

КОНЦЕПТУАЛІЗАЦІЯ МОДЕЛЕЙ РИЗИКІВ

Розглянуто методологічні аспекти визначення поняття "ризик". Запропоновано типізацію ризиків за природою походження невизначеності як головної умови виникнення ризикової ситуації. Введено три концептуальні моделі ризику, в рамках яких можна інтерпретувати практично всі відомі прояви ризику і які можна використовувати як певні шаблони-специфікації при виникненні аналізу ризиків.

Ключові слова: ризик, невизначеність, концептуальна модель, середній ризик, втрати.

Вступ. Сучасні підходи до аналізу захищеності інформації і побудови систем захисту інформації (СЗІ) базуються на методах аналізу та управління ризиками. У вітчизняних нормативних документах, що безпосередньо стосуються цієї проблематики, термін "ризик" визначається наступним чином:

- комбінація ймовірності події та її наслідку [ГСТУ СУІБ 2.0/ISO/IEC 27002:2010];
- ймовірність того, що активи чи група активів уразливі до загрози, що може спричинити їхнє ушкодження чи знищення [ДСТУ ISO/IEC TR 13335-1:2003].

З наведених визначень перше має певний операціональний характер, фіксуючи формальні складові ризику: ймовірність та наслідки події, друге дещо конкретизує зміст цих наслідків – ушкодження чи знищення активів. Однак обидва визначення не розкривають методологічних аспектів розуміння суті ризику.

Загальновідомо, що категоріально-понятійний апарат складає фундамент будь-якої проблеми й одночасно є інструментом її дослідження. Спробуємо проаналізувати зміст терміна "ризик", залучивши інформацію про нього з інших предметних галузей. Розглянемо кілька тлумачень цього терміна, вибірково взятих з різних за фаховим спрямуванням науково-навчальних та довідкових видань.

1. "Ризик – прогнозована векторна величина збитку, що може виникнути внаслідок ухвалення рішень в умовах невизначеності та реалізації загроз. Він є кількісною мірою безпеки, що дорівнює добутку ймовірності реалізації даної загрози, помноженій на ймовірність величини можливого збитку від неї" [1].
2. "Ризик – кількісна міра небезпеки з урахуванням її наслідків. Наслідки прояву небезпеки завжди призводять до збитку, який може бути економічним, соціальним, екологічним і т.ін. Тому оцінка ризику має бути пов'язана з оцінкою збитку. Чим більший очікуваний збиток, то вищий ризик. Окрім того, ризик тим вищий, чим більша ймовірність прояву відповідної небезпеки. Словом, поняття "ризик" об'єднує два поняття – "ймовірність небезпеки" та "збиток" [3].
3. "Ризик – можливість таких наслідків прийняття рішень, за яких поставлені цілі частково або повністю не досягаються. Таке тлумачення ризику передбачає, що він виникає тоді, коли рішення приймають за наявності декількох альтернатив" [4].
4. "Ризик – це діяльність пов'язана з подоланням невизначеності в ситуації неминучого вибору, в процесі якої є можливість кількісно й якісно оцінити ймовірність досягнення припустимого результату, невдачі, й відхилення від мети" [5].
5. "Ризик – це можливість відхилення фактичних результатів діяльності (роботи) від очікуваних або нормативних значень" [6].
6. "Ризик – це можливість виникнення збитків чи недоодержання доходів порівняно з прогнозованим варіантом" [7].
7. "Ризик – це можливість того, що дії людини або їх результати приведуть до негативних чи позитивних наслідків" [2].
8. "Ризик – ймовірність заподіяння шкоди з урахуванням її тяжкості" [8].

Цитовані вище визначення вочевидь свідчать про відсутність єдиного однозначного розуміння терміну "ризик". Це не дивно, бо ризики об'єктивно присутні практично в усіх

сферах діяльності людей, у їх взаєминах з навколишнім середовищем. Відповідно у кожній з цих сфер ризику мають свої особливості, свої певні специфічні прояви, що й веде до появи значної кількості відмінних одне від одного формулювань. Тим не менш аналіз ризиків для різних сфер діяльності дозволяє певним чином специфікувати ризику, виділити їх спільні риси, особливості ситуацій, в яких породжуються (виникають) ризику.

Метою даної статті є спроба виокремити певні концептуальні моделі (специфікації) ризиків, в рамках яких можна інтерпретувати практично всі відомі прояви ризику і які можна використовувати як шаблони при виконанні аналізу ризиків. Опис та дослідження цих моделей становить подальший зміст статті.

Модель "небезпека – ризик". Першою розглянемо модель, яка базується на концепції ризику як прояву (наслідків) дії небезпек різного походження, що й обумовило назву моделі. В рамках цієї моделі вважається, що результатом реалізації небезпек або породжених ними загроз є сукупність можливих негативних подій, кожна з яких характеризується парою параметрів: ймовірністю реалізації і величиною збитку, який буде отриманий в разі реалізації цієї події. Обов'язковою умовою породження ризику є наявність кількох варіантів можливого розвитку негативних подій (ризик отримання того чи іншого збитку), тобто невизначеність на рівні наслідків реалізації небезпек. Дана модель добре співвідноситься з механізмом утворення ризиків в процесі взаємодії людини з природою, техносферою, зокрема актуальна для задач захисту інформації.

Щоб мати змогу більш ґрунтовно ознайомитися з властивостями ризиків, введемо певну формалізацію об'єктів, безпосередньо пов'язаних з існуванням ризиків. Визначимо дві категорії об'єктів. Перша – об'єкти ризику (ОР). Це власне людина та пов'язані з її існуванням і діяльністю об'єкти з найрізноманітніших сфер: соціальної, господарської, економічної, політичної тощо, тобто це підприємства, торгово-економічні, медичні та інші організації і заклади, державні установи, політичні партії, міжнародні організації і т.п. Принципово важливим у визначенні ОР є виявлення мети (цілі) його існування (діяльності, функціонування), причому для більш-менш складних об'єктів ціль може бути комплексною, мати векторний характер.

Наступною категорією є об'єкти – джерела небезпеки (ДН). Небезпека – властивість середовища функціонування ОР, яка полягає в можливості породження цим середовищем негативних впливів на ОР. За певних умов реалізація подібного впливу конкретизується у вигляді тієї чи іншої загрози. Розглянемо це на прикладі.

Участь у дорожньому русі вже становить небезпеку, яка може, залежно від обставин, конкретизуватися через певну множину загроз. Одна з них – дорожньо-транспортна пригода (ДТП), яка, залежно від існуючої статистики в цій сфері, характеризується певним ймовірнісним показником P_1 . Інша загроза – загибель в автомобільній аварії. Очевидно, що ймовірність реалізації цієї загрози $P_2 < P_1$. Ще одна із загроз, породжених небезпекою участі у дорожньому русі – пошкодження транспортного засобу. Усі загрози характеризується своїми ймовірнісними показниками, а при розгляді окремих конкретних ситуацій – відповідними збитками чи втратами, гіпотетичними чи реальними (в разі, якщо загроза відбулася та обумовила цілком реальний дорожньо-транспортний інцидент).

Наведений приклад є ілюстрацією одного з базових принципів безпеки життєдіяльності – аксіоми потенційної небезпеки [2]. Суть цієї аксіоми: будь-яка діяльність криє в собі потенційну небезпеку, тому об'єкти, що приймають участь у цій діяльності – це об'єкти ризику, які за певних умов можуть зазнати втрат чи збитків.

Введені вище категорії об'єкту ризику та джерела небезпеки дають змогу описати виникнення ризиків. Розглянемо довільний ОР, відносно якого припустимо, що у разі відсутності будь-яких небезпек його стан характеризується вектором параметрів X , елементи якого у цьому випадку приймають свої номінальні значення $[x_{10}, x_{20}, \dots, x_{m0}] = X_0$. За цих умов об'єкту гарантується максимально ефективний режим функціонування, що відповідно фіксується екстремальним значенням комплексного цільового показника Y якості роботи

об'єкта, тобто $Y=Y_0=[y_{10}, y_{20}, \dots, y_{k0}]$. В деяких випадках вектор Y вдається "згорнути" до скалярного показника якості φ , що умовно можна відобразити введенням функціонала $\varphi = \varphi(Y) = \varphi(y_1, y_2, \dots, y_k)$. За умов відсутності небезпек $\varphi = \varphi(Y_0) = \varphi_0$.

В разі існування небезпеки та проявів обумовлених нею загроз можливі два сценарії розвинення подальших подій. За першим, коли реалізація загрози (загроз) призводить до наслідків катастрофічного характеру, функціонування ОР фактично припиняється. За другим сценарієм внаслідок реалізації загроз відбувається погіршення умов функціонування ОР, стан якого в цьому випадку визначається вектором параметрів $X_t = [x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{mt}]$, поточні значення x_{it} елементів котрого відмінні від номінальних. Ця відмінність призводить до погіршення якості роботи ОР, що фіксується у поточних значеннях елементів вектора $Y_t = [y_{1t}, y_{2t}, \dots, y_{kt}]$ або рівнем скалярного показника якості $\varphi_t = \varphi(Y_t)$. В обох випадках кінцевою і принципово найсуттєвішою ланкою у низці негативних змін, спричинених впливом вихідної небезпеки, будуть втрати (збитки), яких зазнає ОР через погіршення якості свого функціонування. Якщо ці втрати (збитки) припускають грошову форму представлення, вона з успіхом може бути використана як введений вище скалярний показник якості φ .

Зокрема, якщо ОР – підприємство, що виробляє певну продукцію, то можливим результатом погіршення якості його функціонування стане зниження кількості продукції, втрата споживацьких якостей продукції, падіння інтересу споживача до неї, зменшення попиту та обсягів реалізації цієї продукції, як наслідок – поточні фінансові втрати. Якщо виниклі поточні негаразди не будуть подолані, почнеться розвиток кризової ситуації на підприємстві: скорочення чи припинення фінансування та виконання інноваційних проектів, технологічне відставання та старіння виробництва, подальше падіння споживацьких якостей продукції, погіршення іміджевого становища підприємства, кадрові скорочення і т.п. В реальній ситуації достатньо об'єктивний інтегральний критерій якості функціонування підприємства може бути побудований на базі аналізу економіко-фінансового стану підприємства [9, 10].

За умов точного встановлення властивостей небезпек (їх детермінування), існує принципова можливість визначення фактичних характеристик вектора стану X , розрахунку складових вектора Y цільового показника якості та відповідного значення скалярного показника φ . Якщо відхилення значень двох останніх показників від своїх номінальних значень досить суттєві, приймаються певні заходи щодо нейтралізації чи зменшення рівня небезпек. Для цього визначаються ступені та характер впливу кожної з небезпек на якість функціонування ОР і, відповідно до наслідків цього аналізу, реалізуються необхідні корегуючі дії, виконання яких нормалізує умови функціонування ОР. Тобто для даної ситуації, коли відома вся інформація про характер небезпек, їх зв'язок із станом ОР та якістю його функціонування, притаманні цілком свідомі та однозначно детерміновані рішення щодо усунення небезпек або зменшення їх рівня, які гарантовано забезпечують потрібну якість функціонування ОР. Зауважимо, що для одержання цього кінцевого результату попередньо треба розв'язати низку завдань:

- 1) отримати вихідну інформацію про характер та рівень наявних небезпек;
- 2) визначити параметри стану ОР (вектор X);
- 3) обрахувати значення комплексного цільового показника Y якості роботи ОР (або скалярного показника $\varphi(Y)$);
- 4) прийняти рішення про доцільність та спосіб нейтралізації небезпек для нормалізації умов функціонування ОР.

Випадок, для якого у повному обсязі досягається вирішення усіх наведених вище завдань, насправді є вельми ідеалізованою ситуацією, що на практиці фактично не зустрічається. Ще одна особливість реального функціонування ОР – наявність невизначеності при розв'язанні будь-якого з означених вище завдань. Джерела цієї

невизначеності різні. Насамперед це небезпечні стохастичні явища та процеси в середовищі функціонування ОР, обумовлені дією факторів природного, техногенного та соціального характеру. Якщо ці фактори діють з незначною інтенсивністю, маємо "фоновий" рівень небезпек, для якого стан ОР дещо відмінний від номінального. Відповідно до цього стану значення показників якості роботи об'єкта Y_t або φ_t будуть теж дещо відрізнятися від своїх номінальних значень Y_0 або φ_0 .

Однак реальні неприємності виникають тоді, коли наявність небезпеки призводить до появи декількох "провідних" загроз, які і породжують найбільш неприємні ризики, обумовлюючи суттєві відхилення поточних показників Y_t та φ_t від номінальних Y_0 або φ_0 . Тому в рамках виконання комплексу перелічених вище завдань 1)-4) головну увагу слід приділити саме пошуку та нейтралізації означених "провідних" загроз. Ця задача розв'язується створенням комплексної системи керування ризиками. Тому додатково до вже введених категорій об'єктів ризику ОР та джерел небезпеки (ДН) введемо ще одну категорію: суб'єкти забезпечення безпеки (СЗБ). Основним СЗБ є люди, організації, держава, міждержавні органи. Результати діяльності СЗБ – це створення систем захисту ОР відповідного рівня: системи особової (індивідуальної) безпеки; системи корпоративної (колективної) безпеки; системи глобальної безпеки.

Поширеним на практиці і в теоретичному плані є випадок наявності відомостей про стохастичні характеристики втрат (збитків) для певного стану ОР. Так у розглянутому вище прикладі про інциденти з ДТП наявна статистика ДТП в певному географічному пункті (ділянці дороги, шосе), проаналізована сумісно з відомостями про стан дороги на час ДТП (включаючи час доби, стан дорожнього покриття, погодно-кліматичні умови та інше), дозволяє отримати стохастичний опис можливих загроз та їх наслідків. Як приклад, це може бути ймовірнісний розподіл $p(k)$ кількості $k=0,1,2,\dots$ ДТП з тяжким наслідками для автомобілів певного класу у фіксованому проміжку доби при фіксованих умовах щодо стану дороги або більш узагальнена характеристика, оцінена за тією ж статистикою, але при відсутності деяких деталізуючих обмежень: про клас автомобілей, час доби, погодні умови і таке інше.

Якщо за прикладом звернутися до виробничої сфери, то $p(k)$ може бути розподілом ймовірностей числа відбракованих одиниць продукції. Конкретизуючи цю характеристику, можна оцінювати розподіл $p(k)$ для різних робочих змін або для різної робочої години в межах кожної зміни.

Зауважимо, що наведений вище опис ймовірнісний опис втрат (збитків) є найбільш адекватним поняттю "ризик", бо поєднує опис (перелік) можливих варіантів наслідків подій (змінна $k=0,1,2,\dots$) із ймовірностями їх реалізацій (відповідні ймовірності $p(0), p(1), p(2), \dots$). Саме така ситуація відповідає визначенню "ситуація ризику". Від неї якісно відрізняється ситуація невизначеності, що виникає в тому випадку, коли статистика, пов'язана з перебігом на ОР, відсутня і не має ніякої змоги отримати об'єктивний ймовірнісний опис цих подій. Це так звана повна невизначеність. Подолати її можна введенням специфічних суб'єктивних ймовірностей, отриманих експертним шляхом.

Загалом при аналізі та розв'язанні практичних задач рівень невизначеності варіюється в досить широких межах і, як це зазначалося вище, маємо різні джерела цієї невизначеності. Зокрема, одне з джерел невизначеності – недостатня інформація про сам ОР, його структуру, закономірності функціонування, характеристики та параметри. Через це ми не маємо змоги однозначно пов'язати сукупність значень складових вектора X із значеннями елементів вектора Y , тобто не знаємо досконало, як впливає стан ОР на ефективність його роботи (на якість продукції чи послуг на виході ОР). Ця невизначеність головним чином ускладнює дієвість процедури нормалізації стану ОР через нейтралізацію небезпек, в умовах яких він функціонує.

Слід підкреслити, що принциповим при аналізі та інтерпретації першої концептуальної моделі ризиків є виокремлення невизначеності, породженої існуванням

небезпеки, що саме і створює ситуацію ризиків, зумовивши назву: "модель небезпека – ризик". Невизначеність на рівні відомостей про структуру, параметри та характеристики ОР присутня у всіх моделях ризиків і є важливим, але не визначальним аспектом їх опису.

Концептуальна модель "невизначеність – ризик". В основі другої концепції походження ризику – гіпотеза існування вихідної природної невизначеності в результатах виконання певних дій (операцій). Якщо на цю вихідну невизначеність накладається ситуативна багатоваріантність можливих наслідків (рішень) з кількісною оцінкою ймовірності кожного з них, отримуємо типову ситуацію ризику. Модель ризиків, що ґрунтується на цій концепції, отримала назву "невизначеність – ризик".

За прикладом звернемося до сфери технічних вимірювань. Припустимо, що контролюються значення певної фізичної величини – напруги U , яка в процесі вимірювання має певне незмінне в часі значення u , невідоме досліднику. Для вимірювання застосовується цифровий вольтметр, покази якого містять випадкову похибку. Результат вимірювань – вибірка даних з W послідовно отриманих відліків вимірів приладу: $\{u_t\}$, $t = 1, 2, \dots, W$. Аналіз цієї вибірки приводить до ранжованого ряду варіантів $u_{(1)} < u_{(2)} < \dots < u_{(n)}$ з відповідними відносними частотами варіантів w_{ri} , $i = \overline{1, n}$, де $w_{ri} = w_i / W$, w_i – частість варіанту $u_{(i)}$ у вибірці $\{u_{ij}\}$,

$$W = \sum_{i=1}^n w_i \quad (1)$$

Вважаючи відносні частоти оцінками ймовірностей p_i варіантів, отримуємо ймовірнісний розподіл $\{u_{(i)}, p_{ij}\}$, $i = \overline{1, n}$. Бачимо, що маємо типову ризикову ситуацію: у якості невідомого значення u можемо взяти будь-який з варіантів, комбінацію цих варіантів. Як оцінити ризики того чи іншого вибору? Як мінімізувати ці ризики? Ці питання розв'язуються методами інформаційно-статистичної теорії вимірювань [11] та більш загальної статистичної теорії рішень [12].

Природно припустити, що невідоме значення напруги u лежить десь в межах замкненого проміжку $[u_1, u_n]$. Зокрема, якщо у якості невідомого значення u приймемо u_1 , ми з ймовірністю p_1 ризикуємо припуститися помилки

$$\varepsilon_1 = u_1 - u. \quad (2)$$

Відповідно при виборі варіанту u_2 з ймовірністю p_2 можлива помилка

$$\varepsilon_2 = u_2 - u, \quad (3)$$

а в загальному випадку, для варіанта u_i матимемо з ймовірністю p_i помилку

$$\varepsilon_i = u_i - u, \quad i = \overline{1, n} \quad (4)$$

Невірний вибір варіанту результату вимірювань спричиняє до певних втрат, збитків, причому чим більше помилка ε , тим суттєвіші втрати. Обсяг цих втрат (збитків) обраховується за так званою функцією втрат [12], яка для даної задачі є фактично функцією помилки обраного варіанту результату вимірювань: $L(\varepsilon_i)$, $i = \overline{1, n}$. За своєю структурою частіше за все $L(\varepsilon_i)$ – квадратична функція аргументу:

$$L(\varepsilon_i) = (\varepsilon_i)^2 = (u_i - u)^2 = L(u_i - u). \quad (5)$$

Використовуючи саме цей вид функції втрат, проаналізуємо ризики в нашій задачі. Вибір довільного варіанту результату вимірювань u_i супроводжується виникненням ймовірних втрат, величина яких визначається відповідним ризиком

$$r_i = p_i(u_i - u)^2. \quad (6)$$

Інтегровану оцінку можливих втрат за всіма варіантами вибору дає середній ризик

$$R = \sum r_i = \sum_{i=1}^n p_i(u_i - u)^2, \quad (7)$$

тобто середній ризик – це середні втрати у ситуації ризику (за всіма можливими варіантами і відповідними їм втратами). Кількісні значення p_i , u_i , $i = \overline{1, n}$ у виразі (7) відомі, тому фактично ризик R є функцією одного аргументу – u , кількісна оцінка значення якого є метою оптимальної обробки отриманої вибірки $\{u_i\}$. Очевидно, що найкращою буде та оцінка u , яка мінімізує середні втрати $R(u)$. Застосувавши стандартну процедуру пошуку екстремуму, отримаємо:

$$\frac{d}{du} R(u) = \frac{d}{du} \left\{ \sum_{i=1}^n p_i(u_i - u)^2 \right\} = 2 \sum_{i=1}^n p_i(u_i - u) = 0, \quad (8)$$

звідки

$$u_{opt} = \sum_{i=1}^n p_i u_i = \frac{1}{W} \sum_{t=1}^W u_t = \bar{u},$$

тобто оптимальною оцінкою буде звичайне середнє \bar{u} .

Слід зазначити, що знайдена оцінка \bar{u} оптимальна лише за умов використання функції втрат виду (5). Інша функція втрат може привести до іншої оптимальної оцінки u .

Розглянемо доволі поширену модульну функцію втрат виду

$$L(u_i, u) = |u_i - u|. \quad (9)$$

Через те, що для цієї функції не існує похідної в точці екстремуму, наведена вище стандартна процедура пошуку екстремуму не застосовна для мінімізації середнього ризику виду

$$R = \sum_{i=1}^n p_i |u_i - u|. \quad (10)$$

Щоб знайти в цьому випадку оптимальну оцінку u_{opt} , перепишемо вираз (10) у дещо іншій формі:

$$R = \sum_{t=1}^W p_{(t)} |u_{(t)} - u|, \quad (11)$$

де $u_{(t)}$, $t = \overline{1, W}$ – ранжована у порядку збільшення своїх значень вибірка $\{u_t\}$, $t = \overline{1, W}$.

Припустимо, що шукана оцінка вже відома і для неї виконується умова: $u_{(k)} \leq u_{opt} \leq u_{(k+1)}$.

Тоді для ризику R (формула (10)) справедливе представлення у вигляді:

$$R = \sum_{t=1}^k p(t)(u_{(opt)} - u(t)) + \sum_{t=k+1}^W p(t)(u(t) - u_{(opt)}), \quad (12)$$

яке припускає існування похідної за змінною u_{opt} . Виконуючи типову процедуру пошуку екстремуму, обчислимо цю похідну та прирівняємо її до нуля:

$$\frac{dR}{du_{opt}} = \sum_{t=1}^k p(t) - \sum_{t=k+1}^W p(t) = 0. \quad (13)$$

Виконання рівності (13) можливо лише у випадку, коли кожна із сум у цій рівності дорівнюватиме 0,5, тобто u_{opt} є медіаною ранжованого ряду $u(t)$, $t = \overline{1, W}$. Однак в реальності це може статися в разі, якщо n – непарне число. Тоді оцінка u_{opt} буде точно дорівнювати медіані ряду $u_{(n+1/2)}$. Коли ж n – парне, то

$$u_{opt} = (u_{n/2} + u_{(n/2+1)})/2, \quad (14)$$

що теж становить оцінку медіани.

Якщо для контролю значення величини U застосовується аналоговий вимірювальний пристрій, представлена вище ситуація дещо модифікується: замість розподілу ймовірностей $p(u_i) = p_i$, $i = \overline{1, n}$, використовується розподіл щільності ймовірності $f(u)$, визначений на певному інтервалі значень (u_{min}, u_{max}) , тобто від звичного опису ймовірнісного розподілу дискретної випадкової величини переходимо до опису неперервної випадкової величини із застосуванням функції щільності розподілу.

Розглянемо задачу вимірювання напруги у дещо більш узагальненій постановці. Вважатимемо, що невідоме значення напруги x може лежати в будь-якій точці сегменту $[x_{min}, x_{max}]$, а отриманий за допомогою аналогового вольтметра результат містить випадкову похибку E :

$$u = x + e. \quad (15)$$

Тоді середні втрати при прийнятті значення u_{opt} за дійсне значення напруги визначаються умовним математичним очікуванням

$$M\{L(x, u_{opt})/u\} = \int_{x_{min}}^{x_{max}} L(x, u_{opt}) f(x/u) dx, \quad (16)$$

де $f(x/u)$ – умовна щільність ймовірності випадкової величини X при певному значенні u , а втрати, усереднені за всіма можливими показами u , відповідають математичному очікуванню

$$M\{L(x, u_{opt})\} = \int_{x_{min}}^{x_{max}} \left\{ \int_{x_{min}}^{x_{max}} L(x, u_{opt}) f(x/u) dx \right\} f(u) du. \quad (17)$$

Природно припустити, що найкращою є та оцінка u_{opt} , для якої середній ризик $M\{L(x, u_{opt})\}$ найменший. Тоді, зважаючи, що u_{opt} не є змінною зовнішнього інтеграла,

можна визначити u_{opt} шляхом мінімізації умовного середнього ризику (16). Для квадратичної функції втрат мінімізація (16) відбувається за умови

$$u_{opt} = \int_{x_{min}}^{x_{max}} xf(x/u)dx, \quad (18)$$

а для модульної функції (9) – за умови

$$\int_{x_{min}}^{u_{opt}} f(x/u)dx = \int_{u_{opt}}^{x_{max}} xf(x/u)dx, \quad (19)$$

тобто, як і в дискретному випадку, оптимальними оцінками будуть середнє (18) і медіана, якій відповідає межа u_{opt} у рівнянні (19), обчислені за апостеріорним розподілом $f(x/u)$.

Відзначимо, що саме апостеріорна умовна щільність $f(x/u)$ є характеристикою природної невизначеності отриманого результату вимірювань u відносно фактичного значення напруги x , причому рівень та характеристики цієї невизначеності залежать виключно від властивостей похибки вимірювання e . В зв'язку з цим слушним є рівняння виду:

$$f(x/y) = f_e(y - x/y), \quad (20)$$

де $f_e(e/y) = f_e(y - x/y)$ – умовна щільність похибки вимірювання e при отриманому результаті вимірювання y .

У багатьох випадках вважається, що розподіл $f_e(e/y)$ збігається з умовним розподілом $f_e(e/x)$ ймовірностей похибки вимірювального засобу (в нашому випадку – вольтметру). Цей розподіл може бути знайдений експериментально шляхом спеціального дослідження (градування) вимірювального засобу. Умовою збіжності буде припущення

$$e \ll x \approx y, \quad (21)$$

яке в багатьох випадках є цілком виправданим.

Зазначимо, що природна невизначеність часто є наслідком сукупної дії певної множини випадкових факторів, вплив яких у своєму загалі обумовлює достатню статистичну сталість характеристик цієї невизначеності. Тому, якщо означені характеристики піддаються формалізації і припускають свої обчислення чи вимірювання, існує ймовірність ефективного розв'язку вихідної ризикової ситуації аналітичним шляхом, через мінімізацію специфічної форми інтегральної оцінки ризику – так званого середнього ризику, що сумісно враховує і оцінює ризику впливу та дії усіх ризикоутворюючих факторів.

Тобто характерною особливістю концептуальної моделі "невизначеність – ризик" є реальна можливість знаходження оптимального виходу з ризикової ситуації. На жаль, цей оптимізм дещо меншає з огляду на існуючу критеріальну невизначеність, яка стає джерелом можливої появи кількох різних за значенням оптимальних оцінок (у наведеному прикладі – оцінок середнього та медіани).

Окрім теорії вимірювань наведена модель "невизначеність – ризик" застосовується в задачах класифікації та розпізнавання, теорії ігор, портфельному інвестуванні тощо.

Модель "можливості – ризик / шанс". Ще однією концептуальною моделлю породження ризиків є модель "можливості – ризик / шанс". Звичайно ця модель застосовується для опису ситуацій, що виникають при управлінні фінансовими та

економічними ризиками, на взаємозв'язку між ризиком та прибутком, коли ризик з'являється при спробах можливої максимізації прибутку з одночасним обмеженням втрат. Для цієї моделі ризиків характерні так звані спекулятивні ризики [4,7], для яких існує ймовірність одержати як негативні (збитки), так і позитивні (прибутки) результати, причому останнє, тобто можливість отримання позитивного наслідку, звичайно визначається терміном "шанс".

Однак застосування моделі "можливості – ризик / шанс" не обмежується тільки фінансово-економічною сферою. Ця модель працює усюди, де за особливостями практичної діяльності виникає потреба в генерації множини можливих варіантів дій, подій, рішень і т.п., тобто там, де багатоальтернативність ризикової ситуації обумовлюється не впливом небезпек або дією різних природних факторів, а створюється штучно, часто з метою пошуку і дослідження можливих прийнятних рішень в певній ситуації, галузі діяльності тощо. Зокрема, саме модель "можливості – ризик" дозволяє адекватно описати ситуації, що виникають при застосуванні сценарного підходу до прогнозування можливих наслідків витоку таємної чи конфіденційної інформації [13], при аналізі та узагальненні загроз підприємницькій діяльності [14], в практиці роботи аналітичних служб, в науково-дослідній роботі тощо.

Як приклад, розглянемо використання концептуальної схеми формату "можливості – ризик" у сфері прикладних застосувань математичних моделей при розв'язанні задачі структурної ідентифікації моделі складної системи, а саме, до вибору структури апроксимативної моделі [15], що становить достатньо поширену і актуальну проблему у галузі практичної ідентифікації. Об'єктом ризику тут є математична модель реального об'єкту (складної системи), яка будується за експериментальними даними, отриманими в процесі дослідження, вивчення чи експлуатації цього об'єкту. Ризикова ситуація виникає в тому разі, коли об'єкт моделювання достатньо складний за своєю внутрішньою структурою, механізм його функціонування невідомий досліднику (випадок так званої "чорної скрині"), через що об'єктивно завдання структури математичної моделі є неможливим. Вихід з цієї ситуації – побудова апроксимативної моделі, яка лише формально відтворює (копіює) поведінку реального об'єкту на сукупності експериментально отриманих даних про значення його вхідних та вихідних параметрів (змінних, координат тощо). Тобто при побудові апроксимативної моделі не стоїть питання про певну змістовно-операційну близькість моделі фактичному механізму функціонування об'єкту. Це зумовлює появу множини варіантів апроксимативних моделей, яка, зокрема може генеруватися самим дослідником.

Кожному з варіантів властиві свої позитивні та негативні якості, тобто виникає проблема вибору кращого варіанту апроксимативної моделі. Це типова задача прийняття рішення [3,16], розв'язок якої містить в собі додаткову невизначеність, обумовлену необхідністю вибору критерію прийняття рішення (близька ситуація вже розглядалася вище для концептуальної моделі "невизначеність – ризик", де кожному з двох критеріїв оптимальності відповідало своє оптимальне рішення).

Висновки. Запропоновано три концептуальні моделі породження ризиків, відмінні за джерелами (природою походження) невизначеності, існування якої є головною умовою виникнення ризикової ситуації.

Цими джерелами, відмінними для кожної з моделей, є:

1) для моделі "небезпека-ризик" – об'єктивно існуючі зовнішні небезпеки, що у разі їх реалізації в формі певних загроз обумовлюють можливість виникнення втрат, збитків. Наявність статистико-ймовірнісного опису невизначеності в цій ситуації дозволяє раціоналізувати політику управління ризиками;

2) для моделі "невизначеність-ризик" – недостатня визначеність наслідків розвитку реальних ситуацій, перебігів подій тощо, обумовлена відсутністю або неповнотою інформації щодо деталізації і конкретизації станів об'єкту ризику, контролю його фізичних або вартісно-економічних показників та індикаторів, інших інформативних параметрів.

Статистико-ймовірнісний опис невизначеності в цій ситуації робить можливим отримання (обрахування) оптимального рішення, яке мінімізує середній ризик;

3) для моделі "можливості- ризик / шанс" – наявність множини прогнозних, уявних версій, альтернатив, припущень відносно можливого майбутнього розвитку подій на об'єкті ризику, що за умов наявності відомостей про наслідки та ймовірності цих подій дозволяє виконати пріоритезацію можливих ризиків та вибір оптимальних сценаріїв розвитку об'єкту.

Повертаючись до проблеми, окресленої у вступі, яка стосувалась методологічного наповнення поняття "ризик", зазначимо, що воно змінюється залежно від стадії життєвого циклу системи захисту інформації (СЗІ). На етапі проектування СЗІ, зокрема на початковій фазі цього процесу під час визначення за результатами передпроектного аудиту рівня інформаційної безпеки організації, найбільш адекватним буде використання першої концептуальної моделі ризиків, тобто моделі "небезпека-ризик". При розгляді рішень щодо архітектури та елементів СЗІ доречно використовувати третю концептуальну модель у форматі "можливості-ризик", тобто за умов відсутності спекулятивних ризиків: сторона, яка захищається лише мінімізує витрати на побудову СЗІ (однак це обмеження не стосується атакуючої сторони, для якої саме шанс отримати можливий прибуток є головним активуючим фактором). Нарешті традиційно неповна інформація щодо загроз, втрат (збитків), їх ймовірностей, інтенсивності та рівнів може обумовити доцільність використання моделі "невизначеність-ризик" у комбінації з двома раніше наведеними.

ЛІТЕРАТУРА

1. Качинський А. Б. Безпека, загрози і ризик: наукові концепції та математичні методи / А. Б. Качинський. – К., 2003. – 472 с.
2. Вишняков Я.Д. Общая теория рисков / Я.Д.Вишняков, Н.Н.Радаев.–М.: Изд. центр "Академия", 2008. –368 с.
3. Катренко А.В., Пасічник В.В., Пасько В.П. Теорія прийняття рішень / А.В. Катренко, В.В. Пасічник, В.П. Пасько. – К.: Видавнична група ВНУ, 2009.- 448с.: іл.
4. Шегда А.В. Ризики в підприємстві: оцінювання та управління: навч. посіб. / А.В. Шегда, М.В. Голованенко; за ред. А.В. Шегди. К.: Знання, 2008. – 271с.
5. Гранатуров В.М. Экономический риск: сущность, методы измерения, пути снижения /В.М. Гранатуров. – М.: изд-во "Дело и Сервис", 1999. – 112с.
6. Минаев Г.А. Безопасность организации / Г.А. Минаев. – К.: КНТ, 2009. – 440с.
7. Івченко І.Ю. Моделювання економічних ризиків і ризикових ситуацій / І.Ю. Івченко. – К.: Центр учбової літератури. 2007. – 344 с.
8. ДСТУ 2293-99. Охорона праці. Терміни та визначення основних понять.
9. Грунин О.А. Экономическая безопасность организации / О.А.Грунин, С.О. Грунин. – СПб.: Питер, 2002. – 160 с.
10. Ареф'єва О.В. Планування економічної безпеки підприємства / О.В. Ареф'єва, Т.Б. Кузенко. – К.: Вид-во Європ. ун-ту, 2004. – 170 с.
11. Соболев В.И. Информационно-статистическая теория измерений / В.И. Соболев. М.: Машиностроение, 1983.- 224 с.
12. Пугачев В. С. Теория вероятности и математическая статистика / В. С. Пугачев. – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1979. – 496 с.
13. Архипов О. Є. Застосування методології передбачення для оцінювання шкоди, заподіяної витоком секретної інформації / О. Є. Архипов, І. П. Касперський // Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні. – К. – 2007. – Вип.2 (15). – С.13–19.
14. Архипов О.Є., Носок С.О. Основи документального забезпечення діяльності організації. Навчальний посібник. К.: НТУУ "КПІ", 2010.-НМУ № Е 10/11-084.
15. Прикладная статистика: Основы моделирования и первичная обработка данных. Справочное изд. / С.А.Айвазян, И.С.Енюков, Л.Д.Мешалкин. - М.: Финансы и статистика, 1983. - 471 с.
16. Черноруцкий И.Г. Методы принятия решений / И.Г.Черноруцкий. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 416с.

Надійшла: 29.11.2011

Рецензент: д.т.н., проф. Корченко О.Г.