

УДК 004.891:004.774:005.336.4

[https://doi.org/10.52058/2786-6025-2026-1\(55\)-2163-2177](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2026-1(55)-2163-2177)

**Сльчанінов Дмитро Борисович** кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерної математики і аналізу даних, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, <https://orcid.org/0000-0002-5163-9117>

**Андрейчиков Олександр Олегович** аспірант за спеціальністю F3 (122) «Комп'ютерні науки», кафедра кібербезпеки та інформаційних технологій, Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця, м. Харків, <https://orcid.org/0009-0009-8496-6139>

## РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНО-ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ «ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ КАПІТАЛ ІТ-КОМПАНІЙ»

**Анотація.** У статті розглянуто проблему оцінювання та управління інтелектуальним капіталом ІТ-компаній. Обґрунтовано обмеженість традиційних фінансових інструментів щодо адекватного відображення нематеріальних активів і показано необхідність використання спеціалізованих інформаційно-експертних систем для зменшення інформаційної асиметрії та підвищення обґрунтованості управлінських рішень. Метою дослідження є проектування та розробка веб-орієнтованої інформаційно-експертної системи для автоматизованого оцінювання інтелектуального капіталу ІТ-компаній на основі системологічних метрик. Запропонована система реалізує алгоритм обчислення інтегрального показника міри системності ( $\mu_s \in [0; 1]$ ), який забезпечує формалізацію багатокритеріальних експертних оцінок, інтеграцію гетерогенних даних та коректну обробку граничних станів. Описано архітектуру клієнт-серверного веб-застосунку, його функціональні модулі («Expert-mode» та «Business-mode»), технологічний стек і механізми безпеки. Реалізоване рішення забезпечує наскрізну автоматизацію процесу оцінювання – від формування критеріїв до побудови рейтингу ІТ-компаній і генерації рекомендацій.

Практична цінність роботи полягає у створенні економічно доцільного інструменту підтримки прийняття рішень, який знижує суб'єктивність оцінок, підвищує валідність результатів та може бути використаний як основа для подальшої інтеграції з технологіями штучного інтелекту та інструментами інтелектуального аналізу даних для виявлення прихованих закономірностей розвитку ІТ-галузі.

**Ключові слова:** інтелектуальний капітал, ІТ-компанії, інформаційно-експертна система, міра системності, веб-застосунок, автоматизація оцінювання, рейтинг.

**Yelchaninov Dmytro** Candidate of Technical Sciences, Docent, Associate Professor at the Department of Computer Mathematics and Data Analysis, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, <https://orcid.org/0000-0002-5163-9117>

**Andreichikov Oleksandr** Postgraduate Student in the specialty F3 (122) «Computer Science», Department of Cyber Security and Information Technologies, Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics, Kharkiv, <https://orcid.org/0009-0009-8496-6139>

## **DESIGN AND DEVELOPMENT OF AN INFORMATION-EXPERT SYSTEM "INTELLECTUAL CAPITAL OF IT COMPANIES"**

**Abstract.** The article addresses the problem of assessing and managing the intellectual capital of IT companies. The limitations of traditional financial instruments in adequately reflecting intangible assets are substantiated, and the necessity of employing specialized information-expert systems to mitigate information asymmetry and enhance the validity of managerial decisions is demonstrated. The aim of the study is to design and develop a web-based information-expert system for the automated assessment of IT companies' intellectual capital based on systemological metrics. The proposed system implements an algorithm for calculating the integral indicator of the degree of systemization ( $\mu_s \in [0; 1]$ ), which ensures the formalization of multi-criteria expert assessments, the integration of heterogeneous data, and the correct processing of boundary states. The architecture of the client-server web application, its functional modules («Expert-mode» and «Business-mode»), technology stack, and security mechanisms are described. The implemented solution ensures end-to-end automation of the assessment process – from criteria formulation to the construction of IT company ratings and the generation of recommendations. The practical value of the work lies in the creation of a cost-effective decision support tool that reduces the subjectivity of assessments, increases the validity of results, and can serve as a foundation for further integration with artificial intelligence technologies and advanced data mining tools to identify latent patterns in the development of the IT industry.

**Keywords:** intellectual capital, IT companies, information-expert system, the degree of systemization, web application, assessment automation, ranking.

**JEL Classification:** O34, M15, C63, C88, L86.

**Постановка проблеми.** В умовах стрімкої цифровізації економіки, розвитку технологій штучного інтелекту та переходу до парадигми суспільства знань (knowledge society), нематеріальні активи стають домінуючим фактором формування ринкової вартості сучасних компаній. Особливо актуально це саме для ІТ-компаній, у яких ключову цінність генерує саме інтелектуальний капітал (ІК) (компетенції персоналу, внутрішні технологічні процеси, клієнтські відносини), що детально досліджено у роботі [1]. Проте, незважаючи на визнану критичну роль ІК, механізми його ідентифікації, вимірювання та управління залишаються недосконалими.

Традиційні системи фінансового обліку та звітності, орієнтовані на матеріальні активи, виявляються неспроможними адекватно відобразити реальну структуру вартості ІТ-компаній. Відсутність формалізованих інструментів оцінювання нематеріальних активів створює ситуацію інформаційної асиметрії для інвесторів та стейкхолдерів, а також позбавляє менеджмент ІТ-компаній об'єктивних метрик для стратегічного планування. Управління здійснюється переважно на інтуїтивному рівні, що підвищує ризики прийняття неефективних управлінських рішень, що досліджено у роботі [2].

Процедура оцінювання інтелектуального капіталу ускладнюється через його багатокритеріальну структуру та необхідність інтеграції гетерогенних даних (кількісних метрик, якісних характеристик, тощо), які важко піддаються формалізації класичними детермінованими методами. Виконання моніторингу таких показників у «ручному» режимі характеризується надмірною ресурсомісткістю, низькою оперативністю та високою вразливістю до помилок оператора. При цьому на ринку програмного забезпечення (ПЗ) спостерігається дефіцит спеціалізованих інформаційно-експертних систем, здатних не лише накопичувати необроблені дані (raw data) про ІК, а й формувати на їх основі валідні об'єктні моделі ІК, трансформуючи теоретичні концепції у дієвий інструментарій для експрес-діагностики та підтримки прийняття рішень в умовах невизначеності.

Таким чином, існує об'єктивна необхідність розробки інформаційно-експертної системи, яка б поєднувала гнучкість експертного підходу до формування критеріїв із математичною строгістю алгоритмічних процедур їх обробки. Створення такого інструментарію дозволить формалізувати експертні знання, підвищити валідність оцінки ІК та забезпечити ІТ-компанії надійним інструментом підтримки прийняття рішень щодо управління їхнім головним ресурсом – інтелектуальним капіталом.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз наукової літератури засвідчив обмежену кількість робіт, присвячених розробці спеціалізованого програмного забезпечення для комплексної оцінки та управління інтелектуальним капіталом. Більшість досліджень зосереджені на теоретичних

моделях, тоді як питання їхньої практичної програмної реалізації висвітлено фрагментарно. Серед існуючих публікацій варто виділити роботу [3], в якій автори запропонували нейро-нечітку систему (neuro-fuzzy system) «Board». Ця система розроблена для оцінювання інтелектуального капіталу бізнес-спільнот та дозволяє обробляти як кількісні, так і якісні вхідні дані відповідно до критеріїв цифрової трансформації економіки. Також у дослідженні [4] проведено аналіз інформаційних технологій як інструменту управління ІК у будівельних компаніях, що підтверджує актуальність цифровізації процесів управління нематеріальними активами у різних галузях.

Вагомий внесок у розуміння ролі якості програмного забезпечення зроблено у дослідженні [5], яке ґрунтується на вибірці з 60 транснаціональних ІТ-компаній, які спеціалізуються на розробці комерційного відкритого ПЗ (Commercial Open Source Software, COSS) та опитуванні 200 експертів. Зокрема, дослідниками встановлено, що фактор якості ПЗ є визначальним медіатором, який пов'язує рівень розвитку інтелектуального капіталу з ринковим успіхом ІТ-компаній. Також авторами було виявлено складний механізм взаємодії нематеріальних ресурсів і встановлено, що структурний та капітал відносин є важливими компонентами ІК, але їхній вплив на результативність бізнесу реалізується здебільшого опосередковано через людський капітал, який в свою чергу виступає ключовим детермінантом якості програмного продукту. Побудована модель послідовної медіації дозволила ідентифікувати якість програмного забезпечення як найбільш критичну змінну в ланцюжку створення вартості ІТ-компаній, що науково обґрунтовує необхідність її пріоритезації в стратегіях управління інтелектуальними активами знаннємістких компаній.

У дослідженні [6] емпірично доведено на прикладі 16 словацьких ІТ-компаній невідповідність традиційної фінансової звітності реальним потребам управління інтелектуальним капіталом ІТ-компаній. Автори наголошують на критичній необхідності розширення структури звітності шляхом включення до неї значного масиву гетерогенних даних, які наразі ігноруються або розчиняються у загальних витратах. Зокрема, йдеться про необхідність чіткої ідентифікації та розмежування витрат на R&D, маркетинг, розвиток персоналу, а також окремих внутрішніх та зовнішніх компонентів ІК. Така багатовимірність та різноманітність показників, які пропонується відстежувати для переходу від тактичного до стратегічного управління, є прямим підтвердженням неможливості їх обробки виключно бухгалтерськими методами. Це обґрунтовує важливість розробки спеціалізованої експертної системи, здатної інтегрувати ці різнопланові дані на основі чіткої системи критеріїв для формування об'єктивних оцінок.

З огляду на незначну кількість релевантних наукових праць, для забезпечення повноти огляду було проведено дослідження існуючого комерційного

програмного забезпечення. Проведений аналіз сучасного стану ринку свідчить про значну фрагментацію існуючих рішень, які можна класифікувати за двома основними категоріями:

– системи управління людським капіталом (HCM/HRIS), такі як SAP SuccessFactors, Oracle HCM Cloud, Workday, BambooHR. Ці платформи ефективно автоматизують операційні процеси: кадровий облік, розрахунок заробітної плати, трекінг робочого часу та управління навчанням (LMS). Модулі класу «Talent Management» дозволяють оцінювати компетенції співробітників (методи «360 градусів», «9-box grid»), проте ігнорують структурну складову інтелектуального капіталу;

– системи управління інтелектуальною власністю (IPM), такі як Anaqua, IPfolio, PatSnap. Зазначені платформи використовуються для реєстрації, відстеження та юридичного захисту активів інтелектуальної власності (патентів, ліцензій), яка, як досліджено в роботі [7], відіграє важливу роль в ефективності ІТ-компаній та впливає на стійкість росту.

В ході дослідження також встановлено, що кожна з цих категорій розв'язує вузькоспеціалізовані завдання: HCM фокусується на персоналі, а IPM на інтелектуально-юридичних активах. Проте комплексна інтеграція між ними залишається недостатньо розвиненою, що унеможлиблює проведення системного (холістичного) оцінювання ІК, особливо в контексті специфічних потреб ІТ-компаній.

Така фрагментарність інструментарію є суттєвим недоліком, оскільки саме ефективність сукупного інтелектуального капіталу виступає ключовим драйвером корпоративної стійкості, а отже, неможливість інтегрованого вимірювання інтелектуального капіталу створює стратегічні ризики для довгострокового розвитку бізнесу. Це підтверджує і дослідження [8], в якому встановлено, що інтелектуальний капітал є ключовим фактором, який безпосередньо визначає успіх реалізації ІТ-проектів (виконання замовлень) та фінансову результативність ІТ-компаній.

**Мета статті.** Метою роботи є проєктування та розробка інформаційно-експертної системи у вигляді веб-застосунку, який виступає практичною реалізацією обґрунтованого у дослідженні [9] підходу до автоматизованого формування рейтингу ІТ-компаній на основі системологічних метрик інтелектуального капіталу. Створений програмний комплекс покликаний автоматизувати процеси збору та обробки даних, а його алгоритмічне ядро базується на розрахунку інтегрального показника міри системності ( $\mu_s$ ), що дозволяє забезпечити об'єктивність та валідність оцінювання в умовах невизначеності.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Розробка інформаційно-експертної системи базується на поєднанні об'єктно-орієнтованого підходу до проєктування програмного забезпечення та системологічного методу оціню-

вання ІК ІТ-компаній із застосуванням послідовності Фібоначчі. Методологія дослідження включає два ключові етапи: формалізацію алгоритму обчислення міри системності та проектування архітектури веб-застосунку.

**Формалізація алгоритму обчислення (Formalization of the calculation algorithm).** Функціональним ядром системи є модуль розрахунку інтегрального показника міри системності ІК ІТ-компаній. Кінцеве оцінювання базується на визначенні міри системності, яка є одновимірною проєкцією багатовимірного простору станів ІК на шкалу в діапазоні  $[0; 1]$  ( $\mu_s \in [0; 1]$ ), що забезпечує об'єктивну класифікацію будь-якого унікального профілю ІК ІТ-компаній.

Програмна реалізація методу передбачає наступні кроки обробки даних:

**1. Ініціалізація простору ознак (Feature Space Initialization).** Система дозволяє експертам динамічно формувати набір критеріїв (якісних, кількісних)  $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ , де кожен елемент  $c_i$  відповідає певному значенню критерію.

**2. Квантування шкал (Scale Quantization).** Для обробки різнорідних даних (якісних, кількісних, порядкових) застосовується універсальний механізм прямого переходу від будь-яких якісних та кількісних значень критеріїв до значень на шкалі міри системності ( $\mu_s \in [0; 1]$ ). Значення, введені користувачем, трансформуються у вагові коефіцієнти  $W_k$ , що забезпечує гармонійну дискретизацію шкали.

**3. Зважування критеріїв (Criteria Weighting).** Алгоритм враховує визначені експертами коефіцієнти важливості  $K_{imp}$ , які базуються на значеннях оберненого ряду Фібоначчі ( $1/2, 1/3, 1/5$  і т.д.), що дозволяє уникнути суб'єктивізму при визначенні даних коефіцієнтів.

**4. Обчислення міри системності (Calculation of the Degree of Systemization).** Фінальна агрегація даних виконується за адитивною моделлю з подальшою нормалізацією. Результатом є отримане значення міри системності ( $\mu_s \in [0; 1]$ ), яка виступає критерієм адаптивності ІТ-компанії до запиту надсистеми (ІТ-ринку), а також визначений клас ІК відповідно розрахованій мірі системності, а також рекомендації щодо покращень отриманого результату.

**Архітектура системи та технологічний стек (System Architecture and Technology Stack).** Інформаційно-експертна система спроектована як веб-застосунок, який функціонує за клієнт-серверною архітектурою. Вибір технологічного стека обумовлений необхідністю виконання математичних операцій та забезпеченням інтуїтивно зрозумілої взаємодії з користувачем. Клієнтська частина (front-end) реалізована з використанням стандартів HTML5, CSS3, мови JavaScript та фреймворку Bootstrap 5.2. Такий вибір обґрунтовано низьким порогом входження, наявністю великої кількості готових компонентів для різних потреб і можливістю створювати адаптивні інтерфейси. В якості основного інструменту розробки серверної частини (back-end) обрано крос-платформне середовище виконання JavaScript із відкритим кодом Node.js.

Вибір аргументовано наявністю широкого спектра бібліотек для обчислень та роботи з даними, що є критичним для ефективної реалізації математичного апарату методу. Для зберігання структурованих даних (профілі експертів, картки ІТ-компаній, набори критеріїв, результати оцінювання тощо) використано реляційну СУБД PostgreSQL. Схема бази даних спроектована у третій нормальній формі (3NF) для забезпечення цілісності даних.

Розроблена інформаційно-експертна система забезпечує повну автоматизацію обчислювальних процедур, необхідних для проведення оцінювання ІК ІТ-компаній. Структура веб-застосунку спроектована з урахуванням чіткого розмежування зон відповідальності (Separation of Concerns), що дозволило створити гнучку та безпечну архітектуру, адаптовану до потреб як окремих експертів, так і корпоративних користувачів. Загальна логіка функціонування системи реалізує наскрізний бізнес-процес (end-to-end workflow), який охоплює повний життєвий цикл оцінювання: від формалізації критеріїв експертами до отримання результатів оцінювання кінцевими користувачами (ІТ-компаніями) з формуванням загального рейтингу між ними.

Розроблена експертно-аналітична система базується на принципах покрокового опитування (wizard-інтерфейсу) та забезпечує трансформацію розроблених експертами критеріїв у інтегральний показник міри системності. Виходячи з мети системи, в ній виділено дві групи користувачів (акторів) з фундаментально різними функціями:

- експерти, мета яких формалізувати функціональний запит надсистеми. Вони не оцінюють конкретну ІТ-компанію напряду, а створюють метричний апарат моделі. До основних функції цього типу користувачів належать: формування класів (діапазонів значень) в рамках шкали міри системності, формалізація критеріїв та класів, опис шкал критеріїв (варіантів відповідей), голосування за затвердження нових та редакцію існуючих класів та критеріїв;
- бізнес-користувачі (представники ІТ-компаній), мета яких надати дані для формування вектору стану (профілю ІК ІТ-компанії). Основними функціями цього типу користувачів є: проходження опитування (вибір значень), перегляд власного результату (класу ІК) та позиції у загальному рейтингу.

Важливою особливістю розробленої системи, яка відрізняє її від стандартних опитувальників, є алгоритмічна параметризація шкал. Зокрема експерти не вводять вагові коефіцієнти вручну, що дозволяє уникнути суб'єктивізму та помилок калібрування. Натомість, система автоматично розраховує ваги значень критеріїв та границі класів на основі кількості класів або значень критеріїв згідно попередньо визначеної математичної моделі, інтегрованої в ядро бізнес-логіки. На рис. 1 наведено діаграму варіантів використання (Use Case Diagram), яка деталізує основні функції акторів.

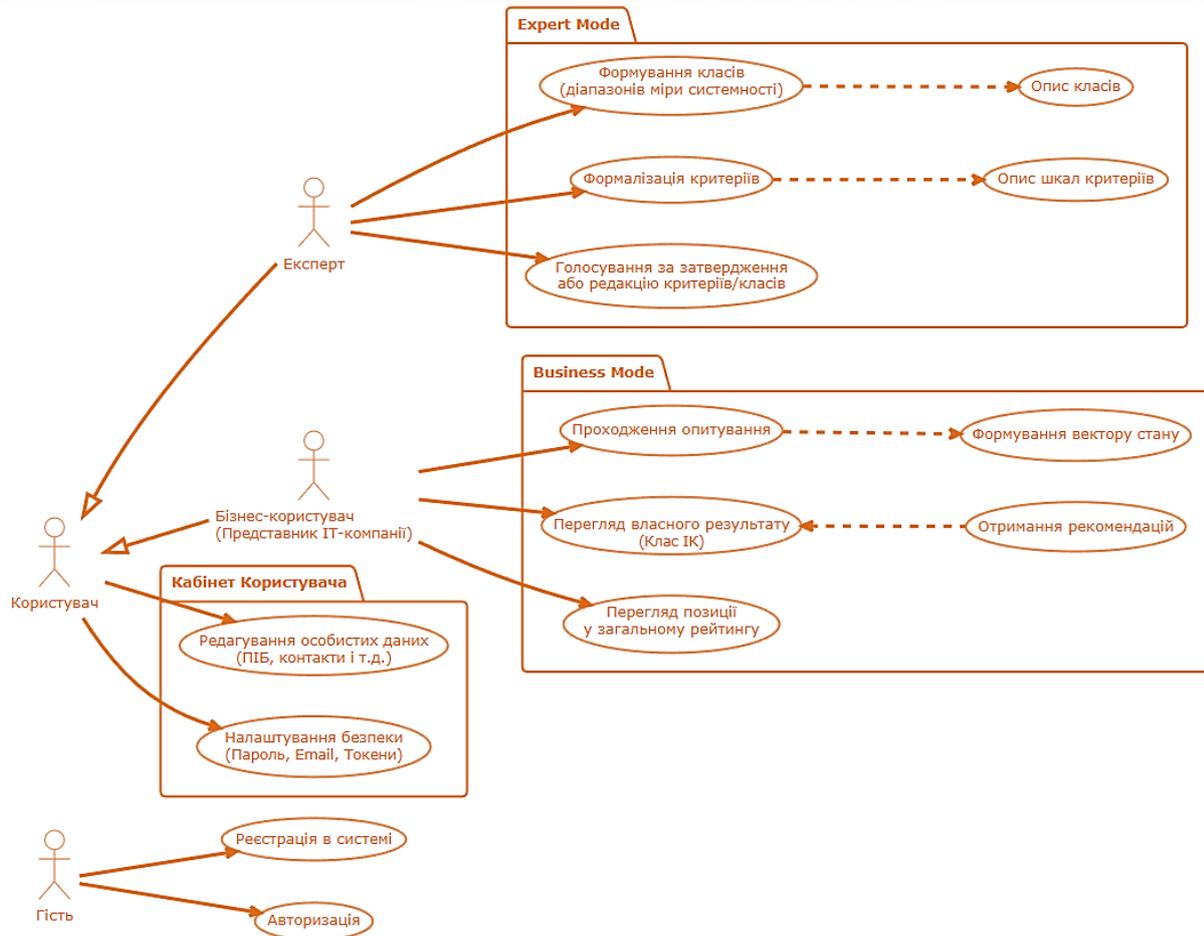


Рис. 1. Діаграма варіантів використання  
Джерело: створено авторами

### Проектування функціональних модулів (Functional Modules Design).

Архітектура системи декомпована на два незалежні функціональні модулі, які відповідають ролевій моделі доступу (Role-Based Access Control):

**1. Модуль «Expert-mode».** Головне функціональне призначення даного модуля полягає у налаштуванні експертами параметрів оцінювання. Для цього реалізовано повний набір CRUD-операцій (Create, Read, Update, Delete) для сутностей «Клас» та «Критерій». Ключовою особливістю є автоматизований розрахунок вагових меж, який базується на математичному апараті, частково описаному у роботі [7].

Система підтримує роботу з гетерогенними типами шкал (якісні, кількісні, порядкові) для управління класами та критеріями оцінювання та дозволяє встановлювати коефіцієнти важливості ( $K_{imp}$ ), які передбачені методом. У модулі реалізовано механізми перевірки (валідації) вхідних даних на стороні клієнта (Client-side validation) та сервера для запобігання логічним колізіям у подальших розрахунках, див. рис. 2.

criteria voting rating expert card security

+ define classes  
+ create a criterion

Create criteria values from best to worst

type of intellectual capital  
corporate capital ✓

criteria title  
How much is the practice of code review mandatory ✓

importance coefficient  
1.1 - low ✓

range  
value  
Please provide value.

description  
Please provide a description in the textarea.

add value

How much is the practice of code review mandatory for IT companies during the development process?  
Criteria importance = 1.1 - low

Order	Value	Description	Weight	Delete
1	always	Code review is fully integrated into the CI/CD process and is a mandatory step when making any changes.	1	✗
2	partially	Code review is formally required, but is regularly skipped, especially in tight deadlines.	0.6667	✗
3	never	Code review is not required and is only performed occasionally at the initiative of individual developers.	0	✗

save the criterion

Рис. 2. Приклад створення значень якісного критерію у модулі «Expert-mode» з перевіркою введених даних  
Джерело: створено авторами

Робота експертів на цьому етапі може повністю проходити у віддаленому режимі через персональні кабінети, в яких реалізовано функціонал внесення пропозицій до існуючих критеріїв та класів з можливістю голосування за дані пропозиції, див. рис. 3.

Home / IT Industry: Expert Mode

criteria voting rating expert card security

proposals

my votes

Proposal: How much is the practice of code review mandatory for IT companies during the development process? (ID: 1764712287080)

TITLES  
Current: How much is the practice of code review mandatory for IT companies during the development process?  
New: How much is the practice of code review mandatory for IT companies during the development process?

IMPORTANCE  
Current: 1 - normal  
New: 1 - normal

VALUES COMPARISON

#	Value	New Value	Description	New Description	Weight
1	always	right along	Code review is fully integrated into the CI/CD process and is a mandatory step when making any changes.	Code review is fully integrated into the CI/CD process and is a mandatory step when making any changes.	1
2	partially	partially	Code review is formally required, but is regularly skipped, especially in tight deadlines.	Code review is formally required, but is regularly skipped, especially in tight deadlines.	0.6667
3	never	never	Code review is not required and is only performed occasionally at the initiative of individual developers.	Code review is not required and is only performed occasionally at the initiative of individual developers.	0

In favor Abstain Against

Рис. 3. Приклад створеної пропозиції для критерію у модулі «Expert-mode» з можливістю голосування у он-лайн режимі  
Джерело: створено авторами

**2. Модуль «Business-mode».** Основне призначення цього модуля – це забезпечення безпосереднього оцінювання інтелектуального капіталу ІТ-компанії. Інтерфейс користувача у модулі будується динамічно: інтерактивні форми генеруються «на льоту» (on-the-fly generation) на основі актуальних критеріїв у базі даних.

Процес введення даних реалізовано у форматі інтуїтивно зрозумілого покрокового опитування (wizard-interface), що знижує когнітивне навантаження на користувача. Після внесення даних обчислювальне ядро в режимі реального часу (real-time) виконує обчислення міри системності, визначає відповідний клас (наприклад, «Лідери», «Професіонали», тощо), загальне місце в рейтинзі та надає рекомендації щодо покращення отриманих результатів.

Програмна логіка модуля включає також обробку граничних станів, які є критично важливими для коректності методу:

– «Експліцитний нуль» (Explicit Zero). Обробка ситуації, коли розрахована міра системності має значення 0 ( $\mu_s \in [0; 0] \Leftrightarrow \mu_s \in \{0\}$ ). Це відповідає стану повної невідповідності вимогам надсистеми;

– «Експліцитна одиниця» (Explicit One): Обробка стану ідеальної адаптованості, коли міра системності має значення 1 ( $\mu_s \in [1; 1] \Leftrightarrow \mu_s \in \{1\}$ ).

У коді обробка граничних станів реалізована через механізм виключень та умовні оператори, що дозволяє коректно інтерпретувати крайні випадки відсутності або ідеального стану ІК ІТ-компанії, див. рис. 4.

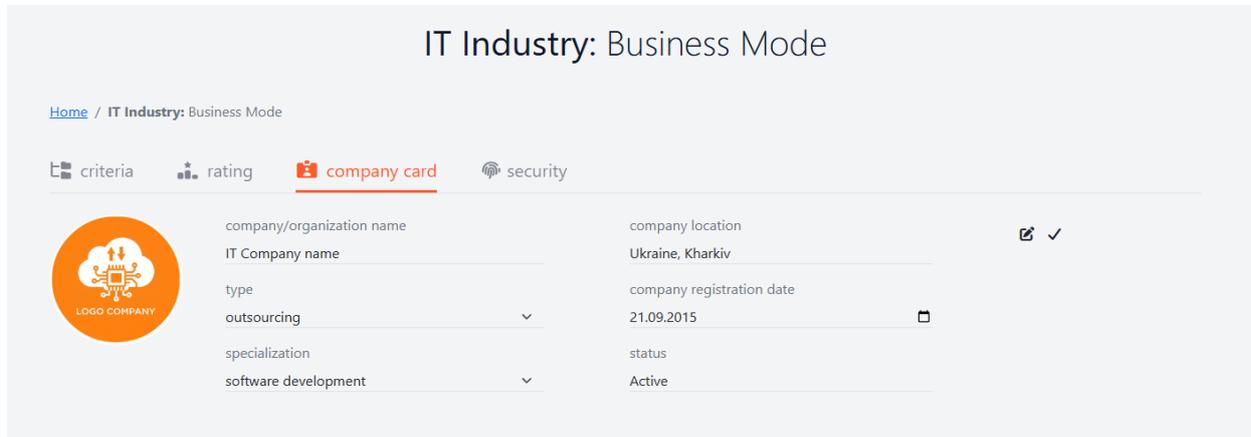
The screenshot displays a web interface for 'IT Industry: Business Mode'. It includes a navigation bar with 'criteria', 'rating', 'company card', and 'security'. The main content area shows 'Your result:' with a 'degree of systemization' of 1.0000, a 'class' of 'Leaders', and an 'overall rating' of 1. A congratulatory message states: 'Congratulations! Your company has attained outstanding results, demonstrating exceptional performance.' Below this, a 'Criteria list' section asks 'Is your company ISO/IEC 27001 certified?' with a 'Criteria importance' of 1.1 - low. A table lists two criteria: one for ISO/IEC 27001 certification (checked) and one for non-certification (unchecked).

Action	Order	Value	Description
<input checked="" type="checkbox"/>	1	Yes	The company is certified according to the ISO/IEC 27001 standard
<input type="checkbox"/>	2	No	The company is not ISO/IEC 27001 certified

Рис. 4. Приклад критерію та обробки випадку результату оцінки при отримання значення «Експліцитна одиниця» в модулі «Business Mode»

*Джерело: створено авторами*

Окрім специфічних функцій, обидва модулі мають уніфікований функціонал для управління профілями користувачів (експерта або ІТ-компанії), див. рис. 5.

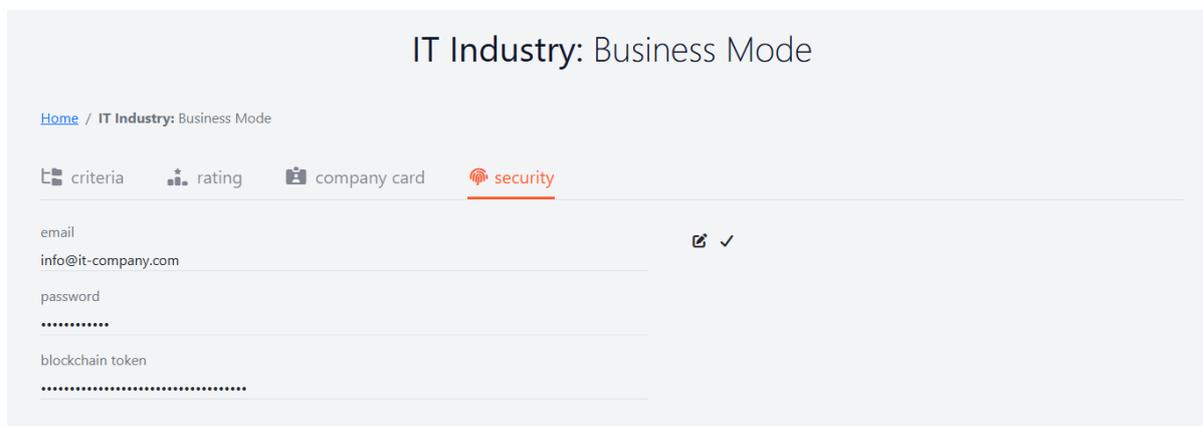


The screenshot displays a web interface titled "IT Industry: Business Mode". At the top, there is a breadcrumb trail: "Home / IT Industry: Business Mode". Below this, a navigation bar contains four tabs: "criteria", "rating", "company card" (which is selected and highlighted in red), and "security". The main content area shows a form for a company card. On the left is a circular logo with an orange background and a white icon of a person with a gear, labeled "LOGO COMPANY". The form fields are arranged in two columns:

Field Name	Value	Actions
company/organization name	IT Company name	
company location	Ukraine, Kharkiv	✎ ✓
type	outsourcing	▼
company registration date	21.09.2015	📅
specialization	software development	▼
status	Active	

Рис. 5. Приклад картки ІТ-компанії в модулі «Business Mode»  
Джерело: створено авторами

Система безпеки винесена в окремий логічний рівень, який забезпечує автентифікацію, сесійне управління та захист облікових даних (зміна паролю, email, генерація токенів доступу), див. рис. 6.



The screenshot displays the same web interface as Figure 5, but with the "security" tab selected and highlighted in red. The form fields are:

Field Name	Value	Actions
email	info@it-company.com	✎ ✓
password	.....	
blockchain token	.....	

Рис. 6. Приклад безпекових функцій в модулі «Business Mode»  
Джерело: створено авторами

Програмна архітектура клієнтської частини базується на модульному патерні (Modular Architecture), що спрощує підтримку коду та його масштабування. Бізнес-логіка функціональних блоків (оцінювання, рейтинг, профіль, безпека) інкапсульована в ізольовані JavaScript-модулі, які завантажуються асинхронно для оптимізації швидкодії інтерфейсу. Для забезпечення цілісності даних (Data Integrity) використано реляційну модель бази даних, спроектовану

у третій нормальній формі (3NF). Взаємодія між інтерфейсом та даними здійснюється через захищений REST API, що дозволяє масштабувати систему та інтегрувати її з іншими аналітичними сервісами.

**Перспективи подальшого розвитку.** Модульна архітектура розробленого веб-застосунку створює надійний фундамент для функціонального масштабування системи без необхідності зміни її ядра. Накопичення структурованих масивів даних (Big Data) щодо оцінювання ІК відкриває широкі перспективи для інтеграції новітніх технологій:

– **аналітика та консалтинг на основі штучного інтелекту (AI-Driven Analytics & Consulting).** Зібрана база даних, яка містить розроблені експертами критерії та результати оцінювання (вектори станів ІТ-компаній), є цінним датасетом для донавчання (fine-tuning) великих мовних моделей (Large Language Model, LLM). Таким чином перспективним напрямком є інтеграція у модуль «Business-mode» інтелектуального AI-агента. Такий віртуальний консультант зможе не лише констатувати факт отримання певного класу (наприклад, «Професіонали»), але й генерувати персоналізовані стратегії розвитку, аналізуючи «слабкі місця» в унікальному профілі ІК ІТ-компанії та пропонуючи конкретні кроки для підвищення міри системності;

– **розширений аналіз даних (Advanced Data Mining).** Розширення блоку аналітики дозволить виявляти латентні (приховані) залежності та інсайти. Наприклад, застосування методів кластерного аналізу може дозволити виявити кореляцію між наявністю специфічних елементів ІК (наприклад, певні сертифікації або R&D процеси) та ринковим успіхом ІТ-компанії. Це перетворить систему з інструменту оцінювання на інструмент прогнозування ринкових трендів;

– **міжгалузевий бенчмаркінг (Cross-Industry Benchmarking).** В системі можна реалізувати функціонал анонімного порівняння показників конкретної ІТ-компанії із середньогалузевими значеннями. Це надасть бізнесу об'єктивні орієнтири (benchmarks) для розуміння свого місця на ІТ-ринку без розкриття конфіденційних даних конкурентам.

**Висновки.** У результаті проведеного дослідження спроектовано та реалізовано інформаційно-експертну систему для оцінювання інтелектуального капіталу ІТ-компаній з можливістю побудови загального рейтингу по ІТ-галузі як в рамках національного, так і світового масштабу. Отримані результати дозволяють зробити наступні висновки:

**1. Алгоритмічна придатність методу.** Доведено, що запропонований підхід до рейтингування на основі системологічних метрик ІК ІТ-компаній є цілком придатним для програмної реалізації. Його математичний апарат, заснований на дискретних вагових коефіцієнтах та чіткій логіці згортки вектору станів, ідеально трансформується у структури даних та алгоритми обробки

інформації. Це дозволило створити обчислювальне ядро системи, яке працює швидко та детерміновано.

**2. Наскрізна автоматизація процесу.** Розроблена програмна реалізація повністю адмініструє весь життєвий цикл процесу оцінювання (end-to-end workflow). Система автоматизує всі етапи: від формування експертами класів та критеріїв, включаючи автоматичний розрахунок відповідних ваг, до безпосереднього оцінювання ІК ІТ-компаній, формування загального рейтингу та генерації рекомендацій. Це виключає необхідність використання сторонніх інструментів або ручних розрахунків, мінімізуючи вплив людського фактору.

**3. Архітектурна ефективність.** Реалізована клієнт-серверна архітектура з розподілом ролей (Role-Based Access Control) забезпечує гнучкість налаштувань та безпеку даних. Використання модульного підходу на стороні клієнта дозволило реалізувати динамічну генерацію інтерфейсів («on-the-fly»), що робить систему адаптивною до зміни набору критеріїв без необхідності переписування програмного коду.

**4. Практична цінність.** Впровадження інформаційно-експертної системи дозволяє вирішити проблему суб'єктивності при оцінці ІК ІТ-компаній та формуванні загального рейтингу. Завдяки програмній обробці граничних станів («Експліцитний нуль» та «Експліцитна одиниця») система коректно ідентифікує як повну відсутність, так і еталонний рівень розвитку інтелектуального капіталу, надаючи менеджменту ІТ-компаній ефективний інструмент для діагностики стану ІК та стратегічного планування.

Визначальною перевагою обраного технологічного стека та архітектурного рішення є мінімізація сукупної вартості володіння (Total Cost of Ownership, TCO). Технічний супровід системи фактично зводиться до моніторингу доступності сервісу (Uptime monitoring), що нівелює потребу у формуванні великого штату ІТ-спеціалістів (DevOps-інженерів, системних адміністраторів). Зазначені фактори роблять впровадження системи економічно доцільним навіть для невеликих галузевих асоціацій чи консалтингових агентств, забезпечуючи високий рівень повернення інвестицій (ROI) за рахунок автоматизації процесів та низьких операційних витрат.

#### ***Література:***

1. Starkova, O., & Andreichikov, O. (2024). Intellectual capital of IT companies in the development processes of innovative technologies and digital transformations: Historical and genetic analysis. *Development Management*, 23(4), 64-75. <https://doi.org/10.57111/devt/4.2024.64>
2. Starkova, O.V. & Andreichikov, O.O. (2025) Risk-based management of intellectual capital as a strategic resource of an IT company. *Science and Information Technologies in the Modern World: Collection of Scientific Papers with Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference*. International Scientific Unity. May 21-23, 2025. Athens, Greece. 230-233 p. <https://doi.org/10.70286/isu-21.05.2025>

3. Kozlovskiy, S., Syniehub, P., Kozlovskiy, A., & Lavrov, R. (2022). Intellectual capital management of the business community based on the neuro-fuzzy hybrid system. *Neuro-Fuzzy Modeling Techniques in Economics*, 11, 25-47. <https://doi.org/10.33111/nfmte.2022.025>

4. Briñez Rincón, M. E. (2021). Tecnología de información: ¿Herramienta potenciadora para gestionar el capital intelectual? : Information technology: ¿Potential tool for managing intellectual capital?. *Revista De Ciencias Sociales*, 27(1), 180-192. <https://doi.org/10.31876/rcs.v27i1.35305>

5. S. D. Garomssa, R. Kannan, I. Chai and D. Riehle (2022). How Software Quality Mediates the Impact of Intellectual Capital on Commercial Open-Source Software Company Success in *IEEE Access*, vol. 10, pp. 46490-46503, <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3170058>

6. Yuliia Serpeninova, Serhii Lehenchuk, Martina Mateášová, Tetiana Ostapchuk and Iryna Polishchuk (2022). Impact of intellectual capital on profitability: Evidence from software development companies in the Slovak Republic. *Problems and Perspectives in Management*, 20(2), 411-425. [https://doi.org/10.21511/ppm.20\(2\).2022.34](https://doi.org/10.21511/ppm.20(2).2022.34)

7. Arunnima, B. S., Bijulal, D., & Sudhir Kumar, R. (2023). Open Innovation Intellectual Property Risk Maturity Model: An Approach to Measure Intellectual Property Risks of Software Firms Engaged in *Open Innovation*. *Sustainability*, 15(14), 11036. <https://doi.org/10.3390/su151411036>

8. Kański, Ł., Chadam, J., & Kłosowski, G. (2022). Intellectual Capital: A New Predictive Indicator for Project Management Improvement. *Sustainability*, 14(22), 15182. <https://doi.org/10.3390/su142215182>

9. Єльчанінов, Д. Б., & Андрейчіков, О. О. (2025). Обґрунтування підходу до автоматизованого формування рейтингу ІТ-компаній на основі системологічних метрик інтелектуального капіталу. *Наукові праці Вінницького національного технічного університету*, (4). <https://doi.org/10.31649/2307-5376-2025-4-62-70>

### References:

1. Starkova, O., & Andreichikov, O. (2024). Intellectual capital of IT companies in the development processes of innovative technologies and digital transformations: Historical and genetic analysis. *Development Management*, 23(4), 64-75. <https://doi.org/10.57111/devt/4.2024.64>

2. Starkova, O.V. & Andreichikov, O.O. (2025) Risk-based management of intellectual capital as a strategic resource of an IT company. *Science and Information Technologies in the Modern World: Collection of Scientific Papers with Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference*. International Scientific Unity. May 21-23, 2025. Athens, Greece. 230-233 p. <https://doi.org/10.70286/isu-21.05.2025>

3. Kozlovskiy, S., Syniehub, P., Kozlovskiy, A., & Lavrov, R. (2022). Intellectual capital management of the business community based on the neuro-fuzzy hybrid system. *Neuro-Fuzzy Modeling Techniques in Economics*, 11, 25-47. <https://doi.org/10.33111/nfmte.2022.025>

4. Briñez Rincón, M. E. (2021). Tecnología de información: ¿Herramienta potenciadora para gestionar el capital intelectual? : Information technology: ¿Potential tool for managing intellectual capital?. *Revista De Ciencias Sociales*, 27(1), 180-192. <https://doi.org/10.31876/rcs.v27i1.35305>

5. S. D. Garomssa, R. Kannan, I. Chai and D. Riehle (2022). How Software Quality Mediates the Impact of Intellectual Capital on Commercial Open-Source Software Company Success in *IEEE Access*, vol. 10, pp. 46490-46503, <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3170058>

6. Yuliia Serpeninova, Serhii Lehenchuk, Martina Mateášová, Tetiana Ostapchuk and Iryna Polishchuk (2022). Impact of intellectual capital on profitability: Evidence from software development companies in the Slovak Republic. *Problems and Perspectives in Management*, 20(2), 411-425. [https://doi.org/10.21511/ppm.20\(2\).2022.34](https://doi.org/10.21511/ppm.20(2).2022.34)

7. Arunnima, B. S., Bijulal, D., & Sudhir Kumar, R. (2023). Open Innovation Intellectual Property Risk Maturity Model: An Approach to Measure Intellectual Property Risks of Software Firms Engaged in *Open Innovation*. *Sustainability*, 15(14), 11036. <https://doi.org/10.3390/su151411036>

8. Kański, Ł., Chadam, J., & Kłosowski, G. (2022). Intellectual Capital: A New Predictive Indicator for Project Management Improvement. *Sustainability*, 14(22), 15182. <https://doi.org/10.3390/su142215182>

9. Yelchaninov, D., & Andreichikov, O. (2025). Obgruntuvannya pidkhodu do avtomatyzovanooho formuvannya reitynhu IT-kompanii na osnovi systemolohichnykh metryk intelektualnoho kapitalu. *Scientific Works of Vinnytsia National Technical University*, (4). <https://doi.org/10.31649/2307-5376-2025-4-62-70> [in Ukrainian].