропонується зробити шляхом оцінки нелінійного об'єкта, на вході якого множина вхідних змінних  $X=\{x_i\}$  та однією вихідною змінною  $y$ :

$$y=f_y(x_1, x_2, \dots, x_n) . \quad (1)$$

Як вхідні змінні виберемо ознаки ризику. Вихідна змінна  $y$  є показником ступеня ризику втрат, або невиконання завдання, щодо застосування того чи іншого проекту.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Для надійної оцінки ризиків перевагу віддають різноманітним методам їх кількісного аналізу.

У роботі [3] подано дослідження, що стосується класифікації ризиків проектів. У роботі [4] розроблені методологічні основи, принципи, методи, моделі й інформаційна технологія ризик-орієнтованого підходу, які забезпечують вирішення задач управління ризиками, ресурсами, фінансами, строками і якістю проектів і програм розвитку техніки, стійких до

проявів ризиків. Слід відмітити, що вирішенню завдань кількісної оцінки ризиків приділено недостатню увагу.

Зазвичай для кількісної оцінки ризиків найчастіше використовують апарат теорії ймовірностей та математичної статистики [5; 6]. Однак, урахувавши, що прийняття рішень з оцінки ризику проектів щодо перевезень вантажів відбувається в умовах невизначеності, нечіткості та неповноти інформації тощо, застосування статистично-ймовірнісних методів стає неадекватним. У даному випадку заслуговує на увагу нечітке моделювання, яке дає змогу врахувати множину різних якісних та кількісних чинників, які впливають на процеси прийняття рішень.

У роботі [7] розглянуті інтелектуальні методи й моделі підтримки процесу управління проектами. Особлива увага приділена методам нечіткої логіки та когнітивного моделювання. Визначені моделі реалізації процесу управління проектами. У той же час питання оцінки ризиків проектів із застосуванням методів нечіткої логіки не розглядаються. Відсутні роботи щодо проектної діяльності розвитку автотранспорту ВФПО.

Таким чином, на даний час відсутні методиками які впроваджують запропонований підхід (1), а існуючі не дають змоги здійснити адекватну оцінку для оцінки ризиків проектів з перевезення вантажів у ВФПО.

**Мета статті** – дослідження використання методологічного апарату теорії нечіткої логіки щодо оцінки ризиків проектів з перевезень, які здійснюються автотранспортом ВФПО.

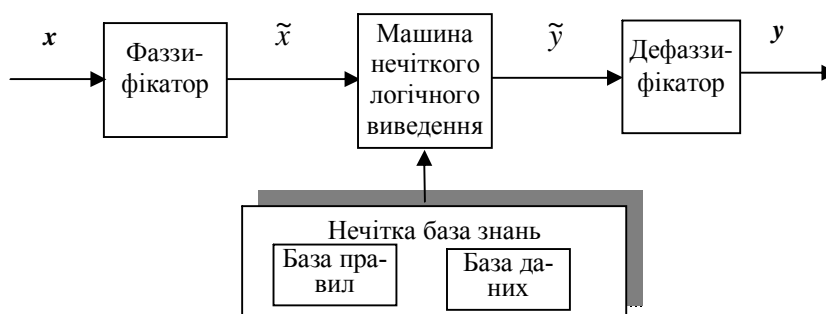
**Виклад основного матеріалу.** Перш за все більш детально розглянемо завдання, які постають перед ВФПО. Проектом можна вважати випадок, коли вантаж, особовий склад тощо, необхідно перевезти з точки А у точку В. Необхідно прийняти раціональне рішення: стосовно організації перевезення, вибору маршруту на підставі оцінки ризику. Як правило, відповідне рішення приймається на підставі інформації про: характеристики транспортних засобів, які перевозять вантажі; самі вантажі, що переміщуються; характеристики доріг; характеристики безпеки району тощо. Особа, що приймає рішення, інформацію отримує в оперативному або плановому порядку.

Основою для прийняття рішення щодо перевезення вантажів є інструктивно-керівний матеріал та прецеденти, що відбулися у минулому, які трансформуються у досвід. Необхідно формалізувати правила перевезень на підставі цього досвіду.

Для цього запропоновано підхід, який був представлений у роботі Андрощука О.С. [8]. Сутність полягає у застосуванні нечіткого логічного виведення для побудови моделі щодо оцінки ризику проектів з перевезень вантажів, які переміщуються з одного місця в інше, згідно з постановкою математичної задачі (1). Нечіткий логічний вивід, згідно з [9], полягає у апроксимації залежності “входи-виходи” на основі лінгвістичних залежностей «ЯКЩО–ТО». Наприклад, якщо автотранспортний засіб має велику вантажність, вантаж має великий об’єм та велику вагу, а дорожнє покриття має високу якість, то ризик не доставки вантажу є низьким.

Класична структура запропонованої системи нечіткого логічного виведення містить такі складові, які представлені на рис. 1 [9].

Формалізація моделі передбачає вибір та інтерпретацію вхідних та вихідних змінних відповідної системи нечіткого логічного виведення. Визначення можливості доставки вантажу до точки призначення вчасно розглянемо на прикладі. Нечітка модель буде описуватись 3 вхідними та 1 вихідною змінною.



**Рисунок 1** – Типова архітектура системи нечіткого логічного виведення

У цьому випадку вхідними змінними є:

– рівень технічного стану автотранспортного засобу (далі – АТЗ), що перевозить вантаж (ТСАТЗ) – ( $x_1$ ): технічний стан АТЗ визначається: коефіцієнтом технічної готовності АТЗ, пробігом АТЗ; запасом ходу; вантажопідйомністю АТЗ тощо. Зрозуміло, що чим вищою є оцінка, тим більш імовірно, що вантаж буде доставлено вчасно;

– швидкісний показник руху АТЗ (ШПРАТЗ) – ( $x_2$ ): середньотехнічна швидкість руху; час простою АТЗ під вантажними операціями; плече підвозу тощо. Чим вищою є оцінка, тим більш імовірно, що АТЗ доставить вантаж вчасно;

– ступінь безпеки автошляху (СБАШ) – ( $x_3$ ): якість шляхового покриття (руйнування, ґрунтова поверхня тощо); наявність диверсійно-розвідувальних груп у районі перевезень. Чим вищою є оцінка, тим більш імовірно, що вантаж бути доставлено вчасно.

Для різних проектів, надалі, моделі можуть містити інші показники.

Вихідна змінна визначає ступінь вчасної доставки вантажу (СВДВ) – ( $y$ ) [4]: “майно”, “особовий склад”, “боеприпаси” тощо. Її значення впливає на рішення стосовно вибору АТЗ, вибору укладки вантажу, вибору маршруту руху тощо.

У нечіткій моделі оцінки ризику проекту щодо вчасної доставки вантажів до пункту призначення всі змінні подаються як лінгвістичні, універсальна множина яких  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$  вимірюється у відносних одиницях, наприклад від 0 до 1 або в балах від 0 до 10, керівною особою на підставі її знань та досвіду.

У якості терм-множини першої вхідної змінної “ТСАТЗ” будемо використовувати множину  $L_1 = \{\text{“низький”}, \text{“середній”}, \text{“високий”}\}$  рівень технічного стану.

Побудову функцій належності термів “низький”, “середній”, “високий”, що використовуються для лінгвістичної оцінки змінної “ТСАТЗ”, можна здійснити за допомогою методу статистичної обробки експертної інформації, який поданий у [9].

Функції належності термів розраховуються за формулою

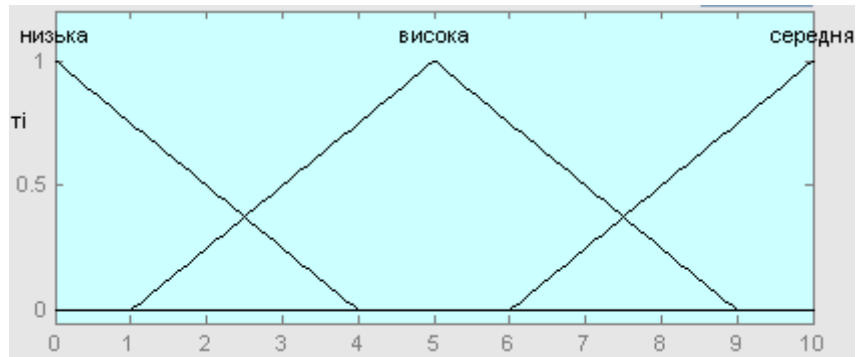
$$\mu_j(u_i) = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K b_{j,i}^k, \quad (2)$$

де  $K$  – кількість експертів;  $b_{j,i}^k$  – думка  $k$ -го експерта про наявність в елемента  $u_i$  універсальної множини властивостей нечіткої множини лінгвістичних термів,  $k=1 \dots K, j=1 \dots m, i=1 \dots m$ .

Приймемо, що оцінки експертів є бінарними, тобто:  $b_{j,i}^k \in \{0, 1\}$ , де 1 (0) указує на наявність (відсутність) в елемента властивостей нечіткої множини  $\tilde{l}_j$ .

У якості терм-множини другої змінної “ШПРАТЗ” до перевезення вантажів використовувати аналогічну множину  $L_2 = \{\text{“низька”}, \text{“середня”}, \text{“висока”}\}$  швидкість руху АТЗ; третьої змінної “СБАШ” – множину  $L_3 = \{\text{“низька”}, \text{“середня”}, \text{“висока”}\}$  ступінь безпеки.

У якості терм-множини вихідної змінної “СВДВ”  $L_6 = \{\text{“низька”}, \text{“середня”}, \text{“висока”}\}$  ступінь доставки вантажу вчасно будемо використовувати множину із функціями належності, що подані на рис. 2.



**Рисунок 2** – Функції належності термів лінгвістичної змінної “СВДВ”

Нечітка база знань будується на підставі опитування експертів. Для оцінки ризику вчасної доставки вантажу застосовуються правила, які витікають з досвіду експертів. Для визначення кількості правил, необхідних для опису  $n$  вхідних змінних, з використанням  $m$  термів, визначається за виразом  $R=m^n$  та дорівнює, у нашому прикладі, 27. Фрагмент бази знань подано в табл. 1.

У якості схеми нечіткого логічного виведення пропонується використовувати метод Мамдані, тому методом активації буде  $\min$ , який розраховується за формулою [9]:

$$\mu_{A \rightarrow B}(x, y) = \mu_A(x) \wedge \mu_B(y) = \min(\mu_A(x), \mu_B(y)) \quad (3)$$

Наступний крок – визначення методу агрегування підумов. У якості методу агрегування будемо використовувати операцію  $\min$ -кон’юнкції, тому що в усіх правилах як логічна зв’язка для підумов застосовується лише нечітка кон’юнкція (операція “І”). Для акумуляції закінчень правил пропонується використовувати  $\max$ -диз’юнкції, які також застосовуються у випадку схеми нечіткого логічного виведення методом Мамдані. Виберемо, метод центру тяжіння у якості методу дефазифікації за формулою [9]:

$$y_0 = \frac{\int y \mu(y) dy}{\int \mu(y) dy} \quad (4)$$

**Таблиця 1**

*Евристичні правила щодо оцінки ризику проекту з доставки вантажів*

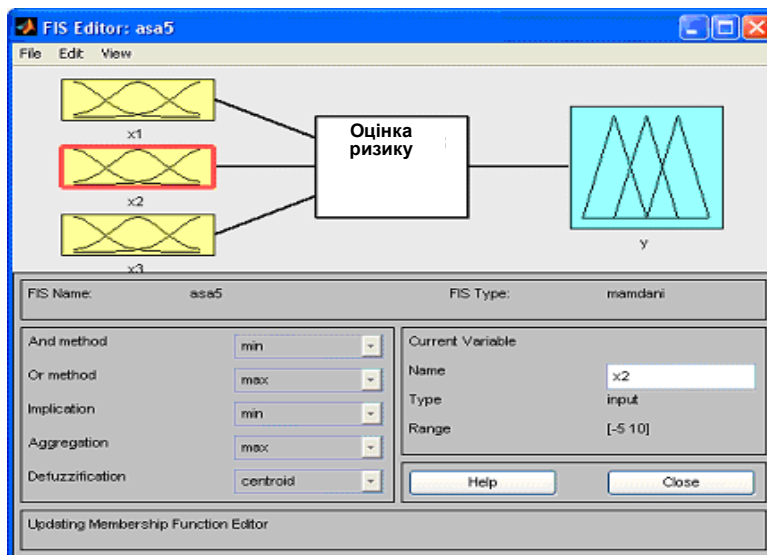
ЯКЦО			ТО
$x_1$ – ТСАТЗ	$x_2$ – ШПРАТЗ	$x_3$ – СБАШ	$y$ – СВДВ
низький	низька	низька	низький
низький	низька	середня	низький
...	...	...	...
високий	висока	низька	високий
високий	висока	середня	високий
високий	висока	висока	високий

Реалізацію моделі оцінки ризиків проектів з перевезення вантажів реалізовано на базі пакету MATLAB 7.0.1. Вид графічного інтерфейсу редактора FIS для 3 вхідних змінних і 1 вихідної зображено на рис. 4.

Для вирішення поставленого завдання нечіткого моделювання використовуємо систему нечіткого логічного виведення Мамдані. Параметри нечіткої моделі: логічні операції ( $\min$  – для нечіткого логічного “І”,  $\max$  – для нечіткого логічного “АБО”), метод імплікації ( $\min$ ), метод агрегування ( $\max$ ) і метод дефазифікації ( $\text{centroid}$ ). Побудуємо функції належності термів для кожної з 3 вхідних і 1 вихідної змінної. Задамо 27 правил для системи нечіткого виведення згідно з табл. 2.

Виконаємо аналіз побудованої моделі аналізу ризиків проектів з перевезення вантажів. Сформулюємо правила, запишемо такі значення вхідних змінних: вхідна змінна “ТСАТЗ” ( $x_1$ ) дорівнює 8 балів, вхідна змінна “ШПРАТЗ” ( $x_2$ ) – 8 балів, значення змінної “СБАШ” ( $x_3$ ) – 3 бали. Можна передбачити високий ступінь вчасної доставки вантажів.

В результаті отримуємо значення вихідної змінної “СВДВ” ( $y$ ), яке дорівнює 6,25, така оцінка вказує на високий ступінь вчасної доставки вантажу до точки призначення.



*Рисунок 3 – Скрін-шот визначення вхідних і вихідних змінних системи нечіткого виведення “Оцінка ризику проектів з доставки вантажу”*

У наступному проекті значення вхідних змінних:  $x_1 = 3$ ,  $x_2 = 2$ ,  $x_3 = 6$ . У результаті вихідна змінна у набуває значення 4,01, що вказує на низький ступінь вчасної доставки вантажу за іншим проектом.

Порівняння результатів розробленої моделі для двох проектів свідчить, що граничне значення вихідної змінної “СВДВ”, яке впливає на рішення щодо вчасної доставки вантажу, може бути вибране в межах 5 балів.

Впровадження розробленої моделі на практиці здійснено у вигляді програмного модуля “Оцінка ризику проектів з доставки вантажу”, який запропоновано включити до складу інформаційно-телекомунікаційних систем Збройних Сил України та інших ВФПО.

Перевірку адекватності розробленої моделі нечіткого логічного виведення здійснено за допомогою експерименту. Експеримент проводився на базі кафедри автомобільної техніки Військової академії м. Одеса. Для експерименту були відібрані дані щодо доставки вантажів, які відбувались у зоні антитерористичної операції у різний час.

У завдання слухачів входило оцінити проект доставки вантажу та віднести його до однієї з двох категорій без застосування засобів автоматизації, та із застосуванням програмного модуля на підставі існуючої моделі.

Показники, які оцінювались під час експерименту: час оцінки проекту; якість оцінки проекту – оцінка ризику доставки вантажу збігається з відомою (правильне рішення), оцінка не збігається (неправильне рішення).

Експеримент показав, час на оцінку ризику проекту знижується у 1,25 рази, якість оцінки проекту збільшується у 1,7 рази порівняно з оцінкою ризиків проектів без засобів автоматизації.

**Висновки.** Таким чином, розроблено модель нечіткого логічного виведення щодо оцінки ризику проектів щодо вчасної доставки вантажів, які здійснюються АТЗ ВФПО, здійснено її впровадження та експериментальну перевірку. Застосування цієї моделі на відміну

від існуючих дає можливість: використання якісних показників; урахування неточної, приблизної інформації про значення ознак; використання знань фахівців з автотранспорту та автомобільного господарства, управління проектами/програмами/портфелями – експертів, які подаються у вигляді нечітких правил виведення; отримання більш якісної оцінки ризику, що досліджується під час оцінки ризиків. Впровадження цієї моделі у склад програмно-алгоритмічного забезпечення інформаційно-телекомунікаційних систем ВФПО дасть змогу скоротити час на оцінку ризиків проектів.

Запропонований підхід потребує розробки методів формалізації знань і досвіду, накопичених експертами (офіцерами штабів, керівниками підрозділів (органів, управлінь); викладачами навчальних закладів; розробниками інформаційно-телекомунікаційних систем ВФПО), що є перспективною подальших досліджень у цьому напрямку.

### Список літератури:

1. Андрощук О. С. Модель оцінки ризиків проектів та програм впровадження логістичних систем автотехнічного забезпечення військових формувань та правоохоронних органів / О. С. Андрощук, В. М. Меленчук // Зб. наук. пр. Національної академії Державної прикордонної служби України. Серія : військові та технічні науки / [гол. ред. Олексієнко Б. М.]. – Хмельницький : Видавництво НАДПСУ, 2015. – № 2(64). – 248 с. – С. 91-105.
2. Дымарь Ю. Л. Воинские автомобильные перевозки: учебное пособие / Ю.Л. Дымарь, В.Н. Цыганков, И.А. Немов. – Минск: БНТУ, 2012. – 216 с.
3. Данченко О. Б. Класифікація відхилень в проектах: ризику, проблеми, зміни / О. Б. Данченко // Вісник ЛДУ БЖД . – №9, 2014. – С. 72-79.
4. Дружинін Є. А. Методологічні основи ризик-орієнтованого підходу до управління ресурсами проектів і програм розвитку техніки. Дис. д-ра ... наук. 05.13.22. – Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського “Харківський авіаційний інститут”, Харків, 2006.
5. Балдин К. В. Риск-менеджмент : учебное пособие / К. В. Балдин. – М. : Эксмо, 2006. – 368 с.
6. Head G. L. Essentials of Risk Management / G. L. Head, I. I. Horn. – Insurance Institute of America. – 1994. – 230 p.
7. Корольов О.Л. Інтелектуальні методи моделювання процесів управління проектами / О.Л. Корольов, А.П. Круліковський // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского Серия «Экономика и управление». – Т. 26 (65). – 2013.– № 1. – С. 73-86.
8. Андрощук О. С. Модель нечіткого логічного виведення оцінки ризику пропуску правопорушників через державний кордон / О. С. Андрощук, Е. В. Матусяк // Збірник наукових праць Військового інституту телекомунікацій та інформатизації Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут”. – К. : ВІТІ НТУУ “КПІ”, 2011. – Вип. № 1. – С. 14–23.
9. Штовба С. Д. Проектирование нечетких систем средствами MatLab / С. Д. Штовба. – М. : Горячая линия-Телеком, 2007. – 288 с.
10. Рак Ю. П. Методи аналізу та оцінки рівня безпеки життєдіяльності регіонів України в умовах реалізації проектів регіонального розвитку / Ю. П. Рак, О. Б. Зачко // Управління проектами та розвиток виробництва. – 2008. – № 2(26). – С. 29-39.
11. Зачко О.Б. Моделі, механізми та інформаційні технології портфельного управління розвитком складних регіональних систем безпеки життєдіяльності / О.Б. Зачко. Під заг. ред. Рака Ю.П. – Монографія. – Львів : Вид-во ЛДУ БЖД, 2015. – 126 с.

### References:

1. Androshchuk, O.S. & Melenchuk, V.M. (2015). *Evaluation model of risk project and program implementation of logistics systems autotechnical providing military forces and law enforcement. State Border Guard Service of Ukraine: military and technical sciences* № 2(64). – 248, 91-105 (in Ukr.)

2. Dymar, Yu.L., Tsyhankov, V.N., Nemov, I.A. (2012). *Military road transport: instruction aid*. Minsk: BNTY, 216 (in Russ.)
3. Danchenko, O.V. (2014). *Classification of deviations in projects: risks, issues, changes*. Herald LDY BZHD №9, 72-79 (in Ukr.)
4. Druzhynin, Ye. A. (2006). *Methodological basis risk-oriented approach to resource management projects and programs of technology*. National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Kharkiv (in Ukr.)
5. Baldin, K. V. (2006). *Risk Management: instruction aid*, 368 (in Russ.)
6. Head, G. L. & Horn, I. I. (1994). *Essentials of Risk Management*. Insurance Institute of America, 230.
7. Korolov, O.L. & Krulikovskiy, A.P. (2013). *Intelligent simulation techniques process of the project management*. Tavrda National V.I. Vernadsky University Part «Economy and management». Volume 26 (65) № 1, 73-86 (in Ukr.)
8. Androshchuk, O.S. & Matusiak, E. V. (2011). *Model fuzzy inference the risk assessment of offenders crossing the state border*. Collection of research of the Military Institute of Telecommunications and Information of National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute". K.:VITINTUU "KPI", Issue № 1, 14–2386 (in Ukr.)
9. Shtovba S. D. (2007). *Design of fuzzy systems by means of Mat Lab*. Hotline- Telecom, 288 (in Russ.)
10. Rak Yu.P. *Methods of analysis and evaluation of life safety of Ukrainian regions in terms of regional development projects* / Yu.P. Rak O.B. Zachko // Project management and production development. – 2008. – № 2 (26). – P. 29-39.
11. Zachko O.B. *Models, mechanisms, and information technology portfolio, managerial development of complex regional life safety systems* / O.B. Zachko. Under ed. Yu.P. Rak – Monograph. – Lviv: Izd LSU BC, 2015. – 126 p.

