

УДК 303.732, 517.9

DOI: <http://dx.doi.org/10.20535/0203-377130201569860>Л. О. Коршевнюк¹, докторант**ВИЗНАЧЕННЯ ПРІОРИТЕТІВ РИЗИКОВИХ СИТУАЦІЙ ПРИ КЕРУВАННІ ДИНАМІЧНИМИ СИСТЕМАМИ****En**

The paper considers the actual problem of prioritization the risk situations during controlling process of the dynamic systems of different nature. Studied that current tools for solving the problem are quite limited and analysis aims mostly localized risk options and selected parts of systems that are at risks of losses.

The set of essential features of risk situations for the purposes of establishing values of risk priorities is proposed a formalized. The set consists of six factors: measure of the reliability of data; the degree of criticality of the system resource that is at risk of losses; swiftness indicator of the risk; the degree of risk (probability); level of risk (losses); costs for risk prevention and system recovery after the come-risk. The paper describes the graphic method for mode prioritizing risk situations with the usage of special spiderweb radar diagram. This method allows generalizing of different incomparable estimates of the various units of measure and provides good visibility of values with their mutual influence. But this method also does not allow the usage of different influence weights of risk factors.

A reasonable approach for risk prioritization based on the weighted sum of the values of risk factors that reduced to relative scales is proposed. All estimation values are based on the common scale with units as a percentage from the minimum possible to the maximum possible value. This approach is the most practical ease of use. It proves suitability for usage in automated real-time systems with low computing capabilities and versatility of applications of different nature.

The future research is advisable to focus on the developing approaches for automated identification and adaptation of weighting coefficients of risk factors during the real-time system performance.

Ru

В работе исследована проблема определения приоритетов ситуаций риска при управлении динамическими системами. Основной недостаток современного инструментария заключается в локальном анализе рисков и частей системы, подвергающихся угрозам потерь. Формализовано множество существенных признаков ситуаций риска для определения приоритетов: достоверность данных; степень критичности ресурса; стремительность наступления риска; степень риска; уровень риска; расходы на предотвращение и восстановление системы после риска.

Предложен подход определения приоритетов на основе взвешенной суммы оценок признаков риска в единых относительных единицах измерения. Подход отличается простотой, возможностью режима реального времени и своей универсальностью.

Дальнейшие исследования следует направить на разработку адаптивности значений весовых коэффициентов признаков при функционировании систем.

¹ Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут",
Учбово-навчальний комплекс «Інститут прикладного системного аналізу»

Вступ

Особливості розв'язання найактуальніших сучасних задач в системах різної природи пов'язані із усіма характерними властивостями і умовами застосування методів керування реальними динамічними системами: ситуаціями невизначеностей, ризиками, неточністю і неповнотою інформації, надзвичайними станами системи тощо [1]. Наприклад, в технічних системах такі умови яскраво проявляються в задачах побудови автоматизованих систем керування динамічними об'єктами у реальному світі, зокрема, різноманітною робототехнікою. Динамічні об'єкти у сучасній проблематиці керування являють собою складну систему, яка складається з великої кількості взаємопов'язаних та постійно взаємодіючих між собою підсистем, що можуть мати власні інколи конкурентні задачі і цілі [2, 3].

Важливим класом методів і підходів до забезпечення сталості та певного рівня безпеки функціонування систем є методологія ризик-менеджменту при керуванні динамічними системами, яка включає методи врахування ризиків та засоби зменшення негативного впливу ризикових ситуацій. Призначенням методів врахування ризиків при керуванні динамічними системами є підтримка допустимого рівня ризиків як за окремими видами і класами, так і для всієї системи в цілому, а також зниження рівня ризиків і втрат внаслідок настання ризикових ситуацій в процесі функціонування системи [2, 3].

Аналіз досліджень

Класичні застосовні підходи до врахування ризиків є статичними і передбачають використання процедур визначення і оцінювання ризиків та вибору заходів щодо їх зменшення за допомогою розв'язання задачі керування ризиків на етапі побудови процесу керування системою. Додатково такі підходи допускають певну незначну адаптацію прийнятих рішень щодо керування ризиками безпосередньо під час функціонування досліджуваної системи [4].

Проте, у сучасних важливих задачах керування динамічними системами багато факторів не є детермінованими. У процесі функціонування складних систем можуть докорінно змінюватись значення показників, параметрів системи та її оточення, навіть, характер і структура взаємозв'язків як у середині системи так і з її зовнішнім середовищем. Крім того, можуть виникати нові ризики, а існуючі ризики системи можуть втрачати свою актуальність або зазнавати зменшення чи збільшення важливості, набувати критичності тощо. Тому, під час всього процесу функціонування системи необхідно здійснювати моніторинг за показниками системи, динамічно виконувати розпізнавання ризикових ситуацій, визначення пріоритетів їх об-

робки, ідентифікацію та класифікацію ризиків, які не були відомі на початку процесу функціонування системи [4].

Прикладами таких реальних задач є: у технічних системах – автоматизоване автономне керування автомобілями без водіїв, безпілотними літальними апаратами, безпілотними підводними апаратами; у фінансових системах – розробка автоматизованих систем проведення спекулятивних операцій на спотовому валютному або біржовому ринках; у соціальних системах – керування процесами пом'якшення наслідків соціальних лих, що спричинені катастрофами та актами тероризму; у екологічних системах – прогнозування стану середовища певної відкритої екосистеми тощо [1, 5].

Необхідно зазначити, що у будь-якій системі існують принципові обмеження на ресурси, які можуть бути виділені і використані для швидкого реагування на нові загрози, надзвичайні події та ризики. Таке положення є основною причиною неможливості своєчасної обробки та формування адекватної відповіді на виявлені загрози та нові ризики. Тому визначення доцільності та, в загальному, можливості відпрацювання певних виявлених ризиків потребує їх ранжирування та послідовного врахування відповідно до пріоритетів, що надаються ризиковим ситуаціям.

Відомі значення пріоритетів ризикових ситуацій дозволяють визначити які ризики необхідно опрацювати і врахувати в першу чергу, які відкласти, а які взагалі доцільно проігнорувати.

У роботі [6] розглянуто підхід до автоматизованого виявлення і пріоритезації технічних ризиків на основі бази правил експертної дорадчої системи. Оцінювання ризикових ситуацій ґрунтується на визначенні факторів ризиків за відповідями у інтерактивному комп'ютеризованому опитуванні. При цьому для ранжирування та порівняння виявлених ризиків застосовується інструментарій з перетворення введених якісних відповідей у числові показники за допомогою заздалегідь побудованої розгалуженої таксономії факторів.

Застосований підхід є спробою визначити можливість виникнення ризиків на основі введених даних експертних оцінок характеристик досліджуваної системи (проекту) та процесу її функціонування. При цьому аналіз факторів та характеристик самого ризику як об'єкту можливого дослідження не відбувається. І відповідно визначення пріоритетів ризикових ситуацій зосереджено тільки на ступенях ризиків без врахування обсягів потенційних втрат внаслідок можливого ризику, часових характеристик настання ситуацій ризиків та інших факторів ризиків.

Підхід до визначення пріоритетів за рейтингом ризиків описаний у роботі [7]. Рейтинг (рівень) ризику оцінюється за відомими вимірами ймовірності настання ризику та очікуваними наслідками його настання. Грубе визначення пріоритетів здійснюють за значеннями рейтингів ризиків від найбільшого до найменшого.

Проте автори виходять з того, що значення рейтингу ризику не вказує на необхідність обробки та врахування певного ризику. Доцільно запроваджувати заходи зі зменшення впливу та врахування певного ризику лише за умов потенційної позитивної вигоди від таких заходів. Отже, зміну рейтингу ризику не слід розглядати як єдину міру для прийняття рішення щодо необхідності опрацювання певного ризику. Таким критерієм має бути потенційний позитивний ефект від заходів щодо врахування ризику.

Запропоновано розширити процес аналізу ризиків за допомогою використання та дослідження додаткових показників: міри ефективності управління ризиками в системі та значення максимальних допустимих втрат в системі. Таке удосконалення надає можливість оцінювати міру критичності втрат від настання ризику, однак, процедура надання пріоритетів ризиковим ситуаціям все ж ґрунтується на критеріях ефективності керування ризиками, а не на критеріях уникнення втрат та запобігання руйнації системи в ситуаціях надважливих і критичних ризиків.

Розроблена компанією *Intel IT* методологія *TARA* для оцінювання ризику загроз розглянута у роботі [8]. Методологія ґрунтується на визначенні найбільших загроз та їх цілей і на ранжируванні й визначенні пріоритетів ризиків за допомогою виявлення найбільш вразливих і небезпечних частин системи з позицій ризику їх можливого ураження. Передумовою створення і використання методології *TARA* є припущення щодо значної непрактичності намагались захистити від ризикових ситуацій всі вразливі елементи або частини системи. Вибір ризиків з найбільшим пріоритетом дозволяє балансувати витрати на запобігання небезпечних ризикових ситуацій, на зменшення наслідків від ризиків та на відновлення після їх прийняття. Також це надає можливість оптимізувати керування ризиками для утримання їх на допустимому рівні на весь час функціонування системи. Наведений в роботі підхід не є комплексним і передбачає надання ризикам пріоритетів за критерієм обсягу потенційних проблем: кількості загроз та кількості частин системи, що наражається на небезпеку.

Виділення невирішених частин задачі

Інструментарій розв'язання важливої задачі оцінювання і встановлення пріоритетів ризиковим ситуаціям, що виявляються до та під час функціонування досліджуваної системи, має достатньо обмежені напрацювання як за кількістю досліджень так і за широтою охопленої проблематики. Головний недолік існуючих підходів полягає у, як правило, однобічному аналізі ризиків та частин системи, які піддаються загрозам втрат.

На даний час не розроблено комплексного універсального підходу до оцінювання та встановлення пріоритету кожній виявленій ризиковій ситуації на основі відомих показників ризиків, рівня потенційних втрат, напря-

мів їх впливу та можливостей системи до адекватної відповіді загрозам. Надання пріоритетів може полягати:

1. у співставленні кожної ризикової ситуації, тобто кожного потенціального ризику з певним числом – пріоритетом ризику;
2. у виділенні груп ризиків за черговістю обробки;
3. у класифікації ризиків за певними класами, наприклад, критичний і некритичний, або важливий і неважливий чи обробити і проігнорувати тощо.

Першочерговість та важливість задачі визначення пріоритетів ризикових ситуацій при динамічному управлінні системами різної природи обумовлені тим, що в разі некоректного надання пріоритетів ризиковим ситуаціям щодо їх врахування може призвести до помилкової постановки надважливих ризиків в останні позиції черги або, навіть, до їх ігнорування, і як наслідок – до руйнування (загибелі) системи.

Постановка задачі

Метою роботи є розробка підходу до визначення пріоритетів ризикових ситуацій при керуванні динамічними системами різної природи, що здатний оцінювати критичність і важливість виявлених ризиків, визначати послідовність їх обробки і встановлювати несуттєві ризики системи. Підхід необхідно розробити з урахуванням можливостей його автоматизованого використання в складних динамічних технічних системах.

Розв'язання задачі

Будемо вважати ризиковою ситуацією S – несприятливу подію, за якої відбувається або можливий ризик R втрати одного ресурсу Z системи. Такими ресурсами можуть бути, наприклад, відстань, час польоту, об'єм і запас певної речовин і матеріалів, працівники, фінансові активи, якість, температурний режим, обсяг інформації та будь-який інший вимірюваний показник важливий для функціонування системи. Якщо певна несприятлива подія може викликати втрати одночасно декількох ресурсів, то відповідно будуть розглядатись декілька ризикових ситуацій для кожного такого ресурсу. Обсяг кожного ресурсу системи характеризується відповідною кількісною змінною [4].

Ризикова ситуація характеризується множиною факторів $\langle F \rangle$ – причин, що можуть викликати цю ситуацію, часом її настання, ризиком, який може викликати дана ситуація, та значеннями часу настання такого ризику.

Фактори ризику характеризуються відповідними вимірюваними показниками. Відхилення вимірюваних значень за даними показниками від заданих або досягнення ними певної комбінації означає фактичне настання конкретної ситуації ризику.

Опис ризикової ситуації S , яка настала, для цілей встановлення її пріоритету можна формалізувати на основі суттєвих інформативних ознак відповідного їй ризику таким чином:

$$S = \langle B, Z_{CR}, D, P, L, LD \rangle, \quad (1)$$

де B – достовірність даних;

Z_{CR} – ступінь критичності ресурсу Z системи, який знаходиться під ризиком втрат;

D – стрімкість настання ризику;

P – ступінь ризику – ймовірність настання ризику;

L – рівень ризику – обсяг потенційних втрат ресурсу Z ;

LD – витрати на запобігання проявам ризику та на відновлення системи після заподіяних ризиком втрат.

Всі суттєві ознаки ризикової ситуації, за якими визначається її пріоритет, приведені до вигляду, при якому більше значення ознаки відповідає більшій нагальності та більшому пріоритету врахування ризику. Тому показник часу, через який може відбутись ризик, тобто втрата ресурсу, перетворений на зворотній показник D названий *стрімкістю настання ризику*. Менший період часу до настання ризику буде відповідати більшій стрімкості настання ризику, яка може бути визначена у такий спосіб:

$$D = \frac{T}{t},$$

де T – горизонт прогнозування, – найбільший період часу, на який в системі можуть бути визначені втрати від моменту настання ризикової ситуації;

t – період часу, через який може відбутись втрата певного ресурсу Z від моменту настання даної ризикової ситуації.

Задача визначення пріоритету ризикової ситуації S буде полягати у тому, щоб при відомих значеннях ознак, зазначених у (1), розрахувати відповідний кількісний показник пріоритету PRT . Для цього визначення пріоритету кожної ризикової ситуації відбувається в два етапи: надання оцінок виявленому ризику за кожною його ознакою та подальше об'єднання усіх оцінок ризику у єдине значення пріоритету PRT .

Необхідно зазначити, що на етапі об'єднання оцінок різноманітних ознак виникне проблема порівняння та агрегування значень довільних несумісних одиниць виміру і різних за своєю природою і сенсом. Так,

- достовірність даних B – безрозмірна якісна величина або може бути представлена у порядковій шкалі для бального оцінювання;
- критичність ресурсу Z_{CR} , який знаходиться під загрозою втрат, – також безрозмірна якісна величина або може бути представлена у порядковій шкалі для бального оцінювання;

Системи та процеси керування

- стрімкість настання ризику D – відносна безрозмірна величина;
- ступінь ризику P – ймовірність настання ризику є безрозмірною величиною в інтервалі $[0;1]$;
- рівень ризику L – обсяг потенційних втрат вимірюється у одиницях виміру відповідних ресурсу Z , наприклад:
 - пропускна полоса каналу зв'язку у Гц;
 - об'єм машинної пам'яті у гігабайтах;
 - час польоту у хвилинах;
 - практична дальність дії апарату у метрах;
 - тиск у мм ртутного стовпа;
 - обсяг фінансів у грошових одиницях;
 - кількість мешканців у числі людей;
 - сила катастрофи у числі постраждалих і біженців;
 - площа посіву у гектарах;
 - кількість худоби у числі голів, тощо;
- витрати на зменшення ризику LD – вимірюється у одиницях виміру відповідних ресурсу Z або у єдиному мірилі вартості ресурсів системи, наприклад, у грошових одиницях.

Пропонується для визначення пріоритету на основі значень ознак ризикових ситуацій, що мають різні одиниці вимірів та природу, розглянути два підходи: графічний та кількісний уніфікаційний.

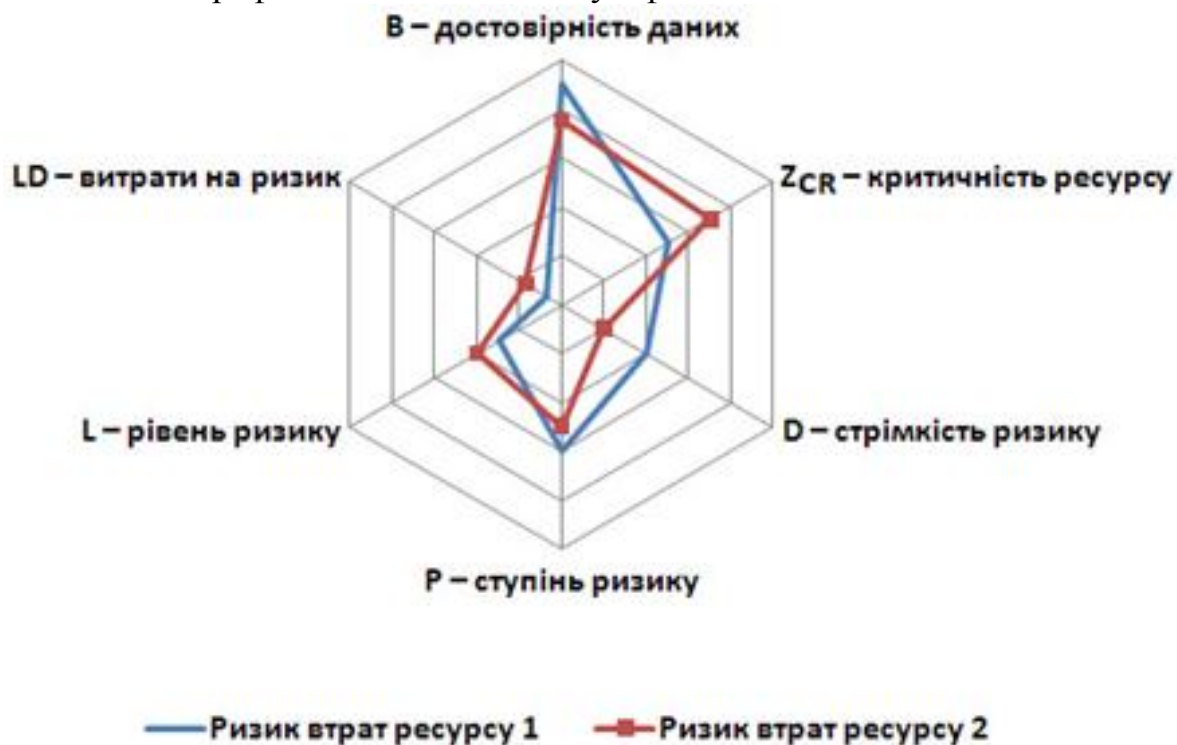


Рис. 1. Приклад діаграми значень ознак ризикових ситуацій

Графічний спосіб визначення пріоритету ризикових ситуацій передбачає застосування павутинної (пелюсткової) діаграми. Для побудови такої

діаграми коло пропорційно розділяється вісями-променями, що відповідають оцінюваним ознакам ризикової ситуації. Одиниці вимірів за кожною віссю свої відповідно до одиниць виміру ознак. Шкали осей з градаціями від найменшого значення до найбільшого. Для наочності зображення вісі можуть бути масштабовані до єдиної геометричної довжини від центру до граничного кола, хоча це й не є обов'язковим для даного способу визначення пріоритету. На відповідних осях відкладаються точки зі значеннями ознак даної ризикової ситуації, які потім поєднуються між собою і утворюють шестикутник:

На основі відомої формули площі трикутника $S = \frac{1}{2} a \cdot b \cdot \sin \alpha$ та з урахуванням значення кута між сусідніми осями 60° , площа шестикутника діаграми $S_{\text{діаграма}}$ розраховується за такою формулою:

$$PRT = S_{\text{діаграма}} = \frac{\sqrt{3}}{4} (B \cdot Z_{CR} + Z_{CR} \cdot D + D \cdot P + P \cdot L + L \cdot LD + LD \cdot B). \quad (2)$$

Площа розрахована за (2) і буде прийматись за значення пріоритету PRT ризикової ситуації, і відповідно більше значення пріоритету буде індикатором першочерговості відпрацювання конкретного ризику.

Графічний спосіб є простим для практичного застосування, дозволяє узагальнювати оцінки різних непорівнюваних ознак і забезпечує велику наочність представлення впливу значень на результат. Проте підхід визначення пріоритету за формулою (2) не враховує можливі різні ваги впливу ознак ризикової ситуації на її пріоритет, які до того ж можуть змінюватись, наприклад, при різних режимах роботи системи.

Пропонується підхід кількісної уніфікації оцінок за ознаками. За таким підходом, ще не етапі оцінювання всі важливі ознаки ризику приводяться до єдиних відносних одиниць виміру, та оцінки надаються у відсотках від мінімально можливого до максимально можливого значення.

Або вже надані оцінки ознак у своїх відповідних одиницях вимірів нормуються до одиниць виміру у відсотках і шкали від 0 до 100 відсотків. Нормування відбувається за формулою:

$$X^{norm} = \frac{X - X^{min}}{X^{max} - X^{min}} \cdot 100\%,$$

де X – значення оцінки певної ознаки за її базовими одиницями виміру;

X^{min} і X^{max} – відповідно найменше та найбільше можливі значення ознаки ризикової ситуації для даного режиму функціонування системи.

Зважена сума значень оцінок за ваговими коефіцієнтами ознак ризикової ситуації дасть значення її пріоритету:

$$PRT = a_B \cdot B + a_Z \cdot Z_{CR} + a_D \cdot D + a_P \cdot P + a_L \cdot L + a_{LD} \cdot LD, \quad (3)$$

де a_X – ваговий коефіцієнт відповідної ознаки X . Вагові коефіцієнти ознак є нормованими і їх сума дорівнює одиниці:

$$a_B + a_Z + a_D + a_P + a_L + a_{LD} = 1.$$

Такий спосіб додавання непорівнюваних величин різної природи у єдиний показник пріоритету може здаватись не зовсім коректним у сенсі об'єднання оцінок багатокритеріального вибору, хоча формально значення будуть приведені до однакових відносних шкал. Необхідно враховувати, що для задачі визначення пріоритетів ризикових ситуацій щодо необхідності та послідовності їх опрацювання принциповим є ранжирування значень пріоритетів, їх порівняння та упорядкування між собою, а не абсолютні значення пріоритетів. Тому такий спосіб застосування зваженої суми до відносних кількісних значень оцінок є цілком прийнятним для даного класу задач. Додатково слід зазначити, що оцінювання відбувається у відносних шкалах, і таким чином, кожне значення оцінки фактично характеризує її внесок у необхідність першочерговості опрацювання ризикової ситуації.

Більше значення пріоритету ризикової ситуації буде відповідати більшій загрозі від даного ризику. Тому для визначення послідовності відпрацювання ризикових ситуацій всі ризики упорядковуються за зменшенням значень їх пріоритетів у чергу і обробляються послідовно від першого до останнього. Під час функціонування системи при виникненні нової ризикової ситуації аналізуються її показники, визначається значення її пріоритету, і відповідно до цього пріоритету визначається місце відповідного ризику в черзі на відпрацювання.

У табл.1 наведені значення оцінок ознак ризиків та розрахованих пріоритетів для прикладу ризикової ситуації виникнення пожежі у одному з двигунів літака: ризику втрати висоти польоту, ризику зменшення (скидання) запасу палива та ризику зіткнення з іншими літальними апаратами внаслідок можливої різкої зміни ешелонів польоту.

Таблиця 1.

Значення ознак та пріоритетів для прикладу ризикової ситуації

Ознака ризику			Вага ознаки		Ризик 1		Ризик 2		Ризик 3	
			Ре-жим Політ	Ре-жим Піке	абс	відн	абс	відн	абс	відн
Ресурс під ризиком	Z	Шкала			висота польоту		запас палива		безпе-ність еше-лонів	
Достовір-ність даних	B	бали 1-5	0.21	0.18	4	80	4	80	2	40
Критичність ресурсу	Z_{CR}	бали 1-10	0.24	0.20	10	100	8	80	7	70

Ознака ризику			Вага ознаки		Ризик 1		Ризик 2		Ризик 3	
			Ре- жим Політ	Ре- жим Піке	абс	відн	абс	відн	абс	відн
Ресурс під ризиком	<i>Z</i>	Шка- ла			висота польоту		запас палива		безпеч- ність еше- лонів	
Стрімкість ризиком	<i>D</i>	бали 1-5	0.15	0.20	3	60	1	20	3	60
Ступінь ризиком	<i>P</i>	[0;1]	0.15	0.12	0.75	75	0.70	70	0.10	10
Рівень ри- зиком	<i>L</i>	шкала ресур- су	0.12	0.20	5000 м	50	0.5 т	5	100 %	100
Витрати на ризик	<i>LD</i>	шкала ресур- су	0.12	0.10	6000 м	60	0 т	0	5 %	5
Пріоритети для режиму Політ:					75.00		50.61		48.79	
Пріоритети для режиму Піке:					71.40		43.80		54.90	

Запропонований підхід до встановлення пріоритетів ризикових ситуацій відрізняється простотою практичного застосування, можливістю автоматизованого використання у режимі реального часу та своєю універсальністю для систем різної природи, таких як технічні, соціально-економічні, екологічні, тощо. Задачі коректної пріоритезації ризикових ситуацій займають важливе місце у сучасній проблематиці керування динамічними системами практично у всіх галузях діяльності людини.

Так, наприклад, для сучасних технічних задач зі створення відчуттів «болі» у робототехніки та задач розробки так званої центральної нервової системи у автономних рухомих об'єктів коректне визначення пріоритетів ризикових ситуацій дозволяє уникнути помилок у послідовності врахування ризиків, своєчасно в умовах обмежених ресурсів та обмеженого часу виявляти загрози критичним елементам системи, загрози руйнації (загибелі) системи, визначати оптимальні заходи для ухиляння від небажаних ризиків, застосовувати способи мінімізації ризиків та зменшення їх наслідків.

Висновки

У роботі досліджена актуальна проблема встановлення пріоритетів ризиковим ситуаціям при керуванні динамічними системами різної природи. Сучасний інструментарій розв'язання задачі має достатньо обмежені напрацювання як за кількістю досліджень так і за широтою охопленої проблематики. Основний недолік полягає у локалізованому аналізі ризиків та частин системи, які піддаються загрозам втрат.

Запропонована і формалізована множина суттєвих ознак ризикових ситуацій для встановлення значень пріоритетів ризиків, яка складається з шести показників: міри достовірності даних; ступеню критичності ресурсу системи, який знаходиться під ризиком втрат; показника стрімкості настання ризику; ступеню ризику; рівня ризику; значення витрат на запобігання ризику і на відновлення системи після заподіяних ризиком втрат.

Розглянуто підхід графічного способу визначення пріоритетів ризикових ситуацій за допомогою павутинної діаграми. Такий спосіб дозволяє узагальнювати оцінки різних непорівнюваних ознак і забезпечує наочність, проте не враховує можливі різні ваги впливу ознак ризикової ситуації.

Запропоновано та обґрунтовано підхід визначення пріоритетів ризикових ситуацій на основі зваженої суми значень оцінок ознак ризику приведених до єдиних відносних одиниць виміру у відсотках від мінімально можливого до максимально можливого значення. Такий підхід відрізняється найбільшою простотою практичного застосування, придатністю до автоматизованого використання у режимі реального часу в системах з малими обчислювальними можливостями та універсальністю застосування для систем різної природи.

Подальші дослідження доцільно зосередити на розробці підходів автоматизованого визначення і адаптації значень вагових коефіцієнтів суттєвих ознак ризикових ситуацій безпосередньо під час функціонування систем на основі збору та аналізу даних про різницю між прогнозованими та фактичними втратами від настання ризиків, витратами на відновлення системи після настання ризиків, даних про частоту настання певних видів ризиків та критичні рівні втрат окремих ресурсів.

Дане дослідження виконано в рамках проекту *NATO* «Безпека за ради миру» *NUKR.SFPP G4877* «Моделювання та попередження соціальних лих спричинених катастрофами та тероризмом», що виконується на базі ННК «Інститут прикладного системного аналізу» НТУУ «КПІ».

Список використаної літератури

1. *Згуровский М. З.* Системный анализ. Проблемы, методология, приложения / М. З. Згуровский, Н. Д. Панкратова. – К. Наукова думка, 2005. – 744 с.
2. *Коршевнюк Л. О.* Мультиагентні системи на основі ройового інтелекту – перспективна технологія розвитку БПЛА / Л. О. Коршевнюк // Гіротехнології, навігація, керування рухом і конструювання авіаційно-космічної техніки: Матеріали міжнародної науково-технічної конференції. Частина 4. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – С. 87-93.
3. *Ямалов И. У.* Моделирование процессов управления и принятия решений в условиях чрезвычайных ситуаций / И. У. Ямалов. – М. : Лаборатория Базовых Знаний, 2007. – 288 с.

4. *Коршевнюк Л. О.* Формалізація постановки задачі керування ризиками в системах різної природи / Л.О. Коршевнюк, П.І. Бідюк // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2013. – № 6. – С. 49–54.
5. *Бідюк П. І.* Комп'ютерні системи підтримки прийняття рішень / П.І. Бідюк, О.П. Гожий, Л.О. Коршевнюк. – Миколаїв: Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2012. – 380 с.
6. *Toth G. A.* Automated Method for Identifying and Prioritizing Project Risk Factors / Gregory A. Toth. // Automated Software Engineering. – 1995. – №2. – С. 231–248.
7. *Tutorial: Setting priorities for risk treatment and assurance of controls* [Електронний ресурс] // Broadleaf Capital International Pty Ltd. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: <http://broadleaf.com.au/wp-content/uploads/2014/07/Broadleaf-tutorial-Setting-priorities-for-risk-treatment-and-assurance-of-controls-v9.pdf>.
8. *Rosenquist M.* Prioritizing information security risks with threat agent risk assessment [Електронний ресурс] / Matt Rosenquist // Intel Information Technology. – 2009. – Режим доступу до ресурсу: http://www.intel.com/Assets/en_US/PDF/whitepaper/wp_IT_Security_Risk_Assessment.pdf.