

*О. О. МІЩЕНКО, В. Ю. ВОЛОВЩИКОВ, В. Ф. ШАПО, В. О. ГУЖВА*

## ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОЦІНКИ РИЗИКІВ ПРОГРАМНИХ ПРОЄКТІВ

Ідентифікована проблема оцінки ризиків програмних проєктів. Проведено огляд сучасних підходів до оцінки ризиків. Виконаний аналіз методів оцінки ризиків програмних проєктів, розглянуто аналіз чутливості, метод сценаріїв, імітаційне моделювання, експертне оцінювання. Зроблені висновки про важливість оцінки ризиків для етапу проєктування програмних систем класу «програмне забезпечення, як послуга». Запропоновано оцінку ризиків програмних проєктів виконувати з використанням експертного оцінювання за допомогою реалізації відповідної інформаційної технології. Математично технологія оцінки ризиків реалізується за допомогою методу Дельфі та ранжирування. Поняття довірчого інтервалу використовується у вигляді критерію зупинки в обчислювальній процедурі методу Дельфі з метою отримання узгодженої експертної думки. Обчислювальна процедура передбачає, як коригування вихідних експертних даних за рахунок перегляду експертних думок, так і корекцію складу експертної групи. Узгодженість експертних думок математичної технології за методом ранжирування перевіряється з використанням коефіцієнта конкордації Кендалла, а його значимість оцінюється на основі критерію Пірсона. Представлений математичний апарат формалізує вирішення проблеми оцінки ризиків. Методи оцінки ризиків програмних проєктів і їх математичні технології вимагають великої кількості обчислювальних операцій. Інформаційна підтримка збільшує швидкість і точність таких операцій, забезпечує накопичення вихідних даних і отриманих результатів. Інформаційна підтримка оцінки ризиків програмних проєктів реалізована у вигляді програмної системи. До розробки системи були визначені функціональні та нефункціональні вимоги, модель бази даних і безпосередньо її структура. Використовувалися принципи об'єктно-орієнтованого аналізу, моделювання даних, сучасні патерни проєктування, CASE-засоби. Запропоновано реалізувати програмну систему інформаційної технології відповідно до архітектури «клієнт сервер» виділивши application server, з розподіленими правами доступу, за допомогою IDE NetBeans засобами PHP під управлінням MySQL. Зроблено висновки про можливість використання програмної системи за допомогою виконаної валідації та верифікації з використанням експертизи та PHPUnit. Результати роботи можуть бути використані при розробці інформаційної технології управління ризиками програмних проєктів.

**Ключові слова:** оцінка ризиків, програмний проєкт, експертне оцінювання, метод Дельфі, метод ранжування, вимоги, модель, структура, програмна система

*А. А. МИЩЕНКО, В. Ю. ВОЛОВЩИКОВ, В. Ф. ШАПО, В. А. ГУЖВА*

## ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОЦЕНКИ РИСКОВ ПРОГРАМНЫХ ПРОЕКТОВ

Идентифицирована проблема оценки рисков программных проектов. Проведен обзор современных подходов к оценке рисков. Выполнен анализ методов оценки рисков программных проектов, рассмотрены анализ чувствительности, метод сценариев, имитационное моделирование, экспертное оценивание. Сделаны выводы о важности оценки рисков для этапа проектирования программных систем класса «программное обеспечение, как услуга». Предложено оценку рисков программных проектов выполнять с использованием экспертного оценивания посредством реализации соответствующей информационной технологии. Математически технология оценки рисков реализуется посредством метода Дельфи и ранжирования. Понятие доверительного интервала используется в виде критерия останковки в вычислительной процедуре метода Дельфи с целью получения согласованного экспертного мнения. Вычислительная процедура предусматривает, как коррекцию исходных экспертных данных за счет пересмотра экспертных мнений, так и коррекцию состава экспертной группы. Согласованность экспертных мнений в математической технологии по методу ранжирования проверяется с использованием коэффициента конкордации Кендалла, а его значимость оценивается на основе критерия Пирсона. Представленный математический аппарат формализует решение проблемы оценки рисков. Методы оценки рисков программных проектов и их математические технологии требуют большого количества вычислительных операций. Информационная поддержка увеличивает скорость и точность таких операций, обеспечивает накопление исходных данных и полученных результатов. Информационная поддержка оценки рисков программных проектов реализована в виде программной системы. К разработке системы были определены функциональные и нефункциональные требования, модель базы данных и непосредственно ее структура. Использовались принципы объектно-ориентированного анализа, моделирования данных, современные паттерны проектирования, CASE-средства. Предложено реализовать программную систему информационной технологии в соответствии с архитектурой «клиент сервер», выделенным application server, с распределенными правами доступа, с помощью IDE NetBeans средствами PHP под управлением MySQL. Сделаны выводы о возможности использования программной системы посредством выполненной валидации и верификации с использованием экспертизы и PHPUnit. Результаты работы могут быть использованы при разработке информационной технологии управления рисками программных проектов.

**Ключевые слова:** оценка рисков, программный проект, экспертное оценивание, метод Дельфи, метод ранжирования, требования, модель, структура, программная система

*O. O. MISHCHENKO, V. Y. VOLOVSHCHYKOV, V. F. SHAPO, V. A. GUZHVA*

## INFORMATION TECHNOLOGY OF SOFTWARE PROJECTS RISKS EVALUATION

Problem of software projects risks evaluation is identified. Review of modern approaches to risks evaluation is carried out. Analysis of software projects risks evaluation methods is performed. Analysis of sensitivity, scenarios method, simulation modeling, expert assessment are reviewed. Conclusions on importance of risks evaluation for "software as a service" software application systems at design stage are performed. It's proposed to perform software projects risks evaluation with expert assessment using by realization of corresponding information technology. Mathematically risks evaluation technology is realized by Delphi method and ranking. Term of confidence interval is used as stopover criterion in computational procedure of Delphi method with the goal of coherent expert opinion obtaining. Calculating procedure envisages initial expert data correction by expert opinions revision and correction of expert group personnel. Consistency of expert opinions in mathematical technology on ranking method is checking with using of Kendall concordance coefficient, and its significance is evaluating on the basis of Pearson criterion. Presented mathematical apparatus formalizes solution of risks evaluation problem. Methods of software projects risks evaluation and their mathematical technologies requires a big amount of calculating operations. Information support increases the rate and precision of such operations, ensures initial data and obtained results accumulation. Information support of software projects risks evaluation is realized as software application system. At development of software application system functional and nonfunctional requirements, database model and its structure were defined. Principles of object oriented analysis, data modeling, modern design patterns, CASE software tools were used. It's proposed to realize software application system of information technology in accordance with client-server architecture, dedicated application server with distributed access rights with using of IDE NetBeans by PHP means under MySQL control. Conclusions on possibility of software application system using by performed validation and verification with expertise and

© О. О. Міщенко, В. Ю. Воловщикова, В. Ф. Шапо, В. О. Гужва, 2018

PHPUnit using are made. Results of this work may be used for development of software projects risks evaluation information technology.

**Keywords:** risk evaluation, software project, expert assessment, Delphi method, ranking method, requirements, model, structure, software application system

**Вступ.** В ході виконання програмних проєктів (ПП) на кожному з етапів [1] життєвого циклу (ЖЦ) програмних систем (ПС) в більшій або меншій мірі можна зіткнутися з ймовірними втратами. Наприклад, зниження якості кінцевої ПС, підвищення вартості її розробки, затримка закінчення розробки та інші. Такі втрати проявляються як наслідки ризиків, які виникають в ЖЦ ПС. Тому при реалізації ПП однією з первинних невід'ємних проблем, яку необхідно вирішувати, є ідентифікація та оцінка ризиків ПП.

**Проблема оцінки ризиків програмних проєктів.** Питання оцінки ризиків на теперішній час є досить актуальними в різноманітних прикладних галузях. Безвідносно до будь-якої сфери діяльності можна стверджувати на основі аналізу [2, 3, 4], що оцінка ризиків проєктів може бути досліджена з використанням двох підходів: якісного та кількісного.

Основна особливість якісного підходу полягає в проведенні ідентифікації ризиків, їх оцінці та розробці заходів по боротьбі з ними. Кількісний аналіз базується на інструментарії теорії ймовірності, математичній статистиці та теорії нечітких множин. Кількісний аналіз в числовому вимірі оцінює вплив зміни ризикованих факторів на зміну ефективності проєкту.

Суттєвий ріст ІТ галузі, збільшення розмірів ПП, відношення до ПП, як до продукту зі своїм особливим технологічним процесом, призводить до того, що важливою постає проблема оцінки ризиків і для ПП. Відповідно до аналізу [3, 4] можна стверджувати, що ризики ПП можна категоризувати різним чином. Один з можливих варіантів: ризик проєктування, технічний ризик та бізнес-ризик. Це означає, що кожна група, маючи свої особливості, має використовувати для дослідження свої особливі підходи [3, 4]. Останнє означає, що важливим стає адаптація існуючих підходів як з точки зору математичної бази, так і інформаційної.

Таким чином, можна стверджувати, в тому числі спираючись на аналіз [4, 5], що проблема оцінки ризиків ПП є складною, багатоаспектною та потребує вирішення.

**Аналіз існуючих методів.** Методи оцінки ризиків ПП можна поділити на кількісні та якісні [6–8]. До кількісних відносяться аналіз чутливості, метод сценаріїв та імітаційне моделювання методом Монте-Карло [6, 7]. Якісним прийнято вважати експертне оцінювання [8].

Аналіз чутливості є відносно простим методом, який дозволяє з'ясувати, які саме чинники можна віднести до найбільш ризикованих. Найчастіше цей метод застосовують для визначення ступеня впливу зміни умов реалізації проєкту на значення будь-якого показника. У ході цього аналізу визначається ступінь стійкості проєкту до впливу зовнішнього або внутрішнього середовища.

Сценарний аналіз – метод неформалізованого

опису ризику проєкту, що включає оцінку чутливості найбільш значимого показника для даного проєкту до зміни ряду факторів, а також оцінку можливості спільної дії факторів. За сценарним аналізом можуть бути розраховані очікуване значення показника, стандартне відхилення і коефіцієнт варіації. Коефіцієнт варіації аналізованого проєкту порівнюється з коефіцієнтами варіації проєктів-аналогів. Якщо коефіцієнт варіації перевищує коефіцієнт варіації проєкту-аналога, то це свідчить про значний ризик.

Мета імітаційного моделювання полягає у відтворенні поведінки досліджуваної системи на основі результатів аналізу найбільш суттєвих взаємозв'язків між її елементами або, іншими словами, в розробці симулятора досліджуваної предметної області для проведення різних експериментів. Імітаційне моделювання по методу Монте-Карло дозволяє побудувати математичну модель для проєкту з невизначеними значеннями параметрів, і, знаючи ймовірнісні розподіли параметрів проєкту, а також кореляцію між параметрами отримати розподіл ризиків проєкту.

Інтерв'ювальні методи використовуються для якісної оцінки ймовірності та наслідків ризиків на цілі ПП. Інтерв'ювання ризиків з зацікавленими сторонами проєкту та експертами, може стати першим кроком у процесі якісного аналізу ризиків. Необхідна інформація залежить від типу розподілу ймовірностей, які будуть використані. Якісний аналіз ризиків ПП включає в себе розстановку рангів для ідентифікованих ризиків. Для ідентифікації та аналізу ризиків в експертному оцінюванні найчастіше використовують методи мозкового штурму, Дельфі, контрольних списків та ранжування. Аналіз і оцінка ризиків здійснюються з метою перетворення здобутих у ході ідентифікації даних в інформацію, що дозволяє приймати відповідальні рішення. Основним виходом процесу якісного аналізу є список ранжированих ризиків з обчисленими оцінками.

**Постановка задачі.** Аналіз робіт [1, 4, 5, 9–11] показав, що якісна оцінка ризиків ПП є важливим етапом у ЖЦ ПС, зокрема ризиків етапу проєктування у такому типі ПС як «програмне забезпечення як послуга». Виходячи з цього, процес вирішення задачі автоматизації якісної оцінки ризиків ПП є актуальним. Для вирішення задачі оцінки ризиків ПП в роботі пропонується використання експертного оцінювання методами Дельфі та ранжування. Ці методи підвищують можливість отримання якісного вірогідного результату, позбавленого суб'єктивності окремих думок експертів. Процедура використання методів враховують отримання результатів, що відповідають узгодженості думок експертів. Отримані результати дозволяють ранжувати ризики та наглядно відобразити їхні показники.

Реалізація процедури оцінки ризиків ПП може дозволити побудувати ефективні процедури управління ризиками. В тому числі, як наслідок, уникнути або

зменшити останні. Виходячи з цього проблема оцінки ризиків ПП залишається досить актуальною. В умовах постійного підвищення складності та обсягів ПП важливим також стає розробка відповідних інформаційних технологій.

Таким чином, метою роботи є побудова інформаційної технології оцінки ризиків ПП.

**Технологія оцінки ризиків програмних проєктів.** При оцінці ризиків ПП типу «програмне забезпечення як послуга» в роботі пропонуються наступні формалізації методу Дельфі та ранжування.

Припустимо, що виділено  $K$  питань, кожне з яких представлено якісно в формі  $q_k$ ,  $k = \overline{1, K}$ . Для отримання відповідей нехай сформована група з  $N$  експертів. Кожен  $i$ -й експерт формує самооцінку  $s_i$  та надає чисельну оцінку  $q_k^i$  за  $q_k$ , використовуючи шкалу від 1 до 10. З метою аналізу даних обчислюються наступні показники: середньогрупова оцінка:

$$\bar{s} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N s_i;$$

прості оцінки:

$$a_k = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N q_k^i, k = \overline{1, K};$$

середньозважені оцінки:

$$w_k = \frac{\sum_{i=1}^N s_i q_k^i}{\sum_{i=1}^N s_i}, k = \overline{1, K};$$

медіани:

$$m_k = Me[q_k^i, i = \overline{1, N}], k = \overline{1, K};$$

довірчі інтервали  $c_k = [c_k, \bar{c}_k]$  на базі:

$$c_k = q_k^{\min} + \frac{q_k^{\max} - q_k^{\min}}{4}, k = \overline{1, K};$$

$$\bar{c}_k = q_k^{\max} - \frac{q_k^{\max} - q_k^{\min}}{4}, k = \overline{1, K};$$

$$q_k^{\min} = \min_{i=1, N} q_k^i, k = \overline{1, K};$$

$$q_k^{\max} = \max_{i=1, N} q_k^i, k = \overline{1, K};$$

довжини довірчих інтервалів:

$$l_k = \bar{c}_k - c_k, k = \overline{1, K}.$$

Отримані результати аналізуються експертами та у випадку необхідності корегуються поки не буде отримана узагальнена думка за критерієм довжини довірчого інтервалу.

Відповідно до отриманих результатів за методом Дельфі можна робити висновки щодо загрози ризиків, сформульованих у вигляді  $K$  запитань. Для цього  $a_k$  ранжуються. Найбільш небезпечному ризику відповідає  $\max_{k=1, K} a_k$  і так далі. Відповідно реагування на такі

ризиків повинні відбуватися в першу чергу. Інші показники є додатковими та можуть бути використані у подальшій розробці плану управління ризиками.

Якщо припустити, що експерти можуть суворо ранжувати ризики за зменшенням важливості та привласнити їм числа від 1 до  $K$ , до оцінки ризиків ПП можна застосувати метод ранжування. В цьому випадку вихідною інформацією є  $R_{ik}$  – ранг, що надається кожним  $i$ -м експертом за  $k$ -м ризиком.

Узагальнюючи  $R_{ik}$  слід обчислити ранги  $\bar{R}_k = \sum_{i=1}^N R_{ik}$ , на основі яких ранжуються ризики. Ризик з найбільшим рангом є найбільш небезпечним.

Аналізуючи  $R_{ik}$  рекомендовано визначати узгодженість думок експертів. В роботі для цього пропонується застосовувати коефіцієнт конкордації Кендалла:

$$W = \frac{12 \sum_{k=1}^K \left( \sum_{i=1}^N R_{ik} - \frac{N(K+1)}{2} \right)^2}{N^2(K^2 - K)}.$$

З метою перевірки значущості коефіцієнта конкордації пропонується обчислювати критерій Пірсона:

$$\chi^2 = N(K-1)W.$$

**Інформаційна підтримка оцінки ризиків програмних проєктів.** В сучасних умовах вирішення більшості задач не можливе без використання сучасних інформаційних технологій. Не є виключенням і задача оцінки ризиків ПП. З метою реалізації програмної частини інформаційної технології оцінки ризиків ПП було сформовано пакет функціональних та нефункціональних вимог, спроектована база даних (БД) та модель представлення компонентів системи.

Функціональні вимоги представлені на рис. 1 у вигляді діаграми прецедентів відповідно до UML.

До ключових нефункціональних вимог слід віднести: інтерфейс користувача повинен бути мінімальним та інтуїтивно зрозумілим, система повинна бути зручною у використанні та реалізовувати заявлену функціональність.

Полегшення зберігання та обробки інформації забезпечується БД. В роботі проєкт БД реалізовано засобами CASE-системи ERWin у вигляді моделі, наведеній на рис. 2. Запропонована структура забезпечує зберігання вихідної інформації (Risk), результатів дослідження (QuestionsMarks, Delfi\_Lap, Results\_MethodDelfi, RangingConsensus, Rang\_Lap, RangingConsensus, Rangs) та персональних даних користувачів (User, Expert, Analyst).

Діаграма компонентів, представлена на рис. 3, ілюструє фізичне представлення компонентів системи на основі патерну MVC.

На вузлі Controller розгорнуті компоненти для обробки експертних оцінок, обчислення показників, ранжування ризиків та побудови за ними діаграм. Даний вузол також забезпечує аутентифікацію та перевірку ролі користувача.

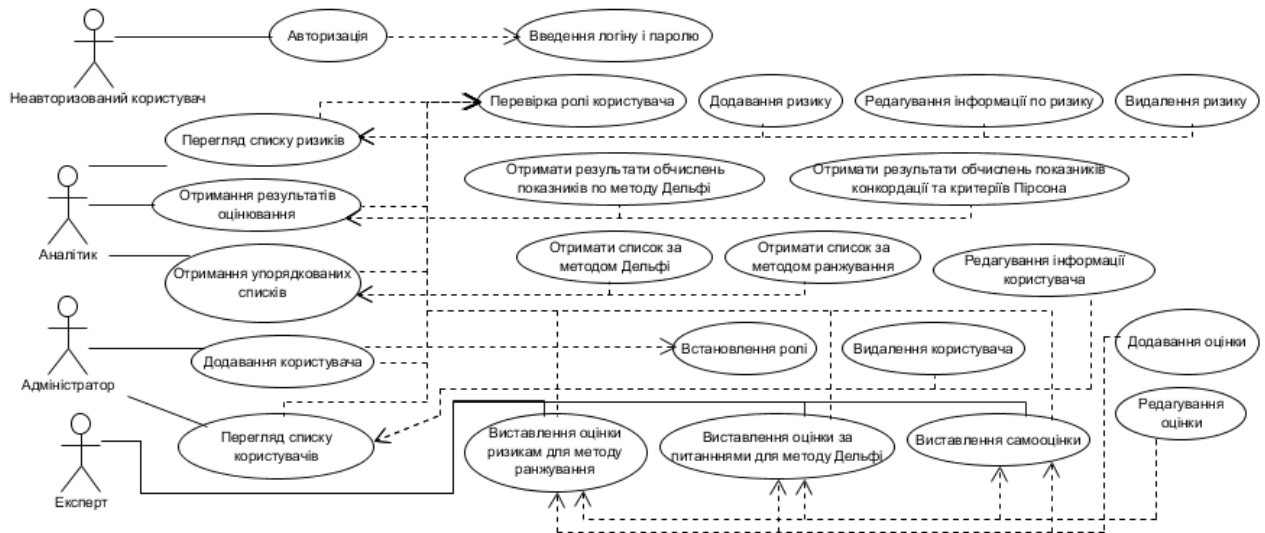


Рис. 1. Діаграма прецедентів

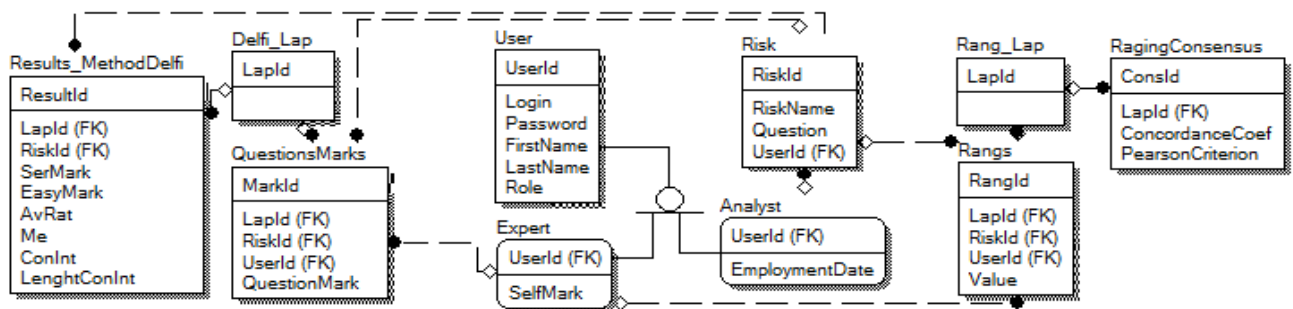


Рис. 2. Логічна модель БД

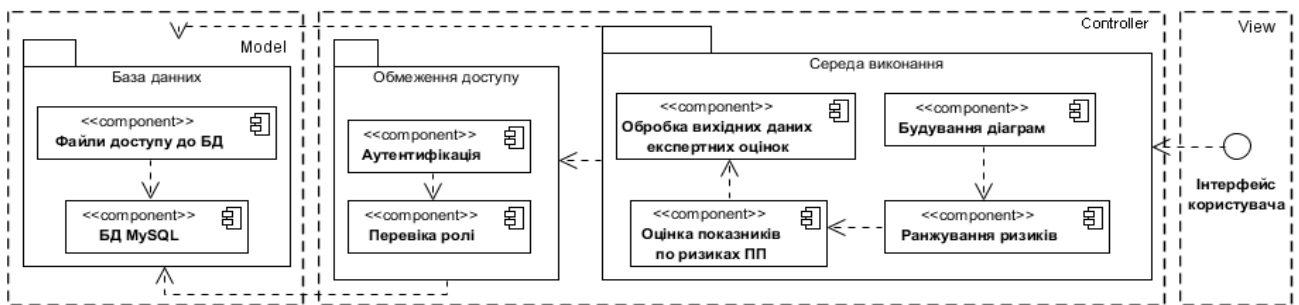


Рис. 3. Діаграма компонентів

Вузол Model реалізує програмні компоненти доступу до БД. Програмна система реалізована за допомогою середовища IDE NetBeans засобами PHP та функціонує під управлінням MySQL. Валідація програмної системи виконана зі застосуванням експертизи. Верифікація – модульним тестуванням за допомогою PHPUnit.

**Висновки.** Дана робота є логічним продовженням [12]. В роботі розглянута технологія оцінки ризиків ПП. Програмна система реалізована на основі патерна MVC, описано низкою діаграм, відповідає архітектурі типу «клієнт-сервер» з виділеним application server та автоматизує процес оцінки ризиків ПП. Запропонована інформаційна

технологія дозволить приймати раціональні рішення на підставі експертних даних. Подальші дослідження будуть спрямовані в напрямку розробки моделей управління ризиками ПП та відповідної інформаційної підтримки.

**Список літератури**

1. Елкина О. С. Экономика проектного управления: риски на разных стадиях жизненного цикла проекта. Часть1. *Сибирский торгово-экономический журнал*. Омск: Омский институт (филиал) РГТЭУ, 2015. № 2 (20). С. 12-15.
2. Шкурко В. Е. *Управление рисками проектов*. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. 184 с.
3. Найт, Ф. Х. *Риск, неопределенность и прибыль*. М.: Дело, 2003. 360 с.

4. Смирнов А. А., Коваленко А. В., Якименко Н. Н., Доренский А. П. Проблемы анализа и оценки рисков информационной деятельности. *Системы обработки информации* – Харьков, Харьковский университет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2016. Вип. 3 (140). С. 40–42.
5. Колоденкова А. Е. Оценка рисков создания программного обеспечения информационно-управляющих систем для высокорисковых промышленных предприятий в условиях интервальной неопределенности исходных данных. *Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета*. Уфа: УГАТУ, 2015. Т.19, № 1 (67). С. 192–199.
6. Project Management Institute. *A Guide to The Project Management Body of Knowledge (PMBOK)*, 2001. 211 с.
7. Липаев В. В. *Анализ и сокращение рисков проектов сложных программных средств*. М.: СИНТЕГ, 2005. 224 с.
8. Слободский А. Л. *Риски в управлении персоналом*. СПб.: СПбГУЭФ, 2011. 155 с.
9. Фатрелл Р. Т., Шафер Д. Ф., Шафер Л. И. *Управление программными проектами: достижение оптимального качества при минимальных затратах*. М.: Вильямс, 2003. 1136 с.
10. Кантор М. *Управление программными проектами. Практическое руководство по разработке успешного программного обеспечения*. М.: Вильямс, 2002. 176 с.
11. Брагина Т. И., Табунщик Г. В. Анализ подходов к управлению рисками в программных проектах с итеративным жизненным циклом. *Радиоэлектроника, информатика, управление*. Запоріжжя: ЗНТУ, 2011. № 2. С. 120–124.
12. Мищенко О. О., Воловщиков В. Ю., Шапо В. Ф. Модели оцінки ризиків програмних проєктів. *XXVI Міжнародна науково-практична конференція MicroCAD-2018*. Харків, Травень 2018. С. 25.
4. Smirnov A. A., Kovalenko A. V., Yakimenko N. N., Dorensky A. P. Problemy analiza i otsenki riskov informatsionnoy deyatelnosti [Problems of analysis and evaluation of information activity risks]. *Sistemy obrobki informatsii* [Systems of information processing]. Kharkov, Ivan Kozhedub Kharkiv University of Air Forces Publ., 2016. Vip. 3 (140), pp. 40-42.
5. Kolodenkova A. E. Otsenka riskov sozdaniya programmnoho obespecheniya informatsionno-upravlyayushchikh sistem dlya vysokoriskovykh promyshlennykh predpriyatiy v usloviyakh interval'noy neopredelennosti iskhodnykh dannykh [Risk assessment of creating information management systems for high-risk industrial enterprises in the context of interval uncertainty of input data]. *Vestnik Ufimskogo gosudarstvennogo aviatsionnogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of Ufa State Aviation Technical University]. Ufa, USATU Publ., 2015. V.19, № 1 (67), pp. 192–199.
6. Project Management Institute. *A Guide to The Project Management Body of Knowledge (PMBOK)*, 2001. 211 p.
7. Lipaev V. V. *Analiz i sokrashcheniye riskov proyektov slozhnykh programnykh sredstv* [Analysis and risk reduction of complex software projects]. Moscow, SINTEG Publ., 2005. 224 p.
8. Slobodsky A. L. *Risks in personnel management* [Risks in personnel management]. St. Petersburg, SPSUEF Publ., 2011. 155 p.
9. Fatrell R. T., Schafer D. F., Schafer L. I. *Upravleniye programnymi proyektami. Prakticheskoye rukovodstvo po razrabotke uspehnogo programmnoho obespecheniya* [Software Project Management: Achieving Optimal Quality with Minimal Cost]. Moscow, Williams Publ., 2003. 1136 p.
10. Kantor M. *Upravleniye programnymi proyektami. Prakticheskoye rukovodstvo po razrabotke uspehnogo programmnoho obespecheniya* [Management of software projects. A practical guide to developing successful software]. Moscow, Williams Publ., 2002. 176 p.
11. Bragina T. I., Tabunshchik G. V. Analiz podkhodov k upravleniyu riskami v programnykh proyektakh s iterativnym zhiznennym tsiklom [Analysis of risk management approaches in software projects with an iterative life cycle]. *Radioelektronika, informatika, upravlinnya* [Radio electronics, informatics, management]. Zaporizhzhya, ZNTU Publ., 2011. № 2. pp. 120–124.
12. Mishchenko O. O., Volovshchikov V. Y., Shapo V.F. Modeli otsinky ryzyviv prohramnykh proektiv [Models of risk assessment of software projects]. *XXVI Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiya MicroCAD-2018* [XXVI International Scientific and Practical Conference MicroCAD-2018]. Kharkiv, May 2018, p. 25.

Надійшла (received) 13.11.2018

## References (transliterated)

## Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Мищенко Орина Олексіївна (Мищенко Арина Алексеевна, Mishchenko Oryna Oleksiivna)** – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», студентка; м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6783-673X>; e-mail: arinohcka012@gmail.com

**Воловщиков Валерій Юрійович (Воловщиков Валерий Юрьевич, Volovshchikov Valeriy Yuriyovich)** – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри програмної інженерії та інформаційних технологій управління; м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4454-2314>; e-mail: valera@kpi.kharkov.ua

**Шапо Владлен Феліксович (Шапо Владлен Феликсович, Shapo Vladlen Felixovitch)** – кандидат технічних наук, доцент, Національний університет «Одеська морська академія», доцент кафедри теорії автоматичного управління і обчислювальної техніки; м. Одеса, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3921-4159>; e-mail: stani@te.net.ua

**Гужва Віктор Олексійович (Гужва Виктор Алексеевич, Guzhva Viktor Alexeevich)** – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», професор кафедри програмної інженерії та інформаційних технологій управління; м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6832-448>; e-mail: guzhva.v.a@gmail.com