

Д. Б. Єльчанінов, канд. техн. наук, доц.; О. О. Андрейчіков

ОБҐРУНТУВАННЯ ПІДХОДУ ДО АВТОМАТИЗОВАНОГО ФОРМУВАННЯ РЕЙТИНГУ ІТ-КОМПАНІЙ НА ОСНОВІ СИСТЕМОЛОГІЧНИХ МЕТРИК ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО КАПІТАЛУ

Сучасний глобальний ринок інформаційних технологій характеризується експоненційним зростанням кількості гравців та безпрецедентним рівнем конкуренції. В умовах економіки знань традиційні матеріальні активи активно втрачають свою домінуючу роль, поступаючись місцем нематеріальним активам. В статті представлено нову інформаційну технологію формування адаптивного рейтингу ІТ-компаній, яка базується на використанні системологічних метрик інтелектуального капіталу. Актуальність дослідження зумовлена зростаючою роллю нематеріальних активів у глобальній економіці та відсутністю уніфікованих стандартів оцінювання інтелектуального капіталу (ІК) в ІТ-сфері. Показано, що наявні підходи до вимірювання ІК є фрагментованими та орієнтованими переважно на внутрішній аудит, що спричиняє інформаційну асиметрію між учасниками ринку та унеможливорює коректне порівняння ІТ-компаній. Запропонована технологія поєднує системологічний підхід, інженерію знань та багатокритеріальні експертне оцінювання, забезпечуючи формування єдиної системи для об'єктивного рейтингування ІТ-компаній. Розроблена інформаційна технологія включає наступні етапи: формування експертної групи; формалізацію функціонального запиту надсистеми; параметризацію шкал та конфігурацію простору станів; розрахунок інтегрального показника міри системності; формування рейтингу та його адаптивне оновлення. Особливу увагу приділено етапу параметризації, на якому створюється метричний базис системи, визначаються рейтингові класи та шкали критеріїв. Розроблена технологія підтримує динамічне оновлення онтології критеріїв, а також реалізує узгоджену процедуру їх агрегування в інтегральний показник міри системності. Результатом дослідження є формалізований алгоритм побудови рейтингу ІТ-компаній, придатний для масштабування та використання у різних сегментах ІТ-ринку. Запропонований підхід сприяє підвищенню прозорості ІТ-ринку, зменшенню інформаційної асиметрії та створенню об'єктивного інструменту аналізу для інвесторів, замовників і регуляторів.

Ключові слова: інтелектуальний капітал, ІТ-компанії, рейтинг.

Вступ

Сучасний глобальний ринок інформаційних технологій характеризується експоненційним зростанням кількості гравців та безпрецедентним рівнем конкуренції. В умовах економіки знань традиційні матеріальні активи активно втрачають свою домінуючу роль, поступаючись місцем нематеріальним активам. Так у другому сумісному звіті [1] Всесвітньої організації інтелектуальної власності та італійської бізнес-школи імені Луїса (LUISS Business School) зазначається, що тільки за останній рік інвестиції в нематеріальні активи в 27 країнах з високим і середнім рівнями доходу виросли приблизно на 3 відсотки в реальному вираженні, досягнувши 7,6 трильйонів доларів США в 2024 році порівняно з 7,4 трильйонами США в 2023 році. Особливо актуально це й для ІТ-сфери, для якої інтелектуальний капітал (ІК) є головним стратегічним активом, що досліджено у роботі [2]. Саме компетенції персоналу, ефективність внутрішніх процесів R&D, патенти та клієнтські відносини стають фундаментом ринкової вартості та інвестиційної привабливості ІТ-компаній. У цьому контексті відбувається фактична трансформація ІК з абстрактного економічного поняття у ключовий об'єкт управління та головний чинник капіталізації високотехнологічного бізнесу.

Попри загальне визнання критичної ролі ІК для високотехнологічних галузей,

інструментарій його вимірювання залишається фрагментованим. У науковій літературі представлено широкий спектр досліджень як вітчизняних, так і зарубіжних учених, зокрема роботи [3, 4], в яких детально та ґрунтовно досліджено методи оцінювання та вимірювання ІК (від класичних фінансових моделей до якісних експертних підходів). Проте більшість з цих методів орієнтовані на індивідуальний внутрішній аудит, що призводить до методологічного хаосу: результати оцінювання стають непорівнянними, суб'єктивними та ізольованими. На ринку фактично відсутній єдиний стандарт для інтелектуальних активів аналогічний стандарту International Organization for Standardization (ISO) у сфері промислового виробництва або менеджменту якості. Незважаючи на існування Міжнародного стандарту бухгалтерського обліку 38 «Нематеріальні активи», цей норматив не покриває всього спектру інтелектуальних ресурсів ІТ-бізнесу. Обмеженість його сфери дії та предмета регулювання в контексті сучасних викликів детально досліджено, зокрема, у роботі [5]. Така неповнота даних створює ситуацію глибокої інформаційної асиметрії, де інвестори та замовники не мають загально узгоджених інструментів для об'єктивного порівняння потенціалу ІТ-компаній.

У світовій практиці загальноприйнятим механізмом упорядкування ринкового хаосу та забезпечення прозорості є інститут рейтингів. Рейтингові системи успішно функціонують у банківському секторі (кредитні рейтинги), освіті (рейтинги університетів), сфері послуг (готелі, ресторани) та інших сферах. Для ІТ-галузі формування власного адаптивного рейтингу на основі об'єктивних метрик ІК є необхідним кроком до підвищення прозорості ринку. Такий рейтинг має виконувати функцію навігаційної системи, яка дозволяє стейкхолдерам швидко ідентифікувати лідерів не за маркетинговими бюджетами, а за реальним потенціалом інтелектуального капіталу та системною зрілістю ІТ-компаній.

Саме тому виникає об'єктивна потреба у розробці спеціалізованої інформаційної технології, здатної виявити необхідні метрики, консолідувати експертні судження та реалізувати математично обґрунтований алгоритм ранжування. Створення відповідної єдиної координатної системи на основі системологічних метрик дозволить перейти від інтуїтивних оцінок до доказового порівняльного аналізу (benchmarking) у масштабах всієї ІТ-галузі.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Питання розробки інформаційних технологій для рейтингування складних об'єктів тісно пов'язане з методами підтримки прийняття рішень. У сучасній науковій літературі значна увага приділяється проблемам агрегації експертних даних. Зокрема, у роботі [6] запропоновано підхід до побудови моделі колективної багатокритеріальної оцінки альтернатив. Ключовою особливістю цього дослідження є використання інформації про частково-порядкові відношення, встановлені експертами на множині доступних альтернатив. Такий підхід дозволяє формалізувати процедуру ранжування навіть за умов неповної узгодженості експертних думок, що є важливим базисом для розробки алгоритмів рейтингування у слабоформалізованих предметних областях, до яких належить і ІК.

Проблематику алгоритмічної надійності ранжування досліджено у роботі [7]. Автори цієї роботи пропонують адаптивні стратегії, які дозволяють відновити коректний порядок (рейтинг) об'єктів навіть за умов отримання зашумлених оцінок. Застосування методів багатокритеріального ранжування для оцінки складних організаційних структур розглянуто також у роботі [8]. Науковці пропонують інструментарій для моніторингу сталого розвитку вищих навчальних закладів, акцентуючи увагу на необхідності цілісного підходу під час розгляду організації як системи, яка складається із взаємодіючих підсистем (академічної та адміністративної).

Таким чином, світовий досвід підтверджує, що застосування рейтингових механізмів є ефективним методом управління в складних системах. Проте для ІТ-сфери досі не запропоновано цілісної інформаційної технології, яка б органічно інтегрувала адаптивні

алгоритми обробки експертних даних із системними метриками. Зазначена прогалина зумовлює об'єктивну необхідність створення спеціалізованого підходу, спрямованого на розробку принципів та загального алгоритму формування рейтингу ІТ-компаній на основі системологічних метрик інтелектуального капіталу.

Мета статті

Метою статті є обґрунтування підходу до автоматизованого формування рейтингу ІТ-компаній, що базується на використанні системологічних метрик інтелектуального капіталу.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- обґрунтувати доцільність використання міри системності як інтегрального показника, який дозволяє агрегувати гетерогенні дані;
- запропонувати принципи та підходи побудови адаптивного рейтингу, який враховує різноманітність бізнес-моделей ІТ-компаній;
- формалізувати загальну процедуру рейтингування у вигляді послідовного алгоритму для забезпечення можливості подальшої автоматизації процесу.

Основна частина

Процес формування адаптивного рейтингу ІТ-компаній формалізовано у вигляді концептуальної інформаційної технології, яка реалізується через послідовні етапи. Запропонований підхід базується на принципах системології [9] та спрямований на створення алгоритмічних передумов для майбутньої автоматизації процедур збору, обробки та інтерпретації експертних даних.

У межах цієї роботи математичний апарат обчислень розглядається на концептуальному рівні. Ключовою особливістю алгоритмічного ядра технології є застосування методу згортки гетерогенних показників у єдину скалярну величину – міру системності, яка фактично є критерієм адаптивності системи (ІК ІТ-компанії) до функціонального запиту надсистеми (ІТ-ринку). Такий підхід дозволяє згортати багатовимірний вектор характеристик об'єкта (ІК) у єдиний інтегральний показник, за яким визначається клас ІК ІТ-компанії та відповідна рейтингова позиція.

Спираючись на окреслені концептуальні принципи, перейдемо до формалізації етапів процесу формування рейтингу ІТ-компаній.

Етап 1. Формування експертної групи. На цьому етапі ініціюється процедура відбору носіїв знань та експертів в цій предметній області (subject matter experts), які формують онтологію оцінювання. До складу експертної групи залучаються досвідчені стейкхолдери ІТ-галузі: провідні аналітики, технічні директори, HR-стратеги та інші необхідні представники. Для забезпечення прозорості та об'єктивності процедура відбору експертів може реалізовуватися у публічному форматі, який передбачає механізми відкритого номінування, поетапної верифікації кваліфікації експертів та голосування професійної спільноти.

Крім того, на цьому етапі з метою більш точної формалізації запиту надсистеми (ІТ-ринку) уточнюється цільовий сегмент ІТ-сфери, в межах якого здійснюватиметься побудова рейтингу ІТ-компаній. Це може бути, наприклад, сектор розробки програмного забезпечення, кібербезпеки чи інші спеціалізовані напрями. Після уточнення цільового сегменту також може виникнути потреба у розширенні експертної групи за рахунок фахівців, компетентних у специфічних галузевих аспектах обраного напрямку.

Інструментальна підтримка цього етапу може бути реалізована засобами спеціалізованого програмного модуля автоматизованої системи. Такий модуль має забезпечувати створення та ведення профілів експертів, визначення їхніх ролей, статусів і функціональних повноважень, а також фіксацію параметрів їхньої компетентності й предметної спеціалізації. Це створює

передумови для підвищення прозорості, контрольованості та відтворюваності процесу формування експертної групи.

Етап 2. Формалізація функціонального запиту надсистеми. На цьому етапі сформована експертна група здійснює аналіз поточного стану ІТ-ринку (надсистеми) з метою виявлення його функціонального запиту до ІК ІТ-компаній. У термінах системології це означає визначення набору властивостей, які забезпечують адаптивність об'єкта до вимог зовнішнього середовища. Застосовуючи методи вербального аналізу та інженерії знань, експерти трансформують виявлені ринкові вимоги у формалізований набір критеріїв $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$, де кожен елемент c_i відповідає певному критерію. Цей процес передбачає декомпозицію виявлених критеріїв на конкретні ознаки, які піддаються вимірюванню, оцінюванню та верифікації. Наприклад, поняття «інформаційна безпека» є абстрактною характеристикою, тоді як наявність у ІТ-компанії сертифікації ISO/IEC 27001 виступає її чітко визначеною, операціоналізованою ознакою. До переліку критеріїв, які описують інтелектуальний капітал ІТ-компанії, можуть бути віднесені також наступні групи:

- технологічний стек (technology stack) та рівень його опанування персоналом;
- зрілість внутрішніх бізнес-процесів (використання методологій Agile/DevOps, систем управління знаннями, сертифікацій ISO/IEC 27001, а також досягнутий рівень зрілості за моделлю Capability Maturity Model Integration (CMMI) і т.д.);
- ефективність взаємодії з клієнтами на основі метрик Customer Success (NPS, CSAT, CES тощо);
- наявність інноваційної складової (R&D, патенти, авторські права).

Ключовою особливістю розробленої технології є підтримка динамічного оновлення критеріїв. Враховуючи високу швидкість змін ІТ-ринку, система повинна мати механізми версійності онтології оцінювання. Це потрібно, щоб актуалізувати набір критеріїв (додавати нові, архівувати застарілі) без порушення цілісності історичних даних попередніх оцінювань.

З точки зору автоматизації, цей етап спирається на алгоритми управління життєвим циклом даних, які забезпечують автоматичну фіксацію змін та підтримку хронологічної узгодженості версій. У більш прогресивній реалізації система може використовувати інструменти штучного інтелекту для інтелектуального аналізу ринкових трендів з подальшою генерацією автоматизованих рекомендацій щодо необхідності перегляду або модифікації поточної критеріальної бази.

Етап 3. Параметризація шкал та конфігурація простору станів. Цей етап є ключовим у формуванні аналітичної основи рейтингової технології, оскільки на ньому створюється метричний базис та визначається структура простору станів, у межах якого здійснюється оцінювання ІК ІТ-компаній. Змістовно цей етап охоплює дві фундаментальні задачі:

- формування системи рейтингових класів (класифікаційних рівнів);
- параметризацію шкал критеріїв.

Формування системи рейтингових класів. Першим завданням експертної групи є формалізація структури рейтингової класифікації, тобто визначення впорядкованої множини рейтингових класів, які відображають різні рівні зрілості, системності та адаптованості ІК ІТ-компаній до функціонального запиту надсистеми (ІТ-ринку).

З огляду на різноманітність бізнес-моделей ІТ-компаній (аутсорсинг, аутстафінг, продуктиві, R&D центри, стартапи), їх розмір (малі, середні, великі) та масштаби їхньої діяльності (локальні, глобальні), експерти можуть сформувати окремі конфігурації класів для забезпечення релевантної класифікації.

Фактично на цьому етапі визначається:

- кількість класів (наприклад, 3 – 7, залежно від точності сегментації);
- формальна інтерпретація кожного класу;

Для забезпечення семантичної узгодженості та міжнародної співставності в якості рекомендаційного еталону для системи класів може бути використана модель European

Foundation for Quality Management (EFQM) [10], яка визначає зрозумілий загальноприйнятий європейський підхід до оцінювання ділової досконалості та організаційної зрілості.

На основі EFQM може бути сформована, наприклад, п'ятирівнева система класів, які відображують різні рівні зрілості:

- Клас А. Глобальні технологічні лідери: ІТ-компанії зі зрілою структурою інтелектуального капіталу, інтегрованими процесами управління знаннями, високим рівнем інновацій та глобальною конкурентоспроможністю;
- Клас В. Динамічні інноватори: високий рівень системності, інноваційності та управління інтелектуальним капіталом; готовність до масштабування на світові ринки;
- Клас С. Стійкі національні гравці: визначена стратегія, сталі процеси; конкурентоспроможність на національному/регіональному рівні;
- Клас D. Компанії етапу розвитку: базовий рівень організаційної стабільності; окремі елементи управління знаннями та людськими ресурсами;
- Клас Е. Компанії етапу становлення: ІТ-компанії на етапі формування базових управлінських і кадрових процесів; низька структурованість ІК.

Формалізована таким чином структура рейтингової класифікації відповідає системному принципу розвитку: від первинних організаційних форм до високоорганізованих, самоузгоджених та інноваційно активних структур.

Параметризація критеріїв та формування простору станів. Після визначення рейтингових класів експертна група переходить до конфігурації шкал критеріїв, які формують багатовимірний простір станів інтелектуального капіталу ІТ-компаній. Зокрема кожному критерію задається:

- опис та інтерпретація критерія;
- шкала значень (кількісна, якісна, порядкова);
- опис та інтерпретація значень;
- коефіцієнт важливості критерію.

Для різних типів ІТ-компаній можуть бути сформовані диференційовані набори критеріїв, які адекватно відображають специфіку бізнес-моделі. Наприклад:

- аутсорсинг/аутстаф: кадрова стабільність, якість сервісних процесів, операційна зрілість, технологічна експертиза;
- продуктові компанії: інноваційність, швидкість R&D циклу, ефективність продуктової розробки, портфель інтелектуальної власності і т.д.;
- стартапи: підприємницька динаміка, адаптивність, досвід засновників, гнучкість управління, тощо.

Сформований набір таких критеріїв фактично характеризує виявлений експертами функціональний запит надсистеми, відповідно до якого ІТ-компанії формують свій ІК. Іншими словами, сукупність критеріїв утворює багатовимірний простір станів, у якому кожна ІТ-компанія має унікальний векторний профіль. Наприклад, для трьох критеріїв A, B, C з п'ятьма значеннями для кожного ($A=\{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5\}$, $B=\{b_1, b_2, b_3, b_4, b_5\}$ і $C=\{c_1, c_2, c_3, c_4, c_5\}$) утворюється багатовимірний простір $5^3 = 125$ можливих станів. Однак за збільшення кількості критеріїв до 100, простір можливих станів зростає експоненціально і може досягати 5^{100} і більше.

На практиці масштабованість критеріальної моделі дозволяє оперувати надвеликими просторами станів (понад 10^{100} альтернатив) без втрати продуктивності. Це досягається завдяки тому, що обчислення виконуються дискретно для кожного окремого суб'єкта оцінювання (ІТ-компанії). Математичний апарат зводиться до лінійних алгебраїчних операцій (множення на вагові коефіцієнти, сумування, нормалізація), що гарантує високу швидкодію алгоритму навіть на клієнтських пристроях з обмеженими ресурсами. У підсумку, цей етап забезпечує перехід від багатовимірного простору різномірних ознак до єдиного інтегрального показника міри системності та забезпечує автоматизовану побудову

об'єктивного рейтингу ІТ-компаній.

Окрему увагу в запропонованому підході приділено забезпеченню коректності порівняльного аналізу різнорідних показників. Оскільки критерії оцінювання мають різну фізичну природу (якісні, кількісні), для їх коректної математичної обробки застосовується процедура нормалізації простору ознак. Сутність процедури полягає у відображенні множини допустимих значень кожного критерію S_j на уніфікований безрозмірний інтервал $[0, 1]$ ($\mu \in [0, 1]$). Це реалізується через функцію приналежності, де значення 1 відповідає повній відповідності еталонному стану (вимогам ринку), а 0 – це критична невідповідність.

$$\text{Norm: } S_j \rightarrow [0, 1] \quad (1)$$

Таким чином, гетерогенні характеристики трансформуються в уніфікований вектор нормалізованих значень. Коректність порівняння в межах єдиної системи забезпечується тим, що всі об'єкти оцінюються відносно спільного інваріанта (еталонного вектору V_{ref}). Це гарантує виконання умови транзитивності порівнянь: якщо міра близькості до еталону для компанії A більша, ніж для компанії B ($\mu(A) > \mu(B)$), то компанія A об'єктивно займає вищу рейтингову позицію незалежно від специфіки окремих локальних критеріїв.

В аспекті автоматизації цей етап висуває чіткі вимоги до функціональної архітектури системи, зокрема до реалізації модуля конфігурації критеріїв та класів. Автоматизована система повинна підтримувати повний цикл CRUD-операцій (Create, Read, Update, Delete) для динамічного управління онтологією оцінювання: реєстрами класів, ієрархією критеріїв та їхніми налаштуваннями. Окремим функціональним блоком є модуль експертної взаємодії, який повинен забезпечувати авторизований доступ до інтерфейсів управління моделлю оцінювання. Ключовою архітектурною вимогою до модуля є реалізація механізмів консолідованого прийняття рішень: функціональний контур системи має передбачати інструментарій не лише для перегляду, а й для ініціювання пропозицій щодо вдосконалення критеріальної бази з подальшою процедурою голосування експертної групи за їх затвердження. При цьому висувається вимога щодо гарантування транзакційної цілісності даних та їхньої синхронізації з обчислювальним ядром системи в режимі реального часу.

Етап 4. Проведення оцінювання та визначення рейтингової позиції. На цьому етапі здійснюється безпосередня взаємодія суб'єктів оцінювання (представників ІТ-компаній) із розробленою моделлю оцінки інтелектуального капіталу, побудованою на основі визначених експертами класів та критеріїв. Процедура передбачає вибір респондентами дискретних значень критеріїв, які найбільш точно відображають поточний рівень розвитку окремих компонентів їхнього інтелектуального капіталу, зрілість бізнес-процесів, наявність певних практик тощо. На основі цих значень здійснюється агрегація результатів та розрахунок інтегрального системологічного показника міри системності. Таким чином виконується перехід від довільних гетерогенних характеристик до кількісного вектору даних. Завершальним кроком є визначення позиції ІТ-компанії у багатовимірному просторі можливих станів: визначення класу та визначення місця в загальному рейтингу. Додатково, система може надавати деталізований зворотний зв'язок на основі аналізу «вузьких місць» (gap analysis), що дозволяє виявити ключові напрями для вдосконалення.

З позиції автоматизації цей етап висуває комплексні вимоги до функціональної архітектури системи. Інтерфейс введення даних має реалізовувати сценарій покрокового інтерактивного опитування (wizard-interface), який структурує складну процедуру оцінювання та мінімізує когнітивне навантаження на користувача. Важливою характеристикою обчислювального ядра є підтримка режиму реального часу (real-time computing): система повинна після введення усіх значень, обчислити інтегральний показник міри системності та динамічно відобразити позицію ІТ-компанії у загальному рейтинзі. Крім того, програмний модуль має включати блок прескриптивної аналітики, який на основі виявлених відхилень автоматично формує набір індивідуальних рекомендацій щодо підвищення класу та стратегічної зрілості ІТ-компанії.

Етап 5. Верифікація результатів та аудит відповідності. Завершальний етап розробленої інформаційної технології спрямований на забезпечення достовірності та об'єктивності отриманих результатів. Оскільки попередній етап базується на самооцінці, існує ризик суб'єктивного завищення показників. Для нівелювання цього ризику потрібне впровадження процедури перевірки (верифікації), яка концептуально наслідуює принципи сертифікаційних аудитів (на кшталт ISO 9001/27001). На цьому етапі реалізується біфуркація (розділення) сценаріїв використання отриманих даних:

1. Сценарій «Публічна валідація». Для ІТ-компаній, які претендують на офіційне визнання свого статусу в публічному рейтинзі, процедура передбачає надання доказової бази та проходження аудиту незалежними експертами для підтвердження заявлених характеристик.

2. Сценарій «Внутрішня діагностика». ІТ-компанія може використовувати отримані результати виключно як інструмент внутрішнього моніторингу та бенчмаркінгу для виявлення можливих зон росту, без необхідності проходження зовнішнього аудиту та публікації результатів.

З технічної точки зору, цей етап вимагає реалізації модуля управління комплаєнсом та аудитом. Фактично функціональна архітектура повинна передбачати:

– механізм управління статусами: система має чітко маркувати рейтингові позиції (наприклад: «Підтверджено аудитом», «Декларативні дані»), що забезпечує прозорість для зовнішніх стейкхолдерів;

– цифровий репозиторій доказів: можливість завантаження підтверджувальних документів (сертифікатів, звітів) до відповідних критеріїв оцінювання;

– функціонал аудитора: спеціалізований інтерфейс для експертів з перевірки, який дозволяє переглядати доказову базу, затверджувати або відхиляти окремі показники та формувати фінальний протокол відповідності.

Для забезпечення строгості опису запропонованого підходу, формалізуємо модель процедури рейтингування у термінах теорії множин.

Нехай $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ – множина альтернатив (ІТ-компаній), ІК яких підлягає оцінюванню, де n – кількість ІТ-компаній. Простір ознак (критеріїв), які характеризують інтелектуальний капітал, позначимо як множину $K = \{k_1, k_2, \dots, k_m\}$, де m – кількість критеріїв. Для кожного критерію k_j ($j \in \{1, 2, \dots, m\}$) визначено шкалу оцінювання S_j . Тоді простір станів Ω системи визначається як декартовий добуток шкал окремих критеріїв:

$$\Omega = S_1 \times S_2 \times \dots \times S_m \quad (2)$$

Стан конкретної ІТ-компанії a_i описується вектором V_i , компонентами якого є оцінки за кожним критерієм:

$$V_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im}), \text{ де } x_{ij} \in S_j, V_i \in \Omega \quad (3)$$

В рамках запропонованого підходу (метод зіставлення з еталоном) вводиться поняття еталонного вектору V_{ref} , який відповідає ідеальному стану системи (максимальній адаптивності до вимог ринку, коли міра системності дорівнює 1 ($\mu = 1$)):

$$V_{ref} = (x_{ref,1}, x_{ref,2}, \dots, x_{ref,m}) \quad (4)$$

Таким чином, математична модель формування рейтингу являє собою відображення F , яке ставить у відповідність кожному вектору стану V_i скалярну величину міри системності $\mu(a_i)$, як інтегральної оцінки:

$$F: \Omega \rightarrow [0, 1] \quad (5)$$

$$\mu(a_i) = F(V_i, V_{ref}, W), \quad (6)$$

де $W = \{w_1, \dots, w_m\}$ – вектор вагових коефіцієнтів критеріїв.

Функція F реалізує нелінійну згортку показників, базуючись на оцінці близькості поточного стану V_i до еталонного V_{ref} . Таким чином, задача формування рейтингу зводиться до впорядкування множини альтернатив A за спаданням значень міри системності:

$$Rank(A) = sort\{a_i \in A \mid \mu(a_i)\} \quad (7)$$

Наведений формальний опис визначає логіку перетворення якісних експертних оцінок у

впорядкований кількісний результат, що є необхідною умовою для алгоритмізації процесу та його програмної реалізації.

Для наочної ілюстрації логіки запропонованого підходу та забезпечення можливості його програмної реалізації, узагальнену процедуру рейтингування формалізовано у вигляді блок-схеми алгоритму, який відображає ітераційний процес налаштування метричного базису та циклічну обробку даних для множини об'єктів оцінювання, вид рис. 1.

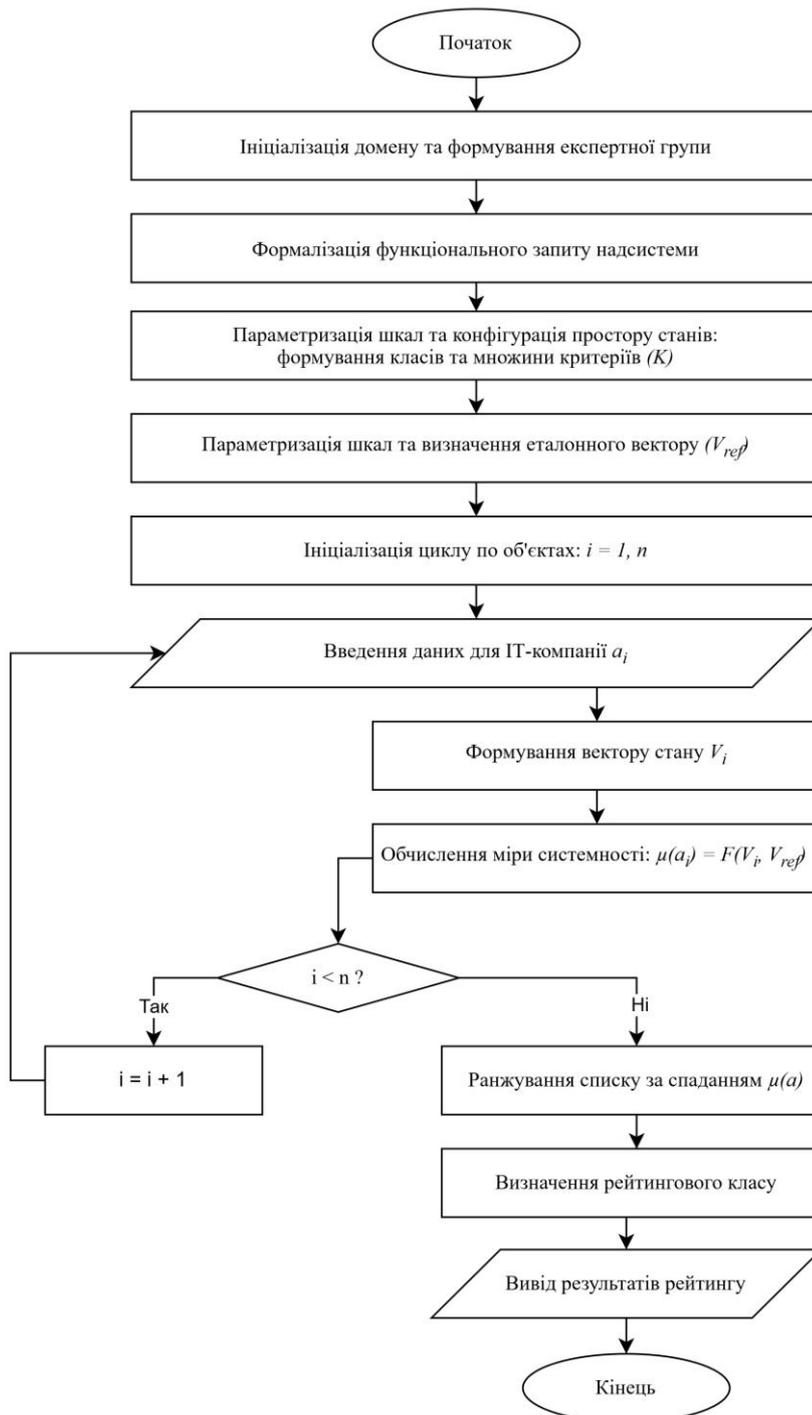


Рис. 1. Блок-схема алгоритму визначення рейтингової позиції ІТ-компанії на основі системологічних метрик інтелектуального капіталу

Висновки

У статті обґрунтовано підхід до автоматизованого формування рейтингу ІТ-компаній, який базується на кількісній оцінці системологічних метрик інтелектуального капіталу. Відповідно до поставлених задач отримано такі результати:

- обґрунтовано використання міри системності як інтегрального показника для оцінювання інтелектуального капіталу. Показано, що цей критерій дозволяє ефективно агрегувати гетерогенні дані в єдину скалярну величину без втрати інформаційної значущості окремих показників;

- запропоновано принципи побудови адаптивного рейтингу, ключовим з яких є гнучка сегментація учасників ринку для врахування специфіки різних бізнес-моделей (аутсорсинг, продуктові компанії, стартапи);

- формалізовано загальну процедуру рейтингування у вигляді послідовного алгоритму, який охоплює етапи від визначення предметної області до фінального ранжування. Структурування процесу у такий спосіб створює необхідні методичні передумови для подальшої розробки програмного забезпечення та повної автоматизації моніторингу ІТ-ринку.

Практична цінність роботи полягає у створенні алгоритмічного підґрунтя для подальшої розробки програмних засобів автоматизованого рейтингування. Використання запропонованого підходу дозволяє мінімізувати вплив суб'єктивних факторів при оцінюванні інтелектуального капіталу ІТ-компаній та забезпечити інформаційну підтримку прийняття стратегічних рішень в ІТ-сфері.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Investment in Intangible Assets Surges, led by Funding for Software and Databases Amid AI Boom 08 грудня 2025. URL: https://www.wipo.int/pressroom/en/articles/2025/article_0005.html.
2. Starkova O., Andreichikov O. Intellectual capital of IT companies in the development processes of innovative technologies and digital transformations: Historical and genetic analysis. *Development Management*. 2024. Vol. 23, №4. P. 64–75. <https://doi.org/10.57111/devt/4.2024.64>.
3. Приймак В., Корнілова І. Інтелектуальний капітал в епоху штучного інтелекту. *Економіка та суспільство*. 2025. №71. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-71-55>.
4. Perić N., Mamula Nikolić T., Arsenijević O. Intellectual Capital Evaluation Methods in Business Systems. *Journal of Soft Computing and Decision Analytics*. 2025. Vol. 3. №1. P. 136–145. <https://doi.org/10.31181/jscda31202568>.
5. Грибовська Ю. Облік нематеріальних активів відповідно до вимог міжнародного стандарту бухгалтерського обліку 38. *Економіка та суспільство*. 2023. №47. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-47-85>.
6. The Method Of Alternative Ranking For A Collective Expert Estimation Procedure / K. E. Petrov et al. *Radio Electronics, Computer Science, Control*. 2020. №2. P. 84–94. <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2020-2-9>.
7. Saad E.M., Verzelen N., Carpentier A. Active Ranking of Experts Based on their Performances in Many Tasks. *Proceedings of the 40th International Conference on Machine Learning, in Proceedings of Machine Learning Research* 202:29490–29513. 2023. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2306.02628>.
8. Mrzygłocka-Chojnacka J., Ryńca, R. Using a Multi-Criteria Ranking Method to Assess Factors Influencing the Implementation of Sustainable Development at Higher Educational Institutions. *Sustainability. MDPI*. Vol. 15 (7). P. 6256. <https://doi.org/10.3390/su15076256>.
9. Melnikov G. P. *Systemology and Linguistic Aspects of Cybernetics*. New York, Paris, Monterey, Tokyo, Melbourne: Gordon and Breach, 1988. 433 p.
10. The EFQM Model 08 грудня 2025. URL: <https://efqm.org/the-efqm-model>.
Стаття надійшла до редакції 15.12.2025.
Стаття пройшла рецензування 25.12.2025.

Єльчанінов Дмитро Борисович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерної математики і аналізу даних.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут».

Андрейчиков Олександр Олегович – аспірант кафедри кібербезпеки та інформаційних технологій, e-mail: andreychenkov.oleksandr@hneu.net.

Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця.