

УДК 004.942

Н. В. Кузнецова

Інститут прикладного системного аналізу
НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
пр. Перемоги, 37, 03056 Київ, Україна
e-mail: natalia-kpi@ukr.net

Фінансовий ризик-менеджмент з урахуванням інформаційних ризиків

Досліджено існуючі методи менеджменту ризиків і проілюстровано всю процедуру аналізу ризику на базі системної методології. Запропоновано критерій урахування інформаційних ризиків через можливі втрати при реалізації інформаційної загрози і квадратичний критерій для врахування компенсаційних витрат на боротьбу з проявами ризиків як інформаційними, так і фінансовими. Наведено систему фінансового ризик-менеджменту, яка враховує як інформаційні, так і фінансові ризики та формує управлінське рішення. Процес роботи системи ризик-менеджменту є адаптивним, тобто на основі запропонованих критеріїв оцінки якості прийнятих рішень є можливість прийняти, відхилити або повторно напрацювати управлінське рішення.

Ключові слова: інформаційні ризики, критерії якості рішень, фінансові ризики, менеджмент ризиків.

Вступ

Сучасні підходи до оцінювання фінансових ризиків передбачають аналіз і моніторинг великих обсягів статистичних даних, збір, зберігання та обробку яких виконують із застосуванням інформаційних технологій. Як обсяги даних, так і якість їхньої підготовки та передачі суттєво впливають на якість результатів аналізу, а інформаційні технології самі можуть бути джерелами негативних впливів [1]. Усе це обумовлює виникнення інформаційних ризиків, які певним чином впливають і на фінансові ризики. Методологія аналізу ризиків передбачає наявність певної сукупності процедур, методів, моделей і критеріїв для оцінювання фінансових ризиків різної природи [1–4]. Основна складність розробки системної методології полягає у необхідності формалізації усіх етапів аналізу, застосування критеріїв для перевірки якості даних і повноти моделі, чи враховує вона всі типи невизначеностей і особливостей даних тощо. Оскільки завчасно невідомо, які види

ризиків необхідно аналізувати, які типи невизначеностей треба опрацювати, які додаткові фактори треба врахувати і більше того, в якому вигляді має бути сформоване управлінське рішення, то виникають складності з напрацюванням управлінських рішень. Розробка систем фінансового ризик-менеджменту на засадах системного підходу дозволить коректно побудувати процедури аналізу, моніторингу, оцінювання ризиків, використати різні за своєю суттю методи та критерії для того, щоб опрацювати все розмаїття фінансових ризиків і врахувати додаткові аспекти, які пов'язані з наявністю інформаційних ризиків.

Постановка задачі

Актуальною проблемою є розробка методології та інструментарію, які би дозволяли проводити швидке опрацювання ризиків фінансової діяльності й отримувати прогностичні оцінки щодо прийнятих рішень. Основна мета даного дослідження — розробити сукупність критеріїв для аналізу та прогнозування фінансових ризиків, перевірки якості розроблених моделей і, відповідно, якості прийнятих рішень з урахуванням інформаційної складової фінансового ризику.

Менеджмент ризиків

як основа для прийняття управлінських рішень

Менеджмент ризиків передбачає декілька основних етапів: виявлення, аналіз, оцінювання ризиків і зменшення їхнього впливу за рахунок розробки методів запобігання ним. Умовно, методи управління ризиками можна розділити на 4 категорії: методи ухилення від ризиків, локалізації, диверсифікації і компенсації ризиків.

Методи ухилення від ризиків ґрунтуються на постулаті про повне виключення ризикових ситуацій з критичних процесів/проектів. До практичних кроків тут відносяться такі рішення як відмова від проектів і процесів, в яких задіяні ненадійні партнери, клієнти, технології тощо. У способах ухилення від ризиків використовуються дії, у результаті яких відповідальність за можливі збитки переноситься на третю особу — наприклад, страхування відповідальності [3].

Методи локалізації ризиків базуються на ідентифікації критичних «місць» у процесах і активностях, де спостерігається найбільш імовірний прояв ризику. Надалі такі «точки» процесів виділяються в окрему діяльність, яка в подальшому потребує високого ступеня контролю і управління. Методи локалізації застосовуються тоді, коли на основі кількісних методів аналізу ризиків вдається конкретно виявити всі можливі джерела ризиків.

Методи диверсифікації ризиків передбачають розподіл основних цінностей, вироблених процесом/процесами організації, між множиною дій, які не повинні бути прямо пов'язані між собою. Таким чином, загальна цінність має бути розподілена між множиною процесів, що дозволить контролювати загальну «вартість» і знизити ризики її втрати [3].

Використання методів диверсифікації є найбільш поширеним способом зниження сумарної величини можливого збитку та застосовується для зниження наслідків випадкових впливів погано ідентифікованих ризиків. Якщо мова йде про системний ризик, то застосування методу диверсифікації є несистемним і не може

бути частиною процесу, а буде тільки тимчасовим рішенням щодо ризикової ситуації, яка виникла.

Методи компенсації ризиків спрямовані на попередження небезпеки превентивними засобами. Це робить такі засоби більш трудомісткими та вимогливими до якості інформації, що ними використовується, але більш «зрілими» і якісними. Цей факт сприяє рекомендації до застосування цих засобів у комплексній системі аналізу та управління ризиками. Наприклад, до них потрібно віднести стратегічне планування діяльності підприємства в цілому як засіб компенсації ризику. Стратегічне планування ефективно тільки в тому випадку, коли процес розробки стратегічного плану, його актуалізація та супровід охоплюють усі сфери діяльності конкретної організації. У ході виконання процедури планування/перепланування виявляється багато існуючих в організації невизначеностей, стає можливим передбачити появу багатьох «вузьких місць» у бізнес-процесах. Так само до даних методів можна віднести процедури прогнозування застосування інноваційного програмного забезпечення і багато інших процедур, які спрямовані на модернізацію та інновації в усталених бізнес-процесах компанії [3].

Важливо пам'ятати, що при виборі того чи іншого засобу необхідно враховувати достовірну та перевірену інформацію. На основі зібраної інформації має бути можливим вжити адекватних, для конкретного випадку, управлінських рішень, обумовлених як стратегічними, так і тактичними факторами діяльності. Для цього пропонується спосіб урахування якості інформації та інформаційних ресурсів при оцінюванні фінансових ризиків.

Процес аналізу та опрацювання ризику

Фінансові ризики за своєю природою є ризиками несистемними, вони пов'язані з цілою сукупністю факторів, які спричиняють їхню появу, неформалізованість і складність їхнього оцінювання та врахування, відсутність єдиної методології тощо. Системний підхід має стати базою активного опрацювання ризику, а не пасивною, безпорадною реакцією на ризик, що приносить збитки, оптимізація яких не піддається управлінню.

Ефективність систем опрацювання ризику визначається тим, наскільки оптимально та правильно, для конкретного оточення та процесів аналізу й управління ризиками, визначено рівень прийнятності ризику. Якщо цей показник має точну кількісну характеристику, то можна вважати, що система управління ризиком має досить фундаментальну числову основу, яку необхідно якісно та своєчасно актуалізувати і обґрунтовано розвивати відповідно до цілей компанії і наявних ресурсів.

Для коректної розробки методології аналізу і опрацювання ризиків необхідно представити всю процедуру менеджменту ризику через основні етапи: виявлення, аналіз і мінімізацію ризику (рис. 1).

Оцінювання фінансових ризиків зазвичай проводиться на основі великих обсягів статистичних даних, з певною невизначеністю як самих даних, так і засобів їхнього збору і обробки. Побудова будь-яких прогнозів також висуває досить суворі вимоги щодо якості і обсягів даних. Вимоги щодо швидкості, якості, правильності опрацювання ризиків у сучасному конкурентному середовищі весь час зростають, тому актуальним є завдання створення нових засобів і способів підтримки прийняття управлінських рішень щодо опрацювання фінансових ризиків з

урахуванням інформаційних. Прийняте рішення, як мінімум, має бути ефективним для ситуації, в якій воно приймається, а також, за можливості, враховувати потенційні майбутні ризики, які можуть проявитися, з урахуванням тренду розвитку процесу та прогнозу ризикової складової.

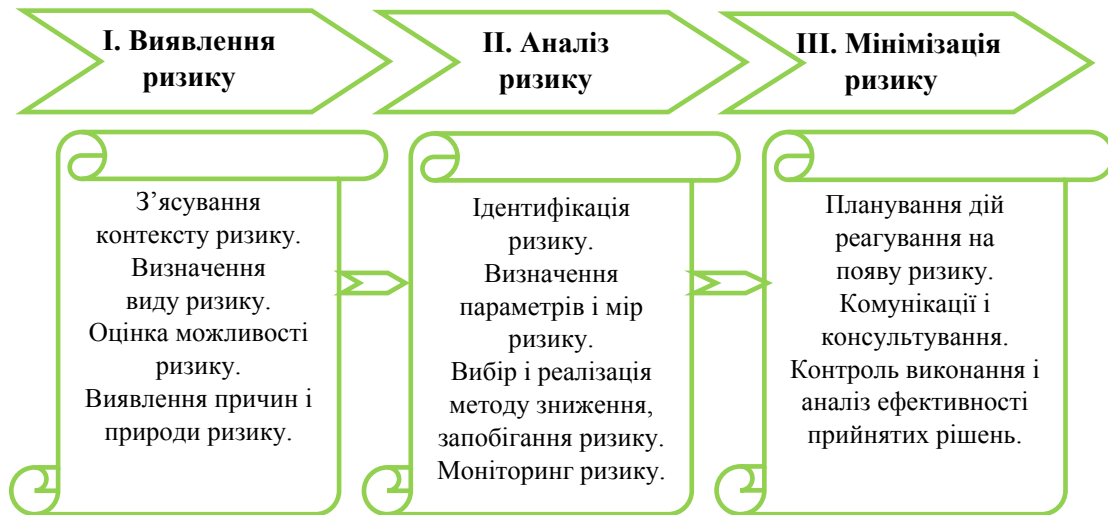


Рис. 1. Процес менеджменту фінансових ризиків

Вплив інформаційних ризиків на якість рішень

У процесі обробки даних, моделювання та прогнозування можуть зустрічатися: невизначеність даних; невизначеності структури та параметрів моделі; невизначеність, що пов'язана з обчислювальним процесом, наприклад, систематичні обчислення та помилки методу. Невизначеність даних викликана наступними причинами: неповні вимірювання, короткі вибірки та відсутність даних; вплив зовнішніх випадкових збурень на функціонування системи при дослідженні; похибка вимірювань. Звичайно є відповідний статистичний інструментарій для боротьби з невизначеністю. Існує велика кількість різних методів поставлення відсутніх даних, такі як алгоритм максимізації очікування (EM), ковзне середнє та прогнозування на основі регресії, методи оптимізації, заповнення за відповідним розподілом і т.д. Негативний вплив зовнішніх випадкових збурень і похибок вимірювань може бути частково усунений шляхом застосування фільтра Калмана, еліптичної фільтрації, експоненціального згладжування або іншим відповідним способом.

Під *інформаційними ризиками* прийнято розуміти загрозу виникнення втрат чи збитків у результаті використання інформаційних технологій.

Інформаційні ризики за своїм походженням поділяються на три категорії [1]:

1) ризики, що пов'язані з утратою (витоком, руйнуванням, знищенням) інформації. Особливо небезпечним є ризик втрати такої інформації як банківська таємниця, або іншої інформації з обмеженим доступом;

2) ризики, що пов'язані з формуванням інформаційного ресурсу (використання неповної, неправдивої інформації, відсутність необхідної інформації, дезінформація): ризики збору інформації, ризики узагальнення та класифікації, ризики обробки інформації, ризики представлення;

3) ризики, що пов'язані з інформаційним впливом на діяльність підприємств і банків (поширення неправдивої, негативної інформації, інформаційно-психологічний вплив на працівників, клієнтів, інформаційний тероризм).

Критерії оцінювання якості даних і рішень

Насправді інформаційні ризики впливають на якість прийнятих рішень через якість даних (наявність пропусків, хибних даних), на результати моделювання та на процес оцінювання. Результати моделювання можуть виявитися некоректними, наприклад, через неправильне припущення щодо розподілу даних, некоректний підбір методу для оцінювання, неточні оцінки, надані експертами, тощо. Оскільки сам процес побудови моделі для оцінювання ризиків є процесом не оптимальним, то і в процесі оцінювання може бути обрана не найкраща модель чи не найкращий критерій.

Критерії оцінки якості вхідних даних можуть включати оцінювання кількості пропусків, кореляцію між змінними-характеристиками, критерій хі-квадрат, інформаційне значення (IV), вагу кожного спостереження (WOE) тощо.

Критерій оцінки кількості пропусків обчислюється за кожною j -ю характеристикою:

$$I_{j(mis\ sin\ g)} = \frac{N_{j(mis\ sin\ g)}}{N_j} \times 100\ \%,$$

де $N_{j(mis\ sin\ g)}$ — кількість пропущених значень за j -ю змінною; N_j — кількість значень для j -ї змінної (довжина вибірки).

Насамперед цей критерій дозволяє оцінити, чи слід включати цю змінну-характеристику в модель, адже будувати модель на нерепрезентативній або навіть зумисно неповній вибірці не має сенсу. Якщо $I_{j(mis\ sin\ g)} > 10\ \%$, то цю характеристику слід виключити з аналізу.

Кореляція характеризує наявність (відсутність) лінійної або нелінійної залежності між змінними. Коефіцієнт кореляції, а в загальному випадку кореляційна функція, дозволяють встановити зв'язок між змінними, наприклад r_{yx} — коефіцієнт кореляції між змінними y та x . Кореляція може бути лінійною або нелінійною, залежно від типу взаємозв'язку, який фактично існує між змінними. Досить часто на практиці розглядають тільки лінійну кореляцію, але більш глибокий аналіз потребує використання для дослідження нелінійних залежностей. Складну нелінійну залежність часто можна спростити (лінеаризувати), але знати про її існування необхідно для того, щоб побудувати адекватну модель процесу.

Вибірковий *коефіцієнт кореляції* між двома змінними обчислюється за формулою [5]

$$r_{yx} = \frac{1}{N-1} \frac{\sum_{k=1}^N \{ [y(k) - \bar{y}] [x(k) - \bar{x}] \}}{\sigma_x \sigma_y},$$

або

$$r_{yx} = \frac{\sum_{k=1}^N \{ [y(k) - \bar{y}][x(k) - \bar{x}] \}}{\sqrt{\sum_{k=1}^N [y(k) - \bar{y}]^2} \sqrt{\sum_{k=1}^N [x(k) - \bar{x}]^2}},$$

де $-1 < r_{yx} < +1$; σ_x, σ_y — стандартні відхилення для змінних x та y , відповідно.

Якщо необхідно одночасно обчислити кореляцію між декількома змінними (наприклад, між ендогенною та декількома екзогенними), то формують кореляційну матрицю.

Кореляційний аналіз даних необхідно виконувати для встановлення наявних зв'язків між значеннями однієї вибірки даних і між значеннями декількох вибірок.

Характеристика *WOE* (weight of evidence, або вага спостереження) визначає силу атрибутів змінної-характеристики у розділенні хороших і поганих випадків, тобто наскільки коректно сформовані інтервали для даної характеристики. Формально вона порівнює частку позитивних і негативних випадків для кожного рішення (інтервалу) значень атрибутів [6]:

$$woe_j = \ln\left(\frac{Distr\ Good_i}{Distr\ Bad_i}\right).$$

На основі обчислених за формулою значень *WOE* обраховується ще одна характеристика, так зване інформаційне значення або Information Value (IV). Інформаційне значення оцінює передбачувану силу характеристики, тобто здатність розділяти приклади на позитивні та негативні. Формально визначає предикативну силу характеристик і обчислюється за формулою

$$IV = \sum_{i=1}^L (Distr\ Good_i - Distr\ Bad_i) * woe = \sum_{i=1}^L (Distr\ Good_i - Distr\ Bad_i) * \ln\left(\frac{Distr\ Good_i}{Distr\ Bad_i}\right),$$

де L — це кількість атрибутів (рівнів або проміжків) для даної характеристики.

Для оцінювання **якості прийнятого рішення** можуть використовуватися сукупності критеріїв якості: різновиди функцій корисності, квадратичні критерії якості тощо.

Квадратичний критерій якості оцінюється як

$$I = \sum_{k=1}^N [u^T(k) \times R \times u(k) + x^T(k) \times Q \times x(k)]^2 \rightarrow \min_{u,x},$$

де $u(k)$ — вектор входів; $x(k)$ — вектор виходів; u^* — оптимальний вхідний вектор, який визначається в результаті розв'язання задачі оптимального керування.

Перший доданок передбачає мінімізацію втрат, другий — мінімізацію відхилень від заданого реального завдання.

Автором запропоновано наступний квадратичний критерій якості опрацювання ризику:

$$I_1 = \sum_{k=1}^N [x^T(k) \times R \times x(k) + (y(k) - y_\phi(k))^T Q (y(k) - y_\phi(k)) + z^T(k) P z(k)] \rightarrow \min_{y,x,z},$$

де $x^T(k) \times R \times x(k)$ — витрати на інвестиції; $y(k) - y_\phi(k) = \tilde{y}(k)$ — реальні втрати; $z^T(k) \times R \times z(k)$ — компенсаційні витрати.

Третій доданок у цьому критерії — це мінімізація втрат на боротьбу з ризиком (унаслідок дій конкурентів, зовнішніх невизначеностей).

Для прийняття рішення в умовах невизначеності використовується низка ймовірнісно-статистичних критеріїв, найбільш поширеними серед яких є критерії Лапласа, Вальда, Севіджа та Гурвиця [4].

Для **оцінювання адекватності моделювання** використовують сукупність критеріїв якості для моделей: індекс GINI, інформаційний критерій Акайке (AIC), критерій Байєса-Шварца (BSC), доля неправильної класифікації тощо.

Індекс GINI можна визначити через площу фігури, що знаходиться під ROC-кривою, таким чином: $GINI = 2 \cdot AUC - 1$. Діапазон значень індексу GINI складає $0 \leq G \leq 1$, а моделі з найвищою розділювальною здатністю, тобто моделі, які роблять високоякісну класифікацію, отримують найвищі коефіцієнти [6].

Доля неправильної класифікації (Misclassification Rate) обчислюється як відношення помилково спрогнозованих значень по відношенню до загальної кількості значень N :

$$Misclassification Rate = \frac{\text{кількість хибно спрогнозованих значень}}{N}.$$

Інформаційний критерій Акайке

$$AIC = N \ln \left(\sum_{k=1}^N e^2(k) \right) + 2n$$

та критерій Байєса-Шварца

$$BSC = N \ln \left(\sum_{k=1}^N e^2(k) \right) + n \ln(N),$$

де $n = p + q + 1$ — кількість параметрів моделі, які оцінюються за допомогою статистичних даних (p — кількість параметрів авторегресійної частини моделі; q — кількість параметрів ковзного середнього; «1» з'являється тоді, коли оцінюється зміщення (або перетин, тобто a_0); N — довжина вибірки. Обидва критерії пов'язані з квадратом похибок, а тому мають бути мінімальними для кращої моделі.

Урахування інформаційного ризику в оцінці фінансового ризику

Класичний алгоритм, що дозволяє оцінити кількісно ризик інформаційних втрат, був розроблений ще у 1974 році і передбачав розрахунок втрат за формулою [1, 7]

$$AV \times EF \times ARO = ALE,$$

де AV (Asset Value) — вартість ресурсу; EF (Exposure Factor) — міра вразливості ресурсу до загрози; ARO (Annual Rate of Occurrence) — оцінка ймовірності реалі-

зації загрози; *ALE* (Annual Lost Exposure) — підсумкові очікувані втрати від конкретної загрози за певний період часу.

Оскільки якість вхідних даних також є причиною інформаційного ризику, як і реалізація інформаційної загрози, то пропонується оцінити фінансовий ризик через оцінку якраз неякісної, недостовірної, неповної інформації або зовнішнього інформаційного впливу за наступною формулою:

$$EL(FR | IR) = P(IR) \times EL(IR) \times EF(IR),$$

де $EL(FR | IR)$ — очікувані втрати фінансового ризику від реалізації інформаційного ризику (загрози); $P(IR)$ — ймовірність реалізації інформаційної загрози; $EL(IR)$ — очікувані втрати від реалізації інформаційного ризику (загрози); $EF(IR)$ — міра вразливості ресурсу до інформаційної загрози.

Ймовірність фінансового ризику через появу інформаційного ризику визначається як

$$P(FR | IR) = \frac{P(IR | FR) * P(FR)}{P(IR)}.$$

За класичним ІМА-підходом (Internal Measurement Approach) внутрішня оцінка очікуваних витрат спочатку визначається для кожної пари «бізнес-лінія – категорія втрат», а далі вводиться множник, який дозволяє перерахувати очікувані втрати в неочікувані [8]. Для інформаційних ризиків такий перерахунок здійснити нереально, оскільки самі по собі інформаційні ризики комбінують багато категорій, для яких можуть відрізнятися як бізнес-процеси, так і активи.

Опрацювання ризиків у системі фінансового ризик-менеджменту підприємства

З урахуванням описаних вище особливостей фінансових даних, фінансових та інформаційних ризиків було запропоновано створення системи фінансового ризик-менеджменту для аналізу, оцінки і опрацювання ризиків. Зокрема, окрім моделей для аналізу різноманітних фінансових ризиків, у системі наявні модулі для обробки зовнішніх інформаційних ризиків та інформаційних впливів, які супроводжують появу фінансових ризиків, а тому мають бути розраховані за критерієм I_1 . Також система враховує вплив внутрішніх фінансових ризиків, які пов'язані з внутрішніми проблемами підприємства, некоректністю управлінських рішень компаній, неправильним плануванням тощо, і зовнішніх фінансових ризиків, які пов'язані з коливанням фінансового становища в країні, зміною попиту та пропозиції, діями конкурентів, коливаннями курсів валют у світі тощо. Система менеджменту фінансового ризику оцінює всі виявлені фінансові й інформаційні ризики та використовується для прогнозування та мінімізації втрат (рис. 2).

Функціональність системи фінансового ризик-менеджменту включає в себе наступні обчислювальні операції: попередню обробку даних; статистичний аналіз даних, що спрямований на підготовку даних для структури моделі та оцінки параметрів, обчислення короткострокових і середньострокових прогнозів з використанням сконструйованих функцій прогнозування та підсистеми аналізу якості, яка

заснована на трьох наборах статистичних критеріїв якості. Критерії допомагають оцінити якість даних, адекватність моделі і якість прогнозів. Кожен раз виділяються окремі набори статистичних параметрів (статистика), що спрямовані на вирішення конкретних завдань моніторингу для обчислювальних процесів. Такий системний підхід спрямований на поліпшення якості для всіх обчислень у системі. Також береться до уваги необхідність застосування різних видів критеріїв при аналізі лінійних або нелінійних моделей. Наприклад, нелінійні моделі класифікації вимагають застосування індексу GINI, загальної точності, площі під кривою (AUC) і т.д.

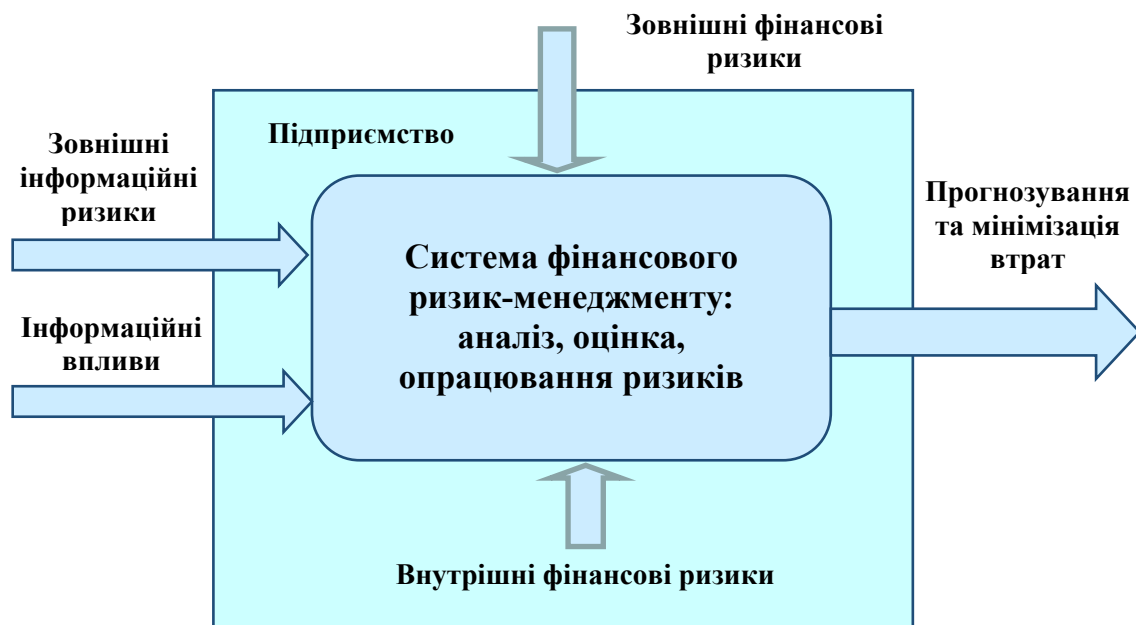


Рис. 2. Система фінансового ризик-менеджменту

Постійний моніторинг і вдосконалення процесів ризик-менеджменту виконується в єдиній інформаційній системі, що дозволяє прискорити виявлення ризикових процесів і знизити ймовірність можливих помилок.

Запропонована структура та методологія аналізу і оцінювання інформаційних ризиків у складі фінансових ризиків впроваджена автором в єдиній інформаційній технології як окремий модуль, реалізована на платформі SAS-технологій, показала доцільність урахування інформаційних ризиків.

Висновки

Урахування інформаційного ризику при розробці системи фінансового ризик-менеджменту шляхом оцінки якості вхідних даних, коректності моделювання та правильності прийнятих рішень з використанням різних критеріїв дозволяє здійснити процедуру аналізу й оцінювання як інформаційних, так і фінансових ризиків багаторазово, та покращити якість прийнятих рішень, якщо значення критерію буде недостатньо високим. Таким чином, забезпечується процес адаптації системи фінансового ризик-менеджменту до реальної ситуації, урахування нової

інформації і зовнішніх збурень, зміни політики фінансової установи щодо прийнятих рішень, наприклад від консервативної до агресивної і навпаки, а також урахування нових видів фінансових ризиків, які не були враховані до цього.

1. Кузнецова Н.В. Деякі аспекти мінімізації інформаційних ризиків у банківській діяльності. *Системні дослідження та інформаційні технології*. 2014. № 1. С. 7–19.
2. Згуровский М.З., Панкратова Н.Д. Системный анализ. Проблемы. Методология. Приложения. Київ: Наук. думка, 2011. 726 с.
3. Никитин И., Цулая М. Системный подход к процессу управления рисками. URL: <http://www.bainr.ru/article25.html>
4. Ладанюк А.П. Основи системного аналізу. навч. посіб. — Вінниця: Нова книга, 2004. 176 с.
5. Бідюк П.І., Романенко В.Д., Тимошук О.Л. Аналіз часових рядів: навч. посіб. — Київ: НТУУ «КПІ», 2013. 600 с.
6. Сиддики Н. Скоринговые карты для оценки кредитных рисков: пер. с англ. Е. Ильичева. Москва: Манн, Иванов и Фербер, 2014. 268 с. ISBN 978-5-91657-899-7.
7. Вуколов В.В. Інформаційні ризики в державному управлінні. URL: http://archive.nbuv.gov.ua/e-journals/Patp/2010_2/10vvvrdu.pdf
8. International Convergence of Capital Standards. A revised Framework. Basel Committee of Banking Supervision. Basel. Updated November 2005. URL: <https://www.bis.org/publ/bcbsca.htm>

Надійшла до редакції 05.03.2018