УДК 62.681.5.004.9 DOI: 10.31673/2412-4338.2020.041625

Берднік П. Г. *Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, Харків*
Тимочко О. І., Самокіш А. В. *Харківський національний університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, Харків*

МЕТОД ОЦІНКИ РИЗИКІВ ПРИ ПРИЙНЯТТІ РІШЕНЬ ЩОДО РОЗРОБКИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПОВІТРЯНИМ РУХОМ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Анотація. *В рамках даної статті проведено огляд застосовуваних на практиці методів оцінки ризиків, що виникають в процесі роботи проектувальників автоматизованих систем управління повітряним рухом. Визначено класифікацію ризиків та можливі негативні наслідки виникнення ризиків. На основі цього аналізу зроблено висновок про те, що для підвищення ступеня успішності процесу проектування необхідні інструментальні засоби, що забезпечують управління ризиками, включаючи накопичення досвіду обробки ризиків для його подальшого використання. Для досягнення цієї мети запропоновано модель оцінки ризиків розробки автоматизованих систем управління повітряним рухом на основі явних та неявних експертних знань, що включають аналіз ситуацій, в яких необхідно здійснити обробку ризиків. Зазначимо, що в цьому контексті поняття автоматизованих систем включає такі поняття, як "складні явища", "складні технологічні процеси", "складні системи", включаючи саму людину, яка розглядається як елемент, відповідальний за генерування, зберігання та використання знань. Особливістю сучасних автоматизованих систем є те, що вони функціонують в умовах, заданих, як правило, кінцевим набором кількісних та кількісних (вербальних) змінних та відповідних обмежень. У той же час багато завдань з оцінки ризику формуються та описуються як словесно професійною мовою цієї галузі знань, так і формально з використанням різних класів моделей. Запропонований метод оцінки ризику розробки АСУ повітряним рухом який оснований на продукційних правилах, забезпечує можливість накопичення і використання досвіду подолання ризиків при розробці АСУ повітряним рухом, і тим самим підвищує успішність виконання проектної роботи.*

Ключові слова*: автоматизована система управління, проектування, розробка, повітряний рух, управління ризиками.*

Berdnik P. *V. N. Karazin Kharkiv National University*
Timochko A., Samokish A. *Ivan Kozhedub Kharkiv National Airforce University*

METHOD OF RISK ASSESSMENT IN DECISION-MAKING TO DEVELOP AN AUTOMATED AIR TRAFFIC CONTROL SYSTEM UNDER UNCERTAINTY

Abstract. *This article provides an overview of the methods used in practice to assess the risks that arise in the process of designing automated air traffic control systems. The classification of risks and possible negative consequences of risks are determined. Based on this analysis, it is concluded that in order to increase the success of the design process, risk management tools are needed, including the accumulation of risk management experience for its further use. To achieve this goal, a risk assessment model for the development of automated air traffic control systems based on explicit and implicit expertise, including an analysis of situations in which risk processing is required. With the emergence of fundamentally new automated systems, the problem of risk assessment of design as a strategic direction of automation and intellectualization of relevant processes in various fields of science and technology. Note that in this context, the concept of automated systems includes such concepts as "complex phenomena", "complex technological processes", "complex systems", including the person himself, which is considered as an element responsible for the generation, storage and use of knowledge. The peculiarity of modern automated systems is that they operate in conditions given, as a rule, by a finite set of quantitative and non-quantitative (verbal) variables and corresponding constraints. At the same time, many risk assessment tasks are formed and described both verbally in the professional language of this field of knowledge, and formally using different classes of models. The proposed method of risk assessment of the development of ACS by air traffic is based on production rules,*

© Берднік П. Г., Тимочко О. І, Самокіш А. В. 2020

which provides the opportunity to accumulate and use the experience of overcoming the risks of the project, and thus increases the success of the project.

Key words: *automated control system, design, development, air traffic, risk management.*

Бердник П. Г. *Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Харьков*
Тимочко А. И., Самокиш А. В. *Харьковский национальный университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков*

МЕТОД ОЦЕНКИ РИСКОВ ПРИ ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Анотация. *В рамках данной статьи проведен обзор применяемых на практике методов оценки рисков, возникающих в процессе работы проектировщиков автоматизированных систем управления воздушным движением. Определена классификация рисков и возможные негативные последствия возникновения рисков. На основе этого анализа сделан вывод о том, что для повышения степени успешности процесса проектирования необходимые инструментальные средства, обеспечивающие управление рисками, включая накопление опыта обработки рисков для его дальнейшего использования. Для достижения этой цели предложена модель оценки рисков разработки автоматизированных систем управления воздушным движением на основе явных и неявных экспертных знаний, включающих анализ ситуаций, в которых необходимо осуществить обработку рисков. Отметим, что в этом контексте понятие автоматизированных систем включает такие понятия, как "сложные явления", "сложные технологические процессы", "сложные системы", включая самого человека, который рассматривается как элемент, отвечающий за генерирование, хранения и использования знаний. Особенностью современных автоматизированных систем является то, что они функционируют в условиях, заданных, как правило, конечным набором количественных и количественных (вербальных) переменных и соответствующих ограничений. В то же время многие задачи по оценке риска формируются и описываются как словесно профессиональным языком этой области знаний, так и формально с использованием различных классов моделей. Предложенный метод оценки риска разработки АСУ воздушным движением основанный на производительных правилах, обеспечивает возможность накопления и использования опыта преодоления рисков при разработке АСУ воздушным движением, и тем самым повышает успешность выполнения проектной работы.*

Ключевые слова: *автоматизированная система управления, проектирование, разработка, воздушное движение, управления рисками*

1. Вступ

Розробка сучасних автоматизованих систем управління повітряним рухом, а так само модернізація існуючих систем це складне завдання. Рішення такого завдання покладається на профільні інститути та організації, конструкторські бюро та інші профільні організації. Так само процес розробки ґрунтується і враховує величезну кількість документів, які регламентують процес розробки на всіх етапах, від формування технічного завдання до моменту зняття системи з експлуатації [1].

Найчастіше розробка таких систем ведеться на підставі досвіду створення таких систем, накопиченого досвіду їх експлуатації та модернізації, а також розробки вимог профільних регулюючих органів, в даному випадку ICAO [2].

Необхідність обліку все більшої кількості чинників при розробці таких систем можлива тільки з використанням засобів автоматизації процесу їх створення в найширшому сенсі цього поняття. Процес проектування в найзагальнішому вигляді може бути представлений наступною схемою, наведеною на рис. 1.

Аналіз даної моделі дозволяє стверджувати, що величезна кількість даних може бути представлено у вигляді чисельних даних, які описують фактори для аналізу і прийняття рішень. Однак очевидно, що багато факторів можуть бути представлені лише у вигляді якісних оцінок або у вигляді лінгвістичних змінних.

При цьому багато змінні як якісного і кількісного, так і лінгвістичного виду можу представлятися інтервальними оцінками. Так само змінні можуть мати кілька інтервалів своїх значень в залежності від умов або їх властивостей і представлятися все більш ускладняються залежностями, які впливають на спосіб їх формального завдання та подання.

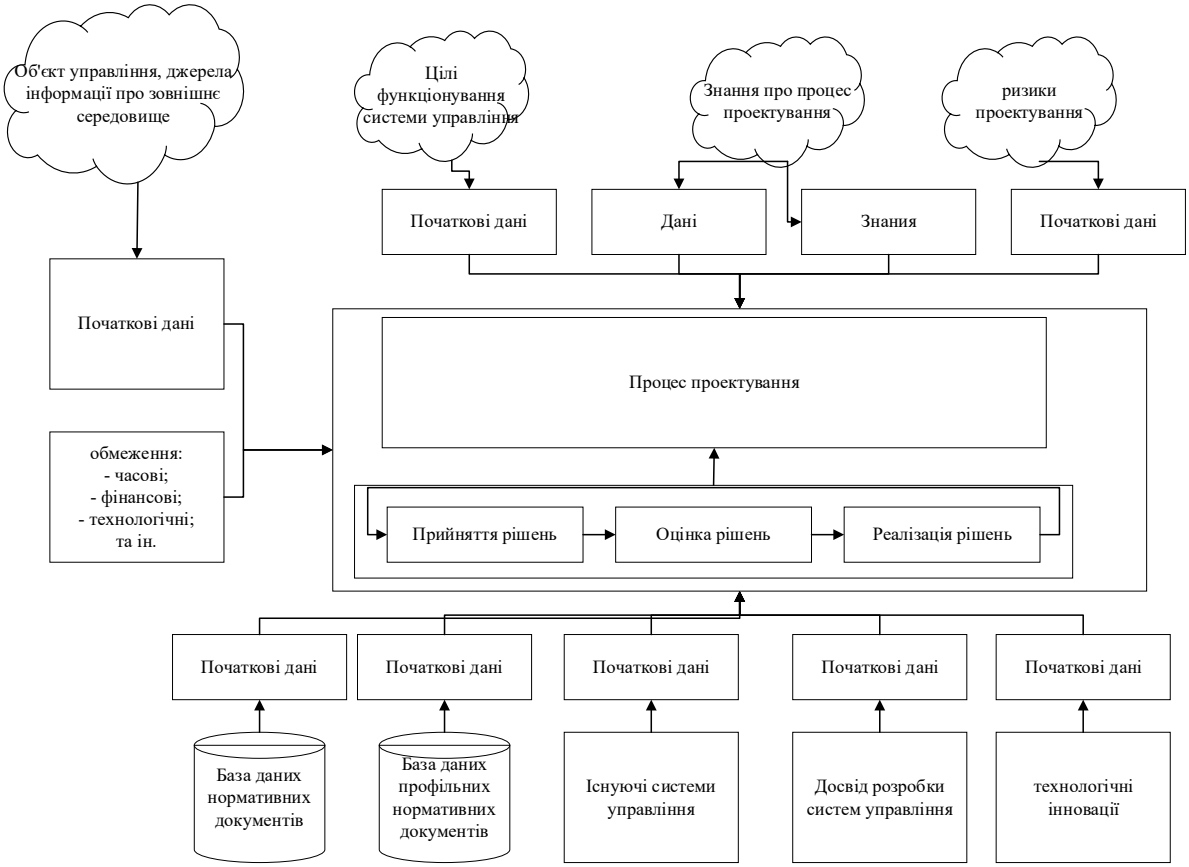


Рис. 1. Модель процесу проектування системи управління повітряним рухом

У загальному випадку властивості таких змінних можуть бути представлені у вигляді моделі представлення даних, наведеної на рис. 2.

І якщо для обробки даних, що мають різну природу, існує велика кількість різноманітних методів, то питання, пов'язані з оцінкою ризиків, їх управління та формалізації процедур прийняття рішень не до кінця вивчені і часто проводяться розробниками і замовниками систем з використанням досвіду і прийняття грубих припущень, спрощень і приблизних тимчасових і фінансових витрат.

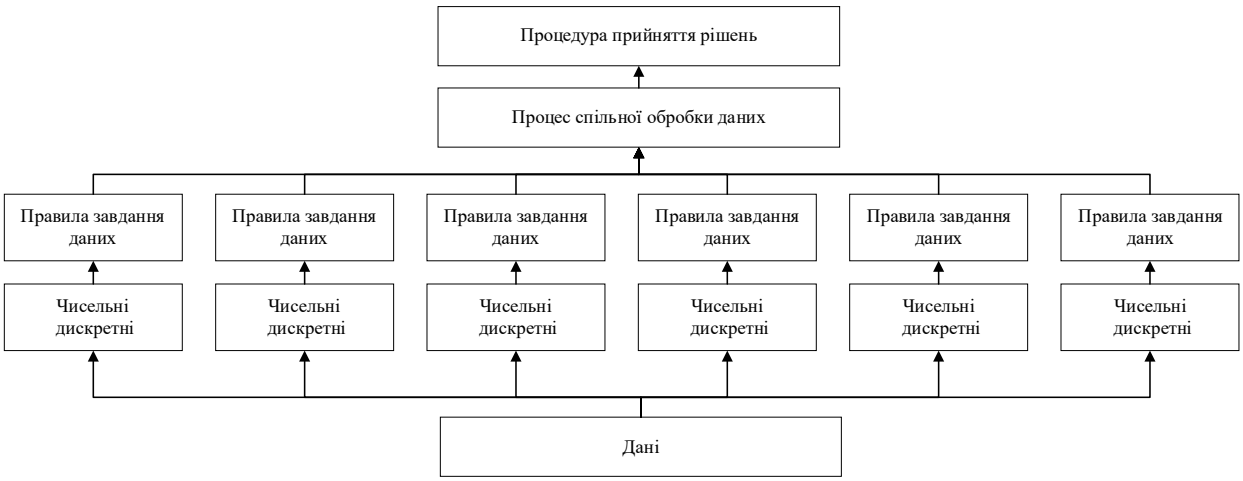


Рис. 2. Модель представлення даних для їх спільної обробки

Таким чином актуальним є розробка методів формалізації процедур представлення даних, знань, а також розробка процедур оцінки ризиків реалізації автоматизованої системи управління в рамках єдиного формально-логічного апарату і реалізації інформаційно-аналітичної системи забезпечення і підтримки прийняття рішень при розробці автоматизованої системи управління повітряним рухом.

2. Аналіз досліджень і публікацій

Аналіз опублікованих робіт свідчить про те, що проблема управління проектними ризиками в тій чи іншій мірі отримала відображення в численних наукових працях. Серед дослідників-теоретиків, які зробили реальний внесок у розвиток теорії ризику, можна виділити таких вчених, як Альгин А. П., Найт Ф., Б. А. Райзберг [3-5]. У праці [6] розроблені питання теорії ризику, що відображають взаємозв'язок понять «невизначеність» і «ризик», відображена ймовірнісно-математична трактування ризику. Проблемі ризику в управлінській діяльності, в тому числі, організаційно-методичним основам зниження управлінських ризиків присвячена монографія Черкасова В. В. [7]. Так, в роботі [8] розглянуто питання проектних ризиків. В роботах розглянуто проблеми, пов'язані з виявленням та оцінкою цих ризиків. Проблемі інформаційного забезпечення програми з управління ризиком на підприємстві присвячена робота Чернової Г. В. [9]. В роботі [10] розглянуто питання автоматизації процесів обслуговування повітряного руху, але не приділено достатньої уваги ризикам розробки елементів автоматизованих систем. В роботі [11] показана модель управління ризиками інформаційної безпеки системи організації повітряного руху але не розглянуто оцінка ризиків саме при проектуванні АСУ.

3. Мета і задачі дослідження

Розробка загальних підходів оцінювання ризику при розробці і проектуванні автоматизованих систем управління повітряним рухом в рамках єдиного науково-методичного апарату для підвищення якості оцінки проектних рішень.

4. Результати дослідження

Серед проблем при проектуванні та розробці сучасних автоматизованих системи управління повітряним рухом, особливе значення має управління ризиками проекту. Це викликано тим, проект що проект даного роду, як правило, залежить від багатьох змінних, в тому числі екологічних, соціальних, ділових, технологічних тощо. Дані змінні визначають успіх проекту або його провал. При цьому намагаються максимізувати ймовірність позитивних подій та їх наслідки і мінімізувати ймовірність та наслідки подій несприятливих. Втім, досить часто обмежуються роботою тільки з негативними подіями. Вибір адекватних методологій оцінки ризиків – це питання, що визначає наскільки вона підходить для організації процесу розробки АСУ повітряним рухом.

Розглянемо основні принципи побудови сучасних автоматизованих систем [12]:

1. Оперування слабоструктурованими рішеннями.

2. Можливість використання для особам, що приймають рішення (ОПР) різного рівня підготовки.

3. Можливість групового або індивідуального використання.

4. Підтримка як взаємозалежних, так і послідовних рішень.

5. Підтримка трьох фаз процесу рішення: інтелектуальної частини, розробки альтернатив та самого вибору.

6. Підтримка різних методів прийняття рішення, характерних для вирішення задач групою осіб.

7. Гнучкість та адаптивність до змін як внутрішніх, так і зовнішніх чинників.

8. Простота в експлуатації та модернізації.

9. Здатність підвищувати ефективність процесу прийняття рішення.

10. Можливість для ОПР комп'ютерного управління процесом прийняття рішень.

11. Здатність легко адаптуватися до зміни вимог до системи.
12. Простота розробки системи при формулюванні логіки її конструкції.
13. Підтримка моделювання.
14. Використання знань.

Реалізація наведених принципів вносять ознаки ризику в проект автоматизованої системи управління повітряним рухом, а саме:

- великі розміри розроблюваної системи;
- невизначені та часто змінювані вимоги;
- використання в проекті нових технологій;
- складність системи;
- розміри системи, що не відповідають бюджету;
- високий ступінь залежності від певних людей.

До даних ризиків зазвичай приводять:

- неправильна оцінка реального розміру і складність завдань розробки;
- недостатньо точна оцінка необхідних ресурсів;
- переоцінка можливості (компетенцій) організації;
- нестабільність побажань замовника;
- використання невідповідної якості програмних середовищ та інструментів;
- встановлення термінів виконання проекту без урахування реальних розмірів та складності системи.

Процеси з управління ризиками потрібні для того, щоб впливу сприятливих подій і зниження ймовірності виникнення і впливу несприятливих для подій В ході роботи над проектом.

Відповідно, ризик – це невизначена подія або умова, яка в разі виникнення має позитивний або негативний вплив, щонайменше, на одну з цілей проекту щодо термінів, вартості, складу та якості. Управління ризиками – це комплекс процедур та дій, які дозволяють виявляти, оцінювати, відстежувати та усувати ризики до або під час їх перетворення в проблеми. Після виявлення ризику необхідно адекватно на них реагувати. Завдання ОПР – вибрати такі дії, які дозволять у разі реалізації ризику знизити ймовірність несприятливої події або зменшити його наслідки.

1. Планування управління ризиками.
2. Ідентифікація ризиків.
3. Проведення якісного аналізу ризиків.
4. Проведення кількісного аналізу ризиків.
5. Планування реагування на відомі ризики.
6. Моніторинг і контроль ризиків.

Більшість з цих процесів підлягають оновленню в ході проекту. Ці процеси взаємодіють як один з одним, так і з процесами з інших областей знань. Залежно від потреб проекту в кожному процесі можуть брати участь один або кілька людей або груп. Управління ризиками при проектуванні АСУ повітряним рухом включає планування менеджменту ризиків, виявлення та моніторингу ризиків. Наведені процеси управління ризиками підтримуються наборами інструментів та методик рис.3.

Заходи, що дозволяють уникнути прояву ризиків, представляють такі можливості по реструктуризації проекту, які допомагають не допустити прояву даного ризику.

Управління ризиками починається з дослідження понять, що сприяють затвердженню системи. Аналіз ризиків, що виникають та безперервне планування ведеться постійно на всіх стадіях розробки АСУ повітряним рухом. Процес охоплює весь життєвий цикл розробки, аж до здачі системи замовнику. Ризики аналізуються, визначаються їх пріоритети з урахуванням графіка робіт.

Системи управління ризиками повинні найбільш повно визначати і обробляти ймовірні події і процеси зв'язку «фактор-причина-ризик-наслідок», що в існуючих рішеннях або зовсім

не представлено, або вирішено частково. Також, повинна бути побудована система практичних рекомендацій, що сприяють зниженню рівня ризиків.

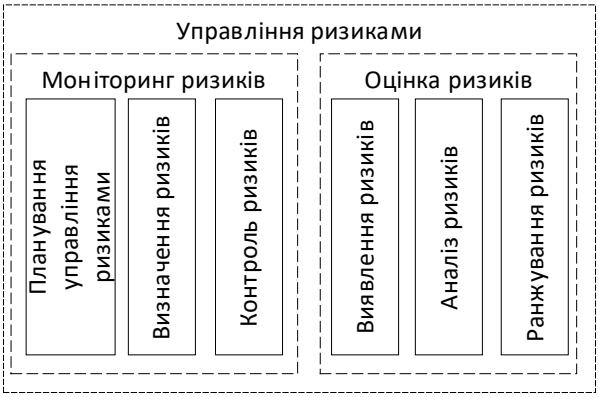


Рис. 3. Процес управління ризиком

Необхідно виділити причинно-наслідкових уявлень ризиків та представити його в середовищі моделювання з урахуванням можливості накопичення досвіду та створення бази знань ризиків проектів.

На рис. 4 показано, яке місце займає управління ризиками в життєвому циклі розробки ПЗ і виявлення та оцінки ризиків, їх пріоритетності та реалізації стратегій по превентивному управління ризиками протягом усіх фаз життєвого циклу проекту.

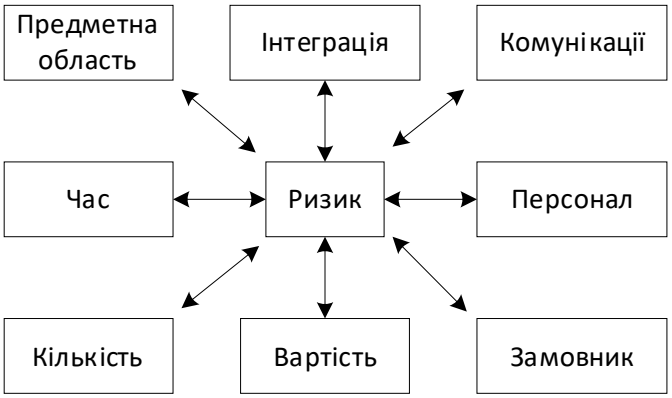


Рис. 4. Інтегрування областей знань, визначених у PMBOK і управління ризиками

4.1 Розробка моделі оцінювання ризику розробки АСУ повітряним рухом

У PMBOK [13] завдання управління ризиками визначається як сукупність елементів управлінні проектом, що включають процеси ідентифікації, аналізу і відповідних реакцій на ризики, що виникають в проекті. Ці елементи охоплюють «ідентифікацію ризиків, їх кількісну оцінку, розробку відгуків на ризик і контроль відгуків на ризик».

Роботи з аналізу ризику при і побудови адекватної моделі його оцінки досить трудомісткі. Це пояснюється з одного боку нестабільністю причин факторів ризику, а з іншого боку - складністю формалізації кількісної оцінки результатів діяльності. Тому при обґрунтуванні і розробці моделей оцінювання ризику потрібен ретельний аналіз характеру вихідної інформації про причини і чинники ризику, а також цілі дослідження.

Залежно від характеру вихідної інформації, наявний в момент постановки задачі, і обраного способу опису невизначеності найбільш поширені такі класи математичних моделей оцінки наслідків ризику: детерміновані; стохастичні; лінгвістичні і не стохастичні. Під оцінкою ризику слід розуміти процес моделювання, що включає розробку і аналіз альтернативних сценаріїв ризику, побудову функцій ризику та визначення ймовірності його

настання. Показано, що в загальному випадку задача оцінки ризиків при проектуванні АСУ повітряним рухом може бути охарактеризована кортежем:

$$D = < T, X, Y, S, g >, \quad (1)$$

де T – множина моментів часу $t \in T$ проектування АСУ повітряним рухом;

X, Y – множина вхідних X та вихідних Y даних відповідно;

S – множина альтернативних сценаріїв ситуації ризику, в кожний момент часу $t \in T$.

g – множина процедур аналізу сценаріїв та визначення функцій ризику.

На рис. 5 додатково позначені:

Y/R – необхідні способи дій (метод), які потрібно виконати над множиною Y;

M – критерії ризику;

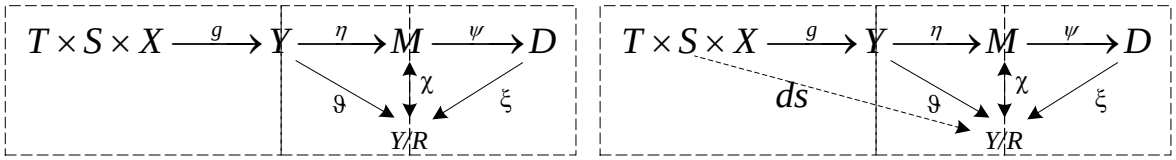
D – система переваг експерта відповідно до контексту ризику;

ψ и ξ; η – оператор шкалювання всіх вхідних і вихідних змінних;

χ – оператор взаємно-однозначної відповідності Y/R зі шкалою вихідної змінної Y;

$\vartheta = \eta \circ \chi$: $Y \rightarrow Y/R$ – композиция отношений в задаче оцінки ризиків при розробці АСУ повітряним рухом.

Проведемо модифікацію раніше запропонованого опису, ввівши новий елемент ds – оператор прийняття рішення експертом при оцінці ризиків при розробці АСУ.



а) б)

Рис. 5. Комутативні діаграми реалізації процесів вироблення та прийняття рішень при оцінці ризиків розробки АСУ на основі: а) даних і б) експертних знань (виділено пунктиром)

Наведене на рис. 5 опис показує, що в процес оцінки ризиків залучені різні по суті механізми подання знань, що обумовлює складність моделі. При цьому можна виділити два типи складності [14] – обчислювальну і когнітивну. В останньому типі джерелом складності виступає експерт. Когнітивна складова складності як найважливіша характеристика «нелінійності» інтерпретується в тому сенсі, що мозок успішно справляється тільки з тими задачами, алгоритми обробки яких людина придбала в ході своєї діяльності. Доведено, що мозок людини перевершує ЕОМ в рішенні задач, пов'язаних з обробкою нечіткої або неточної інформації. Тому використання експертних знань в області оцінки ризиків можна розглядати як засіб боротьби зі складністю.

При цьому знання експерта включають професійні явні і неявні знання про ризики при проектуванні АСУ повітряним рухом. У ситуації ризику розкриття невизначеності на даному етапі розробки АСУ на основі явних і неявних експертних знань дозволяє конструктивно сформувати відображення ρ у вигляді:

$$\rho : T \times S \times X \rightarrow Y / R. \quad (2)$$

Запропонована комутативна діаграма, крім наочного опису можливих варіантів реалізації процесів вироблення та прийняття рішення оцінки ризиків при розробці АСУ повітряним рухом, дозволяє врахувати наступні аспекти:

1. Можна вважати її діаграмою, яка описує концептуальну модель процесу накопичення та використання знань та досвіду експерта. Оскільки, в ній розкривається зміст як задач спостереження в даній предметній області, так і задач прийняття рішень, і становить предмет експертних знань, які формуються досвідом експерта в процесі його професійної діяльності.

2. Дану діаграму можна інтерпретувати як комплекс необхідних етапів при побудові математичної моделі оцінки ризиків проекту на основі експертних знань. В такому аспекті відображення вигляду:

$$g : T \times S \times X \to Y \tag{3}$$

задає факторний простір разом з поданням експерта про множину ознак, що визначають відповідні значення Y. У цьому випадку завдання класифікації ризиків визначається відображенням η:

$$\eta: Y \to M, \tag{4}$$

яке формується на основі систематизації експертом для всього факторного простору системи критеріїв ризику *M*, існуючих в його свідомості. Потім експерт, шляхом розбиття (факторизації) множини Y ризиків на необхідні способи дій (методи) *Y/R* , які потрібно виконати над множиною *Y:*

$$\vartheta : Y \to Y/R. \tag{5}$$

Так, наприклад, відображення (1.4) в загальному вигляді обумовлює в продукційних правилах антецедент «Якщо ...» на множині вибраних вхідних змінних $S \times X$ і консеквент «То ...» на множині *Y/R* у вигляді оцінки експерта. При цьому реалізація композиції відносин:

$$\vartheta = \eta \circ \chi: Y \to Y/R \tag{6}$$

забезпечує формування множини продукційних правил в лінгвістичному вигляді, за допомогою яких проводиться остаточна оцінка ризиків при розробці АСУ повітряним рухом.

У разі, коли результати експертного оцінювання не в повному обсязі збігаються з результатами, отриманими при використанні формальних моделей, то реалізується наступне відображення:

$$\psi: S \to D, \tag{7}$$

яке передбачає коригування прийнятого рішення по відношенню ξ.

4.2. Загальний метод оцінки ризику розробки АСУ повітряним рухом

В ході роботи по ідентифікації ризиків встановлюється множина зв'язків з умовами виникнення і розвитку критичних ситуації, що особливо посилюється взаємозв'язком процесів, що протікають на різних етапах існування проекту. Це означає, що до кожного проекту повинен застосовуватися комплексний підхід.

Середовище існування проекту може бути описана множиною факторів, між якими можна встановити причинно-наслідкові зв'язки. Будемо вважати, що ризики не можуть виникати автономно і не можуть існувати ізольовано. Причинно-наслідкові зв'язки дозволяють уявити розвиток подій і конкретизувати політику управління ризиками проекту. У міру того, як знання про проект та його ризики будуть накопичені, то, стають очевидними «вузькі» місця проектів та етапи, які вимагають посиленої уваги і певних дій, для стабілізації обстановки.

Загальний метод оцінки ризику проекту, що виконується паралельно з завданнями проектування представлено на рис.6.

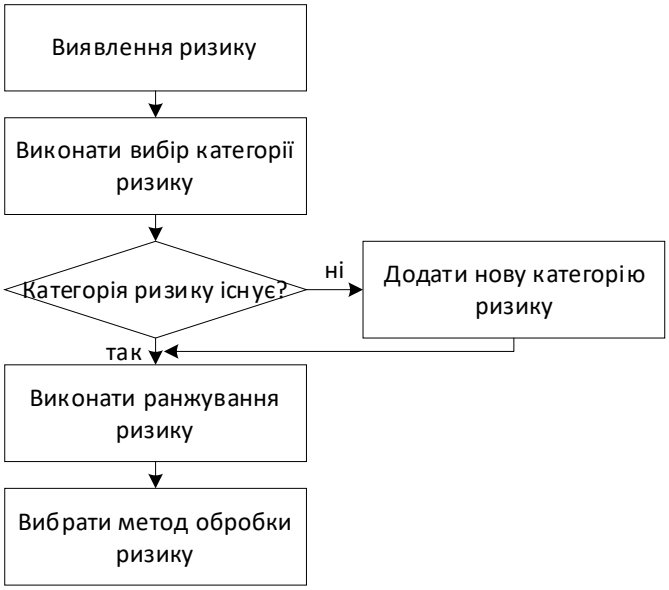


Рис. 6. Загальний метод оцінки ризику розробки АСУ повітряним рухом

На основі даного методу будується діаграма діяльності розробника, що використовує засоби управління ризиками.

5. Обговорення результатів проведеного дослідження.

Запропонований підхід до оцінки ризиків розробки АСУ повітряним рухом дозволяє найбільш повно описати ризики та їх взаємозв'язок, при цьому не порушивши цілісність проектного рішення. Використання даного підходу в перспективі має звести до мінімуму, згубний вплив людського чинника в при оцінці ризиків, Це дозволить відобразити взаємозв'язок факторів і пояснити вплив дій команди на проект і розвиток подій. Фіксування подібної інформації в базі знань системи управління ризиками дозволить розвинути експертну систему, здатну описати можливий розвиток проекту на будь-який з стадій, в залежності від дій розробників та попередити, негативні наслідки реалізації ризиків.

6. Висновки

В результаті проведеного дослідження та аналізу визначено, що на даний момент в рішенні проблеми оцінки ризиків розробки автоматизованих систем накопичено значний досвід як вітчизняних, так і зарубіжних вчених. Незважаючи на те, що запропоновані раніше підходи, методи та моделі дозволяють знаходити конструктивні рішення, пов'язані з моніторингом ризиків. Проте недостатньо розроблені методи обробки експертних знань для вирішення завдань оперативної та обґрунтованої оцінки ризиків на етапах розробки АСУ, та їх подання для подальшого використання. При цьому відчувається нагальна потреба добування інтелектуального досвіду експертів як найкоротшого шляху створення змістовних та конструктивних моделей для вирішення конкретних практичних завдань. Разом з тим, практично у всіх дослідженнях відзначені численні труднощі такого шляху через відсутність методів та моделей при прийнятті рішень про ризики на основі явних і неявних експертних знань. Тому для розв’язання даної проблеми необхідно розробити нові підходи щодо добування, подання та формалізації накопиченого досвіду експертів для створення моделей оцінки ризиків при розробці АСУ повітряним рухом та використання їх в умовах реального часу.

Список використаної літератури

1. ДСТУ ISO/IEC/IEEE 16326:2015. Разработка систем и программного обеспечения. Процессы жизненного цикла. Управление проектами. [Чинний від 2017-01-01]. Вид. офіц. Київ, 2017. 64 с.

2. ICAO Safety Report: International Civil Aviation Organization, 2020. – 63 p.

3. Альгин А.П. Риск и его роль в общественной жизни. М.: Мысль,1989. 188 с.

4. Найт Ф. Риск, неопределенность и прибыль. М.: Дело, 2003. 360 с.

5. Райзберг Б.А., Тутунджян А.К. Психологические основы управления: учебное пособие. М.: Юнити, 2015. 239 с.

6. Нейман Дж., Моргенштрн О. Теория игр и экономическое поведение. М.: Наука, 1970. 707 с.

7. Черкасов В.В. Проблемы риска в управленческой деятельности: 2. изд., перераб. и доп. К.: Ваклер, 2002. 317 с.

8. Грачёва М.В. Учет проектных рисков в нестационарных условиях. Финансовая аналитика:проблемы и решения. 2015. Вып. 32. С. 2 – 14.

9. Чернова Г.В., Кудрявцев А.А. Управление рисками. М.: Проспект, 2007. 160 с.

10. Замула А. А., Северинов А. В., Черныш В. И. Автоматизация процессов обслуживания воздушного движения. Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. 2013. No2 (11). С. 161 – 165.

11. Черныш В. И. Модель управления рисками информационной безопасности системы организации воздушного движения. Системи обробки інформації. 2015. No1(126). С. 136 – 143.

12. Бестугин А. Р., Плясовских А. П., Филин А. Д., Шатраков А. Ю. Автоматизированные системы управления воздушным движением. М.: Air-Navigation, 2017. 367 с.

13. PMBOK – Project Management Body of Knowledge. Свод знаний по управлению проектами. Pennsylvania: Project Management Institute Inc., 2017. 2006 с.

14. Хромов-Борисов С. Управление сложностью. Операционная система бизнеса. М: Издательский дом Гребенникова, 2012. 336 с.

References

1. DSTU ISO/IEC/IEEE 16326:2015 (2017), "Systems and software development. Life cycle processes. Project management".

2. ICAO Safety Report: International Civil Aviation Organization (2020). ICAO 63 p.

3. Algin A.P. (1989), *Risk and its role in public life*. Moscow, Mysl. 188 p.

4. Knight F. (2003) *Risk, uncertainty and profit*. Moscow, Delo. 360 p.

5. Raizberg B.A., Tutundjyan A.K. (2015) *Psychological foundations of management: a tutorial*. Moscow, Unity. 239 p.

6. Neumann J., Morgenstein O. (1970) *Game theory and economic behavior*. Moscow, Nauka, 707 p.

7. Cherkasov V.V., (2002), *Risk problems in management activities: sec. edition*. Kyiv, Wakler. 317 p.

8. Gracheva M.V. (2015) "Accounting for project risks in non-stationary conditions". *Financial analytics: problems and solutions*, 32. P. 2 – 14.

9. Chernova G.V., Kudryavtsev A.A. (2007) *Management of risks*. Moscow, Prospekt. 160 p.

10. Zamula A. A., Severinov A. V., Chernysh V. I. (2013) "Automation of air traffic service processes". *Nauka i tekhnika Povitryanykh Syl Zbroynykh Syl Ukrayiny*,2 (11). P. 161 – 165.

11. Chernysh V.I. (2015) "Model of information security risk management for the air traffic management system". *Sistemi obrobki ínformatsíÿ*, 1 (126). P. 136 – 143.

12. Bestugin A. R., Plyasovskikh A. P., Filin A. D., Shatrakov A. Yu. (2017) *Automated air traffic control systems*. Moscow, Air-Navigation. 367 p.

13. Project Management Institute Inc. (2017) *PMBOK – Project Management Body of Knowledge*. Pennsylvania, Project Management Institute Inc. 2006 p.

14. Khromov-Borisov S. (2012) *Complexity management. Business operating system*. Moscow, Grebennikov Publishing House. 336 p.