



DOI 10.28925/2663-4023.2026.34.1316

УДК 004.75:519.876

Федотов Сергій Олександрович

аспірант кафедри інженерії програмного забезпечення та кібербезпеки

Державний торговельно-економічний університет, м. Київ, Україна

ORCID: 0009-0009-7275-0867

s.fedotov@knute.edu.ua

SADT-МОДЕЛЬ ОЦІНЮВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ІНТЕГРАЦІЇ СИСТЕМ РОЗПОДІЛЕНОЇ ОБРОБКИ ДАНИХ У ХМАРНІ СЕРВІСИ ТОРГОВЕЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Анотація. Цифрова перебудова підприємств торгівлі в Україні зумовила активне впровадження хмарних сервісів (ХС) для забезпечення масштабованої обробки даних, підвищення гнучкості ІТ-інфраструктури та оптимізації бізнес-процесів. Разом із перевагами використання хмарних технологій процес інтеграції систем розподіленої обробки інформації наразі супроводжується низкою технічних, економічних та організаційних ризиків. Ці ризики, зокрема, пов'язані із забезпеченням інформаційної безпеки, нормативної відповідності, надійності функціонування ХС, залежністю від постачальників хмарних платформ і складністю прийняття управлінських рішень щодо доцільності їх впровадження. Метою дослідження є розробка методології логічного підходу до оцінювання ефективності та ризиків інтеграції систем розподіленої обробки інформації в ХС на основі функціонального моделювання із застосуванням методології SADT. Методика дослідження ґрунтується на парадигмах структурного аналізу, функціонального моделювання, експертного оцінювання, багатокритеріального аналізу та системного підходу до прийняття рішень. У статті запропоновано SADT-модель процесу інтеграції, яка формалізує послідовність збору первинної інформації, експертного аналізу, перевірки відповідності міжнародним вимогам інформаційної безпеки та розрахунку інтегрального показника доцільності впровадження ХС. Запропоновано ієрархічну систему критеріїв оцінювання, яка враховує технологічні, економічні, організаційні та безпекові чинники інтеграції, а також архітектуру програмного модуля інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень, призначеної для автоматизованої оцінки ефективності інтеграції систем розподіленої обробки інформації в хмарне середовище. Наукова новизна дослідження полягає в удосконаленні методологічного забезпечення оцінювання доцільності інтеграції за рахунок комплексного поєднання функціонального моделювання, багатокритеріального аналізу та механізмів експертного оцінювання. Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості використання запропонованої методики для обґрунтування управлінських рішень під час цифрової перебудови торговельних підприємств, зниження ризиків інтеграції та підвищення ефективності використання хмарної інфраструктури.

Ключові слова: інтеграція, системи розподіленої обробки інформації, хмарні сервіси, цифрова трансформація, методологія SADT, багатокритеріальний аналіз, підтримка прийняття рішень, хмарна інфраструктура, нормативна відповідність, інформаційна безпека.

ВСТУП

Як було показано в [1-5], сучасний розвиток інформаційних технологій має значний вплив на всі аспекти функціонування торговельних підприємств, сприяючи автоматизації процесів збору, обробки та аналізу даних. Впровадження програмних рішень для управління бізнес-процесами, хоча й забезпечує підвищення операційної ефективності, часто пов'язане з високою вартістю та тривалими термінами розгортання, тому хмарні сервіси, що забезпечують розподілену обробку інформації, є перспективним напрямком розвитку, дозволяючи компаніям, наприклад у сфері торгівлі, мінімізувати капітальні витрати на ІТ-інфраструктуру та підвищити гнучкість бізнес-процесів. Однак, як зазначалося раніше, інтеграція систем розподіленої обробки інформації у хмарні сервіси супроводжується низкою технологічних, економічних та організаційних викликів, що вимагають комплексного аналізу перед їх впровадженням. Одним із ключових факторів, що визначають ефективність використання хмарних рішень, є оцінка потенційних ризиків, зокрема залежність від постачальника, забезпечення надійності функціонування



сервісів, а також питання інформаційної безпеки та стійкості бізнесу до можливих змін в екосистемі постачальників.

Залежність від провайдера хмарних послуг зумовлена складністю перенесення даних і сервісів під час зміни постачальника, що вимагає ретельного планування стратегії міграції. Надійність надаваних хмарних послуг стає важливим параметром, оскільки збої в інфраструктурі провайдера можуть призвести до перебоїв в операційній діяльності підприємства. А питання інформаційної безпеки вимагають оцінки механізмів захисту даних, політики конфіденційності та рівнів відповідальності постачальника за дотримання вимог щодо захисту інформації.

Крім того, слід додатково врахувати ризики, пов'язані з можливим виходом хмарного провайдера з ринку України в умовах агресивної війни, розв'язаної Росією, що, відповідно, спричинить втрату даних або необхідність термінового пошуку альтернативних рішень. Зазначені вище аспекти підкреслюють необхідність розробки методик оцінки ефективності та ризиків інтеграції як розподіленої обробки інформації, так і хмарних сервісів в інфраструктуру торговельних підприємств. А одним із можливих підходів до вирішення даного завдання стає побудова адитивної моделі оцінки ефективності та ризиків використання хмарних технологій, заснованої на факторному аналізі. Зауважимо, що використання функціонального моделювання, наприклад, на основі методології SADT [6, 7], сприятиме наочному представленню процесів оцінки ризиків та ефективності як хмарних систем, так і інтеграції в них розподіленої обробки інформації, забезпечуючи всебічний аналіз їхнього впливу на бізнес-процеси торговельних організацій.

Постановка проблеми. Сучасні торговельні компанії в Україні стикаються з необхідністю масштабованої та гнучкої обробки великих обсягів даних, що робить інтеграцію систем розподіленої обробки інформації у хмарні сервіси важливим напрямом їхньої цифрової трансформації. Однак процес інтеграції пов'язаний із низкою проблем, що стосуються технічних, економічних та управлінських аспектів, що вимагає проведення всебічного аналізу ефективності та ризиків впровадження. Одним із ключових чинників, що впливають на успішність інтеграції, є необхідність балансування між бізнес-цінністю, ступенем ризику та технічними можливостями інтеграції розподіленої обробки інформації в хмарні сервіси. У зв'язку з цим існує потреба в удосконаленні методики, що дозволяє комплексно оцінювати доцільність інтеграції розподіленої обробки інформації в хмарні сервіси, а також враховувати критичні параметри, що впливають на прийняття рішень.

Метою статті є розроблення методики оцінювання процесу інтеграції систем розподіленої обробки інформації в хмарні сервіси на основі функціонального моделювання із застосуванням методології SADT для обґрунтування управлінських рішень під час цифрової трансформації торговельних підприємств.

МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ

Методика дослідження. Методологія SADT дозволяє деталізувати ієрархічну структуру процесів інтеграції розподіленої обробки інформації в хмарні сервіси, виявляти критичні залежності та забезпечувати логічну послідовність дій, необхідних для успішної інтеграції. Використання цього підходу у поєднанні з методами багатокритеріальної оптимізації та інтелектуального аналізу даних забезпечує побудову моделі, що дозволяє враховувати бізнес-ефективність, фінансові витрати, технологічні обмеження та ризики. У рамках даного дослідження пропонується SADT-модель, яка структурує процеси інтеграції та забезпечує системний аналіз ключових етапів взаємодії хмарної та розподіленої інфраструктури.

Результати дослідження. Рисунок 1 являє собою структуровану SADT-модель, призначену для аналізу процесу оцінки ефективності та ризиків, пов'язаних з інтеграцією систем розподіленої обробки інформації в хмарні сервіси, що відображає логічну послідовність етапів, які включають збір інформації, експертну оцінку та розрахунок інтегральної ефективності доцільності впровадження розподіленої обробки інформації в хмарні сервіси.

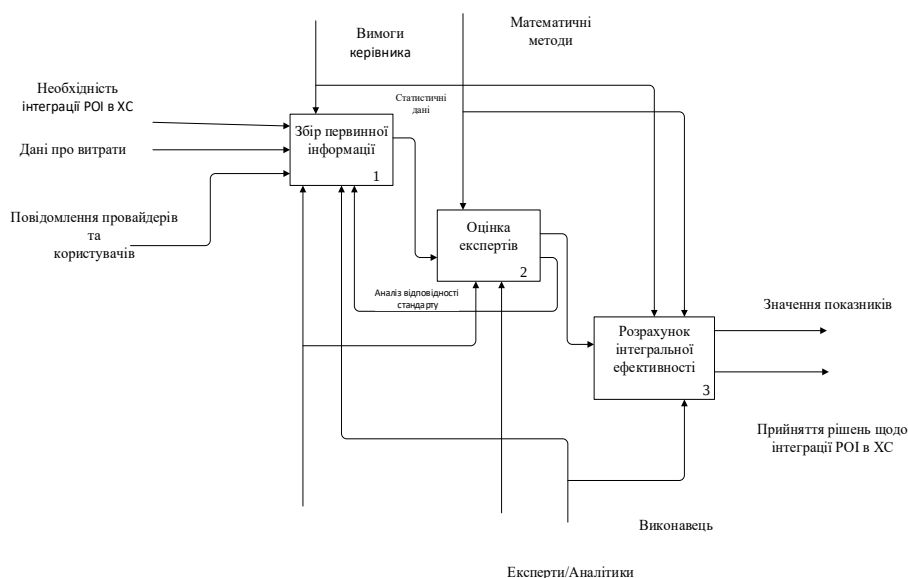


Рис. 1. SADT-модель для оцінювання ефективності та ризиків інтеграції розподіленої обробки інформації в хмарні сервіси

Опишемо компоненти моделі, зображеної на Рис. 1. Збір первинної інформації (блок 1). На цьому етапі відбувається накопичення даних, необхідних для подальшого аналізу. В якості вхідних параметрів виступають: необхідність інтеграції розподіленої обробки інформації в хмарні сервіси, дані про витрати, повідомлення від провайдерів та користувачів, вимоги керівника.

Цей етап дозволяє зібрати кількісні та якісні показники, які використовуються для аналізу ефективності впровадження розподіленої обробки інформації в хмарні сервіси.

Оцінка експертів (блок 2) – отримані дані проходять процес експертної оцінки, під час якого здійснюється: аналіз відповідності стандартам; статистична обробка інформації. На цьому етапі залучаються фахівці в галузі аналітики та технологій, які забезпечують верифікацію даних та їхню відповідність встановленим критеріям.

Розрахунок інтегральної ефективності (блок 3) – на основі експертних оцінок виконується обчислення інтегральних показників ефективності із застосуванням математичних методів. Вихідними параметрами на цьому етапі є: кількісні значення показників; підсумкові рекомендації щодо впровадження розподіленої обробки інформації в хмарні сервіси; вихідні параметри та прийняття рішень.

Завершальним етапом є прийняття рішень щодо доцільності інтеграції розподіленої обробки інформації в хмарні сервіси на основі розрахованих значень ефективності. При цьому рішення приймаються виконавцем (аналітиком або керівництвом) на основі наданих розрахунків або моделювання, як це було реалізовано вище, а також на основі експертних висновків.

Представлена на Рис. 1 SADT-модель демонструє структурований підхід до процесу оцінки ефективності інтеграції розподіленої обробки інформації в хмарні сервіси, забезпечуючи формалізоване представлення інформаційних потоків, методів аналізу та прийняття рішень.

Збір даних, як правило, здійснюється із застосуванням різних методів [1, 2, 4], включаючи автоматизований моніторинг фінансових та експлуатаційних показників, експертні інтерв'ю, опитування користувачів, а також аналіз ринкових тенденцій та пропозицій постачальників хмарних рішень. Для забезпечення високого рівня достовірності інформації можуть використовуватися методи верифікації та перехресної перевірки даних, що мінімізує ризик помилок на наступних етапах аналізу.

У кінцевому підсумку блок 1 виконує функцію формування обґрунтованої інформаційної бази, що забезпечує аналітичну точність експертної оцінки (блок 2) та математичного розрахунку інтегральної ефективності (блок 3). Повнота зібраних даних та якість їх попередньої обробки визначають ступінь надійності підсумкових висновків і рішень щодо доцільності інтеграції розподіленої обробки інформації в хмарні бізнес-сервіси компанії.

Процес експертної оцінки (блок 2) у рамках представленої на рисунках 1 і 2 SADT-моделі відіграє ключову роль у формуванні обґрунтованих рішень щодо інтеграції систем розподіленої обробки інформації в хмарні сервіси, передбачаючи всебічний аналіз даних, що надходять, спрямований на їхню

відповідність встановленим стандартам, а також застосування статистичних методів обробки інформації з метою виявлення закономірностей, тенденцій та потенційних ризиків, що супроводжують процес впровадження розподіленої обробки інформації. У цьому блоці одним із центральних напрямків експертної оцінки є аналіз відповідності встановленим стандартам, що охоплюють, відповідно: технічні регламенти інтеграції; нормативні вимоги у сфері інформаційної безпеки хмарних сервісів; стандарти управління даними та бізнес-процесами.

Зокрема, під час інтеграції розподіленої обробки інформації в хмарну інфраструктуру, наприклад, торгових компаній, необхідно враховувати міжнародні стандарти з інформаційної безпеки, такі як ISO/IEC 27001 (система управління інформаційною безпекою) [8], ISO/IEC 27017 (контрольні заходи для хмарних сервісів) [9], а також вимоги GDPR [10] (Загальний регламент щодо захисту даних) під час роботи з персональними даними користувачів. Крім того, залежно від специфіки торгівлі можуть застосовуватися галузеві стандарти, наприклад, PCI DSS (стандарт безпеки даних платіжних карток) для роздрібних підприємств, що використовують онлайн- та офлайн-платежі [10]. Експерти проводять детальний аналіз відповідності системи, що проєктується, зазначеним нормативам, оцінюючи потенційні вразливості та рівень захисту інформації. Окрім аналізу нормативної відповідності, на етапі експертної оцінки в рамках даного блоку здійснюється статистична обробка інформації, спрямована на виявлення ефективності інтеграції розподіленої обробки інформації. Наприклад, у випадку торгової компанії статистичний аналіз включатиме дослідження динаміки ключових бізнес-показників до та після впровадження системи, аналіз продуктивності хмарних сервісів, а також моделювання потенційних економічних ефектів.

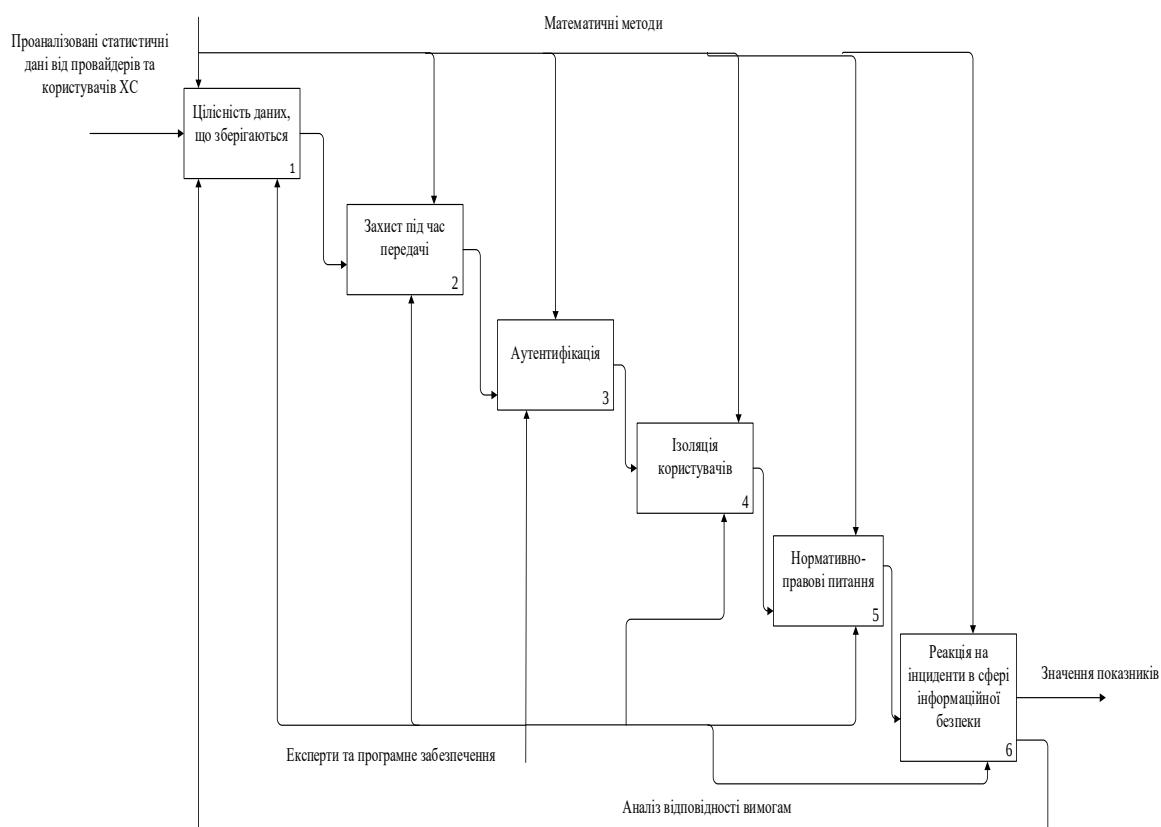


Рис. 2. Декомпозиція оцінки ризиків інтеграції розподіленої обробки інформації в хмарні сервіси

У класичних методах оцінки застосовується метод агрегування показників [11, 12], що передбачає нормалізацію вихідних даних, зважування окремих критеріїв відповідно до їхньої значущості та обчислення узагальненого індексу ефективності.

При аналізі ефективності, згідно з [13, 14], можуть використовуватися також імовірнісні методи, зокрема методи байєсівського аналізу для прогнозування ймовірності успішної інтеграції розподіленої обробки інформації з урахуванням невизначеності даних. У ряді випадків виправдане застосування імітаційного моделювання, що дозволяє на основі статистичних закономірностей передбачити поведінку



системи в різних сценаріях, наприклад, в умовах різкого збільшення навантаження на хмарну інфраструктуру. Вихідними параметрами етапу розрахунку інтегральної ефективності є, по-перше, кількісні значення показників, що відображають економічні, технологічні та експлуатаційні аспекти інтеграції розподіленої обробки інформації в хмарні сервіси і формують основу для підбиття підсумкових висновків щодо доцільності впровадження системи, що розглядається. По-друге, на основі отриманих даних формуються конкретні рекомендації, що потенційно включають пропозиції щодо оптимізації конфігурації хмарної системи, додаткові вимоги до безпеки даних або коригування економічної моделі впровадження.

Оскільки IDEF0 та SADT – це окремий напрям досліджень, який не є пріоритетним у рамках даного дослідження, для ілюстрації підходу, що використовується в процесі досліджень, опишемо ще одну модель, показану на рисунку 2 – декомпозиція оцінки ризиків інтеграції розподіленої обробки інформації в хмарні сервіси. Зауважимо, що розробка SADT-моделі декомпозиції оцінки ризиків інтеграції систем розподіленої обробки інформації в хмарні сервіси необхідна для формалізованого аналізу загроз та розробки стратегій їх мінімізації, оскільки така модель дозволить розробникам структурувати процес оцінки ризиків, забезпечивши системний підхід до виявлення вразливостей, визначення ключових факторів інформаційної безпеки та дотримання нормативних вимог, наприклад, ISO/IEC 27001, ISO/IEC 27017, GDPR, PCI.

Методологія SADT, проілюстрована на Рис. 2, забезпечує прозоре відображення взаємозв'язків між різними аспектами оцінки ризиків, оскільки формальна декомпозиція дозволила виділити окремі блоки аналізу: забезпечення цілісності даних; механізми автентифікації; захист інформації під час передачі; питання нормативного регулювання; стратегії реагування на інциденти інформаційної безпеки.

Застосування цієї моделі сприятиме стандартизації процесу прийняття рішень під час інтеграції розподіленої обробки інформації в хмарні сервіси, формуючи об'єктивні критерії для оцінки потенційних загроз та ефективності заходів захисту, що впроваджуються, а також зменшивши невизначеність, пов'язану з інтеграцією розподіленої обробки інформації в хмарні сервіси компанії.

З урахуванням вищесказаного було доповнено ієрархію критеріїв для оцінки доцільності інтеграції розподіленої обробки інформації в хмарні сервіси (див. Рис. 3).

У рамках графічної нотації на рисунку 3 виділено три рівні: цільовий; критеріальний; підкритеріальний.

Така ієрархія дозволяє структуровано аналізувати ключові аспекти інтеграційного процесу з розподіленої обробки інформації в хмарні середовища з урахуванням бізнес-цінності, ризиків та технологічних можливостей.

На верхньому рівні діаграми 3 формулюється основна мета – забезпечення бізнес-цінності, що передбачає підвищення ефективності операційної діяльності торгових компаній за рахунок інтеграції розподіленої обробки інформації в хмарні сервіси.

Досягнення цієї мети зумовлене аналізом методів, моделей та інформаційних технологій, а також оцінкою ступеня ризику та доступних технічних можливостей.

Другий рівень моделі представлений системою критеріїв, що визначають ключові параметри успішної інтеграції розподіленої обробки інформації в хмарні сервіси. Серед них виділяються часові витрати на виведення рішення на ринок, вартість впровадження та обслуговування, критичність інтеграції для бізнес-процесів, а також рівень економічної ефективності, що досягається за рахунок використання хмарної інфраструктури. Додатково розглядаються ризики (окремо модель ризиків не розглядалася, оскільки передбачається використання класичних моделей, викладених, наприклад, у працях [15-20]), пов'язані з незавершеністю процесу інтеграції, втратою керованості, невідповідністю нормативно-правовим вимогам та загрозами інформаційній безпеці. Важливу роль у ієрархічній структурі критеріїв на Рис. 3 відіграє й оцінка технічних можливостей, включаючи простоту інтеграції та застосовуваний технологічний стек, див. таблицю 1.

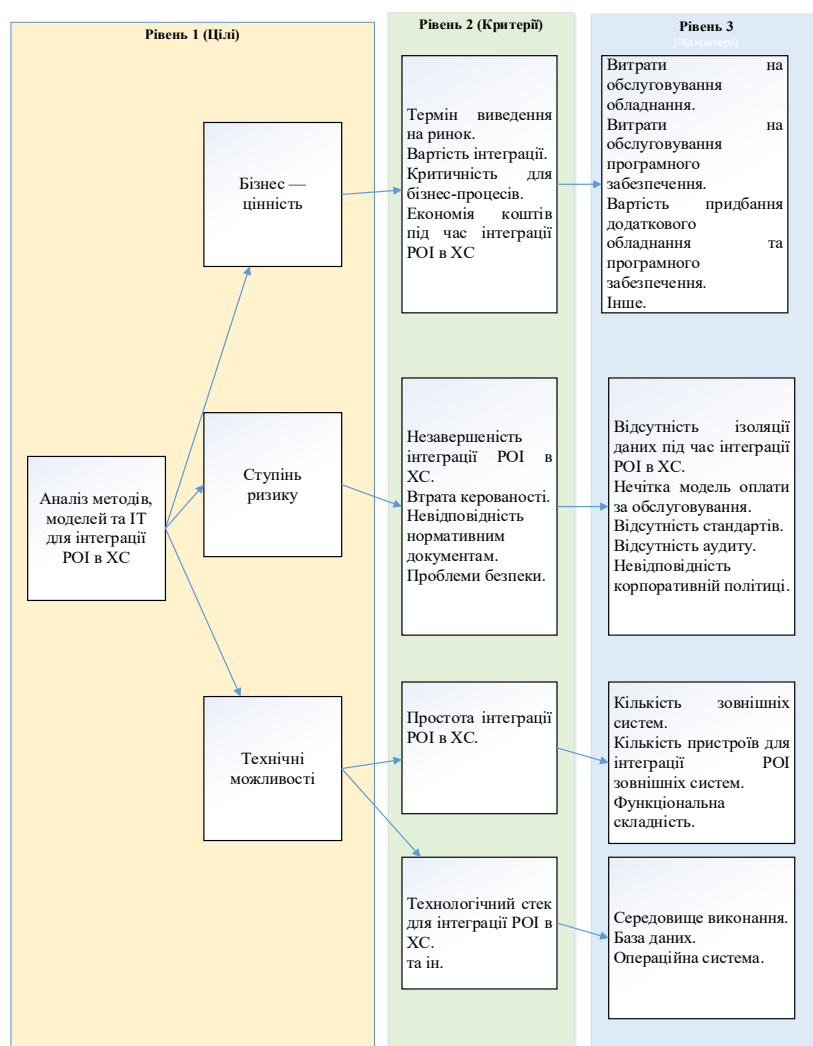


Рис. 3. Ієрархія критеріїв для оцінки доцільності інтеграції розподіленої обробки інформації в хмарні сервіси

Таблиця 1

Технологічний стек для інтеграції систем розподіленої обробки інформації в хмарні сервіси на прикладі торгових компаній *

Компонент технологічного стеку	Опис	Застосування в інтеграції розподіленої обробки інформації в хмарні сервіси (торгові компанії)
1	2	3
Хмарна інфраструктура (IaaS, PaaS, SaaS)	Хмарні обчислювальні платформи, що надають віртуалізовані ресурси (сервери, сховища, мережі, інструменти розробки).	Використовується для забезпечення масштабованості, надійності та гнучкості під час обробки даних. У торговельних компаніях забезпечує можливість зберігання великих обсягів даних про продажі, клієнтів та товари.
Системи управління базами даних (SQL, NoSQL)	Реляційні (MySQL, PostgreSQL, MS SQL) та нереляційні (MongoDB, Cassandra) СУБД для зберігання та управління даними.	У торгівлі застосовуються для зберігання даних про транзакції, складські залишки, інформацію про клієнтів, аналітику продажів. NoSQL- використовується для роботи з неструктурованими даними (каталоги, відгуки).
Мікросервісна	Підхід до розробки ПЗ, за якого	Дозволяє розробляти гнучкі та легко



архітектура (MCA)	бізнес-логіка поділяється на незалежні сервіси, що взаємодіють через API.	масштабовані системи, що адаптуються до потреб бізнесу. У торгівлі допомагає розділяти процеси обробки замовлень, логістики та аналітики.
Сервісні API (REST, GraphQL, gRPC)	Інтерфейси для взаємодії між модулями розподіленої обробки інформації в хмарні сервіси. REST використовується для простих інтеграцій, GraphQL – для роботи з великими обсягами даних, gRPC – для високої швидкості передачі.	Дозволяє інтегрувати торговельні системи (CRM, ERP, платіжні шлюзи) з хмарними сервісами, забезпечуючи швидку передачу та обробку даних.
Засоби контейнеризації (Docker, Kubernetes)	Технології для розгортання та управління контейнеризованими додатками. Docker забезпечує ізоляцію середовища, Kubernetes керує оркестрацією контейнерів.	У торгових системах використовується для масштабування мікросервісів, забезпечення відмовостійкості та автоматичного управління навантаженням.
Механізми ETL (Extract, Transform, Load)	Інструменти для вилучення, перетворення та завантаження даних (Apache Nifi, Talend, Airflow).	У роздрібній торгівлі ETL використовується для завантаження даних із касових систем, онлайн-магазинів, маркетингових платформ у хмарні сховища для аналітики.
Технології обробки великих даних (Big Data)	Інструменти для аналізу великих обсягів даних (Apache Hadoop, Apache Spark).	Дозволяє аналізувати поведінку покупців, прогнозувати попит, виявляти тренди в торгівлі.
Засоби інформаційної безпеки	Технології захисту даних (шифрування AES, TLS, VPN, WAF, IAM).	Важливі для захисту персональних даних клієнтів, платіжної інформації та логістичних даних під час інтеграції в хмару.
Системи управління ідентифікацією та доступом (IAM, SSO)	Рішення для аутентифікації користувачів та управління доступом (Okta, Keycloak, AWS IAM).	Гарантують безпечне управління обліковими записами користувачів та рівнем їхнього доступу до торговельних систем.
Інструменти DevOps та CI/CD	Платформи автоматизованого розгортання та моніторингу (Jenkins, GitLab CI, Terraform, Ansible).	Дозволяють швидко розгортати оновлення хмарних рішень, мінімізуючи простой торгових сервісів.
Технології подієво-орієнтованої архітектури (Kafka, RabbitMQ, MQTT)	Засоби обміну повідомленнями між сервісами та системами в реальному часі.	Застосовуються для синхронізації складських даних, обробки замовлень та повідомлень про статуси транзакцій у торгівлі.

* (складено автором)

На третьому рівні відбувається деталізація зазначених критеріїв за допомогою підкритеріїв, що визначають конкретні аспекти кожного напрямку. Наприклад, у розрізі економічної доцільності аналізуються витрати на обслуговування обладнання та програмного забезпечення, а також вартість придбання додаткових компонентів. А в аспекті ризиків розглядаються проблеми, пов'язані з відсутністю механізмів ізоляції даних у хмарному середовищі, нечіткими моделями оплати та обслуговування, недостатнім рівнем відповідності стандартам і корпоративній політиці під час інтеграції розподіленої обробки інформації в хмарні сервіси. Технічні можливості оцінюються з точки зору кількості та складності зовнішніх систем, наявності інтерфейсів і пристроїв для інтеграції, а також характеристик середовища виконання, включаючи бази даних та операційні системи (див. таблицю 2).



Таблиця 2

Оцінка технічних можливостей інтеграції розподіленої обробки інформації в хмарні сервіси *

Категорія	Параметр оцінки	Опис	Особливості для торгових компаній
1	2	3	4
Кількість і складність зовнішніх систем	Кількість зовнішніх систем	Кількість IT-систем, що взаємодіють з розподіленою обробкою інформації в хмарні сервіси.	Торгові компанії використовують безліч зовнішніх сервісів (CRM, ERP, платіжні шлюзи, маркетплейси, служби доставки).
	Складність інтеграції	Рівень складності взаємодії між зовнішніми системами (відмінності у форматах даних, протоколах, логіці роботи).	Інтеграція з різними торговими платформами (Amazon, eBay, Rozetka, Prom.ua, Shopify тощо) вимагає гнучкої трансформації даних та підтримки безлічі API.
Наявність інтерфейсів для інтеграції	Тип API	Вид інтерфейсу взаємодії (REST, GraphQL, SOAP, gRPC).	У торгівлі REST API є найпоширенішим, проте деякі великі системи використовують SOAP.
	Підтримка стандартів	Відповідність стандартам передачі даних (EDI, JSON, XML, CSV, OAuth, OpenAPI).	Використання EDI для обміну даними з постачальниками, OAuth 2.0 для авторизації в B2B-сервісах.
Наявність інтерфейсів для інтеграції	Підтримка стандартів	Відповідність стандартам передачі даних (EDI, JSON, XML, CSV, OAuth, OpenAPI).	Використання EDI для обміну даними з постачальниками, OAuth 2.0 для авторизації в B2B-сервісах.
	Швидкість передачі даних	Час відгуку API, пропускну здатність.	У роздрібній торгівлі критично важливою є висока швидкість обробки транзакцій, особливо для онлайн-замовлень та оновлення залишків.
Наявність пристроїв для інтеграції	Кількість пристроїв, що інтегруються	Кількість фізичних пристроїв, що підключаються до хмарних систем.	Велика кількість POS-терміналів, касових систем, складських сканерів та IoT-пристроїв (RFID, камери).
	Протоколи підключення	Підтримувані інтерфейси (MQTT, AMQP, WebSockets, HTTP, FTP, Modbus, OPC-UA).	У торгівлі активно використовуються WebSockets для онлайн-оновлень, MQTT – для IoT, FTP – для обміну даними з постачальниками.
Середовище виконання	Тип бази даних	Використовувані СУБД (реляційні SQL, NoSQL, NewSQL).	Реляційні СУБД (PostgreSQL, MySQL) – для транзакцій, NoSQL (MongoDB, Redis) – для зберігання товарів, аналітики та кешування.
	Масштабованість БД	Можливість горизонтального та вертикального масштабування.	У роздрібній торгівлі важлива здатність БД швидко обробляти пікові навантаження (розпродажі, акції, сезонні сплески попиту).
	Тип операційної системи	Операційні системи серверів та хмарної інфраструктури (Linux, Windows Server, Unix).	Найчастіше використовується Linux (Ubuntu, CentOS) для серверів, Windows – для POS-терміналів та ERP-систем.
	Засоби контейнеризації	Підтримка контейнерних середовищ (Docker, Kubernetes, OpenShift).	Kubernetes активно використовується для масштабування торговельних сервісів, наприклад, у хмарних інтернет-магазинах.

* (складено автором)

Як бачимо, важливу роль у процесі прийняття рішення щодо доцільності інтеграції розподіленої обробки інформації в хмарні сервіси відіграють результати математичного моделювання, а реалізувати це зручніше за допомогою спеціального модуля ІС.

Архітектура програмного модуля інтелектуальної системи (ІС), призначеного для підтримки прийняття рішень щодо доцільності інтеграції систем розподіленої обробки інформації в хмарні сервіси, повинна враховувати багатоварову структуру взаємодії, що ґрунтується на сучасних методах аналізу даних, автоматизованого управління та когнітивних обчислень. Такий програмний модуль, як, наприклад, показано на рисунку 4, являє собою адаптивну систему, що використовує гнучкі алгоритми оцінки ризиків та можливостей інтеграції розподіленої обробки інформації в хмарні сервіси, забезпечуючи баланс між технічними обмеженнями, економічною ефективністю та стратегічними цілями підприємства. В основі архітектури модуля (див. рис. 4) лежить багатоварова модель, що включає рівень збору та агрегації даних, аналітичний рівень, рівень прийняття рішень та рівень взаємодії з користувачем.

На рівні збору та агрегації даних відбувається інтеграція вхідних потоків інформації з різних джерел. До них належать внутрішні корпоративні системи (ERP, CRM, WMS), зовнішні хмарні сервіси, аналітичні платформи та історичні дані про ефективність попередніх інтеграційних процесів, якщо, звісно, такі спроби здійснювалися раніше. Цей рівень повинен підтримувати роботу з гетерогенними даними, що надходять у різних форматах (структуровані SQL, неструктуровані JSON/XML, потокові WebSockets). Для забезпечення сумісності модуль використовує універсальні API-коннектори та адаптери для роботи з найпоширенішими стандартами передачі даних, такими як REST, SOAP, GraphQL та EDI.

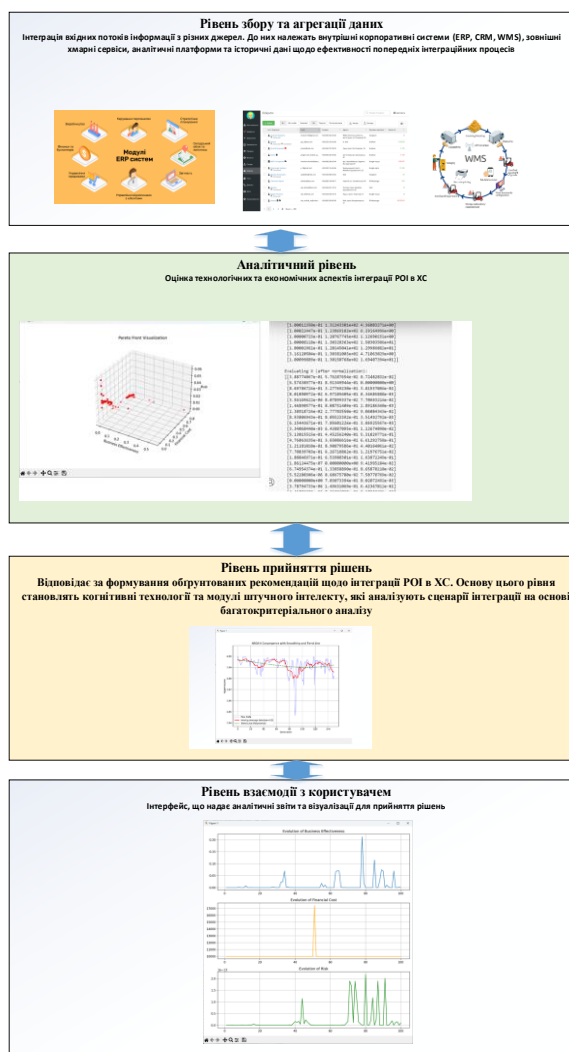


Рис. 4. Архітектура модуля ІС для оцінки технологічних та економічних аспектів інтеграції розподіленої обробки інформації в хмарні сервіси



Аналітичний рівень призначений для оцінки технологічних та економічних аспектів інтеграції розподіленої обробки інформації в хмарні сервіси. При реалізації подібного ПЗ та наявності технічного завдання (ТЗ). Також передбачається включення до модуля аналітичних алгоритмів, зокрема оцінку технічної сумісності (середовище виконання, операційні системи, база даних, інтерфейси API), обчислення складності інтеграції (кількість і рівень взаємопов'язаності зовнішніх систем), а також фінансові розрахунки (вартість інтеграції, технічного обслуговування та довгострокової експлуатації). На цьому ж рівні в перспективі здійснюється оцінка інформаційної безпеки з урахуванням нормативних вимог та можливостей захисту даних у хмарному середовищі.

Рівень прийняття рішень відповідає за формування обґрунтованих рекомендацій щодо інтеграції розподіленої обробки інформації в хмарні сервіси. Основу цього рівня складають когнітивні технології та модулі штучного інтелекту, що аналізують сценарії інтеграції на основі багатокритеріального аналізу. Зауважимо, що вже в нашій моделі можлива оцінка балансу між ступенем ризику та рівнем бізнес-цінності, що розраховуються на основі багатопараметричного аналізу.

ВИСНОВКИ

У результаті проведеного дослідження розроблено метод оцінювання доцільності інтеграції систем розподіленої обробки інформації в хмарні сервіси, який базується на використанні методології SADT, методів експертного оцінювання та багатокритеріального аналізу. На відміну від наявних методів запропоноване рішення забезпечує комплексне врахування технологічних, економічних, організаційних і безпекових факторів, що впливають на ефективність інтеграції.

Розроблено функціональну SADT-модель процесу оцінювання, яка формалізує етапи збору інформації, експертної оцінки, аналізу нормативної відповідності та розрахунку інтегрального показника ефективності інтеграції. Запропоновано ієрархічну систему критеріїв і підкритеріїв, що дозволяє систематизувати процес прийняття рішень щодо впровадження хмарних сервісів у діяльність торговельних підприємств. Крім того, сформовано архітектуру програмного модуля інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень, орієнтовану на автоматизований аналіз технічної сумісності, оцінювання ризиків, економічної ефективності та відповідності міжнародним вимогам інформаційної безпеки.

Практична цінність запропонованої методики полягає у можливості його використання під час планування цифрової трансформації підприємств торгівлі, вибору оптимальної стратегії інтеграції хмарних сервісів та мінімізації ризиків, пов'язаних із міграцією даних і функціонуванням розподілених інформаційних систем.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з розробленням програмної реалізації запропонованої інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень, використанням методів штучного інтелекту для автоматизованого оцінювання ризиків інтеграції, а також експериментальною перевіркою ефективності запропонованої моделі на реальних даних торговельних підприємств.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Garg, S. K., Vecchiola, C., & Buyya, R. (2013). Mandi: A market exchange for trading utility and cloud computing services. *The Journal of Supercomputing*, 64, 1153-1174. <https://doi.org/10.1007/s11227-011-0568-6>
2. Abid, M., & Saqlain, M. (2023). Utilizing edge cloud computing and deep learning for enhanced risk assessment in China's international trade and investment. *International Journal of Knowledge and Innovation Studies*, 1(1), 1-9. <https://doi.org/10.56578/ijkis010101>
3. Belgacem, A., & Beghdad-Bey, K. (2022). Multi-objective workflow scheduling in cloud computing: Trade-off between makespan and cost. *Cluster Computing*, 25, 579-595. <https://doi.org/10.1007/s10586-021-03432-y>
4. Kosariev, M. Yu., & Ftemov, E. Yu. (2024). Use of cloud services for optimizing logistics processes in trade. In I. V. Zhukova & Ye. O. Romanenko (Eds.), *Modern aspects of modernization of science: State, problems, development trends: Proceedings of the 50th International Scientific and Practical Conference. VADND*.
5. Attaran, M., & Woods, J. (2019). Cloud computing technology: Improving small business performance using the Internet. *Journal of Small Business & Entrepreneurship*, 31(6), 495-519. <https://doi.org/10.1080/08276331.2018.1466850>



6. Marca, D. A. (2013). SADT/IDEF0 for augmenting UML, agile and usability engineering methods. In M. J. Escalona, J. Cordeiro, & B. Shishkov (Eds.), *Software and data technologies* (Communications in Computer and Information Science, Vol. 303). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-36177-7_3
7. Maksimiak, I. N. (2020). Application of IDEF0 methodology for creation of a functional model of management of educational activities of a higher educational institution. *Applied Mathematics and Control Sciences*, (2), 125-143.
8. International Organization for Standardization. (2022). *Information security, cybersecurity and privacy protection-Information security management systems-Requirements* (ISO/IEC 27001:2022). ISO.
9. Kamaruddin, N. A., Mohamed, I., Jarno, A. D., & Daud, M. (2024). Cloud security pre-assessment model for cloud service provider based on ISO/IEC 27017:2015 additional control. *International Journal of Innovation and Industrial Revolution*, 2(5). <https://gaexcellence.com/ijirev/article/view/3959>
10. Voigt, P., & von dem Bussche, A. (2017). *The EU General Data Protection Regulation (GDPR): A practical guide*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-57959-7>
11. Qazi, A., Arshad, S., & Jadoon, A. A. K. (2026). Security evaluation framework for cloud ERP systems using NIST and ISO standards. *Scientific Reports*. <https://doi.org/10.1038/s41598-026-45550-w>
12. Qu, L., Wang, Y., & Orgun, M. A. (2013). Cloud service selection based on the aggregation of user feedback and quantitative performance assessment. In *2013 IEEE International Conference on Services Computing* (pp. 152-159). IEEE. <https://doi.org/10.1109/SCC.2013.92>
13. Takuma, H., & Iwakami, Y. (2021). Modeling of value indicators and extraction of key management points in product development using Bayesian network and hierarchical clustering. *Journal of International Association of P2M*, 15(2), 1-22. https://doi.org/10.20702/iappmjour.15.2_1
14. Ali, T., Al-Khalidi, M., & Al-Zaidi, R. (2024). Information security risk assessment methods in cloud computing: Comprehensive review. *Information Security Journal: A Global Perspective*. <https://doi.org/10.1080/08874417.2024.2329985>
15. Almutairi, M., & Sheldon, F. T. (2025). IoT-cloud integration security: A survey of challenges, solutions, and directions. *Electronics*, 14(7), Article 1394. <https://doi.org/10.3390/electronics14071394>
16. Brender, N., & Markov, I. (2013). Risk perception and risk management in cloud computing: Results from a case study of Swiss companies. *International Journal of Information Management*, 33(5), 726-733. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2013.05.004>
17. Reddy, S. Y., Babu, M. K., & Unnikrishnan, R. (2025). Decoupling cloud security (DCS): A framework for data sovereignty and cross-border cloud compliance. *Journal of Information Systems Engineering and Management*. <https://doi.org/10.52783/jisem.v10i4.9317>
18. Kolli, N. (2025). Navigating the cloud: Security compliance and risk challenges in SME adoption. *Journal of Information Technology and Digital World*, 7(3), 200-215. <https://doi.org/10.36548/jitdw.2025.3.001>
19. Singh, N., Buyya, R., & Kim, H. (2025). Securing cloud-based Internet of Things: Challenges and mitigations. *Sensors*, 25(1), Article 79. <https://doi.org/10.3390/s25010079>
20. Fedotov, S., & Desiatko, A. (2025). Distributed information processing and cloud services in trade: Analysis of previous studies. *Cybersecurity: Education, Science, Technique*, 3(27), 339-353. <https://doi.org/10.28925/2663-4023.2025.27.725>

**Serhiy Fedotov**

Ph.D student, Department of Software Engineering and Cybersecurity

State University of Trade and Economics, Kyiv, Ukraine

ORCID: 0009-0009-7275-0867

s.fedotov@knute.edu.ua

ANALYSIS OF THE PROCESSES OF INTEGRATING DISTRIBUTED DATA PROCESSING SYSTEMS INTO CLOUD SERVICES

Abstract. The digital transformation of commercial enterprises in Ukraine has accelerated the adoption of cloud services (CSs) to ensure scalable data processing, enhance the flexibility of IT infrastructure, and optimize business processes. Alongside the advantages of cloud technologies, the integration of distributed information processing systems into cloud environments is currently associated with a range of technical, economic, and organizational risks. These risks are primarily related to information security, regulatory compliance, the reliability of cloud services, dependence on cloud service providers, and the complexity of managerial decision-making regarding the feasibility of cloud adoption. The purpose of this study is to develop a methodological framework for assessing the efficiency and risks of integrating distributed information processing systems into cloud services based on functional modeling using the Structured Analysis and Design Technique (SADT). The research methodology is grounded in the paradigms of structural analysis, functional modeling, expert evaluation, multicriteria analysis, and a systems approach to decision-making. The paper proposes an SADT-based model of the integration process that formalizes the sequence of primary data collection, expert assessment, verification of compliance with international information security requirements, and calculation of an integrated indicator for evaluating the feasibility of cloud service implementation. A hierarchical system of evaluation criteria is developed, taking into account technological, economic, organizational, and security-related factors influencing integration. In addition, the architecture of a software module for an intelligent decision support system is proposed to automate the assessment of the effectiveness of integrating distributed information processing systems into a cloud environment. The scientific novelty of the research lies in improving the methodological support for evaluating the feasibility of cloud integration through the combined application of functional modeling, multicriteria analysis, and expert evaluation techniques. The practical significance of the obtained results lies in the possibility of applying the proposed methodology to support managerial decision-making during the digital transformation of commercial enterprises, reduce integration risks, and improve the efficiency of cloud infrastructure utilization.

Keywords: integration, distributed information processing systems, cloud services, digital transformation, SADT methodology, multi-criteria analysis, decision support, cloud infrastructure, regulatory compliance, information security.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Garg, S. K., Vecchiola, C., & Buyya, R. (2013). Mandi: A market exchange for trading utility and cloud computing services. *The Journal of Supercomputing*, 64, 1153-1174. <https://doi.org/10.1007/s11227-011-0568-6>
2. Abid, M., & Saqlain, M. (2023). Utilizing edge cloud computing and deep learning for enhanced risk assessment in China's international trade and investment. *International Journal of Knowledge and Innovation Studies*, 1(1), 1-9. <https://doi.org/10.56578/ijkis010101>
3. Belgacem, A., & Beghdad-Bey, K. (2022). Multi-objective workflow scheduling in cloud computing: Trade-off between makespan and cost. *Cluster Computing*, 25, 579-595. <https://doi.org/10.1007/s10586-021-03432-y>
4. Kosariev, M. Yu., & Ftemov, E. Yu. (2024). Use of cloud services for optimizing logistics processes in trade. In I. V. Zhukova & Ye. O. Romanenko (Eds.), *Modern aspects of modernization of science: State, problems, development trends: Proceedings of the 50th International Scientific and Practical Conference. VADND*.



5. Attaran, M., & Woods, J. (2019). Cloud computing technology: Improving small business performance using the Internet. *Journal of Small Business & Entrepreneurship*, 31(6), 495-519. <https://doi.org/10.1080/08276331.2018.1466850>
6. Marca, D. A. (2013). SADT/IDEF0 for augmenting UML, agile and usability engineering methods. In M. J. Escalona, J. Cordeiro, & B. Shishkov (Eds.), *Software and data technologies* (Communications in Computer and Information Science, Vol. 303). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-36177-7_3
7. Maksimiak, I. N. (2020). Application of IDEF0 methodology for creation of a functional model of management of educational activities of a higher educational institution. *Applied Mathematics and Control Sciences*, (2), 125-143.
8. International Organization for Standardization. (2022). *Information security, cybersecurity and privacy protection-Information security management systems-Requirements* (ISO/IEC 27001:2022). ISO.
9. Kamaruddin, N. A., Mohamed, I., Jarno, A. D., & Daud, M. (2024). Cloud security pre-assessment model for cloud service provider based on ISO/IEC 27017:2015 additional control. *International Journal of Innovation and Industrial Revolution*, 2(5). <https://gaexcellence.com/ijirev/article/view/3959>
10. Voigt, P., & von dem Bussche, A. (2017). *The EU General Data Protection Regulation (GDPR): A practical guide*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-57959-7>
11. Qazi, A., Arshad, S., & Jadoon, A. A. K. (2026). Security evaluation framework for cloud ERP systems using NIST and ISO standards. *Scientific Reports*. <https://doi.org/10.1038/s41598-026-45550-w>
12. Qu, L., Wang, Y., & Orgun, M. A. (2013). Cloud service selection based on the aggregation of user feedback and quantitative performance assessment. In *2013 IEEE International Conference on Services Computing* (pp. 152-159). IEEE. <https://doi.org/10.1109/SCC.2013.92>
13. Takuma, H., & Iwakami, Y. (2021). Modeling of value indicators and extraction of key management points in product development using Bayesian network and hierarchical clustering. *Journal of International Association of P2M*, 15(2), 1-22. https://doi.org/10.20702/iappmjour.15.2_1
14. Ali, T., Al-Khalidi, M., & Al-Zaidi, R. (2024). Information security risk assessment methods in cloud computing: Comprehensive review. *Information Security Journal: A Global Perspective*. <https://doi.org/10.1080/08874417.2024.2329985>
15. Almutairi, M., & Sheldon, F. T. (2025). IoT-cloud integration security: A survey of challenges, solutions, and directions. *Electronics*, 14(7), Article 1394. <https://doi.org/10.3390/electronics14071394>
16. Brender, N., & Markov, I. (2013). Risk perception and risk management in cloud computing: Results from a case study of Swiss companies. *International Journal of Information Management*, 33(5), 726-733. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2013.05.004>
17. Reddy, S. Y., Babu, M. K., & Unnikrishnan, R. (2025). Decoupling cloud security (DCS): A framework for data sovereignty and cross-border cloud compliance. *Journal of Information Systems Engineering and Management*. <https://doi.org/10.52783/jisem.v10i4.9317>
18. Kolli, N. (2025). Navigating the cloud: Security compliance and risk challenges in SME adoption. *Journal of Information Technology and Digital World*, 7(3), 200-215. <https://doi.org/10.36548/jitdw.2025.3.001>
19. Singh, N., Buyya, R., & Kim, H. (2025). Securing cloud-based Internet of Things: Challenges and mitigations. *Sensors*, 25(1), Article 79. <https://doi.org/10.3390/s25010079>
20. Fedotov, S., & Desiatko, A. (2025). Distributed information processing and cloud services in trade: Analysis of previous studies. *Cybersecurity: Education, Science, Technique*, 3(27), 339-353. <https://doi.org/10.28925/2663-4023.2025.27.725>

Отримано редакцією журналу / Received: 27.01.26

Прорецензовано / Revised: 07.02.26

Схвалено до друку / Accepted: 24.09.26



This work is licensed under Creative Commons Attribution-noncommercial-sharealike 4.0 International License.