

УДК 303.732, 517.9

DOI: <http://dx.doi.org/10.20535/2219-380413201568104>

Л. О. Коршевнюк¹, докторант

КОНЦЕПЦІЯ АНАЛІТИЧНОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ РИЗИКІВ В ЗАДАЧАХ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ СКЛАДНИХ СИСТЕМ

En

The problems of risk classification are of high importance in the current period of improvement of the system analysis methods for decision making in *poorly structured and formalized problems in the complex systems of different nature*.

The paper considers the problem of developing a formalized and comprehensive description of risks in complex systems of different nature, particularly in engineering systems. Background is caused by the inability of modern approaches to consider risks complexly, compare different risks with each other, analyze the interdependence of risks and identify cascade effects etc.

The proposed concept of risk classification is based on the formalized description of the risk. This approach allows the automating the process of risk classification on the basis of new data during the system running.

Analytical classification of the risk is shown with the resource-based clustering of system resources that are at risk of loss. Clustering of the resources is performed on the closeness of values of the total cost of the system resources that are expressed in a single measure of resources. Analyzed risks are classified and combined into one group, if they affect the resources that make up a single group (cluster).

Analytical risk classification takes into account and complexly considers all risks of the system, allows predicting and controlling not only the individual risks but the whole risk clusters of the system. In addition, proposed approach enables to

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

build the structure of risk classification for a particular problem, gives possibility to move from a verbal classification toward formalized one and ensures greater sustainability for risk management system.

This concept of risk classification minimizes costs for risk management and the losses from negative effects for the entire system in general. The future research should be focused on the developing the approaches to risk classification on several parameters simultaneously.

Ru

Работа посвящена проблематике формализации задачи классификации рисков в сложных системах различной природы, в частности, в технических. Актуальность проблемы обусловлена невозможностью существующих подходов комплексно учитывать риски, анализировать их взаимозависимость и каскадные эффекты.

Предложена концепция классификации рисков на основе их формального описания. Рассмотрена аналитическая классификация рисков на основе кластеризации ресурсов системы, подвергающихся риску потерь.

Формализация классификации позволяет автоматизировать классификацию рисков на основе новых данных, прогнозировать и управлять не отдельными рисками, а целыми группами (кластерами). Это минимизирует затраты на управление рисками и их воздействие на систему в целом.

Дальнейшие исследования следует направить на разработку подходов к классификации рисков по нескольким показателям одновременно.

Вступ

Сучасний період розвитку системного аналізу характеризується дослідженнями та розробкою методів розв'язання слабко структурованих і формалізованих задач у складних системах різної природи, зокрема у економічних і технічних системах. Такі задачі, як правило, містять невідомі компоненти або компоненти, які складно оцінити кількісно. Їм властива наявність як кількісних так і якісних залежностей. При цьому якісні та маловідомі характеристики проблеми часто превалюють над кількісними. Управління та прийняття рішень здійснюються в умовах наявності ризиків та неповної інформації, при яких результати альтернативних варіантів не є визначеними, але можливо оцінити їх імовірності [1]. Прикладами слабкоструктурованих проблем можуть бути у економічних системах: розрахунок резервних обсягів ресурсів; у фінансових системах: визначення прибутку від розміщення похідних фінансових інструментів; в організаційних: планування діяльності; у соціальних: оцінювання трудової діяльності; в технічних: задачі неруйнівного контролю, задачі автономного автоматизованого управління рухомими об'єктами тощо. Такі задачі частково описуються певними математичними моделями. Але через наявність умов ризиків, неповноту опису і врахування ризиків при постановці задачі та через недостатність наявної інформації на момент розв'язання задачі вони не мають однозначного алгоритмічного рішення.

Аналіз досліджень

Під поняттям **ризик** будемо розглядати ситуацію небезпеки можливості настання несприятливої події або загроза можливих втрат, щодо яких невідомо чи відбудуться вони у майбутньому. Згідно з [2, 3] виділяють три основні підходи до оцінювання ризиків при розв'язанні практичних задач. Одним з підходів до оцінювання ризиків є інтуїція, досвід і мудрість експертів, які роблять судження щодо природи особливостей процесів. Це не найкращий метод, але іноді це єдиний доступний спосіб для аналізу процесів, які не існували або мали іншу структуру в минулому, і статистична історія за якими відсутня або не має сенсу.

Другий підхід до оцінювання можливих ризиків базується на спостереженнях за фактичними ситуаціями і збитками від ризиків на тривалому історичному періоді. Наявність такого масиву достовірних даних у багатьох практичних задачах є проблематичною. Крім того, у критичних технічних, соціальних, економічних і екологічних системах, в яких значний вплив має дуже мінливе середовище процесу, такі дані містять опис динаміки процесу при минулих станах середовища, а це часто не відповідає сучасним реаліям. Тому оцінки ризиків на основі масиву історичних даних в певних системах не можуть бути застосовані до поточних і майбутніх періодів.

Третій підхід полягає у використанні даних спостережень за групами окремих ризиків зі схожими характеристиками, які часто можуть бути зроблені протягом коротших періодів часу. Такий підхід є найбільш придатним і перспективним у складних задачах керування ризиками в умовах наявності невизначеностей статистичного, ймовірнісного і структурного типів [4]. Окремі групи ризиків утворюють класи ризиків, які загалом складають певну класифікацію ризиків для задач заданого типу.

Класифікація ризиків при розв'язанні задач системного аналізу, зокрема задач керування ризиками, задач прийняття рішень і задач оптимального управління має важливе, а часто, вирішальне значення на формалізацію і постановку задачі, що розв'язується, і, відповідно, на якість результату. Класифікація ризиків фактично задає "систему координат", за якою розглядаються ризики, визначає аспекти врахування і керування ризиками, наприклад, за факторами виникнення, за ймовірністю настання ризику, за величиною втрат від ризику, за способом зменшення ризику тощо.

Вибір неефективної або недостатньо коректної класифікації ризиків для певної задачі може призвести до звуження і неповноти опису ризиків в задачі, і, як наслідок, може спричинити одержання некоректних розв'язків задачі, або навіть унеможливити одержання адекватних розв'язків [2, 3].

Виділення невирішених частин задачі

Сучасні підходи до опису і класифікації ризиків [2-5] пропонують розглядати ризики стосовно окремих факторів, наприклад, операційні, валютні, погодні, ресурсні, людський фактор; або стосовно впливів ризиків, наприклад, за впливом на капітал, стан здоров'я, живучість, екологію, ресурс безвідмовної роботи; або стосовно аспектів прояву ризиків, наприклад, ймовірність виникнення ризику, види негативного впливу ризику, розмір можливих втрат, тощо.

Такі різноманітні класифікації ризиків у різних системах і задачах, та навіть в рамках однієї задачі не завжди дозволяють комплексно враховувати можливі ризики, порівнювати різні ризики між собою, проводити аналіз взаємозалежності ризиків, визначати можливості каскадного виникнення ризиків тощо. Негативним проявом таких локальних класифікацій ризиків є суттєве ускладнення їх прогнозування, неможливість розробки об'єктивних заходів щодо зменшення ризиків і їх впливів на динаміку процесу та зниження ефективності керування ризиками.

Актуальні сучасні задачі моделювання і прогнозування в складних системах вимагають розробки узагальненої за системами різної природи і універсальної концепції класифікації ризиків. Високий рівень універсалізації дозволить описувати будь-які можливі ризики у єдиній «системі координат» і буде сприяти перенесенню позитивного досвіду керування ризиками між різноманітними системами та у задачах, що розв'язуються за різних обмежень і початкових умов.

Постановка задачі

Метою роботи є розробка концепції класифікації ризиків, яка зможе забезпечити розв'язання таких задач:

- формалізований комплексний опис ризиків при розв'язанні задач системного аналізу ризикових ситуацій в складних технічних системах;
- здійснення класифікації ризиків на основі значень інформаційних ознак ризикових ситуацій у процесі функціонування системи: факторів ризиків, ступеню, рівня ризику тощо;
- універсалізацію щодо застосування запропонованої класифікації ризиків в системах іншої природи, зокрема, соціально-економічних;
- гнучкість класифікації щодо можливостей корегування видів ризиків в процесі розв'язанні задачі менеджменту ризиків.

Розв'язання задачі

Сьогодні у різних дослідників не сформовано загальних принципів та ознак класифікації ризиків. Можна виділити два основні підходи предметної та управлінської класифікації [5, 6].

Предметна класифікація здійснюється за смислом і змістом кожного виду і типу ризику, вона дає можливість проводити ідентифікацію ризиків та характеризувати можливі наслідки від ризиків.

Наприклад,

- інноваційний ризик (ризик негативних результатів розробки або наслідків впровадження);
- патентний ризик;
- операційний ризик функціонування системи;
- ризик відмови обладнання;
- ризик загибелі системи.

Управлінська класифікація передбачає виділення класів ризиків за джерелами та етапами виникнення ризиків і за способами керування ризиками [6].

Наприклад, у технічних системах можуть виділяти такі управлінські ризики:

- екологічний ризик;
- ризик помилки при проектуванні системи чи процесу;
- технологічний ризик (ризик недосконалості технології);
- ризик некоректного визначення потужностей для елементів системи;
- ризик фактичної невідповідності матеріалів і складових вимогам;
- ризик недостатньої кваліфікації технічного персоналу;
- людський фактор – ризик помилки персоналу;
- ризик зміни вартості ресурсів системи.

Відомі системи класифікації ризиків у своїй більшості містять певну кількість градацій з вербальним описом кожної градації, яке не має кількісної оцінки ризику та не надає для кожної градації взаємозв'язку ознак ризику та певної числової оцінки ризику [4]. Наприклад, у технічних системах класифікують такі ризики відмов: катастрофічний, критичний, значний, несуттєвий. У аналогічний спосіб у економічних і фінансових системах можуть класифікувати ризики за чотирма зонами: зона без ризику, зони допустимого, критичного та катастрофічного ризиків.

Такі неформалізовані та у більшості випадків вербальні класифікації ризиків неприйнятні при розв'язанні задач аналізу і керування ризиками у складних системах різної природи і, у найбільшій степені, у технічних системах.

По-перше, такі підходи не дозволяють класифікувати ризики і ситуації ризиків динамічно за даними, що з'являються в процесі функціонуван-

ня системи. Швидке та коректне віднесення нової ситуації ризику до певного класу надає можливість оперативно спрогнозувати можливі наслідки настання ризику і визначити заходи для зменшення ступеню, рівня ризику і витрат на послаблення ризику.

По-друге, загальноживані вербальні класифікації ризиків розглядають ризики розрізнено, що не дозволяє виконувати порівняння ризиків, що належать до різних класів, аналізувати їх взаємозв'язки та взаємопосилення, умови каскадного настання ситуацій ризиків, що може призвести до загибелі системи.

По-третє, формалізований та універсальний підхід до класифікації всіх ризиків системи дозволить не тільки оперувати локальними ризиками на окремих етапах та у окремих елементах системи, а й комплексно стратегічно керувати ризиками на рівні всієї системи, зменшувати їх негативний вплив на всю систему.

Необхідно зазначити, що сьогодні практично не існує розробок з універсалізації та формалізації класифікації ризиків, що можуть бути застосовані у міждисциплінарних дослідженнях. Основні вимоги до концепції такої класифікації ризиків можна сформулювати за можливістю забезпечити:

- придатність та зручність класифікації для спрощення процедур дослідження ризиків;
- визначення груп критичних ризиків;
- порівняння та аналіз взаємозалежності ризиків, що відносяться до різних класів;
- узагальнення ризиків за причинами виникнення, за наслідками настання ситуацій ризиків, за розмірами втрат від ризиків, за схожістю процедур мінімізації та ефективного менеджменту ризиків тощо.

У роботі [4] задача формалізованої класифікації ризиків розглядається як інформаційно взаємозв'язані задачі класифікації ситуацій ризиків і задачі розпізнавання ситуацій ризиків на основі множини факторів їх виникнення. При цьому зазначається, що принциповий вплив на якість класифікації, яка виражається у точності і достовірності класифікації ризиків, спричиняє вибір множини факторів ризиків та множини ознак кожного фактору ризиків.

У практиці розв'язання задач керування ризиками, як правило, виявляється необхідним виділяти класи ризиків не тільки за причинами і факторами виникнення, але й за об'єктами негативного впливу ризиків, характеристиками впливу і характеристиками ліквідації наслідків ризиків.

Пропонується підхід до класифікації ризиків на основі виконання процедур групування ризиків за схожістю їх характеристик. Для цього кожний ризик R описується за допомогою вектора його характеристик [7]:

$$R = \langle Z, F, P, L, PD, LD \rangle.$$

У описі ризику Z позначає певний ресурс системи, який може зазнати втрат при виникненні ризику R . В якості ресурсу розглядається певна важлива кількісна змінна характеристика процесу функціонування системи. Кожний ресурс вимірюється у власних одиницях виміру, а для зручності порівняння та оперування ризиками величини кожного ресурсу Z приводяться до єдиної вартісної характеристики, наприклад, до грошових одиниць. Встановимо, що один ризик R може спричинити втрати тільки одного ресурсу. За необхідності опису комплексних негативних явищ вдаються до їх декомпозиції на певну кількість ризиків. Підмножина факторів ризику F містить фактори – причини і умови виникнення певного ризику R . Фактор ризику – це кількісна спостережувана змінна. Ймовірність виникнення ризику R описується ступенем ризику P . Розмір можливих втрат ресурсу Z при настанні ризику R характеризується рівнем ризику L .

Величина зменшення ступеню ризику PD характеризує обсяг витрат, необхідних для забезпечення зменшення ймовірності виникнення ризику. Відповідно величина зменшення втрат від ризику LD описує обсяг витрат, необхідних для зменшення рівня ризику і для відновлення втрачених обсягів ресурсу Z після настання ризику. Усі наявні і відомі у задачі ризику утворюють множину ризиків $R = \{R_{ir}\}$, $ir = \overline{1, r}$ досліджуваної системи чи процесу.

Усі наявні і відомі у задачі ризику утворюють множину ризиків $R = \{R_{ir}\}$, $ir = \overline{1, r}$ досліджуваної системи чи процесу.

Класифікація за **ресурсами**, що перебувають під ризиком, дозволяє виділити групи ризиків, які мають схожі об'єкти впливу і об'єкти негативних наслідків.

Простий і поширений спосіб структуризації і класифікації наявних ресурсів системи – це експертний, за яким використовується існуюче семантичне групування ресурсів. Відповідно ризики класифікуються і об'єднуються у одну групу, якщо вони впливають на ресурси, які складають єдину групу. При цьому відповідно до ієрархії ресурсів можливі різні ієрархічні рівні класифікації ризиків.

За відсутності адекватної і зручної класифікації або ієрархії ресурсів системи, що можуть перебувати під ризиком, пропонується використовувати автоматизований аналітичний підхід до їх групування. Ресурси об'єднуються у групи відповідно до близькості значень загальної вартості ресурсів у системі, що виражені у єдиному мірилі ресурсів, наприклад, у грошових одиницях. Визначення загальної вартості Zv_{iz} певного ресурсу Z_{iz} , $iz = \overline{1, z}$, що існує або використовується за весь період часу, на якому розглядається задача класифікації, здійснюється за формулою: $Zv_{iz} = Zz_{iz} \cdot Zp_{iz}$, де Zz_{iz} – загальний обсяг ресурсу Z_{iz} у одиницях виміру

даного ресурсу, Zp_{iz} – вартість однієї одиниці ресурсу у грошових одиницях.

За значеннями Zv_{iz} всі ресурси Z_{iz} , $iz = \overline{1, z}$ піддаються кластеризації. Метод кластеризації обирається відповідно до конкретних умов задачі, числа ресурсів системи чи процесу, їх значень тощо. Наприклад, хорошу адекватність на практиці виявили статистичні методи кластеризації, неієрархічні методи та методи нечіткої кластеризації [8]. В результаті множина ресурсів Z_{iz} , $iz = \overline{1, z}$ розбивається на cz окремих кластерів Z_j^{clust} , $j = \overline{1, cz}$, які не перетинаються і мають вигляд [8]:

$$Z_j^{clust} = \left\{ Z_i \mid \delta(Zv_{i_1}, Zv_{i_2}) \geq \alpha; 1 \leq i \leq z, 1 \leq i_1 \leq z, 1 \leq i_2 \leq z \right\}, \quad (1)$$

де $\delta(Zv_{i_1}, Zv_{i_2})$ – відношення близькості між значеннями загальної вартості відповідних ресурсів Zv_{i_1} і Zv_{i_2} ; коефіцієнт α – порогове значення відношення близькості для об'єднання ресурсів у кластер.

Ризики, які впливають на ресурси, що в ходять до одного кластеру ресурсів Z_j^{clust} , також утворюють один відповідний кластер ризиків R_j^{clust} :

$$R_j^{clust} = \left\{ R_{ir} \mid Z^{R_{ir}} \in Z_j^{clust}; ir = \overline{1, r} \right\}, \quad (2)$$

де $Z^{R_{ir}}$ – ресурс, на який впливає певний ризик R_{ir} .

Кожний кластер ризику R_j^{clust} характеризується вектором його характеристик:

$$R_j^{clust} = \langle Z_j^{clust}, F_j^c, P_j^c, L_j^c, PD_j^c, LD_j^c \rangle,$$

де $F_j^c = \langle \cup F_{ir} \mid R_{ir} \in R_j^{clust}; ir = \overline{1, r} \rangle$ – підмножина факторів кластеру R_j^{clust} , яка визначається як об'єднання всіх підмножин факторів F певних ризиків R_{ir} , які складають кластер ризиків R_j^{clust} ;

$P_j^c = \max_{R_j^{clust}} \{ P_{ir} \mid R_{ir} \in R_j^{clust}; ir = \overline{1, r} \}$ – ступінь кластеру ризику, яка визначається як максимальне значення серед ступенів P ризиків R_{ir} , що входять до кластеру R_j^{clust} ;

$L_j^c = \left\{ \sum_{R_j^{clust}} L_{ir} \mid R_{ir} \in R_j^{clust}; ir = \overline{1, r} \right\}$ – рівень ризику кластера, який визначається сумою рівнів L всіх ризиків R_{ir} кластеру R_j^{clust} ;

$PD_j^c = \left\{ PD_{ir} \mid \max \{ P_{ir} \mid R_{ir} \in R_j^{clust}; ir = \overline{1, r} \} \right\}$ – величина зменшення ступеню ризику P_j^c кластеру R_j^{clust} , визначається як значення величини

зменшення ступеню PD_{ir} такого ризику R_{ir} , якому відповідає максимальне значення ступенів P_{ir} у кластері R_j^{clust} ;

$$LD_j^c = \left\{ \sum_{R_j^{clust}} (PD_{ir} \cdot LD_{ir}) \mid R_{ir} \in R_j^{clust}; \quad ir = \overline{1, r} \right\} - \text{величина зменшення втрат}$$

від ризиків кластеру R_j^{clust} , визначається як сума додатків величин зменшення ступенів PD і втрат LD всіх ризиків кластера R_j^{clust} .

Класифікація ризиків за змістовними характеристиками ризиків, зокрема, за близькістю значень вартості ресурсів, що перебувають під ризиком, є об'єктивною, ґрунтується на фактичних кількісних характеристиках і дозволяє виділити критичні ризики для функціонування технічних, фінансово-економічних і соціальних систем та ризики, що становлять загрозу руйнування (загибелі) всієї системи.

Групування ризиків за ресурсами, які перебувають під ризиком втрат, також забезпечує групування ступенів ризиків і рівнів можливих втрат, а також узагальнення фактичне узагальнення заходів для зменшення ймовірності настання ризиків і зменшення наслідків настання ризиків певного виділеного класу. Такий підхід дозволяє при прогнозуванні чи виникненні певної ситуації ризику класифікувати ризик та оперативно попередньо визначити групу адекватних заходів і моделей керування конкретним класом ризиків.

Висновки

У роботі досліджена актуальна проблема формалізації задачі класифікації ризиків для складних технічних систем та систем іншої природи, зокрема економічних, соціальних і біологічних. Більшість сучасних підходів до класифікації ризиків у складних системах розраховані на більш вербальне та локальний виділення окремих, як правило, за змістом ризику та причинами їх настання.

Запропонована концепція формалізованої класифікації ризиків за ресурсами на основі кластеризації ресурсів системи, що перебувають під ризиком втрат. Кластеризація ресурсів відбувається за близькістю значень загальної вартості ресурсів у системі, що виражені у єдиному мірилі ресурсів. Відповідно ризики класифікуються і об'єднуються у одну групу, якщо вони впливають на ресурси, які складають єдину групу.

Формалізована концепція класифікації ризиків корисна не стільки для описових цілей, скільки для розв'язання практичних задач керування ризиками у технічних, фінансово-економічних і соціальних системах в динаміці.

Такий підхід до класифікації ризиків на основі їх формалізованого опису надає можливість автоматизації класифікації ризикових ситуацій на

основі нових даних під час функціонування системи і процесу. При цьому формалізована класифікація ризиків дозволяє враховувати і комплексно розглядати всі ризики системи, здійснювати прогнозування і управління не окремими ризиками, а цілими групами (кластерами) ризиків, що забезпечує більшу сталість процесу управління ризиками і досліджуваної системи. Крім того, запропонований підхід дозволяє будувати структуру класифікації ризиків під певну практичну задачу та має принципову можливість переходити від формалізованої до вербальної класифікації ризиків.

Запропонована концепція класифікації ризиків забезпечує мінімізацію витрат на управління ризиками та негативних проявів ризиків в цілому для всієї системи.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на розробці підходів для класифікації ризиків за іншими ознаками та за декількома ознаками одночасно: за факторами ризиків F , за ступенями ризиків P , за рівнями ризиків L , за зменшенням ступеню ризиків PD або за зменшенням рівня ризиків LD .

Список використаної літератури

1. *Половцев О. В.* Системний підхід до моделювання прогнозування та управління фінансово-економічними процесами / О. В. Половцев, П. І. Бідюк, Л. О. Коршевніюк, І. І. Семенчев – Донецьк: ТОВ „Східний видавничий дім”, 2009. – 286 с.
2. Risk Classification. Statement of Principles. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.actuarialstandardsboard.org/wp-content/uploads/2014/07/riskclassificationSOP.pdf>
3. On Risk Classification / A public policy Monograph – NY: American Academy of Actuaries, 2011. – 72 p.
4. *Згуровский М. З.* Системный анализ. Проблемы, методология, приложения / М. З. Згуровский, Н. Д. Панкратова. – К. Наукова думка, 2005. – 744 с.
5. *Абчук В. А.* Риски в бизнесе, менеджменте и маркетинге / В. А. Абчук. – СПб.: Изд-во Михайлова В.А., 2006. – 480 с.
6. *Панягина А. Е.* Подходы к пониманию и классификации рисков // Современная экономика: проблемы, тенденции, перспективы. – 2012. – №6. – С. 6-16
7. *Коршевніюк Л. О.* Формалізація постановки задачі керування ризиками в системах різної природи / Л. О. Коршевніюк, П. І. Бідюк // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2013. – № 6. – С. 49–54.
8. *Коршевніюк Л. О.* Метод α , β -коаліцій для аналізу погодженості експертних оцінок / Л. О. Коршевніюк, П. І. Бідюк // Системні дослідження та інформаційні технології. – Київ, 2007. – №2. – С.93-104.