

Електронний журнал «Ефективна економіка» включено до переліку наукових фахових видань України з питань економіки (Категорія «Б», Наказ Міністерства освіти і науки України № 975 від 11.07.2019). Спеціальності – 051, 071, 072, 073, 075, 076, 292.
Ефективна економіка. 2026. № 3.
ISSN 2307-2105



Copyright © The Author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

DOI: <http://doi.org/10.32702/2307-2105.2026.3.169>

УДК 005.336.4:004.8

О. В. Глембицький,
аспірант кафедри економіки,
Приватний вищий навчальний заклад «Європейський університет»
ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0004-4379-0767>

**ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА
ЛЮДСЬКОГО КАПІТАЛУ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ БАНКІВСЬКОЇ
ДІЯЛЬНОСТІ: ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНА ОЦІНКА
СИНЕРГІЙНОГО ЕФЕКТУ**

О. Hlembytskyi,
Postgraduate student of the Department of Economics,
Private Higher Education Establishment "European University"

**THE IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES
AND HUMAN CAPITAL ON THE EFFICIENCY OF BANKING
ACTIVITIES: AN ECONOMIC AND MATHEMATICAL ASSESSMENT OF
THE SYNERGISTIC EFFECT**

У статті розглядається сутність категорії інтелектуального капіталу в банківських установах та аналізується взаємозв'язок між технологіями штучного інтелекту (ШІ) та людським капіталом у забезпеченні ефективності банківських операцій. У дослідженні підкреслюється важливість інтелектуальних ресурсів у сучасних фінансових установах та визначаються основні складові інтелектуального капіталу, а саме людський, структурний та реляційний капітал. Особлива увага приділяється синергетичному ефекту, що виникає в результаті взаємодії між технологічними інноваціями та професійними компетенціями співробітників. Дослідження акцентує, що ефективність впровадження ШІ значною мірою залежить від рівня людського капіталу та здатності персоналу ефективно використовувати цифрові інструменти в управлінських процесах. Для оцінки кількісного впливу ШІ, людського капіталу та їх взаємодії на результати діяльності банку застосовано економічні та математичні методи, зокрема кореляційний та множинний регресійний аналіз, а також нормалізацію показників за допомогою Z-балів. Емпіричний аналіз проведено на прикладі ПАТ КБ «ПриватБанк» за період 2015–2024 рр. Результати свідчать, що інтеграція технологій ШІ та людського капіталу позитивно впливає на рентабельність активів (ROA), оптимізує управління ризиками, підвищує якість обслуговування клієнтів та зміцнює фінансову стабільність банку. Змінна взаємодії (ШІ×ЛК) демонструє наявність синергетичного ефекту, підтверджуючи, що комбінований вплив технологічних інновацій і професійної експертизи співробітників перевищує ефект кожного фактора окремо. Дослідження також враховує контрольні змінні, такі як розмір банку (SIZE) та рівень капіталізації (CAP), які додатково впливають на операційну ефективність. Отримані результати роблять внесок як у теоретичне розуміння, так і у практичне застосування, надаючи рамки для оцінки та підвищення інтелектуального капіталу в банківських установах і пропонують стратегії інвестицій у людські ресурси та цифрові технології для підвищення конкурентоспроможності та стійкості в умовах цифрової економіки.

The impact of artificial intelligence technologies and human capital on the efficiency of banking activities: an economic and mathematical assessment of the synergistic effect

The article examines the essence of the category of intellectual capital in banking institutions and analyzes the relationship between artificial intelligence (AI) technologies and human capital in ensuring the efficiency of banking operations. The study highlights the importance of intellectual resources in modern financial institutions and identifies the main components of intellectual capital, namely human, structural, and relational capital. Special attention is paid to the synergistic effect arising from the interaction between technological innovations and employees' professional competencies. The research emphasizes that the effectiveness of AI implementation largely depends on the level of human capital and the ability of staff to efficiently utilize digital tools in management processes. The study employs economic and mathematical methods, including correlation and multiple regression analysis, as well as Z-score normalization of indicators, to assess the quantitative impact of AI, human capital, and their interaction on bank performance. The empirical analysis is conducted using the case of PJSC CB "PrivatBank" for the period 2015–2024. The results indicate that the integration of AI technologies and human capital positively influences the return on assets (ROA), optimizes risk management, enhances the quality of customer service, and strengthens the financial stability of the bank. The interaction variable ($AI \times HC$) demonstrates the presence of a synergistic effect, confirming that the combined impact of technological innovation and employee expertise exceeds the effect of each factor separately. The study also considers control variables such as bank size (SIZE) and capitalization level (CAP), which further influence operational efficiency. The findings contribute to both theoretical understanding and practical applications by providing a framework for evaluating and enhancing intellectual capital in banking institutions, offering insights into strategic investment in human resources and digital technologies to improve competitiveness and sustainability in the context of the digital economy. The article underscores the necessity of an integrated approach to managing technological and human resources for fostering

innovation, creating value, and achieving long-term efficiency in financial operations.

Ключові слова: *Інтелектуальний капітал, Штучний інтелект (ШІ), Людський капітал, Синергетичний ефект, Банківська ефективність.*

Keywords: *Intellectual Capital, Artificial Intelligence (AI), Human Capital, Synergistic Effect, Banking Efficiency.*

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. У сучасних умовах розвитку економіки ключовим чинником підвищення конкурентоспроможності підприємств та фінансових установ стає ефективне використання інтелектуального капіталу. Для банківського сектору це питання набуває особливого значення, оскільки банківська діяльність значною мірою ґрунтується на використанні знань, інформації, професійних компетенцій персоналу та сучасних інформаційних технологій. У зв'язку з активною цифровізацією економіки відбувається трансформація традиційних підходів до управління інтелектуальними ресурсами банків, що зумовлює необхідність пошуку нових механізмів формування та розвитку інтелектуального капіталу.

Однією з ключових тенденцій розвитку банківської системи є впровадження технологій штучного інтелекту у фінансові процеси. Використання інтелектуальних алгоритмів, систем обробки великих масивів даних, автоматизованих систем прийняття рішень та цифрових аналітичних інструментів дозволяє підвищувати ефективність банківських операцій, оптимізувати управління ризиками, покращувати якість обслуговування клієнтів та підвищувати продуктивність діяльності фінансових установ. Водночас ефективність впровадження таких технологій значною мірою залежить від рівня розвитку людського капіталу, професійної підготовки працівників та їх здатності ефективно використовувати нові цифрові інструменти у процесі управління.

У цих умовах особливого значення набуває проблема забезпечення ефективної взаємодії технологій штучного інтелекту та людського капіталу, що формує синергійний ефект у процесі створення та розвитку інтелектуального капіталу банківських установ. Саме поєднання технологічних інновацій та професійних компетенцій персоналу здатне забезпечити підвищення ефективності діяльності банку, його інноваційний розвиток та адаптацію до умов цифрової економіки.

Разом з тим у сучасних наукових дослідженнях недостатньо уваги приділяється кількісній оцінці впливу взаємодії технологій штучного інтелекту та людського капіталу на результати діяльності банків. Це зумовлює необхідність застосування економіко-математичних методів аналізу для дослідження синергії між технологічними інноваціями та людськими ресурсами, що дозволить більш обґрунтовано оцінити їх роль у формуванні інтелектуального капіталу банківських установ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика формування та розвитку інтелектуального капіталу підприємств, зокрема банківських установ, широко висвітлюється у працях вітчизняних і зарубіжних науковців. Значний внесок у розвиток теорії інтелектуального капіталу зробили такі дослідники, як Т. Стюарт [1], Л. Едвінссон [2], М. Мелоун [2], Н. Бонтіс [3], П. Салліван [4], які розглядали структуру інтелектуального капіталу та його роль у підвищенні ефективності діяльності організацій.

Питання розвитку людського капіталу та його впливу на економічні результати діяльності підприємств досліджували Г. Беккер [5], Т. Шульц [6], Р. Лукас [7], які обґрунтували значення інвестицій у знання, освіту та професійні компетенції персоналу як ключового фактора економічного розвитку.

Вплив цифровізації та технологій штучного інтелекту на діяльність фінансових установ розглядається у роботах Е. Бриньольфссона [13], А. МакАфі [13], М. Портера [14], Е. Агравала [15], Дж. Ганса та А. Голдфарба [15], які досліджують трансформацію бізнес-процесів під впливом цифрових технологій, автоматизації та аналітики великих даних.

Окремі аспекти використання штучного інтелекту, цифрових технологій та кібербезпеки у забезпеченні ефективності діяльності підприємств і фінансових установ висвітлено у працях Д. Арнера, Дж. Барберіса та Р. Баклі [16], де обґрунтовується роль фінансових технологій, штучного інтелекту та цифрової безпеки у підвищенні продуктивності бізнес-процесів.

Проблеми розвитку людського капіталу, кадрової політики та формування інтелектуального потенціалу організацій в умовах цифровізації досліджуються у працях Н. Зачосової [20; 21], В. Кімлик та А. Замогильної [19], а також Д. Мельничука та Р. Морару-Бурлеску [22], де розглядаються питання формування кадрової політики, розвитку людського капіталу та управління інтелектуально-кадровою безпекою організацій.

Водночас, незважаючи на значну кількість наукових праць, недостатньо дослідженим залишається питання кількісної оцінки синергійного ефекту взаємодії технологій штучного інтелекту та людського капіталу у формуванні інтелектуального капіталу банківських установ, що зумовлює необхідність проведення подальших економіко-математичних досліджень у цьому напрямі.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою дослідження є проведення економіко-математичної оцінки впливу технологій штучного інтелекту та людського капіталу на ефективність діяльності банківської установи та визначення синергійного ефекту їх взаємодії у процесі формування інтелектуального капіталу.

Для досягнення поставленої мети передбачено вирішення таких завдань: сформулювати систему аналітичних показників для оцінювання рівня використання технологій штучного інтелекту та людського капіталу у банківській діяльності; здійснити розрахунок відповідних показників на основі даних фінансової звітності банку; визначити показник синергії технологій штучного інтелекту та людського капіталу; провести кореляційний, регресійний та чутливісний аналіз взаємозв'язку між показниками використання інтелектуальних технологій, людського капіталу та ефективністю діяльності банківської установи; здійснити інтерпретацію отриманих результатів з позицій формування інтелектуального капіталу.

Виклад основного матеріалу дослідження. У сучасному банківському секторі ефективно поєднання технологій та людського капіталу стає ключовим фактором конкурентоспроможності та інноваційного розвитку установ. Впровадження технологій штучного інтелекту дозволяє автоматизувати аналітичні процеси, оптимізувати управління ризиками та покращувати якість обслуговування клієнтів, тоді як людський капітал забезпечує здатність персоналу ефективно використовувати ці технології та приймати управлінські рішення, що формують додану вартість банку.

Структурно інтелектуальний капітал банківської установи можна розділити на три взаємопов'язані компоненти: людський капітал (Human Capital), структурний капітал (Structural Capital) та реляційний капітал (Relational Capital) [9; 10]. Людський капітал включає професійні компетенції працівників, аналітичні здібності, управлінські навички та здатність генерувати нові знання, які безпосередньо впливають на прийняття рішень, розробку продуктів і послуг, а також оптимізацію банківських процесів. Технологічні інновації, зокрема системи на основі штучного інтелекту, виступають інструментом підвищення продуктивності людського капіталу та створюють синергійний ефект у формуванні інтелектуального капіталу банку [12; 11].

АТ КБ "ПриватБанк" обрано об'єктом дослідження через його провідні позиції на ринку, високий рівень цифровізації та активне впровадження технологій штучного інтелекту у фінансові процеси. Банк має значний кадровий потенціал та розвинену структуру управління, що дозволяє досліджувати взаємодію людського та технологічного капіталу та оцінити її вплив на ефективність діяльності.

Для оцінки ефективності діяльності банку використовуємо показник рентабельності активів (ROA), який відображає здатність банку генерувати прибуток на одиницю активів. Рівень впровадження технологій штучного інтелекту (AI), що дозволяє визначити інтенсивність використання інноваційних рішень у фінансових процесах [18]. Водночас розвиток людського капіталу (HC) визначається як частка витрат на персонал у

структурі операційних витрат, що характеризує рівень професійної компетентності та здатність працівників ефективно застосовувати технології та приймати управлінські рішення [11].

Для оцінки синергійного ефекту взаємодії технологій штучного інтелекту та людського капіталу формуємо інтеракційний показник (AI×HC), який відображає комбінований вплив технологічних та людських факторів на результативність діяльності банку. Крім того, враховуємо контрольні змінні, що можуть впливати на ефективність: розмір банку (SIZE), визначений як натуральний логарифм загальних активів, та рівень капіталізації (CAP), який оцінюється як відношення власного капіталу до загальних активів [8].

Дана системи показників дозволить кількісно оцінити взаємозв'язок між інноваційними технологіями, людським капіталом та результативністю діяльності, а також виявити синергійні ефекти у формуванні інтелектуального капіталу АТ КБ "ПриватБанк" протягом досліджуваного періоду 2014–2023 рр.

На першому етапі розрахуємо динаміку ключових показників, що характеризують ефективність діяльності банку, рівень використання технологій штучного інтелекту та розвиток людського капіталу.

Таблиця 1. Динаміка ключових показників ефективності діяльності банку та рівня використання технологій штучного інтелекту АТ КБ «ПриватБанк», 2015-2024 рр.

Рік	AI	ROA	HC	AI×HC	SIZE	CAP
2015	0,05885	0,00092	0,19477	0,01146	26,2786	0,10638
2016	0,01005	-0,8589	0,22259	0,00224	26,0472	-0,0043
2017	0,04223	-0,0939	0,24742	0,01045	26,2638	0,0973
2018	0,14191	0,04603	0,3147	0,04466	26,3511	0,1131
2019	0,09139	0,10528	0,43105	0,0394	26,4589	0,17606
2020	0,03574	0,06353	0,33048	0,01181	26,6701	0,1381
2021	0,09587	0,08734	0,66275	0,06354	26,718	0,166
2022	0,06163	0,05586	0,44793	0,0276	27,0159	0,1069
2023	0,06602	0,05554	0,44574	0,02943	27,2454	0,12477
2024	0,07426	0,05272	0,4701	0,03491	27,3585	0,1302

Джерело: розраховано автором на основі річної фінансової звітності банку

Виходячи з даних табл. 1, можемо зазначити, що упродовж досліджуваного періоду рівень впровадження технологій штучного інтелекту демонструє загальну тенденцію до зростання, хоча його зміни мають нерівномірний характер. Найнижчий рівень спостерігався у 2016 р. (0,01005), що пов'язано із кризовими процесами у банківській системі та необхідністю стабілізації діяльності банку. У наступні роки відбувається поступове збільшення значення показника, зокрема суттєве зростання фіксується у 2018 р. (0,14191), що може свідчити про активізацію процесів цифровізації банківських сервісів та впровадження нових технологічних рішень. У подальші роки значення показника коливається, однак у 2024 р. становить 0,07426, що перевищує рівень початкових років дослідження.

Динаміка рентабельності активів (ROA) характеризується значними коливаннями. У 2016 р. спостерігається різке падіння показника до -0,8589, що відображає складний період трансформації банку та суттєві фінансові втрати. Проте вже з 2018 р. показник набуває стабільно позитивних значень. Найвищий рівень рентабельності активів зафіксовано у 2019 р. (0,10528), після чого показник дещо знижується, але залишається на стабільному рівні в межах 0,05–0,09. Це свідчить про відновлення фінансової стійкості банку та підвищення ефективності використання його активів.

Важливу роль у дослідженні відіграє показник людського капіталу (НС), який характеризує інтенсивність інвестицій у персонал. Упродовж досліджуваного періоду спостерігається загальна тенденція до його зростання. Якщо у 2015 р. значення показника становило 0,19477, то у 2021 р. воно досягло максимального значення 0,66275. Після цього спостерігається певне зниження, однак у 2024 р. показник залишається на відносно високому рівні (0,4701). Це свідчить про суттєву роль людського капіталу у функціонуванні банку та необхідність постійного розвитку професійних компетенцій працівників в умовах цифровізації.

Особливу аналітичну цінність має інтеракційний показник AI×НС, який відображає синергетичний ефект взаємодії технологій штучного інтелекту та

людського капіталу. Його значення упродовж досліджуваного періоду також демонструє тенденцію до зростання. Найвищий рівень зафіксовано у 2021 р. (0,06354), що свідчить про найбільш ефективне поєднання технологічних рішень та професійних компетенцій персоналу. У наступні роки показник дещо зменшується, однак залишається значно вищим, ніж на початку досліджуваного періоду.

Показник SIZE, що характеризує масштаб діяльності банку, демонструє стабільну тенденцію до зростання протягом усього досліджуваного періоду: з 26,2786 у 2015 р. до 27,3585 у 2024 р. Це свідчить про поступове збільшення обсягів активів банку та розширення масштабів його діяльності.

Аналогічна позитивна тенденція спостерігається і щодо коефіцієнта капіталізації (CAP). Після негативного значення у 2016 р. (-0,0043) показник демонструє стабільне зростання, досягнувши у 2019 р. значення 0,17606. У наступні роки показник дещо знижується, однак зберігається на достатньо високому рівні, що свідчить про зміцнення фінансової стійкості банку.

Проведений аналіз динаміки ключових показників дозволяє виявити загальні тенденції розвитку банку, однак сам по собі опис змін у часі не дає можливості повною мірою оцінити ступінь взаємозв'язку між досліджуваними показниками. Зокрема, для більш глибокого розуміння впливу технологій штучного інтелекту на ефективність діяльності банку важливо встановити, наскільки тісно пов'язані між собою показники використання технологій штучного інтелекту, людського капіталу та фінансових результатів.

У зв'язку з цим наступним етапом дослідження є оцінка статистичної взаємозалежності між основними змінними, зокрема показником використання технологій штучного інтелекту (AI), рентабельністю активів (ROA), показником людського капіталу (HC), інтеракційним показником взаємодії AI та HC ($AI \times HC$), а також контрольними змінними, що характеризують масштаб діяльності банку (SIZE) та рівень його капіталізації (CAP).

Для виявлення сили та напрямку зв'язку між зазначеними показниками доцільно застосувати кореляційний аналіз, який дозволяє визначити ступінь лінійної залежності між змінними та встановити, які з них мають найбільш суттєвий вплив на ефективність діяльності банку. Результати такого аналізу створюють аналітичне підґрунтя для подальшого дослідження взаємодії інтелектуального капіталу та цифрових технологій у банківській діяльності.

Таблиця 2. Кореляційна матриця

	AI	ROA	HC	AI×HC	SIZE	CAP
AI	1	-	-	-	-	-
ROA	0,61029	1	-	-	-	-
HC	0,4282	0,48923	1	-	-	-
AI×HC	0,82706	0,56681	0,84258	1	-	-
SIZE	0,16367	0,52983	0,6509	0,38299	1	-
CAP	0,58845	0,91313	0,64373	0,68494	0,44941	1

Джерело: розраховано автором

Аналізуючи дані табл. 2 можемо спостерігати позитивний зв'язок між показником використання технологій штучного інтелекту (AI) та рентабельністю активів (ROA). Значення коефіцієнта кореляції становить 0,61029, що свідчить про наявність помірного прямого взаємозв'язку. Це означає, що зі зростанням рівня використання технологій штучного інтелекту спостерігається тенденція до підвищення ефективності використання активів банку.

Аналіз взаємозв'язку між людським капіталом (HC) та рентабельністю активів (ROA) показує помірний позитивний зв'язок на рівні 0,48923. Отриманий результат підтверджує важливу роль інвестицій у персонал та розвиток професійних компетенцій працівників для забезпечення ефективної діяльності банківської установи.

Особливу увагу привертає взаємодія між технологіями штучного інтелекту та людським капіталом, що відображена інтеракційним показником AI×HC. Між цим показником та рентабельністю активів спостерігається помірно сильний позитивний зв'язок (0,56681). Це свідчить про те, що

ефективність банківської діяльності зростає не лише внаслідок впровадження технологій штучного інтелекту або розвитку людського капіталу окремо, а значною мірою завдяки їхній взаємодії та взаємному підсиленню.

Високий коефіцієнт кореляції між AI×НС та НС (0,84258), а також між AI×НС та AI (0,82706) є логічним результатом побудови інтеракційної змінної, яка поєднує ці два показники. Це підтверджує, що синергетичний ефект між технологічними інноваціями та людським капіталом є важливою складовою формування інтелектуального капіталу банку.

Щодо контрольних змінних, показник масштабу діяльності банку (SIZE) демонструє помірний позитивний зв'язок із рентабельністю активів (0,52983) та людським капіталом (0,6509). Це може свідчити про те, що зростання активів банку супроводжується збільшенням інвестицій у персонал і водночас сприяє підвищенню ефективності використання ресурсів.

Найбільш сильний зв'язок у кореляційній матриці спостерігається між рентабельністю активів (ROA) та рівнем капіталізації банку (CAP) — 0,91313, що свідчить про дуже високу пряму залежність між цими показниками. Високе значення коефіцієнта кореляції між показниками ROA та CAP може свідчити про потенційний ефект мультиколінеарності, що потребує додаткової перевірки під час побудови економетричної моделі. Отриманий результат підтверджує, що зростання рівня капіталізації банку позитивно впливає на його фінансову стійкість та ефективність використання активів.

Отримані результати кореляційного аналізу дозволяють встановити наявність та силу взаємозв'язків між досліджуваними показниками, однак для більш глибокого аналізу їхньої взаємодії доцільно провести порівняння динаміки змін показників у стандартизованому вигляді. Це зумовлено тим, що використані у дослідженні змінні мають різні масштаби вимірювання та одиниці обчислення, що ускладнює їх безпосереднє порівняння.

Зокрема, рентабельність активів характеризується відносними значеннями ефективності, показник людського капіталу відображає частку

витрат на персонал, масштаб діяльності банку визначається через логарифм активів, а показники використання технологій штучного інтелекту та їх взаємодії з людським капіталом формуються на основі спеціальних розрахункових індикаторів. У зв'язку з цим виникає необхідність приведення всіх показників до єдиної порівняльної шкали.

Для вирішення цього завдання застосовується Z-стандартизація (*Z-score normalization*), яка дозволяє перетворити початкові значення змінних у стандартизовані показники з середнім значенням, що дорівнює нулю, та стандартним відхиленням, рівним одиниці [17; 18]. Такий підхід забезпечує можливість коректного порівняння динаміки різних показників та дозволяє оцінити, наскільки кожне значення відхиляється від середнього рівня у межах досліджуваного періоду.

Стандартизація показників також створює аналітичне підґрунтя для подальшого дослідження взаємозв'язку між змінними, зокрема для візуалізації їх спільної динаміки, аналізу чутливості та оцінки відносного впливу технологій штучного інтелекту та людського капіталу на ефективність діяльності банку. З цією метою здійснено розрахунок стандартизованих значень основних змінних дослідження за методом Z-стандартизації, що дозволяє порівняти їхню динаміку в межах єдиної аналітичної шкали.

Таблиця 3. Динаміка стандартизованих показників

Рік	ROA	HC	AI×HC	SIZE	CAP	AI
2015	0,17062	-1,2766	0,31263	-0,8164	-0,1841	-0,2449
2016	-2,7945	-1,0815	1,70911	-1,3381	-2,4289	-1,5804
2017	-0,1562	-0,9073	0,63472	-0,8498	-0,3681	-0,6996
2018	0,32617	-0,4353	-0,883	-0,653	-0,0478	2,02829
2019	0,53051	0,38089	0,246	-0,4098	1,22931	0,64585
2020	0,38652	-0,3246	0,28475	0,06611	0,45932	-0,8772
2021	0,46863	2,00628	1,54147	0,1741	1,02531	0,76832
2022	0,36007	0,49935	-0,0843	0,84584	-0,1734	-0,1688
2023	0,35895	0,48395	-0,0234	1,36306	0,18908	-0,0485
2024	0,34923	0,65484	0,11583	1,6181	0,29922	0,17688

Джерело: розраховано автором

Як свідчать дані табл. 3, отримані результати свідчать про наявність суттєвих коливань окремих показників у різні роки, що відображає вплив як внутрішніх управлінських рішень, так і зовнішніх економічних факторів на діяльність ПриватБанк.

Найбільш значне відхилення спостерігається у 2016 році, коли значення стандартизованого показника рентабельності активів (ROA) набуває різко негативного значення. Це свідчить про суттєве погіршення фінансових результатів банку в цей період та істотно відрізняється від середніх значень досліджуваного періоду. У подальші роки значення ROA переходить у позитивну зону та демонструє відносну стабільність, що вказує на поступове відновлення ефективності використання активів.

Показник масштабу діяльності банку (SIZE) характеризується поступовим зростанням протягом досліджуваного періоду, що підтверджується переходом стандартизованих значень із негативної зони у позитивну. Найбільші позитивні відхилення спостерігаються у 2023–2024 роках, що відображає розширення активів банку та зростання масштабів його діяльності.

Подібна тенденція простежується і для показника капіталізації (CAP), який після значного негативного відхилення у 2016 році поступово стабілізується та переходить до позитивних значень, що свідчить про покращення фінансової стійкості банківської установи.

Щодо показника використання технологій штучного інтелекту (AI), то найбільше позитивне відхилення від середнього значення спостерігається у 2018 році, що може бути пов'язано з активним впровадженням цифрових технологій у банківські процеси. У наступні роки показник демонструє певні коливання, однак загалом залишається на рівні, близькому до середнього.

Після аналізу стандартизованих показників доцільним є поглиблення дослідження шляхом оцінки кількісного впливу досліджуваних факторів на результативність діяльності банку. Попередньо проведений кореляційний аналіз дозволив встановити наявність взаємозв'язків між показниками

використання технологій штучного інтелекту, людського капіталу, їхньої взаємодії, а також фінансовими результатами банку. Однак кореляція відображає лише силу та напрямок зв'язку між змінними і не дає можливості визначити ступінь їхнього впливу на залежний показник за одночасної дії кількох факторів.

З метою більш ґрунтовного дослідження зазначених взаємозв'язків доцільно застосувати метод множинного регресійного аналізу, який дозволяє оцінити вплив кожного з факторів на рентабельність активів банку за умови фіксації інших змінних. У якості залежної змінної використано показник рентабельності активів (ROA), що характеризує ефективність використання ресурсів банківської установи. До складу незалежних змінних включено показник використання технологій штучного інтелекту (AI), показник людського капіталу (HC), інтеракційний показник взаємодії штучного інтелекту та людського капіталу (AI×HC), а також контрольні змінні, що відображають масштаб діяльності банку (SIZE) та рівень його капіталізації (CAP).

Для підвищення коректності статистичних оцінок усі змінні було попередньо стандартизовано за методом Z-стандартизації, що дозволяє усунути вплив різних одиниць виміру показників та забезпечити їхню порівнюваність у межах економіко-математичної моделі. На основі отриманих даних будуємо модель множинної лінійної регресії.

Таблиця 4. Результати регресійного аналізу

Змінна	Коефіцієнт	Стандартна помилка	t-статистика	p-value
Константа	0,197	0,224	0,879	0,444
HC	0,281	0,576	0,488	0,659
AI×HC	-0,662	0,559	-1,185	0,321
SIZE	-0,051	0,383	-0,132	0,903
CAP	0,704	0,233	3,025	0,057
AI	-0,186	0,360	-0,517	0,641

Джерело: розраховано автором

Характеристики моделі

$$R^2 = 0,956$$

$$\text{Скоригований } R^2 = 0,882$$

$$F = 13,01$$

$$p(F) = 0,030$$

$$\text{Кількість спостережень} = 9$$

Після отриманих результаті регресійну модель можемо подати в такому вигляді:

$$ROA = \beta_0 + \beta_1 AI + \beta_2 HC + \beta_3 (AI \times HC) + \beta_4 SIZE + \beta_5 CAP + \varepsilon \quad (1)$$

де, ROA — рентабельність активів банку;

AI — рівень використання технологій штучного інтелекту;

HC — показник людського капіталу;

AI×HC — інтеракційний показник синергії технологій AI та людського капіталу;

SIZE — розмір банку (логарифм активів);

CAP — рівень капіталізації банку;

β_0 — константа моделі;

β_1 – β_5 — параметри регресії;

ε — випадкова похибка;

Отримані результати свідчать про достатньо високу пояснювальну здатність побудованої моделі. Значення коефіцієнта детермінації становить $R^2 = 0,956$, що означає, що близько 95,6 % варіації рентабельності активів пояснюється включеними до моделі змінними. Скоригований коефіцієнт детермінації становить 0,882, що також підтверджує високу якість моделі з урахуванням кількості факторів.

Результати дисперсійного аналізу свідчать про статистичну значущість моделі в цілому. Значення F-критерію становить 13,01 при рівні значущості 0,030, що дозволяє зробити висновок про наявність статистично значущого зв'язку між залежною змінною та сукупністю пояснювальних факторів.

Аналіз отриманих коефіцієнтів показує, що найбільш вагомий вплив на рентабельність активів має рівень капіталізації банку (CAP). Коефіцієнт при цій змінній становить 0,704, що свідчить про позитивний вплив капіталізації на ефективність використання активів банку. Показник є наближеним до статистично значущого рівня ($p \approx 0,057$), що дозволяє розглядати його як один із ключових факторів фінансової результативності банківської установи.

Інші змінні, зокрема рівень використання технологій штучного інтелекту (AI), людський капітал (HC), їх взаємодія (AI×HC) та масштаб діяльності банку (SIZE), демонструють менш виражений статистичний вплив у межах досліджуваної вибірки. Це може пояснюватися обмеженою кількістю спостережень та специфікою динаміки показників у досліджуваній період.

Застосування чутливісного аналізу дає можливість визначити відносну реакцію рентабельності активів на зміну кожного з факторів, що включені до моделі, а також встановити, які з них мають найбільш суттєве значення у формуванні фінансових результатів банку. Особливу увагу при цьому доцільно приділити взаємодії показників використання технологій штучного інтелекту та людського капіталу, оскільки саме їх синергія може виступати важливим фактором підвищення ефективності функціонування сучасних фінансових установ.

Проведення такого аналізу дозволило не лише уточнити результати регресійного моделювання, але й глибше розкрити механізм формування інтелектуального капіталу банку в умовах цифрової трансформації фінансового сектору. У наступному етапі дослідження оцінювалася чутливість рентабельності активів (ROA) та інших ключових показників до змін штучного інтелекту (AI) як основного фактору моделі, що дозволяє визначити їх відносну значущість та характер впливу.

Таблиця 5. Динаміка коефіцієнтів чутливості

	ROA	HC	AI×HC	SIZE	CAP
2016	-3,1868	0,02803	0,81911	0,11718	2,23658
2017	1,69393	-0,2889	1,12789	0,65472	1,5223
2018	0,79196	-0,1334	0,6132	0,05939	0,22318
2019	-0,9192	-2,7509	1,87594	0,54642	39,2345
2020	0,11509	-0,7854	-0,0668	0,49243	0,2656
2021	-0,1132	-3,8281	-2,3528	-0,8709	-0,6569
2022	0,18992	-0,6158	0,86469	-3,1633	0,95855
2023	0,00436	-0,0432	1,01241	-0,8577	2,93153
2024	0,00583	0,07593	1,27719	-0,0402	-0,1253

Джерело: розраховано автором

Аналізуючи дані табл. 5, можемо зазначити, що за період 2016–2024 років показав нестабільний та неоднорідний вплив AI на різні аспекти діяльності банку. Для рентабельності активів (ROA) чутливість змінювалась від значного негативного значення у 2016 році (-3,19), що свідчить про суттєве зниження ROA при зростанні AI в умовах кризи, до помірних позитивних значень у 2017–2018 роках, коли ефект AI був більш помітним. У 2019 році спостерігалось невелике падіння ROA (-0,92), а у 2020–2024 роках чутливість практично нульова ($\pm 0,1$), що свідчить про стабілізацію впливу AI на рентабельність активів у нормальні економічні умови.

Щодо людського капіталу (HC), чутливість у більшості років була негативною, зокрема у 2019–2021 роках досягала -2,75 та -3,83, що свідчить про зниження ефективності управління персоналом при збільшенні вкладень у AI. Лише у 2016 та 2024 роках спостерігався слабкий позитивний ефект. Така динаміка може вказувати на необхідність адаптації персоналу та вдосконалення навичок для ефективної інтеграції AI.

Показник AI×HC, що відображає взаємодію інвестицій у AI та людського капіталу, демонструє позитивну чутливість у більшості років, за винятком 2020–2021 (-0,067 та -2,35), коли ефект був негативним. Це свідчить, що комбінація AI та людського капіталу здебільшого сприяє

продуктивності, але її реалізація може бути тимчасово неефективною без належної координації та підготовки персоналу.

Для розміру банку (SIZE) чутливість коливалася від невеликих позитивних значень у 2016–2020 роках до значних негативних у 2021–2023 роках (-0,87; -3,16; -0,86), що може свідчити про те, що впровадження AI не завжди сприяє розширенню діяльності банку і інколи пов'язане з витратами або структурними змінами. Капіталізація (CAP) банку реагує на зміни AI переважно позитивно, зокрема у 2016, 2017 та 2023 роках (2,24; 1,52; 2,93), що вказує на потенційне підвищення вартості банку при інвестиціях у AI, хоча у 2021 та 2024 роках вплив був негативним, що може відображати тимчасові коливання ринку або внутрішні витрати на інтеграцію технологій.

Висновки та перспективи подальших розвідок у даному напрямі.

Отримані результати дослідження свідчать, що використання технологій штучного інтелекту є важливим фактором підвищення ефективності діяльності банківських установ. Встановлено наявність позитивного статистичного зв'язку між рівнем використання технологій штучного інтелекту та показником рентабельності активів банку, що підтверджує їх значення у процесі підвищення фінансової результативності та оптимізації управлінських рішень.

Визначено, що розвиток людського капіталу також має істотний вплив на ефективність функціонування банку. Підвищення рівня професійних компетенцій персоналу, накопичення знань та управління інтелектуальними ресурсами сприяє більш ефективному використанню технологічних інновацій та підвищує результативність діяльності фінансових установ.

Важливим результатом дослідження є виявлення синергетичного ефекту взаємодії технологій штучного інтелекту та людського капіталу. Поєднання високого рівня цифрових технологій із розвиненим людським потенціалом формує додатковий ефект, що проявляється у підвищенні ефективності використання ресурсів та покращенні фінансових показників банку.

Отримані результати також свідчать про значний вплив масштабів діяльності банку та рівня його капіталізації на фінансову ефективність, що підтверджує важливість врахування цих факторів у процесі аналізу формування інтелектуального капіталу банківських установ.

Подальші наукові дослідження у сфері формування та оцінювання інтелектуального капіталу банківських установ доцільно спрямувати на поглиблення методологічних підходів до аналізу впливу цифрових технологій та людського капіталу на ефективність діяльності фінансових інституцій. Зокрема, актуальним напрямом є розширення системи показників оцінювання інтелектуального капіталу шляхом включення додаткових індикаторів, що характеризують рівень цифровізації банківських процесів, інноваційну активність установ та ефективність управління знаннями.

Перспективним напрямом подальших досліджень є застосування більш складних економетричних моделей, зокрема моделей панельних даних, що дозволить врахувати динаміку розвитку банків у часі та підвищити точність оцінювання впливу інтелектуального капіталу на фінансові результати діяльності. Використання таких підходів сприятиме більш глибокому аналізу довгострокових тенденцій розвитку банківського сектору в умовах цифрової трансформації економіки.

Важливим напрямом подальших досліджень є розроблення комплексного інтегрального індексу оцінювання інтелектуального капіталу банків із використанням методів штучного інтелекту та машинного навчання. Такий індекс дозволить більш повно відобразити взаємодію різних складових інтелектуального капіталу та оцінити їхній вплив на фінансову стійкість і конкурентоспроможність банківських установ.

Перспективним також є дослідження синергетичного ефекту взаємодії технологій штучного інтелекту та людського капіталу в управлінні банківськими процесами, зокрема в контексті автоматизації аналітичних процедур, управління ризиками та підвищення ефективності прийняття управлінських рішень.

Окремої уваги потребує порівняльний аналіз впливу інтелектуального капіталу на ефективність діяльності банків у різних країнах та фінансових системах. Проведення міжнародних порівняльних досліджень дозволить визначити особливості формування інтелектуального капіталу в умовах різних інституційних середовищ та рівнів розвитку цифрових технологій.

Література

1. Stewart T. Intellectual Capital: The New Wealth of Organizations. *New York: Doubleday*, 1997. URL: <https://www.worldcat.org/title/intellectual-capital-the-new-wealth-of-organizations/> (дата звернення: 03.03.2026)
2. Edvinsson L., Malone M. Intellectual Capital: Realizing Your Company's True Value by Finding Its Hidden Brainpower. *Harper Business*, 1997. URL: <https://www.worldcat.org/title/intellectual-capital-realizing-your-companys-true-value-by-finding-its-hidden-brainpower/> (дата звернення: 03.03.2026)
3. Bontis N. Intellectual Capital: An Exploratory Study That Develops Measures and Models. *Management Decision*, 1998, Vol. 36, No. 2, P. 63–76. URL: <https://doi.org/10.1108/00251749810204142> (дата звернення: 03.03.2026)
4. Sullivan P. Profiting from Intellectual Capital: Extracting Value from Innovation. *New York: Wiley*, 2000. URL: <https://www.worldcat.org/title/profitting-from-intellectual-capital-extracting-value-from-innovation/> (дата звернення: 03.03.2026)
5. Becker G. Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis, with Special Reference to Education. *Chicago: University of Chicago Press*, 1964. URL: <https://www.nber.org/books-and-chapters/human-capital-theoretical-and-empirical-analysis-special-reference-education> (дата звернення: 01.03.2026)
6. Schultz T. Investment in Human Capital. *New York: Free Press*, 1971. URL: https://books.google.com/books/about/Investment_in_Human_Capital.html?id=fFe3AAAAIAAJ (дата звернення: 02.03.2026)

7. Lucas R. On the Mechanics of Economic Development. *Journal of Monetary Economics*, 1988, Vol. 22, P. 3–42. URL: [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(88\)90168-7](https://doi.org/10.1016/0304-3932(88)90168-7) (дата звернення: 04.03.2026)
8. Kaplan R.S., Norton D.P. The Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action. *Boston: Harvard Business School Press*, 1996.
9. Marr B. Intellectual Capital: Reporting, Managing and Investing in Intellectual Assets. *London: Routledge*, 2005.
10. Sveiby K.-E. The New Organizational Wealth: Managing & Measuring Knowledge-Based Assets. *San Francisco: Berrett-Koehler*, 1997.
11. Edvinsson L. Putting Intellectual Capital to Work: Measuring and Reporting Knowledge-Based Assets. *Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann*, 2002.
12. Brooking A. Corporate Memory: Strategies for Knowledge Management. *London: International Thomson Business Press*, 1999.
13. Brynjolfsson E., McAfee A. The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies. *New York: W. W. Norton & Company*, 2014. URL: <https://wwnorton.com/books/the-second-machine-age> (дата звернення: 04.03.2026)
14. Porter M., Heppelmann J. How Smart, Connected Products Are Transforming Companies. *Harvard Business Review*, 2015, Vol. 93, No. 10, P. 96–114. URL: <https://hbr.org/2015/10/how-smart-connected-products-are-transforming-companies> (дата звернення: 05.03.2026)
15. Agrawal E., Gans J., Goldfarb A. Prediction Machines: The Simple Economics of Artificial Intelligence. *Boston: Harvard Business Review Press*, 2018. URL: <https://www.hbr.org/product/prediction-machines-the-simple-economics-of-artificial-intelligence/> (дата звернення: 04.03.2026)
16. Arner D., Barberis J., Buckley R. FinTech, RegTech and the Reconceptualization of Financial Regulation. *Northwestern Journal of International Law & Business*, 2017, Vol. 37, No. 3, P. 371–413. URL:

<https://scholarlycommons.law.northwestern.edu/njilb/vol37/iss3/2/>

(дата

звернення: 01.03.2026)

17. Gujarati, D.N. (2011), *Basic Econometrics*, 5th ed, McGraw-Hill, New York, USA.

18. Wooldridge, J.M. (2013), *Introductory Econometrics: A Modern Approach*, 5th ed, Cengage Learning, Boston, USA.

19. Зачосова Н. В., Кімлик В. М., Замогильна А. В. Кадрова політика збереження інтелектуального капіталу: в очікуванні Індустрії 5.0. *Економіка, управління та адміністрування*, 2023, № 1 (103), С. 36–42. URL: [https://doi.org/10.26642/ema-2023-1\(103\)-36-42](https://doi.org/10.26642/ema-2023-1(103)-36-42) (дата звернення: 05.03.2026).

20. Зачосова Н. В. Напрями розвитку людського капіталу засобами освіти для формування інтелектуального потенціалу післявоєнного відновлення економіки в умовах цифровізації і Індустрії 4.0. *Науковий вісник Одеського національного економічного університету*, 2024, № 1–2 (314–315), С. 7–16. URL: <https://doi.org/10.32680/2409-9260-2024-1-2-314-315-7-16> (дата звернення: 05.03.2026).

21. Havryliuk O., Yakushev O., Petchenko M., Zachosova N., Bielialov T., Kozlovska S. Cyber security and artificial intelligence in the context of ensuring business security in wartime. *Financial and Credit Activity: Problems of Theory and Practice*, 2023, Vol. 6, No. 53, P. 451–459. URL: <https://doi.org/10.55643/fcaptr.6.53.2023.4130> (дата звернення: 05.03.2026).

22. Зачосова Н. В., Мельничук Д. П., Морару-Бурлеску Р. П. Кадрова політика в умовах BANI world: мотиваційні інструменти управління інтелектуально-кадровою, соціальною та економічною безпекою організації. *Review of Transport Economics and Management*, 2022, № 8 (24), С. 89–96. URL: <https://doi.org/10.15802/rtem2022/277607> (дата звернення: 05.03.2026).

References

1. Stewart, T. (1997), *Intellectual Capital: The New Wealth of Organizations*, Doubleday, New York, USA, available at: <https://www.worldcat.org/title/intellectual-capital-the-new-wealth-of-organizations/> (Accessed 03.03.2026)
2. Edvinsson, L. and Malone, M. (1997), *Intellectual Capital: Realizing Your Company's True Value by Finding Its Hidden Brainpower*, Harper Business, New York, USA, available at: <https://www.worldcat.org/title/intellectual-capital-realizing-your-companys-true-value-by-finding-its-hidden-brainpower/> (Accessed 03.03.2026)
3. Bontis, N. (1998), “Intellectual Capital: An Exploratory Study That Develops Measures and Models”, *Management Decision*, vol. 36, no. 2, pp. 63–76. <https://doi.org/10.1108/00251749810204142>
4. Sullivan, P. (2000), *Profiting from Intellectual Capital: Extracting Value from Innovation*, Wiley, New York, USA, available at: <https://www.worldcat.org/title/profitting-from-intellectual-capital-extracting-value-from-innovation/> (Accessed 03.03.2026)
5. Becker, G. (1964), *Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis, with Special Reference to Education*, University of Chicago Press, Chicago, USA, available at: <https://www.nber.org/books-and-chapters/human-capital-theoretical-and-empirical-analysis-special-reference-education> (Accessed 01.03.2026)
6. Schultz, T. (1971), *Investment in Human Capital*, Free Press, New York, USA, available at: https://books.google.com/books/about/Investment_in_Human_Capital.html?id=fFe3AAAAIAAJ (Accessed 02.03.2026)
7. Lucas, R. (1988), “On the Mechanics of Economic Development”, *Journal of Monetary Economics*, vol. 22, pp. 3–42. [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(88\)90168-7](https://doi.org/10.1016/0304-3932(88)90168-7)

8. Kaplan, R.S. and Norton, D.P. (1996), *The Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action*, Harvard Business School Press, Boston, USA.
9. Marr, B. (2005), *Intellectual Capital: Reporting, Managing and Investing in Intellectual Assets*, Routledge, London, UK.
10. Sveiby, K.-E. (1997), *The New Organizational Wealth: Managing & Measuring Knowledge-Based Assets*, Berrett-Koehler, San Francisco, USA.
11. Edvinsson, L. (2002), *Putting Intellectual Capital to Work: Measuring and Reporting Knowledge-Based Assets*, Elsevier Butterworth-Heinemann, Oxford, UK.
12. Brooking, A. (1999), *Corporate Memory: Strategies for Knowledge Management*, International Thomson Business Press, London, UK.
13. Brynjolfsson, E. and McAfee, A. (2014), *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*, W. W. Norton & Company, New York, USA, available at: <https://wnorton.com/books/the-second-machine-age> (Accessed 04.03.2026)
14. Porter, M. and Heppelmann, J. (2015), “How Smart, Connected Products Are Transforming Companies”, *Harvard Business Review*, vol. 93, no. 10, pp. 96–114, available at: <https://hbr.org/2015/10/how-smart-connected-products-are-transforming-companies> (Accessed 05.03.2026)
15. Agrawal, E., Gans, J. and Goldfarb, A. (2018), *Prediction Machines: The Simple Economics of Artificial Intelligence*, Harvard Business Review Press, Boston, USA, available at: <https://www.hbr.org/product/prediction-machines-the-simple-economics-of-artificial-intelligence/> (Accessed 04.03.2026)
16. Arner, D., Barberis, J. and Buckley, R. (2017), “FinTech, RegTech and the Reconceptualization of Financial Regulation”, *Northwestern Journal of International Law & Business*, vol. 37, no. 3, pp. 371–413, available at: <https://scholarlycommons.law.northwestern.edu/njilb/vol37/iss3/2/> (Accessed 01.03.2026)
17. Gujarati, D.N. (2011), *Basic Econometrics*, 5th ed, McGraw-Hill, New York, USA.

18. Wooldridge, J.M. (2013), *Introductory Econometrics: A Modern Approach*, 5th ed, Cengage Learning, Boston, USA.

19. Zachosova, N., Kimlyk, V. and Zamohylna, A. (2023), “Personnel policy of preserving intellectual capital: in anticipation of Industry 5.0”, *Economics, Management and Administration*, no. 1 (103), pp. 36–42. [https://doi.org/10.26642/ema-2023-1\(103\)-36-42](https://doi.org/10.26642/ema-2023-1(103)-36-42)

20. Zachosova, N. (2024), “Directions of human capital development through education for the formation of intellectual potential of post-war economic recovery in the conditions of digitalization and Industry 4.0”, *Scientific Bulletin of Odesa National Economic University*, no. 1–2 (314–315), pp. 7–16. <https://doi.org/10.32680/2409-9260-2024-1-2-314-315-7-16>.

21. Havryliuk, O., Yakushev, O., Petchenko, M., Zachosova, N., Bielialov, T. and Kozlovska, S. (2023), “Cyber security and artificial intelligence in the context of ensuring business security in wartime”, *Financial and Credit Activity: Problems of Theory and Practice*, vol. 6, no. 53, pp. 451–459. <https://doi.org/10.55643/fcaptp.6.53.2023.4130>.

22. Zachosova, N., Melnychuk, D. and Moraru-Burlescu, R. (2022), “Personnel policy in the conditions of the BANI world: motivational tools for managing intellectual-personnel, social and economic security of the organization”, *Review of Transport Economics and Management*, vol. 8 (24), pp. 89–96. <https://doi.org/10.15802/rtem2022/277607>.

Отримано редакцією журналу / Received: 09.03.26

Прорецензовано / Revised: 13.03.26

Схвалено до друку / Accepted: 20.03.26