DOI: 10.20535/kpi-sn.2019.3.176414
УДК 004.942

Н.В. Кузнєцова, П.І. Бідюк*
КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна
*corresponding author: pbidyuke_00@ukr.net

УЗАГАЛЬНЕННЯ СТРУКТУРИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ФІНАНСОВОГО РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ

Проблематика. Фінансові системи на глобальному рівні охоплюють усі ланки діяльності людини і мають значний вплив на інші види систем. При цьому вони характеризуються значною чутливістю до політичних та соціальних впливів, різних видів ризиків, а тому потребують сучасного й актуального інструментарію для моделювання, оцінювання і прогнозування ризиків.
Мета дослідження. Розробити архітектуру інформаційних технологій для аналізу, оцінювання і прогнозування ризиків, які можуть бути реалізовані у вигляді інформаційної системи підтримки прийняття рішень, хмарних технологій та мікросервісів.
Методика реалізації. Застосування клієнт-серверної архітектури для розробки інформаційної технології фінансового ризик-менеджменту, створення нових інформаційних технологій та розширеної системи підтримки прийняття рішень для прискореного аналізу, динамічного оцінювання, прогнозування та менеджменту ризиків у фінансових системах.
Результати дослідження. Розширена інформаційна технологія та узагальнена інформаційна система підтримки прийняття рішень як система фінансового ризик-менеджменту, реалізована у вигляді клієнт-серверної архітектури, окремих застосувань у вигляді мікросервісів і хмарних сервісів для інтеграції в існуючу та функціонуючу систему ризик-менеджменту.
Висновки. Надання дієвих засобів для моделювання, оцінювання та прогнозування ризиків дає фінансовим компаніям змогу ефективніше розподіляти фінансові ресурси, прогнозувати можливі фінансові втрати (їх ступінь і рівень) та мінімізувати їх наслідки за різними методами інтелектуального аналізу даних, застосовуючи засоби страхування та хеджування. На сьогодні високоефективним є використання саме інформаційних технологій на основі мікросервісів, яке дає змогу нарощувати функціональність і розширювати можливості вже існуючої на підприємстві системи ризик-менеджменту, додаючи та інтегруючи необхідні функції, методи та моделі у вигляді мікросервісів.

Ключові слова: інформаційні технології; мікросервіси; інформаційна система підтримки прийняття рішень; хмарні технології; фінансові ризики; система ризик-менеджменту.

Вступ

Менеджмент ризиків є одним із основних завдань фінансових компаній та корпорацій, оскільки передбачає вчасне виявлення, оцінювання і моделювання можливих ризиків, напрацювання стратегій для запобігання їх впливу та зменшення очікуваних втрат від їх реалізації. Такий процес передбачає реалізацію послідовності неперервних кроків для виконання і потребує наявності певних модулів у системі ризик-менеджменту для того, щоб враховувати особливості фінансових даних і задач компанії, здійснювати контроль відповідно до сучасних світових практик та надавати можливість оперативного реагування і застосування засобів захисту від ризиків [1].

Для коректного опрацювання ризиків необхідно представити всю процедуру менеджменту ризиків через основні етапи: виявлення, аналіз та мінімізацію ризику [2]. Виявлення ризику передбачає встановлення видів ризику, до яких найбільш уразливий об'єкт аналізу з урахуванням усіх факторів, які на нього впливають [3]. Оцінювання ризику, тобто кількісне визначення витрат, пов'язаних із видами ризику, які були виявлені на першому етапі управління ризиком, здійснюється через побудову економіко-математичних моделей і виконання відповідних розрахунків. Таке оцінювання зазвичай виконується на основі великих обсягів статистичних даних з певною невизначеністю як самих даних, так і засобів їх збору та обробки. Побудова будь-яких прогнозів також висуває досить суворі вимоги щодо якості та обсягів даних, а тому актуальною задачею є створення нових засобів і способів підтримки прийняття управлінських рішень стосовно опрацювання ризиків з урахуванням їх складної природи. Прийняте рішення, як мінімум, має бути ефективним для ситуації, в якій

© Автори.
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0.

воно приймається, а також, за можливості, враховувати потенційні майбутні ризики, які можуть проявитися згідно з трендом розвитку процесу і прогнозу ризикової складової.

Оскільки фінансові системи підприємств суттєво відрізняються, концептуально системи ризик-менеджменту можуть складатися з різних множин модулів і включати як основні методи, так і альтернативні. Однак саме інформаційні технології стають засобом представлення та реалізації сучасної системної методології моделювання, оцінювання та прогнозування ризиків, основою розробки інформаційної системи підтримки прийняття рішень (СППР) для конкретної фінансової системи. Інформаційні технології пов'язують між собою основні потоки логічної взаємодії учасників фінансового процесу, їх ролі, дані та знання, визначають структуру і множину модулів для розв'язання конкретних задач. Класичною для фінансових систем є інформаційна технологія з можливістю інтеграції в існуючу ERP-систему, а тому доцільно розглядати технологію як реалізацію окремого вебдодатка виконання процедур менеджменту ризиків для їх подальшого інтегрування в існуючу систему управління підприємством.

Постановка задачі

Стаття присвячена розробці концептуальної узагальненої структури розширеної інформаційної технології та архітектури інформаційної СППР, яка містить практично необхідний спектр модулів і застосувань для оцінювання ризиків та може використовуватись для оцінювання і прогнозування можливих ризиків для різних видів фінансових систем. З метою забезпечення повноцінної роботи вже існуючої системи фінансового ризик-менеджменту необхідно передбачити можливість інтеграції закладеної функціональності та запропонувати для цього різні типи інформаційних технологій.

Формування функціональних вимог і принципів для інструментарію ризик-менеджменту

При розробці інформаційної СППР для аналізу, оцінювання та мінімізації ризиків фінансових систем важливо дотримуватись основних принципів і вимог, які висуваються загалом до СППР [4–7], а також враховувати специфіку застосування розробленого комплексу в сучасних фінансових системах [8]. Інформаційна технологія та СППР на її основі мають відповідати основним принципам системної методології [1, 8] та забезпечувати комплексний, ефективний і адекватний ризик-менеджмент з урахуванням особливостей фінансової діяльності, необхідності динамічного оцінювання і прогнозування ризиків, ступеня, профілю та рівня ризику, а також базуватися на таких принципах [7]:

- ✓ ефективність менеджменту ризиків фінансових систем, що дає можливість оцінити ступінь та рівень ризику, всю повноту заходів для мінімізації втрат з урахуванням критеріїв якості опрацювання ризиків та ефективності застосованого комплексу заходів щодо менеджменту ризиків;
- ✓ своєчасність – СППР має працювати в реальному часі для забезпечення виявлення, оцінювання ризику на початковому етапі та забезпечити його моніторинг і своєчасне застосування запобіжних заходів;
- ✓ структурованість – розроблена СППР має складатися з окремих модулів, прикладних програм, додатків, що виконують недублюючі функції, має бути забезпечена послідовність їх виконання з розподілом даних, результатів, оцінок та звітів;
- ✓ розподіл обов'язків (відокремлення функції контролю і оцінювання ефективності рішень від безпосередньо менеджменту ризиків) – забезпечення розподілу функцій між окремими дійовими особами та надання обмежених повноважень доступу та прийняття рішень щодо даних, критеріїв, моделей і рішень;
- ✓ всебічність і комплексність – розроблена система має здійснювати аналіз, оцінювання та моніторинг усіх обумовлених видів ризику (кредитного, фінансового, інформаційного, операційного, валютного тощо) від початкового етапу виявлення ризику до застосування антиризикових дій і оцінювання ефективності системи ризик-менеджменту;
- ✓ відповідність – створення ефективної системи для менеджменту ризиків, що задовольняє всі етапи бізнес-процесів у фінансовій системі, відповідає вказаним видам ризику і дає можливість опрацьовувати їх відповідно до описаних показників (ступеня, рівня та часу);
- ✓ незалежність – від особи, що приймає рішення, та зовнішніх факторів і впливів, які можуть спотворити результати відпрацювання системи менеджменту ризиків;
- ✓ конфіденційність – збереження особистих даних, дотримання вимог законодавства щодо захисту персональної або секретної інформації;

✓ однозначність та чіткість – надання результатів, що можуть бути інтерпретовані лише в певному вигляді, є зрозумілими і недвоякими для осіб, що приймають рішення (ОПР), та керівництва компанії, установи або банку;

✓ прозорість – можливість надання результатів для внутрішнього та зовнішнього моніторингу й аудиту щодо доцільності та ефективності роботи системи.

Розробка розширеної інформаційної технології менеджменту ризиків фінансових систем

Інформаційна технологія (ІТ) та інформаційна СППР для фінансового ризик-менеджменту можуть бути реалізовані у вигляді трирівневої клієнт-серверної архітектури і передбачають використання комплексу застосувань на сервері застосувань, сервера бази знань і даних фінансової системи (БЗД ФС) та клієнтських частин. Розширена ІТ включає у своїх застосуваннях певну множину методів і моделей, реалізацію методики аналізу нестаціонарних процесів довільної природи на основі методів системного аналізу [1], передбачає і реалізує можливість ієрархічного аналізу процесів моделювання та прогнозування фінансових ризиків (ФР), ураховує невизначеності структурного, параметричного і статистичного характеру. Окремі застосування реалізують динамічне оцінювання ризиків, прогнозування часу переходу ризику з прийнятного або допустимого до критичного або катастрофічного, адаптування моделей оцінювання та прогнозування ризиків до змін у процесах, а також застосування альтернативних методів оцінювання з метою пошуку кращих структур моделей за допомогою множини статистичних критеріїв якості.

На рис. 1 наведена трирівнева архітектура розширеної ІТ фінансового підприємства. Особливістю розробленої клієнт-серверної технології є те, що вона дає можливість успішної реалізації необхідної функціональності методів опрацювання ризиків у вигляді окремих програмних застосувань, які викликаються за необхідності та забезпечують ефективну підтримку діяльності фінансової компанії.

Розширена інформаційна технологія доступна користувачам фінансового підприємства через автоматизовані робочі місця. Щоб надати окремим групам користувачів доступ лише до необхідних застосувань (реалізації методів, моделей або формування звітності), адміністратори встановлюють сервер застосувань, сервер бази

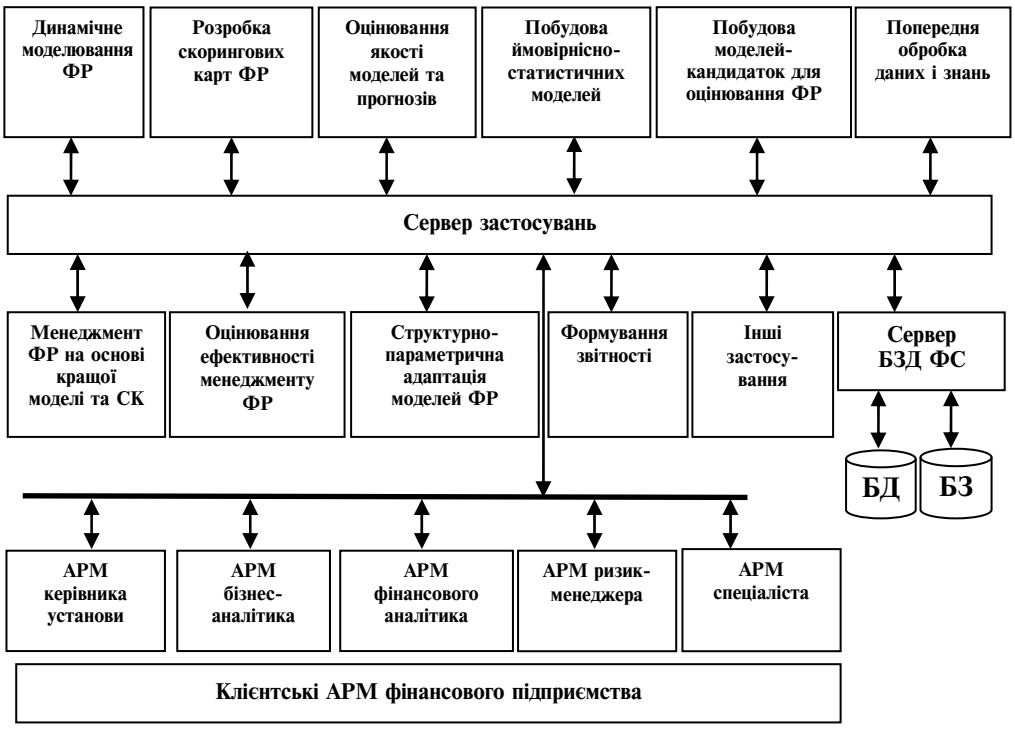

Рис. 1. Клієнт-серверна архітектура розширеної інформаційної технології фінансового ризик-менеджменту

даних і знань фінансової системи (БЗД ФС) та застосування клієнта на фізичному сервері, формуючи таким чином обчислювальне середовище клієнта. Для групи серверів, середовище яких формується на кластері, можуть застосовуватися технології віртуалізації [9, 10].

База даних і знань об'єднує між собою базу даних (БД) у вигляді: зовнішніх та внутрішніх даних, інформації з архівів, статистичної інформації про клієнтів, товари і послуги, форми фінансової звітності тощо. База знань (БЗ) об'єднує нормативну документацію від національних та міжнародних фінансових організацій щодо норм капіталу, рейтингів ризиків тощо; законодавчі нормативні та регулятивні акти для фінансової діяльності в країні; експертні оцінки, отримані на попередньому етапі для початкового аналізу ризиків та виявлення необхідної для збору статистичної інформації.

У запропонованій інформаційній технології на базі сервера застосувань реалізовані такі застосування:

- ✓ збір та попередня обробка даних і знань;
- ✓ побудова моделей-кандидаток для оцінювання фінансових ризиків;
- ✓ побудова ймовірнісно-статистичних моделей для оцінювання ризиків;
- ✓ перевірка адекватності моделей та оцінювання якості прогнозів;
- ✓ розробка скорингових карт оцінювання фінансових ризиків;
- ✓ динамічне моделювання фінансових ризиків;
- ✓ менеджмент фінансових ризиків на основі кращої моделі та скорингової карти (СК);
- ✓ оцінювання ефективності менеджменту фінансових ризиків;
- ✓ структурно-параметрична адаптація моделей фінансових ризиків;
- ✓ формування звітності;
- ✓ інші застосування.

Інформаційна технологія може включати як усі зображені на рис. 1 можливі застосування, так і лише деякі з них. Сукупність сервісів і бібліотек, які реалізують найбільш важливі та критичні функції (базову функціональність), формують ядро сервера застосувань. Особливість реалізації системи полягає в тому, що один клієнт може отримати доступ за робочою необхідністю до багатьох різних застосувань, а різні типи клієнтів (відповідно, і різні автоматизовані робочі місця (АРМ)) отримують доступ до одного і того самого застосування, наприклад із різним рівнем доступу. Клієнти взаємодіють через сервер застосувань, надсилаючи запити і отримуючи відповіді та необхідну інформацію з БЗД (для запису, читання, редагування). Доступ клієнтів до окремих застосувань та бази даних і знань здійснюється через сервер застосувань.

Для фізичного проектування отриманої моделі даних вибрана система управління базами даних Microsoft SQL Server 2016, яка забезпечує побудову централізованих баз даних із використанням технології клієнт-сервер, дає можливість ефективно організовувати використання одних і тих же даних декільком користувачам [9]. Також можливе підключення інших застосувань в інформаційну технологію та СППР для виконання додаткових функцій.

Інформаційна технологія фінансового ризик-менеджменту у вигляді мікросервісів

Виходячи з бізнес-вимог, які пов'язані з необхідністю практичної розробки та інтеграції запропонованої інформаційної технології менеджменту ризиків у існуючу і вже функціонуючу СППР, запропоновано використати архітектуру мікросервісів, яка передбачає, що кожне застосування розробляється як сукупність невеликих сервісів, кожен із яких працює у власному процесі та зв'язується з іншими сервісами через протоколи передачі даних у комп'ютерних мережах, наприклад через найпоширеніший *http*. Реалізація мікросервісів дає змогу розподілити окремі бізнес-задачі між різними командами розробників, кожен буде розв'язувати поставлену задачу, виходячи з потреб компанії щодо часу їх впровадження та застосування (термінові, нетермінові), використовуючи автоматизоване середовище для їх реалізації, процеси будуть розпаралелені, значно спрощені, а тому "легші". Також значно спрощується комунікація як усередині застосування, так і з іншими застосуваннями, майже відсутнє централізоване керування [11].

Архітектура інформаційної СППР (ІСППР) у вигляді сукупності мікросервісів виявилась актуальною з практичної точки зору. Для розробки власних методів і підходів використовувались мікросервіси, які інтегрувались в існуючу систему. При цьому фінансова система продовжувала працювати в нормальному режимі, інформаційна система виконувала свої звичні функції, а мікросервіси інтегрувались в існуючу систему в міру закінчення їх розробки. Вони надають додаткові функції та можливості користувачам так швидко, як це можливо (ASAP), а не по

завершенню розробки всіх функцій і застосувань одночасно. Ще одним ключовим моментом було те, що фінансові підприємства працюють у галузі, яка швидко розвивається, а тому мають орієнтуватися і швидко реагувати на зміни, щоб розв'язувати нові задачі. Тому потреба "передбачення" нових функцій, можливостей і застосувань для системи є досить актуальною, проте доволі складною. Розгортання мікросервісів та їх інтеграція з основною системою – просте й оригінальне рішення, що не потребує зупинки існуючих фінансових процесів та не викликає необхідності розробки нової архітектури ІСППР. Так само у випадку необхідності видалити певну функціональність із системи з мікросервісами це реалізується значно швидше і простіше за рахунок видалення необхідного мікросервісу без потреби переписувати всю систему цілком. Також мікросервіси дають змогу досягти масштабованості архітектури завдяки багаторазовому використанню сервісів у багатьох екземплярах. Ще однією перевагою виявилась можливість використання в різних мікросервісах різних технологій і бібліотек. З точки зору стандартизації доцільно застосовувати одні й ті самі сервіси і методи розробки, а для проектування нових методів бажано вибирати ті самі методи і стандарти. Проте якщо існують реалізовані алгоритми в інших середовищах, то, можливо, доцільно використати їх (хоча б на початковому етапі), для того щоб реалізувати всі додаткові можливості одразу.

При реалізації систем у вигляді мікросервісів слід враховувати і їх слабкі місця: необхідність додаткових тестів для перевірки успішності інтеграційних тестів, реалізації для кожного мікросервісу алгоритму його розгортання, перевірки цілісності контрактів і даних [11].

Реалізація хмарних сервісів для ІТ фінансового ризик-менеджменту

Реалізація інформаційних технологій може бути виконана у різних формах: Storage-as-a-Service для зберігання даних на зовнішньому сховищі, у "хмарі" [12], Information-as-a-Service ("інформація як сервіс") для можливості віддаленого використання інформації, яка може змінюватися щохвилини або навіть щомиті, та Infrastructure-as-a-Service ("інфраструктура як послуга"), яка надає користувачам комп'ютерну інфраструктуру у вигляді віртуальної машини і платформи, пов'язаних у єдину мережу сервісів, які він самостійно настроює для розв'язання бізнес-задач. Існують і інші хмарні рішення, проте для наших задач найцікавішими і перспективнішими є використання цих трьох технологій.

Для реалізації останніх тенденцій до хмарних обчислень компанія SAS розробила інструментарій SAS® Viya™ [13], який дає можливість об'єднати реалізацію окремих задач у вигляді мікросервісів, отримати доступ через спеціальні платформи, здійснювати аналітику на хмарі (рис. 2).

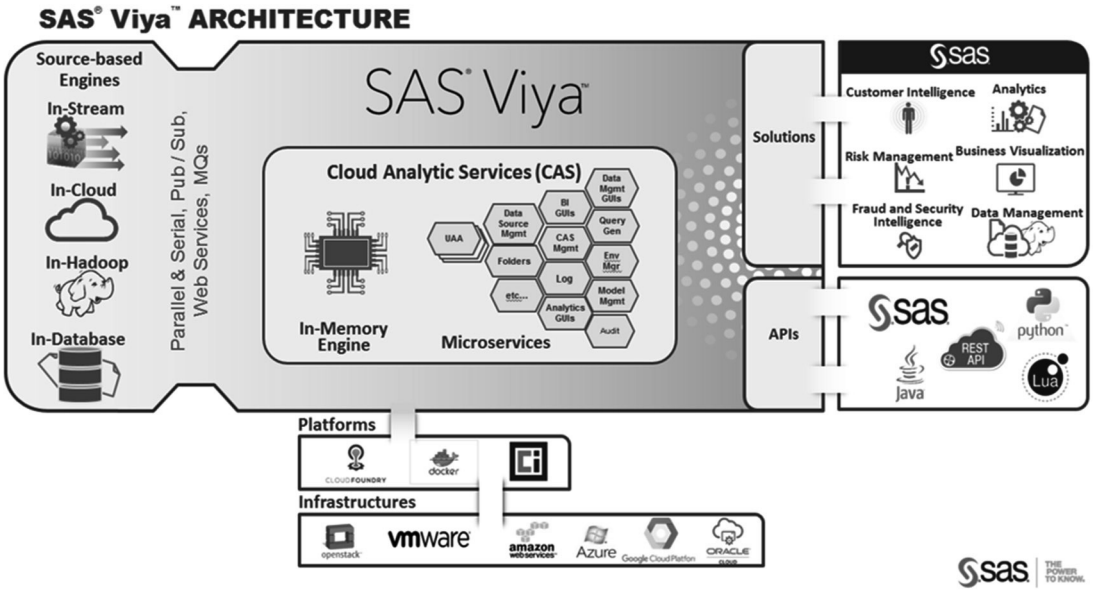

Рис. 2. Архітектура IaaS у SAS Viya [13]

Така архітектура дає змогу реалізовувати швидкі обчислення, не висуває значних вимог до персональних комп'ютерів користувачів, оскільки всі обчислення здійснюються на хмарі, а самі користувачі потребують лише доступу, наприклад через VMWare [14]. IT дає можливість вибирати найбільш ефективне використання ресурсів хмар від публічних, приватних до гібридних, тим самим знявши повністю або частково (за потреби) залежність від внутрішніх операцій з інформацією. Така технологія дає змогу змінювати за потреби і постачальників хмар, відповідно до фінансів, потужностей та можливостей, тобто забезпечує гнучкість і лояльність системи [13].

Використання аналітики на хмарі дає змогу покращити час виконання моделі за замовчуванням і подвоїти продуктивність аналітичної групи. З'являється більше часу саме на розробку і розв'язання більшої частини бізнес-задач, а це дає можливість підвищити якість обслуговування клієнтів. Використання мікросервісів [11, 15] дає змогу залучити спеціалістів, які будуть розв'язувати окремі бізнес-задачі, запускати їх на відпрацювання, не очікуючи на завершення всіх розробок, паралельно здійснювати процедури.

У цій системі також реалізована додаткова можливість взаємодії з програмним середовищем SAS через інтерфейси прикладного програмування – це невеликий інтерфейс додатка (англ. application programming interface, API) до можливостей продукту SAS Viya [13]. Додатковою перевагою є використання різних мов програмування для реалізації власних моделей, методів та застосувань. Запускаючи різні моделі на Python/R/SAS, отримуємо можливість оцінювати їх якість і вибирати ту модель реалізації, яка є швидшою за розгортанням. Написані власні коди можуть розгортатись усюди значну кількість разів. Це дає можливість спростити тестування, захищати та керувати експериментальними аналітичними застосуваннями [13].

Архітектура розширеної ІСППР для фінансового ризик-менеджменту

На практиці для фінансової системи постала потреба забезпечити зв'язок з існуючими базами знань і даних для аналізу, оцінювання та мінімізації ризиків, що постійно виникають у цій системі, та розробити СППР для оперативного реагування і протидії можливим фінансовим ризикам. СППР має надавати ОПР повний спектр механізмів для моделювання, оцінювання і прогнозування ФР та критеріїв для оцінювання якості даних і моделей з можливістю адаптивного реагування для запобігання і зниження фінансових ризиків з урахуванням нових свідчень, даних і викликів у процесі моделювання. СППР за означенням генерує множину альтернатив для надання рекомендацій особі, що приймає рішення, і має містити множину функцій та процедур для реалізації достатньої повноти рішень. Сформулюємо таке твердження про функціональну повноту розробленої ІСППР.

Твердження про функціональну повноту інформаційної СППР для менеджменту ризиків. Функціональна повнота ІСППР для менеджменту ризиків

$$IDSS = \{KDB, DP, IR(MS, MMP, FMP),$$
$$RE\,(SRE, DRE, SC),$$
$$MR\,(DQ, MAQ, FQ, DE, SPA)\}$$

передбачає реалізацію всієї послідовності процедури менеджменту ризиків у вигляді відповідних модулів: ідентифікації, моделювання, оцінювання та мінімізації ризиків, що містять функції для обробки даних і урахування невизначеностей та інших видів ризиків, статичного та динамічного оцінювання ризиків, прогнозування ймовірності та наслідків, побудови скорингової карти як міри ризику, адаптації та перевірки якості й ефективності запропонованих рішень. Тут KDB – база знань і даних; DP – множина процедур і функцій попередньої підготовки, консолідації та обробки даних із використанням запропонованих методів заповнення неповних/втрачених даних; IR – процедури ідентифікації ризику, що передбачають розробку моделі, яка описує зміну ризику, оцінювання її структури і параметрів, прогнозування наслідків та ймовірності ризику. Процедури IR містять такі елементи: MS – процедури підготовки даних та оцінювання структури математичної моделі (наприклад, на основі мереж Байєса); MMP – блок оцінювання параметрів математичної моделі; FMP – модуль оцінювання прогнозів втрат (наслідків) та ймовірності настання ризику на основі вибраної математичної моделі. $RE(SPE, DRE, SC)$ – процедури оцінювання ризиків: статичного SRE, динамічного DRE, побудови скорингових карт ризиків SC. $MR(MAQ, FQ, DE, SPA)$ – модуль менеджменту ризиків: на основі критеріїв адекватності математичних моделей MAQ, точності прогнозів FQ, ефективності рішень DE та функції струк-

турно-параметричної адаптації моделей оцінювання ризиків *SPA*.

Кожен модуль ІСППР є її окремим функціональним елементом, який реалізує весь набір процедур, функцій і класів для інтеграції з БЗД, іншими модулями і користувачами.

Система, що розробляється, має відповідати таким загальним вимогам до СППР [7]: містити сучасні бази даних, моделей, критеріїв якості (адекватності) та необхідні обчислювальні процедури; мати зручний і простий інтерфейс; послідовність виконання функцій має відповідати людському сприйняттю та уявленню; накопичувати знання і адаптуватись у процесі свого функціонування; мати необхідну швидкість виконання процедур і обчислень та необхідну точність; генерувати необхідні для ОПР форми та звіти; забезпечувати інтерактивну взаємодію з іншими користувачами; обмінюватись даними і знаннями з іншими системами обробки інформації за допомогою комп'ютерних мереж; мати можливість для додавання нових процедур, функцій та модулів.

Архітектура ІСППР менеджменту ризиків фінансових систем містить такі рівні:

1) завантаження і обробки даних, зокрема опрацювання можливих невизначеностей та заповнення пропущених даних;

2) аналізу даних про фінансові процеси на основі методів ІАД;

3) побудови та вибору кращої моделі оцінювання ФР;

4) моделювання і прогнозування фінансових ризиків;

5) динамічного оцінювання ризиків на основі динамічних моделей із можливістю прогнозування фактора часу на основі заданого критичного рівня втрат або ймовірності настання ризику;

6) адаптації на основі структурно-параметричного методу.

Послідовне оцінювання фінансових ризиків здійснюється знизу вверх на різних рівнях розробленої архітектури ІСППР і передбачає етапи, подані на рис. 3.

✓ Перший рівень надає можливість завантаження даних через імпорт із файлів (підтримка різних форматів та можливість імпорту з інших джерел), консолідації даних, можливість вибору лише вибраних характеристик для аналізу та введення додаткової інформації (наприклад, маркування даних) вручну. Можуть бути передбачені визначення статистично значущих змінних, застосування методів обробки даних, заповнення втрачених або пропущених даних на основі запропонованого комплексного методу, можливість опрацювання і усунення надлишковості даних, підготовка даних до аналізу.

✓ На другому рівні здійснюється аналіз даних про фінансові процеси. Передбачена можливість візуального аналізу даних з метою виявлення трендів, перевірки на стаціонарність і нелінійність, проведення статистичного та кореляційного аналізу, визначення найважливіших змінних, що характеризують фінансовий процес і мають бути включені для побудови моделей на основі методів ІАД, інтегрованих моделей та мереж Байєса.

✓ Третій рівень передбачає множину засобів для побудови моделей-кандидаток різного типу, зокрема ймовірнісно-статистичних моделей; перевірку адекватності моделей та якості прогнозів.

✓ Четвертий рівень реалізує моделювання фінансових ризиків, тобто прогнозування можливих втрат, або ймовірності настання ризиків, або обох параметрів одночасно. Прогнозування відбувається на основі вибраної на третьому рівні кращої моделі.

✓ П'ятий рівень надає можливість здійснити динамічне оцінювання ризиків та визначити момент переходу ризиків на більш високий ступінь або рівень на основі кращої динамічної моделі.

✓Шостий рівень реалізує адаптацію моделей або побудову нових адаптивних моделей з урахуванням надходження нових даних і знань, критеріїв, оцінок.

Рис. 3. Рівні архітектури створеної інформаційної системи підтримки прийняття рішень

Функціональна структура ІСППР для менеджменту фінансових ризиків

Архітектура ІСППР може бути подана у вигляді сукупності логічно поєднаних модулів та додатків, зокрема так, як показано на рис. 4.

✓ *Модуль опрацювання невизначеностей та неповноти даних і знань* реалізує:

- комбінований метод обробки неповних (втрачених і пропущених) даних на основі МБ і регресійних моделей;
- урахування інформаційного ризику, пов'язаного з недостовірністю, несвоєчасністю, суперечливістю і неправдивістю інформації та неточності, неповноти, нечіткості вхідних даних і знань.

Рис. 4. Функціональна структура інформаційної системи підтримки прийняття рішень для менеджменту фінансових ризиків

✓ *Модуль розробки скорингової карти як міри ризику* виконує:

- побудову скорингових моделей на основі методів ІАД;
- вибір кращої моделі на основі одного з визначених статистичних критеріїв або за сукупністю критеріїв;
- побудову скорингової карти і встановлення скорингових балів;
- нейронечіткий метод доповнення відхилених заявок при розробці скорингової карти.

✓ *Модуль динамічного оцінювання фінансових ризиків* здійснює:

- побудову динамічних моделей ризиків для прогнозування рівня та ступеня ризику;
- розрахунок часу настання ризику (критичного, катастрофічного) в динамічному методі на основі ступеня ризику (ймовірності настання ризику); визначення моменту часу настання ризику на основі рівня ризику (допустимого, критичного, катастрофічного);
- ймовірнісно-статистичне оцінювання ризику фінансових втрат (розрахунок обсягу втрат і ймовірності).

✓ *Модуль оцінювання якості даних і рішень* включає:

- критерії перевірки якості даних і знань;
- аналіз ефективності рішень щодо менеджменту ризиків;
- критерії аналізу якості рішень (квадратичні критерії на основі функції корисності та власний квадратичний критерій).

✓ *Модуль менеджменту ризиків* включає:

- розрахунок фактичних втрат від можливої реалізації ризику;
- управлінські модулі: розрахунку капіталовкладень та інвестицій; компенсаційних втрат на боротьбу з ризиками; встановлення обмежень та лімітів для рівня втрат і ймовірності реалізації ризику (допустимий, критичний, катастрофічний);
- рекомендації щодо вибору стратегії зниження ризиків.

✓ *Модуль адаптації* уможливлює*:*

- введення нових даних і знань, підвантаження нових критеріїв, обмежень;
- біхевіоріальне оцінювання ризику (оцінювання ризику в процесі та перевірка його ступеня і рівня відносно початкового);
- виконання структурно-параметричної адаптації з двома контурами адаптації та використанням відхилених заявок.

Розширена архітектура багатофункціональної ІСППР може бути представлена у різних модифікаціях та різній наповненості залежно від потреб фінансової компанії.

БЗД ІСППР складається з бази даних, знань і бази моделей (БМ), де зберігаються кращі моделі, побудовані для розв'язання задач статичного та динамічного оцінювання ризиків.

Модуль оцінювання якості даних і рішень є модулем, пов'язаним з основними модулями, виконується як на етапі передачі даних для моделювання та початкової перевірки їх якості, так і на етапі перевірки якості отриманих прогнозів і побудованих моделей, перевірки ефективності розроблених рішень щодо зниження фінансових ризиків.

Кожен модуль ІСППР є її окремим функціональним елементом, який реалізує весь набір процедур, функцій, класів для інтеграції з БЗД, іншими модулями і користувачами. Загалом функціональна схема розширеної ІСППР є громіздкою для представлення, а тому для подання її модулів використовувалась UML для представлення кожного блоку у вигляді моделі класу.

Модуль опрацювання невизначеностей включає такі операції: попередньої обробки та консолідації даних, заповнення пропущених/втрачених даних, оцінювання інформаційних ризиків, опрацювання невизначеностей; модуль розробки скорингової карти реалізує: статистичний аналіз даних, формування структури моделі та оцінювання параметрів скорингової моделі, побудови скорингової карти оцінювання ризиків, обчислення короткострокових і середньострокових прогнозів із використанням побудованих моделей та спеціального модуля перевірки якості вхідних даних і ефективності запропонованих рішень.

У системі використовується модуль динамічного оцінювання ризиків на основі запропонованого динамічного та ймовірнісно-статистичного методів [16, 17] із застосуванням кількох типів динамічних моделей для оцінювання ризиків, вибором кращої з них та використанням двох алгоритмів розрахунку моменту настання ризику на основі ступеня та рівня ризику.

Модулі оцінювання наслідків та перевірки ефективності рішень дають можливість визначити, наскільки ефективно здійснюється менеджмент ризиків, та у випадку необхідності звернутись до модуля адаптації на основі запропонованого авторами методу структурно-параметричної адаптації з метою покращення якості моделей та ефективності рішень.

Висновки

Розроблена авторами розширена інформаційна технологія, створена на основі системної методології, що об'єднує методи і моделі динамічного, ймовірнісно-статистичного, регресійного оцінювання фінансових ризиків, комбіновані методи та моделі відновлення пропущених і втрачених даних, методи структурно-параметричної адаптації тощо, є ефективним інструментарієм для оцінювання та менеджменту фінансових ризиків і може впроваджуватись у реальні фінансові установи. Запропонована інформаційна технологія нового типу, яка може бути реалізована у вигляді як клієнт-серверної архітектури, так і мікросервісів і хмар, є гнучкою і адаптивною з практичної точки зору як до задач (дає змогу включати лише необхідні ресурси і блоки з оптимальним використанням сервера), так і до інтеграції в існуючу інформаційну систему функціонуючого підприємства за рахунок розроблених власних мікросервісів, які підключаються до системи за необхідності, реалізуючи окремі функції та підзадачі.

Існує можливість інтеграції та виконання хмарних обчислень із використанням сучасних технологій розподілених сервісів і збереження даних у "хмарах", що робить запропоновану інформаційну технологію дійсно сучасною і перспективною для подальшого використання. Застосування запропонованих ІТ на практиці дало змогу покращити менеджмент ризиків і отримувати точніші прогнози при оцінюванні фінансових ризиків. Розширена ІСППР рекомендована для реалізації та впровадження у новий банк, на підприємство або у фінансову систему з можливістю виконання всіх запропонованих у розробленій системній методології етапів менеджменту фінансових ризиків. При цьому доцільною є реалізація такої системи на базі сукупності застосувань або мікросервісів, для того щоб забезпечити додавання нових можливостей реалізації нових функцій і алгоритмів за потреби, у процесі функціонування системи.

References

[1] M.Z. Zgurovsky and N.D. Pankratova, *System Analysis: Problems. Methodology. Applications.* Kyiv, Ukraine: Naukova Dumka, 2005.

[2] N.V. Kuznietsova, "Financial risk management with informational risks' accounting", *Data Recording, Storage & Processing*, vol. 20, no. 1, pp. 30–39, 2018.

[3] V.A. Vasiliev *et al.*, "Mathematical models of valuation and management of financial risks of economic entities", *Audit and Financial Analysis*, no. 4, pp. 200–237, 2006.

[4] F. Burstein and C.W. Holsapple, *Handbook of Decision Support Systems.* Berlin, Germany: Springer-Verlag, 2008.

[5] L. Casolaro and G. Gobbi, "Information technology and productivity changes in the banking industry", *Economic Notes*, vol. 36, no. 1, pp. 43–76, 2007. doi: 10.1111/j.1468-0300.2007.00178.x

[6] C.W. Hollsapple and A.B. Winston. (1996). *Decision Support Systems.* New York: West Publishing Company, 1996.

[7] O.M. Trofymchuk *et al.*, "Decision support system for implementing systemic approach to forecasting", *Int. J. Comp. Technol.*, vol. 14, no. 5, pp. 5769–5778, 2015.

[8] N.V. Kuznietsova and P.I. Bidyuk, "Systemic approach to estimation of financial risks", in *Proc. Int. Conf. Informatics, Mathematics, Automation*, Sumy, Ukraine, 2015, pp. 46–47.

[9] A.I. Rolik *et al.*, "Management of the level of services in the Internet system of things with microarchitecture architecture", *Bulletin of the NTUU "KPI". Informatics, Management and Computing*, no. 65, pp. 110–117, 2017.

[10] *Hyper-V Technology Overview* [Online]. Available: https://docs.microsoft.com/en-us/windows-server/virtualization/hyper-v/hyper-v-technology-overview

[11] S. Almazov. *NET Core: How Microservices Work in Containers* [Online]. Available: https://dou.ua/lenta/articles/microservices-net-core

[12] S. Telenyk and M. Bukasov, "Data center resource management for SAAS", *Technical Transactions Electrical Engineering*, 3-E, pp. 229–235, 2016.

[13] *SAS Viya* [Online]. Available: https://www.sas.com/en_us/software/viya.html

[14] *vSphere Hypervisor* [Online]. Available: https://www.vmware.com/products/vsphere-hypervisor.html

[15] *Cloud Technologies for Earth* Users [Online]. Available: http://help.starline.lg.ua/internet/oblachnie-tehnologii-dlja-zemnih-polzovatelei.html

[16] P.I. Bidyuk and N.V. Kuznietsova, "Probabilistic-statistical method for financial losses risks' estimating", *Naukovi Visti NTUU KPI*, no. 2, pp. 7–17, 2018. doi: 10.20535/1810-0546.2018.2.128989

[17] N.V. Kuznietsova and P.I. Bidyuk, "Dynamic modelling of financial risks", *Inductive Modeling of Complex Systems*, vol. 9, pp. 122–137, 2017.

Н.В. Кузнецова, П.И. Бидюк

ОБОБЩЕНИЕ СТРУКТУРЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ФИНАНСОВОГО РИСК-МЕНЕДЖМЕНТА

Проблематика. Финансовые системы на глобальном уровне охватывают все звенья деятельности человека и оказывают значительное влияние на другие виды систем, при этом характеризуются значительной чувствительностью к политическим и социальным влияниям, различным видам рисков, а потому нуждаются в современном и актуальном инструментарии для моделирования и прогнозирования рисков.

Цель исследования. Разработать архитектуру информационных технологий для анализа, оценки и прогнозирования рисков, которые могут быть реализованы в виде информационной системы поддержки принятия решений, облачных технологий и микросервисов.

Методика реализации. Применение клиент-серверной архитектуры для разработки информационной технологии финансового риск-менеджмента, создания новых информационных технологий и расширенной системы поддержки принятия решений для быстрого анализа, динамического оценивания, прогнозирования и менеджмента рисков в финансовых системах.

Результаты. Расширенная информационная технология и обобщенная информационная система поддержки принятия решений как системы финансового риск-менеджмента в виде клиент-серверной архитектуры, отдельных приложений в виде микросервисов и облачных сервисов для интеграции в существующую и функционирующую систему риск-менеджмента.

Выводы. Предоставление действенных средств для оценки и прогнозирования рисков позволяет финансовым компаниям эффективнее распределять финансовые ресурсы, прогнозировать различными методами интеллектуального анализа данных (ИАД) финансовые риски (их степень и уровень) и минимизировать их последствия, применяя средства страхования и хеджирования. На сегодняшний день удачным является использование именно технологий на основе микросервисов, которое позволяет наращивать функциональность и расширять возможности уже существующей на предприятии системы риск-менеджмента, добавляя и интегрируя необходимую функциональность в виде микросервисов.

Ключевые слова: информационные технологии; микросервисы; информационная система поддержки принятия решений; облачные технологии; финансовые риски; система риск-менеджмента.

N.V. Kuznietsova, P.I. Biduyk

GENERALIZATION OF THE INFORMATION TECHNOLOGY STRUCTURE FOR FINANCIAL RISK MANAGEMENT

Background. The modern financial systems at the global level cover all aspects of human activities and make a significant impact on other types of systems. They are characterized by the high sensitivity to political and social influences, various types of risks, and therefore require modern tools for modeling, estimation and forecasting risks.

Objective. Development of an information technology architecture for risk analysis, assessment and forecasting which can be implemented in the form of information decision support system, cloud technologies and micro-services.

Methods. Application of client-server architecture for development of information technology for financial risk management, the creation of new information technologies and an expanded decision support system for timely analysis, dynamic estimation, forecasting and risk management in financial systems.

Results. Extended information technology and generalized information support decision support system as a system of financial risk management in the form of client-server architecture; and separate applications in the form of micro-services and cloud services for integration into existing and functioning information system for risk management.

Conclusions. Providing efficient tools for risk assessment and forecasting allows financial companies to allocate financial resources more efficiently, predict various financial risks (their degree and probability) by data mining methods and minimize their effects by applying insurance and hedging. It is highly successful today to use such information technologies based on micro-services while they allow increase the functionality and expand existing risk management system possibilities at respective enterprises thanks to adding and integrating necessary functionality in the form of specific services.

Keywords: information technologies; micro-services; information decision support system; cloud technologies; financial risks; risk management system.

Рекомендована Радою
Інституту прикладного системного аналізу
КПІ ім. Ігоря Сікорського

Надійшла до редакції
06 травня 2019 року

Прийнята до публікації
20 червня 2019 року