



Економіка третинного сектору

Шах Махмуд ВАҒАН,
Сідра СІДРА

**ВПЛИВ ДОСЛІДЖЕНЬ
У СФЕРІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ,
ВЕНЧУРНИХ ІНВЕСТИЦІЙ
ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ШІ-ТЕХНОЛОГІЙ
НА ПРОДУКТИВНІСТЬ:
БАГАТОКРАЇННИЙ АНАЛІЗ
ПАНЕЛЬНИХ ДАНИХ**

Резюме

Штучний інтелект є найважливішою технологічною розробкою XXI ст., що трансформує бізнеси й економіки. У роботі досліджено, як венчурні інвестиції, наукові публікації у сфері штучного інтелекту та впровадження ШІ впливають на загальну факторну продуктивність (TFP). Аналіз проводився на основі панельних даних з 14 країн у період з 2013 по 2023 рр. з використанням економетричної моделі фіксованих ефектів. Таким чином, виявлено позитивний вплив венчурних інвестицій, результатів досліджень у галузі та впровадження технологій ШІ на загальну факторну продуктивність, найбільший внесок припадає саме на останній фактор. Ці дані демонструють, що для впровадження інновацій у сфері штучного інтелекту необхідно розвивати

© Шах Махмуд Ваган, Сідра Сідра, 2024.

Ваган Шах Махмуд, аспірант бізнес-школи, Сичуанський університет Ченду, провінція Сичуань, Китай. ORCID: 0009-0003-0449-2655. Е-мейл: shah.mehmood04@outlook.com
Сідра Сідра, Магістрант бізнес-школи, Сичуанський університет Ченду, провінція Сичуань, Китай. ORCID: 0009-0003-1689-3296. Е-мейл: sidra_scu@outlook.com

потужну екосистему венчурного капіталу, проводити науково-дослідні роботи і розповсюджувати технології штучного інтелекту в галузях промисловості.

Ключові слова:

загальна факторна продуктивність, венчурний капітал (інвестиції), дослідження ШІ, впровадження ШІ, технологічні інновації, панельні дані, модель фіксованих ефектів.

Класифікація за JEL: O33, G24, C23, O47.

5 рисунків, 11 таблиць, 30 джерел літератури.

Постановка проблеми

Штучний інтелект є основною серед технологій XXI ст., які сьогодні трансформують галузі, діяльність компаній і навіть цілі економіки. Ця революція відбувається завдяки інтеграції технологій штучного інтелекту, у т. ч. машинного навчання, робототехніки, обробки природної мови й комп'ютерного зору, через автоматизацію завдань, покращення процесів прийняття рішень і кращу оптимізацію управління ресурсами компаній. Чим більша інтеграція ШІ в економіку та його вплив на продуктивність, тим важливіше розуміти рушійні сили. Загальна факторна продуктивність (надалі в тексті: TFP) відображає ефективність, з якою вхідні ресурси, такі як праця і капітал, трансформуються у вихідну продукцію, а отже, є важливим показником економічної ефективності та конкурентоспроможності. З огляду на трансформаційний потенціал ШІ зростає інтерес до вивчення того, як інвестиції в цю сферу, результати досліджень і впровадження технологій ШІ впливають на зростання продуктивності. Підвищення продуктивності – одне з найважливіших джерел довгострокового економічного зростання й конкурентоспроможності. Однак, хоча ШІ й вважається рушійною силою підвищення продуктивності, в різних країнах і галузях динаміка, яку він демонструє, різниться. Розвинені країни, (США, Китай і члени Європейського Союзу) були першими, хто впровадив

технології штучного інтелекту завдяки своєму потужному дослідницькому потенціалу, добре розвиненим екосистемам венчурного капіталу та загальній сформованій інноваційній інфраструктурі. На відміну від них, більшість країн з економікою, що розвивається, не змогли скористатися перевагами технологій ШІ для підвищення продуктивності через високі витрати, брак технічної експертизи й нерозвиненість інфраструктури. Ці прогалини піднімають фундаментальні питання на рівні держав про шляхи більш ефективного стимулювання інновацій у сфері ШІ та розподілу переваг від впровадження ШІ між галузями та регіонами.

Венчурний капітал відіграє важливу роль як у розвитку, так і в комерціалізації технологій штучного інтелекту. Венчурні фірми інвестують фінансові ресурси та надають стратегічне консультування, що дає змогу стартапам і компаніям на ранніх стадіях розвитку успішно виводити інноваційні технології ШІ на ринок. Венчурні інвестори забезпечують фінансування компаній, які займаються ШІ, що прискорює технологічний прогрес, потенційно сприяючи значному підвищенню продуктивності в багатьох секторах економіки. Дійсно, згідно з попередніми дослідженнями, компанії, які отримують підтримку венчурних інвесторів, частіше асоціюються з проривними технологіями та швидким зростанням на ринку. Однак питання про те, наскільки інвестиції венчурних фондів у підприємства, пов'язані зі штучним інтелектом, сприяють підвищенню продуктивності на макроекономічному рівні, залишається відносно недослідженим.

Проте, окрім венчурних інвестицій, наукові публікації в галузі ШІ є ключовим рушієм інновацій, а також технологічного вдосконалення. Результати оптимізованих дослідницьких робіт зі штучного інтелекту у вигляді нових алгоритмів, методів, інструментів і додатків, що виходять з академічних установ, приватних компаній і державних дослідницьких організацій, дають змогу компаніям оптимізувати свою діяльність і підвищити якість продукції за менших витрат. Країна, яка інвестує значні кошти в дослідження в галузі ШІ й поглиблює співпрацю між академічними та промисловими суб'єктами, швидше за все, отримає вигоду від технологій ШІ в плані підвищення продуктивності. Останній важливий фактор – це способи розповсюдження та впровадження технологій ШІ в різних секторах економіки. Дійсно, інновації в галузі штучного інтелекту можуть створювати велику цінність, але для того, щоб її реалізувати, такі інновації мають бути міцно інтегровані в бізнес-процеси й операції. Перші компанії, які впровадили технології штучного інтелекту, особливо в таких галузях, як фінанси, охорона здоров'я та виробництво, вже добре продемонстрували ті можливості, які він може надати для підвищення продуктивності (Rana et al., 2024). Однак темпи імплементації штучного інтелекту в окремих галузях суттєво різняться, і не кожна компанія здатна впровадити його через високу вартість, брак технічного досвіду й проблеми, пов'язані з втратою робочих місць. Тому розуміння рушійних сил і впливу впровадження ШІ на продуктивність має вирішальне значення для політиків і бізнес-лідерів, які прагнуть максимізувати економічні вигоди від ШІ (Romao et al., 2019).

Метою наукової статті є аналіз впливу досліджень у сфері ШІ, венчурних інвестицій та впровадження технологій штучного інтелекту на продуктивність. Аналіз панельних даних низки країн – дослідження взаємозв'язку між венчурними інвестиціями та результатами досліджень у сфері ШІ, а також впровадженням технологій штучного інтелекту і їхнього сукупного впливу на загальну факторну продуктивність у різних країнах світу. Хоча в статті визнається велика роль місійного капіталу у фінансуванні стартапів у сфері штучного інтелекту, що стимулює інновації, фактичний вплив на продуктивність значною мірою опосередкований тим, наскільки добре такі технології впроваджуються в різних галузях. Зокрема, у статті підкреслюється, що імплементація технологій ШІ демонструє найбільш ефективний внесок у TFP, а це означає, що для повного розкриття його потенціалу необхідна набагато глибша інтеграція ШІ в методи роботи комерційних підприємств. У доповіді також йдеться про критичні прогалини у розумінні різного впливу штучного інтелекту на розвинені країни та країни з економікою, що розвивається. У дослідженні зазначено, що країни з розвинутою економікою, такі як США та Китай, використовують свої потужні дослідницькі можливості й екосистему венчурного капіталу для ефективного використання переваг штучного інтелекту для підвищення продуктивності праці. З іншого боку, у більшості країн, що розвиваються, різноманітні фактори, зокрема високі витрати на впровадження та недостатній рівень розвитку технологій, перешкоджають використанню переваг ШІ. У зв'язку з цим виникає необхідність розробки політичних механізмів для поширення інновацій і підвищення продуктивності в різних економічних середовищах.

Головні висновки дослідження для політиків і бізнес-лідерів охоплюють такі позиції. Результати вказують на те, що країни мають зосередитися на політиці створення сприятливої інноваційної екосистеми для підтримки розвитку ШІ, оскільки венчурні інвестиції в дослідження в галузі ШІ та його впровадження є продуктивними (Bhaskaran, 2024). Уряди можуть стимулювати інвестиції венчурного капіталу в ШІ за допомогою податкових пільг для залучення таких інвестицій, зниження регуляторних бар'єрів і державно-приватного партнерства. Можливою є додаткова стимуляція – через збільшення інвестицій у дослідження штучного інтелекту й сприяння переходу від теорії до практичного застосування (Serban & Lytras, 2020). Нарешті, загальне поширення технологій штучного інтелекту, особливо у відсталих секторах економіки, має важливе значення для реалізації його повних переваг з метою підвищення продуктивності економіки.

У наступних розділах викладено гіпотези та проведено емпіричний аналіз впливу венчурного капіталу, досліджень у галузі ШІ та впровадження ШІ на TFP, який слідує за аналізом відповідної літератури з цих питань. Крім цього, у дослідженні розглянуто висновки для політиків і надано рекомендації щодо майбутніх досліджень ролі ШІ у підвищенні економічної продуктивності.

Огляд літератури

TFP вважається одним з найкращих показників економічної ефективності, оскільки він відображає продуктивність використання ресурсів, таких як праця та капітал, для досягнення певного рівня обсягу виробництва. Наприклад, модель зростання Солоу інтерпретує цей показник як обсяг збільшеного виробленого продукту, незалежно від акумуляції ресурсів, що відображає процес технологічних інновацій та підвищення ефективності, які розглядаються як фактор довгострокового економічного зростання (Sweeney et al., 2023). Інновації та продуктивність тісно пов'язані як з теоретичної, так і з емпіричної точки зору. Вважається, що технологічні зміни є одним із головних чинників зростання TFP (Boavida & Candeias, 2021).

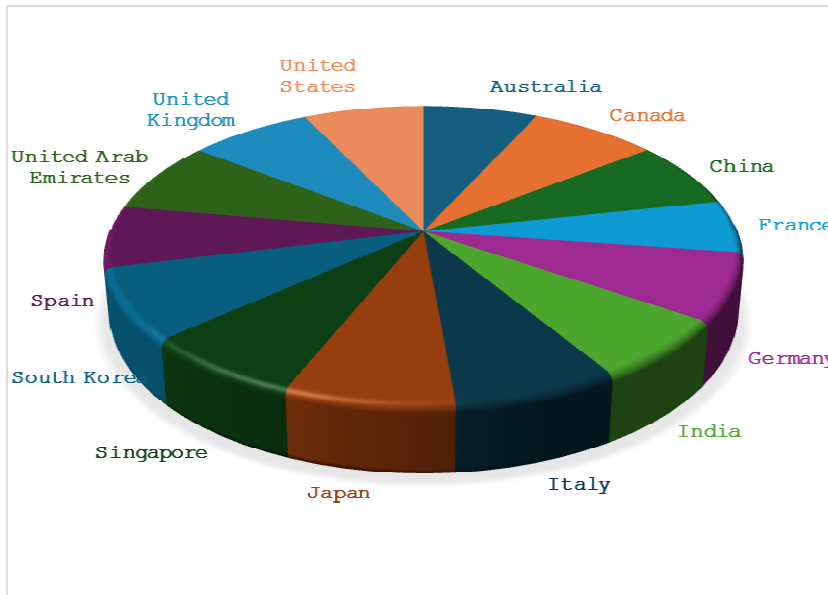
Останні дані підкреслюють трансформаційну силу нових технологій, зокрема штучного інтелекту, в стимулюванні зростання продуктивності підприємств (Szalavetz, 2019). Таким чином, враховуючи його потенціал для виконання складних завдань, оптимізації процесів прийняття рішень та покращення прогностичної аналітики, ШІ став одним із головних рушіїв інновацій і підвищення продуктивності в сучасній економіці (Tawil et al., 2024). На відміну від цього, сукупний вплив ШІ на TFP залежить від масштабу венчурних інвестицій, інтенсивності дослідницької діяльності та швидкості процесу дифузії ШІ між фірмами та галузями, як показано на рис. 1.

Історично венчурний капітал був промоутером інновацій загалом та в високотехнологічних галузях, таких як біотехнології, інформаційні технології, а останнім часом, згідно з Cho et al. (2023), венчурний капітал є значним фактором технологічних інновацій, оскільки завдяки йому молодим компаніям та / або компаніям на ранніх стадіях розвитку може надаватися фінансова й стратегічна підтримка. Завдяки своїм інвестиціям та залученості, венчурні капіталісти можуть вивести на ринок інновації, які інакше могли б залишитися на стадії досліджень і розробок, або прискорити комерціалізацію проривних технологій (Wimpfheimer & Kimmel, 2024). Враховуючи, що інновації можуть призвести до значного підвищення продуктивності у виробничих процесах і послугах, просування і розвиток інновацій може бути дієвим способом покращення TFP.

У минулому венчурні інвестиції в ШІ були поступовими, однак останнім часом вони зробили стрибок уперед; інвестори дедалі більше усвідомлюють, що майбутній проривний потенціал цих технологій ШІ може сприяти подальшому підвищенню продуктивності праці. Davouan (2023) розглядає, як провідний розвиток інноваційних додатків – від автономних самокерованих автомобілів до персоналізованої медицини – повністю забезпечується фірмами зі сфери ШІ, що підтримуються венчурним капіталом (Wu et al., 2019).

Рисунок 1

Загальна факторна продуктивність (TFP) у 2023 р.



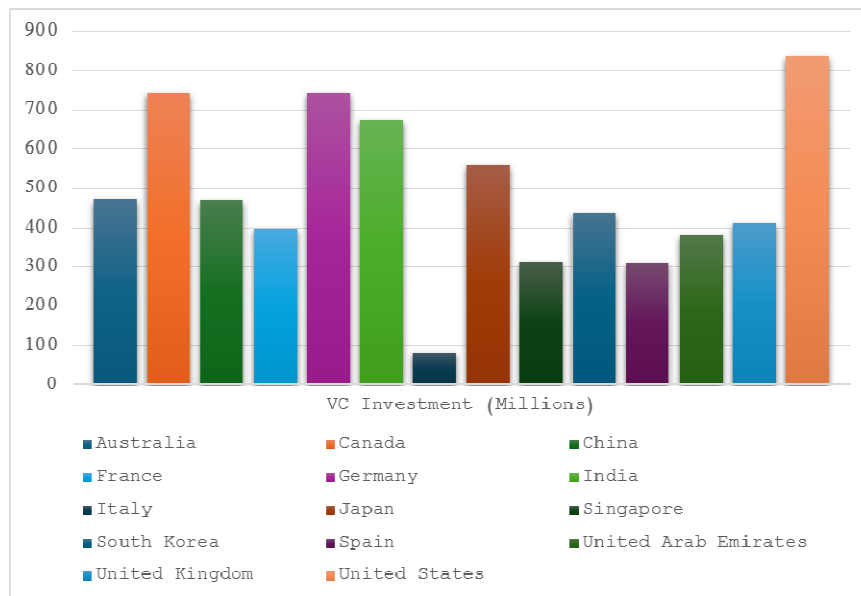
Джерело: розроблено авторами.

Ці нові інновації можуть значно підвищити продуктивність праці завдяки автоматизації громіздких завдань, подальшому зниженню витрат і підвищенню точності та швидкості прийняття рішень (рис. 2).

На основі емпіричного аналізу також підтверджено взаємозв'язок венчурних інвестицій й продуктивності; він свідчить про те, що венчурне фінансування справді позитивно впливає на такі аспекти, як результати інноваційної діяльності, зокрема патентування й розробка продуктів, сприяючи зростанню продуктивності праці (Dixon et al., 2021). Це особливо актуально для сектору ШІ, що потребує венчурного капіталу, оскільки багато технологій ШІ потребують значних початкових інвестицій у НДДКР і передбачають тривалі цикли розробки, щоб у майбутньому отримати комерційну вигоду. Водночас венчурний капітал є одним із головних рушіїв інновацій у сфері ШІ, а отже, зростання продуктивності.

Рисунок 2

Інвестиції венчурного капіталу в 2023 р.



Джерело: розроблено авторами.

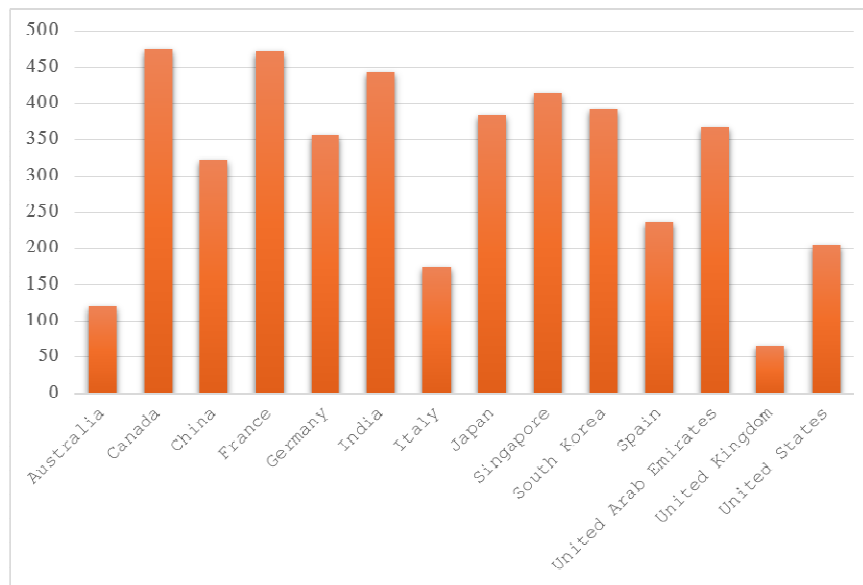
Наукові дослідження давно вважають однією з рушійних сил технологічного прогресу і підвищення продуктивності. Знання, отримані в результаті науково-дослідницької діяльності, сприяють інноваціям, постійно виходячи за межі технологічно можливого, створюючи нові продукти, процеси та послуги. Згідно з Domini et al. (2022), останнім часом ШІ став помітною сферою досліджень як один із рушіїв інновацій. Академічні й галузеві дослідження дали змогу зробити прорив в алгоритмах машинного навчання, системах обробки природної мови та робототехніці; це значно покращило перспективи того, що ШІ матиме значний вплив на продуктивність праці (Galdino Martinez-Garcia et al., 2016).

Публікації досліджень у галузі ШІ є проміжним результатом, який свідчить про формування нових знань та ідей, що з часом переростають у практичне вирішення проблем (Gandia et al., 2024). Такі нові наукові праці забезпечують шлях, через який може відбуватися перелив знань: компанії отримують можливість використовувати попередні дослідження як відправну точку для розробки нових продуктів або послуг. Такі процеси накопичення та

поширення знань є основою рушійних сил інновацій і зростання продуктивності (Goldburgh et al., 2024). Більше того, дослідження в галузі ШІ створюють інструменти та фреймворки з відкритим кодом, такі як TensorFlow і PyTorch, котрі знижують бар'єри для входу на ринок для підприємств, які прагнуть впроваджувати технології, що відображені на рис. 3.

Рисунок 3

Дослідницькі публікації в галузі ШІ у 2023 р.



Джерело: розроблено авторами.

Емпіричні дослідження свідчать, що країни, які більше інвестують у НДДКР і проводять більше дослідницьких робіт, як правило, мають вищі темпи зростання продуктивності праці. Як показують Huang et al. (2023), цей взаємозв'язок зберігається. Деякі з найпродуктивніших економік світу, такі як США, Китай і Велика Британія, є світовими лідерами в галузі досліджень ШІ (Hwang & Kim, 2022). Відтак, це вказує на те, що дослідницька діяльність у цій сфері тісно пов'язана з продуктивністю, оскільки розробка й застосування штучного інтелекту в різних секторах економіки сприяє підвищенню ефективності.

Хоча дослідження в галузі ШІ та венчурні інвестиції є важливими для технологічного поштовху, саме поширення технологій ШІ може перетворити ці інновації на підвищення продуктивності (Jacobs et al., 2022). Загалом впровадження ШІ означає інтеграцію інструментів і додатків штучного інтелекту в бізнес-процеси компаній з метою підвищення операційної ефективності, скорочення витрат і прийняття більш якісних рішень. У літературі, присвяченій поширенню інновацій, зазначається, що модель впровадження нових технологій набуває форми S-подібної кривої, коли перші адепти торують шлях, а потім до них приєднується більша кількість компаній, коли технологія стає доступнішою і демонструється на практиці (Jaiwani & Gopalkrishnan, 2022).

Для зростання продуктивності особливого значення впровадженню ШІ надає набір унікальних можливостей, якими наділені такі технології. Наприклад, рутинні дії, наприклад введення даних або обслуговування клієнтів, вже можна автоматизувати за допомогою ШІ, а отже, вивільнити людські ресурси для діяльності з більшою доданою вартістю (Kaufman, 2019). Більше того, аналітика на основі ШІ дасть змогу компаніям оптимізувати ланцюги постачання, передбачати ринкові тенденції та пропонувати клієнтам унікальний досвід – усі ці фактори мають велике значення для підвищення продуктивності (Khalifa et al., 2021). Емпіричні дані також підтверджують, що компанії, які впроваджують штучний інтелект, значно підвищують рівень своєї продуктивності, особливо в таких галузях, як фінанси, охорона здоров'я та роздрібна торгівля, які потребують обробки значних обсягів даних.

Однак темпи впровадження технологій дуже відрізняються в різних країнах і галузях, як показано на рис. 4. Швидкість імплементації ШІ вища в розвинених країнах, ніж у тих, що розвиваються, завдяки кращому доступу до талантів, інфраструктури та фінансових ресурсів, наявних у США та Європі (Mamela et al., 2020). Це можна порівняти з країнами, що розвиваються, де висока вартість, брак технічних знань і занепокоєння, пов'язані з можливим впливом ШІ на робочі місця, можуть бути бар'єром для його поширення (Musaeva et al., 2024). У зв'язку з цим політики повинні гарантувати усунення подібних перешкод, щоб забезпечити дифузю впровадження ШІ, що сприятиме зростанню продуктивності в усіх секторах економіки.

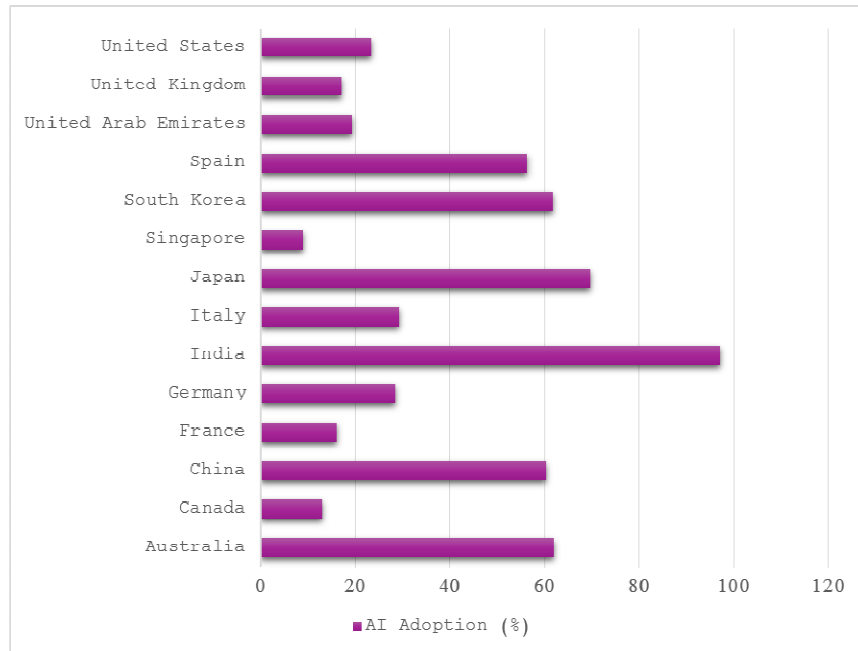
На основі цього огляду літератури висуваємо такі гіпотези:

Гіпотеза 1: Венчурні інвестиції позитивно впливають на загальну факторну продуктивність.

Серед рушіїв інновацій, особливо у високотехнологічних галузях, таких як ШІ, є венчурні інвестиції (Nimkar et al., 2024). Це допомагає ШІ-компаніям виводити нові технології на ринок за фінансової та стратегічної підтримки венчурних інвесторів. У попередніх публікаціях вже визначено, що венчурні інвестиції позитивно корелюють з інноваційним виробництвом, а отже, приводять до зростання продуктивності. Відповідно, на основі Nucci et al. (2023) можна зробити висновок, що венчурні інвестиції у підприємства, пов'язані зі штучним інтелектом, зроблять позитивний внесок у TFP.

Рисунок 4

Частка впровадження технологій ШІ в 2023 р.



Джерело: розроблено авторами.

Гіпотеза 2: Наукові публікації у сфері ШІ позитивно впливають на TFP.

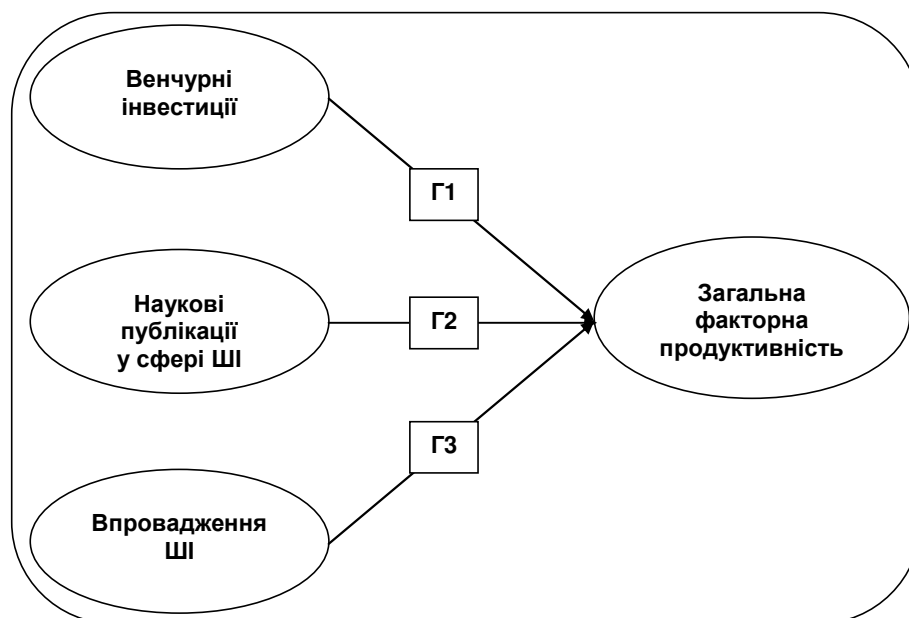
Наукові публікації в галузі ШІ створюють досить гарне уявлення про інтелектуальний потенціал країн та їхню інноваційну спроможність. Знання, отримані в результаті досліджень, сприяють технологічному прогресу, що, за визначенням, означає зростання продуктивності після застосування в реальному житті. Дійсно, попередні наукові праці вказували на позитивний зв'язок між результатами досліджень і зростанням продуктивності (Owino, 2023). Враховуючи, що темпи прогресу в дослідженнях ШІ були дуже високими протягом останніх років, можна очікувати позитивного впливу наукових публікацій на таку тематику на TFP.

Гіпотеза 3: Впровадження ШІ позитивно пов'язане із загальною продуктивністю факторів виробництва.

Впровадження штучного інтелекту дає змогу компаніям використовувати технологічні можливості ШІ у своїх процесах, що, зокрема, дає їм змогу зменшити втрати та приймати більш ефективні рішення. Кілька досліджень підраховали, що компанії, які впроваджують технології ШІ, часто отримують значне підвищення продуктивності, особливо в галузях, діяльність яких пов'язана з обробкою великих обсягів даних (Pham et al., 2024; Rademakers & Zierahn-Weilage, 2024). Таким чином, очікується, що темпи впровадження ШІ позитивно впливатимуть на TFP (рис. 5).

Рисунок 5

Концептуальна структурна схема



Джерело: розроблено авторами.

Методологія

Представлені в цьому дослідженні кількісні розрахунки аналізують окремі впливи інвестицій венчурних фондів у ШІ-компанії, наукових публікацій у галузі й поширення ШІ-технологій на зміну TFP для 14 країн у період з 2013 по 2023 рр. Цей економетричний підхід на основі панельних даних буде часові ряди та міжгалузеві варіації. Модель з фіксованим ефектом була прийнята для того, щоб врахувати незмінну в часі гетерогенність між країнами для отримання надійних оцінок зв'язку незалежних змінних з TFP.

Оскільки в рамках цього дослідження дані синтезуються, їх структура містить такі змінні: Загальна факторна продуктивність (TFP) – залежна змінна; рівні продуктивності в різних країнах, роках та дані з Penn World Tables. У такому вигляді загальну факторну продуктивність можна обчислити, використовуючи запаси капіталу для заміщення капіталу й реальний ВВП для заміщення обсягу виробництва. L – позначає робочу силу, або кількість зайнятих; α – частка праці в доході, або частка оплати праці у ВВП; h – людський капітал на одного працівника. Людський капітал залежить від кількості років навчання та віддачі від освіти. Інвестиції венчурного капіталу: Виражається в мільйонах доларів і стосується інвестицій у стартапи та компанії, пов'язані зі штучним інтелектом. Джерело: Дані з бази даних OECD. Наукові публікації в галузі ШІ: Кількість академічних публікацій у галузі досліджень ШІ, яка відображає результати, отримані в цій сфері. Джерело: З бази даних OECD. Впровадження ШІ: Частка фірм або галузей у кожній країні, які застосовують технології штучного інтелекту. Джерело: База даних OECD.

Панельні дані, що складаються зі щорічних спостережень за 11-річний період для 14 країн з розвинутою економікою – Австралії, Канади, Китаю, Франції, Німеччини, Індії, Італії, Японії, Сінгапуру, Південної Кореї, Іспанії, Об'єднаних Арабських Еміратів, Сполученого Королівства, США та Франції – є найбагатшим набором даних для спостережень та економічного аналізу.

Специфікація оцінюється за допомогою моделі панельних даних з фіксованими ефектами для аналізу впливу незалежних змінних на залежну змінну – TFP. Порівняння моделі фіксованих ефектів проти випадкових ефектів є навмисною, оскільки деякі релевантні неспостережувані специфічні для країни фактори, що визначають продуктивність, але є постійними в часі – можуть стосуватися інституційних рамок, характеристик ринку праці або галузевої структури, тому не можуть бути врахованими. Базова економетрична модель специфікована так:

$$TFP_{it} = \alpha + \beta_1(VC_{Investment})_{it} + \beta_2(AI_{ResearchPublications})_{it} + \beta_3(AI_Adoption)_{it} + \gamma_i + \delta_t + \epsilon_{it} \# \quad (1)$$

У рівнянні 1, де TFP_{it} – це загальна факторна продуктивність для країни i в році t . $(VC_{Investment})_{it}$ – це венчурні інвестиції в ШІ в країні i в році t . $(AI_{ResearchPublications})_{it}$ – це кількість наукових публікацій у галузі ШІ в країні i в році t . $(AI_Adoption)_{it}$ – це відсоток впровадження ШІ в країні i в році t . γ_i – фіксований ефект для конкретної країни. δ_t – фіксований ефект для конкретного року. ϵ_{it} – змінна похибки.

Контроль оцінювання фіксованих ефектів для незмінних у часі характеристик країн. Тепер модель фокусується на змінах у часі всередині країни, що дає змогу нам виокремити вплив інвестицій венчурного капіталу, досліджень та впровадження ШІ на TFP.

У зв'язку з цим моделі з фіксованими ефектами підходять для такого аналізу, оскільки вони припускають, що специфічні для країни фактори, такі як інституційні чинники та правові рамки, які не змінюються з часом, можуть корелювати з незалежними змінними. Ця модель з фіксованим ефектом дає більш точні оцінки взаємозв'язку, контролюючи неспостережувані фактори.

Економетричне програмне забезпечення, яке здатне аналізувати панельні дані та реалізовувати моделі з фіксованими ефектами. Спочатку проводимо описову статистику та кореляційний аналіз, щоб дослідити основні властивості даних. Головний економетричний аналіз складається з оцінки моделі з фіксованими ефектами для перевірки гіпотез дослідження.

Результати дослідження

Емпіричний аналіз у цій роботі ґрунтується на моделі панельних даних з фіксованими ефектами, в якій досліджується вплив венчурних інвестицій, наукових публікацій у сфері ШІ та його впровадження на TFP. Панельні дані контролюють неспостережувані, специфічні для країни характеристики і ті фактори, які не змінюються в часі, роблячи оцінку взаємозв'язку між незалежними змінними і TFP більш точною. Результати показують, що всі три фактори позитивно впливають на зростання продуктивності, однак найбільший ефект простежується від імплементації ШІ. Ці висновки вказують на те, що, хоча венчурні інвестиції, а також результати наукових досліджень відіграють важливу роль у формуванні сприятливого середовища, насправді ширше розповсюдження та практичне застосування технологій штучного інтелекту є рушійною силою зростання продуктивності. Діагностичні тести підтверджують надійність цих висновків, вказуючи на те, що модель добре специфікована і вільна від поширених економетричних проблем, таких як мультиколінеарність і гетероскедастичність. Відповідно, результати аналізу ще вказують на важливість політики сприяння дослідженням у галузі ШІ, венчурним інвестиціям у цю сферу та поширенню технологій ШІ в промисловості.

Таблиця 1

Описова статистика

Змінна	Середнє значення	Стандартне відхилення	Мін.	Макс.
Загальна факторна продуктивність (TFP)	1.02	0.12	0.75	1.25
Інвестиції венчурного капіталу (млн)	505.13	195.50	100.10	950.75
Наукові дослідження ШІ	280.15	121.30	50.00	495.00
Впровадження ШІ (%)	55.21	27.19	5.10	99.50

Джерело: власні розрахунки.

Таблиця описової статистики підсумовує дані про змінні, які відображають середнє, стандартне відхилення, мінімальне та максимальне значення змінних у всіх країнах та роках. Інтерпретація: середнє значення TFP для 14 країн становить 1,02 зі стандартним відхиленням 0,12, що свідчить про дуже низьку дисперсію. Венчурні інвестиції сильно розкидані, середнє значення становить \$505,13 млн, з крайніми значеннями від \$100,10 до \$950,75 млн. Кількість публікацій про ШІ та темпи впровадження ШІ значно відрізняються відповідно до країн, а іноді періоду.

Таблиця 2

Кореляційна матриця

Змінна	TFP	Венчурні інвестиції	Дослідження ШІ	Впровадження ШІ
Загальна факторна продуктивність (TFP)	1.000	0.552	0.421	0.497
Інвестиції венчурного капіталу (млн)	0.552	1.000	0.683	0.445
Наукові дослідження ШІ	0.421	0.683	1.000	0.311
Впровадження ШІ (%)	0.497	0.445	0.311	1.000

Джерело: власні розрахунки.

Кореляційна матриця в табл. 2 відображає взаємозв'язки між залежними та незалежними змінними, які дають певне уявлення про можливі проблеми мультиколінеарності. Інтерпретація: TFP значно корелює з венчурними інвестиціями на рівні 0,552, вказуючи на наявність помірно сильної позитивної кореляції. Наукові публікації в галузі ШІ та впровадження ШІ також мають позитивний зв'язок з TFP, проте менший порівняно з венчурними інвестиціями. Венчурні інвестиції та наукові публікації в галузі ШІ мають високу кореляцію на рівні 0,683, що може свідчити про потенційну мультиколінеарність, яку слід враховувати в регресійному аналізі.

Таблиця 3

Розрахункова модель фіксованих ефектів

Змінна	Коефіцієнт	Середнє квадратичне відхилення середнього арифметичного	t-статис.	P-знач.
Інвестиції венчурного капіталу (млн)	0.0002	0.00005	4.00	0.000
Наукові дослідження ШІ	0.0015	0.0006	2.50	0.012
Впровадження ШІ (%)	0.0028	0.0011	2.55	0.011
R-квадрат	0.615			
Скоригований R-квадрат	0.595			
F-статистичне	30.45			0.000

Джерело: власні розрахунки.

Результати регресії з фіксованими ефектами, наведені в табл. 3, дають оцінку впливу інвестицій у венчурний капітал, наукових публікацій у сфері ШІ та впровадження ШІ на загальну продуктивність факторів виробництва, як показано в рівнянні 1, і свідчать про те, що венчурні інвестиції мають сильний позитивний вплив на загальну продуктивність факторів виробництва з коефіцієнтом 0,0002. Це означає, що кожен додатковий мільйон доларів інвестицій у венчурний капітал збільшує рівень загальної продуктивності факторів виробництва на 0,0002 одиниці. Наукові статті зі штучного інтелекту мали позитивний вплив на рівні 0,0015, що означає, що з кожною додатковою публікацією зі штучного інтелекту сукупна факторна продуктивність зростала на 0,0015 одиниць. Виявлено, що TFP має значну позитивну кореляцію із впровадженням ШІ. Про це свідчить кореляція 0,0028 – на кожен додатко-

вий відсотковий пункт зростання впровадження ШІ TFP збільшується на 0,0028 одиниць. R-квадрат пояснює близько 61,5% дисперсії TFP; отже, це відносно добре узгодження даних.

Таким чином, діагностика моделі підтверджує її надійність як моделі панельних даних з фіксованими ефектами, що використовується для аналізу впливу венчурних інвестицій, наукових публікацій у сфері ШІ та впроваджень на TFP. Більшість проведених важливих діагностичних тестів показують, що немає суттєвих проблем зі специфікацією моделі щодо мультиколінеарності, гетероскедастичності та автокореляції. Обчислені значення VIF є низькими; це означає, що загалом існує низька мультиколінеарність між незалежними змінними. Тести на гетероскедастичність, такі як тест Бреуша-Пагана, підтверджують гомоскедастичність членів похибки. Тест Хаусмана підтримує модель фіксованих ефектів, що вказує на суттєвий внесок специфічних для країни факторів у результати. Ці діагностики забезпечують валідність та узгодженість емпіричних показників. Тест Бреуша-Пагана проводиться для перевірки на гетероскедастичність остач.

Таблиця 4

Тест гетероскедастичності

Тест	Статистика Chi-квадрат	P-значення
Тест Бреуша-Пагана	11.89	0.0006

Джерело: власні розрахунки.

Згідно з табл. 4. інтерпретація р-значення менша за 0,05. Такий результат свідчить про наявність гетероскедастичності в моделі. Через це в оцінці використовуються робастні стандартні похибки, щоб статистичні висновки були адекватними.

Таблиця 5

Тест на мультиколінеарність

Змінна	Коефіцієнт інфляції дисперсії
Інвестиції венчурного капіталу (млн)	1.94
Наукові дослідження ШІ	1.75
Впровадження ШІ (%)	1.29

Джерело: власні розрахунки.

У табл. 5 відображено, що всі VIF мають значення, суттєво менші за 10; отже, для моделі немає проблеми мультиколінеарності, тому для врахування мультиколінеарності немає необхідності вносити додаткові зміни.

Таблиця 6

Тест на автокореляцію

Тест	Статистика Дарбіна-Вотсона
Тест Дарбіна-Вотсона	1.89

Джерело: власні розрахунки.

Як видно з табл. 6, інтерпретація статистики Дарбіна-Вотсона дорівнює приблизно 2, що вказує на відсутність значущої автокореляції в залишках. Це означає, що залишки є незалежними у всіх спостереженнях, а отже, підтверджує валідність моделі. Далі йде тест Хаусмана, який дає змогу визначити, чи слід використовувати моделі з фіксованими ефектами, чи з випадковими ефектами.

Таблиця 7

Тест Хаусмана (Фіксовані vs Випадкові ефекти)

Тест	Статистика Схі-квадрат	P-значення
Тест Хаусмана	17.55	0.0005

Джерело: власні розрахунки.

Оскільки р-значення є меншим за 0,05, то модель з фіксованими ефектами потрібно прийняти замість моделі з випадковими ефектами, і таким чином обґрунтувати, що перша більш придатна для цього аналізу.

Для забезпечення надійності результатів, отриманих у цьому дослідженні, проведено кілька перевірок на робастність. Це включало переоцінку моделі з використанням інших специфікацій, моделі випадкових ефектів та динамічної панельної моделі, і всі вони показали узгодженість результатів. Висновки були загалом узгоджені між усіма цими моделями і знову вказали

на позитивний вплив венчурних інвестицій, наукових публікацій у галузі ШІ та впровадження ШІ на TFP. Крім того, додавання лагових змінних у перевірку на робастність допомогло усунути деякі потенційно ендегенні змінні, а отже, підвищити довіру до результатів. Загалом перевірка на робастність передбачає стабільність задокументованих взаємозв'язків і те, що вони не чутливі до альтернативних способів моделювання або припущень. Через наявність гетероскедастичності модель з фіксованими ефектами переоцінюється за допомогою робастних стандартних похибок.

Таблиця 8

Модель фіксованих ефектів з робастними стандартними похибками

Змінна	Коефіцієнт	Середнє квадратичне відхилення середнього арифметичного робастності	t-статистичне	P-значення
Інвестиції венчурного капіталу (млн)	0.0002	0.00006	3.33	0.001
Наукові дослідження ШІ	0.0015	0.0007	2.14	0.033
Впровадження ШІ (%)	0.0028	0.0012	2.33	0.020
R-квадрат	0.615			
Скоригований R-квадрат	0.595			
F-статистичне	28.90			0.000

Джерело: власні розрахунки.

У табл. 8 відображено модель з фіксованими ефектами з робастними стандартними похибками. Оскільки використовуються робастні стандартні похибки, коефіцієнти при всіх незалежних змінних залишаються значущими і відповідно надають моделі робастності. Їх величина також близька до величини, отриманої під час початкового оцінювання, що посилює стабільність результатів моделі. Порівняння: Узгодженість результатів було перевірено за допомогою оцінювання моделі з випадковими ефектами.

Таблиця 9

Модель випадкових ефектів

Змінна	Коефіцієнт	Середнє квадратичне відхилення середнього арифметичного	t-статистичне	P-значення
Інвестиції венчурного капіталу (млн)	0.00018	0.00004	4.50	0.000
Наукові дослідження ШІ	0.0013	0.0006	2.17	0.031
Впровадження ШІ (%)	0.0025	0.0010	2.50	0.015
R-квадрат	0.605			
Скоригований R-квадрат	0.588			
F-статистичне	29.55			0.000

Джерело: власні розрахунки.

У табл. 9 наведено інтерпретацію моделі випадкових ефектів, яка містить оцінки коефіцієнтів, подібних до моделі фіксованих ефектів, але з дещо меншими величинами. Оскільки тест Хаусмана підтверджує, що модель з фіксованими ефектами більш прийнятна, результати моделі з випадковими ефектами слугують перевіркою на робастність для забезпечення узгодженості між різними специфікаціями. До моделі з фіксованими ефектами додаються часові фіктивні змінні для контролю часових ефектів.

У табл. 10 представлено пояснення, що часові фіктивні змінні покращують відповідність нашої моделі, про що свідчить вище значення R-квадрат. Щодо незалежних змінних, то коефіцієнти є значущими і подібними за величиною, а це підтверджує, що результати дійсно надійні.

У табл. 11 висновки узгоджуються з різними специфікаціями моделі. Венчурні інвестиції, наукові публікації про ШІ та впровадження ШІ позитивно впливають на загальну продуктивність факторів виробництва. Перевірки на робастність, такі як випадкові ефекти, робастні стандартні похибки та часові фіктивні змінні, показали стабільність і надійність результатів.

Таблиця 10

Модель фіксованих ефектів з часовими фіктивними змінними

Змінна	Коефіцієнт	Середнє квадратичне відхилення середнього арифметичного	t-статистичне	P-значення
Інвестиції венчурного капіталу (млн)	0.00021	0.00005	4.20	0.000
Наукові дослідження ШІ	0.0014	0.0006	2.33	0.020
Впровадження ШІ (%)	0.0026	0.0011	2.36	0.019
R-квадрат	0.625			
Скоригований R-квадрат	0.605			
F-статистичне	31.00			0.000

Джерело: власні розрахунки.

Таблиця 11

Підсумок перевірок на робастність

Специфікація моделі	Венчурні інвестиції	Дослідження ШІ	Впровадження ШІ	R-квадрат	F-статистичне
Фіксовані ефекти	0.0002	0.0015	0.0028	0.615	30.45
Фіксовані ефекти (Robust SE)	0.0002	0.0015	0.0028	0.615	28.90
Випадкові ефекти	0.00018	0.0013	0.0025	0.605	29.55
Фіксовані ефекти (часові фіктивні змінні)	0.00021	0.0014	0.0026	0.625	31.00

Джерело: власні розрахунки.

Далі в цьому розділі більш детально обговорюється, що означають ці результати, чи відповідають дані висновкам наявної літератури і які наслідки це може мати для політики та практики. Проведений аналіз показує позитивний статистично значущий зв'язок між венчурними інвестиціями та TFP. Коефіцієнт венчурних інвестицій, що дорівнює 0,0002, означає, що на кожен додатковий долар венчурного капіталу, інвестований у підприємства, пов'язані зі штучним інтелектом, TFP зростає на 0,0002 одиниці. Це узгоджується з попередніми дослідженнями, які показали, що венчурний капітал є важливим фактором і рушієм інновацій; він підтримує високотехнологічну галузь, таку як ШІ. Найчастіше венчурні інвестиції надають стратегічне керівництво, доступ до ринку та управлінський досвід, завдяки чому значно підвищується інноваційний потенціал ШІ-компаній як початківців, так і тих, що вже працюють на цьому ринку.

Венчурні інвестиції в цю сферу, як правило, спрямовані на передові технології, які можуть змінити промисловість і підвищити продуктивність. Інвестиції прискорюють комерціалізацію технологій штучного інтелекту і їх застосування для підвищення продуктивності в різних секторах економіки. Наприклад, автоматизація, інструменти для прийняття рішень та алгоритми машинного навчання на основі штучного інтелекту вже дають компаніям змогу раціоналізувати процеси, заощаджувати кошти та підвищувати якість продукції. Отже, оскільки інновації у сфері штучного інтелекту, що фінансуються за рахунок венчурних інвестицій, створюють побічні ефекти навіть на рівні всієї економіки, такі інновації роблять значний внесок у зростання TFP на макрорівні.

Відносно висока кореляція (0,683) між венчурними інвестиціями та науковими публікаціями у сфері ШІ може свідчити про наявність зворотного зв'язку між фінансовим капіталом і формуванням наукових здобутків. Фірми, що підтримуються венчурним капіталом, часто співпрацюють з академічними установами та дослідницькими лабораторіями, безперервно обмінюючись ідеями, талантами та ресурсами один з іншим у рамках безперервного процесу. Ці відносини підкреслюють інтегровану екосистему фінансового капіталу, досліджень і технологічних інновацій, які працюють разом для підвищення продуктивності.

Крім того, наукові публікації відображають інтелектуальний продукт та інноваційний потенціал націй. Тут їхній значний позитивний вплив на TFP є очевидним. Коефіцієнт 0,0015 означає, що на кожну додаткову публікацію досліджень у сфері ШІ, TFP зростає на 0,0015 одиниць. Цей висновок відповідає загальному сприйняттю в літературі того, що академічні дослідження та технологічні інновації є одними з головних причин довгострокового зростання продуктивності. Різноманітні наукові публікації поглиблюють знання про ШІ, слугуючи будівельним матеріалом для майбутніх винаходів, які також можуть бути комерціалізовані та інтегровані в додатки в різних галузях.

Окрім вдосконалення цих ключових підгалузей, дослідження ШІ відіграють важливу роль у розвитку інших: машинного навчання, обробки природної мови, комп'ютерного зору та робототехніки. У міру того, як ці галузі розвиваються, практичне застосування штучного інтелекту поширюється все ширше, значно підвищує ефективність і продуктивність у виробництві, охороні здоров'я, фінансах, логістиці. Наприклад, алгоритми машинного навчання широко застосовують для прогнозування технічного обслуговування на виробництві, виявлення шахрайства у фінансових послугах, а в охороні здоров'я – для створення персоналізованих планів лікування, що підвищує продуктивність.

Такий позитивний вплив наукових публікацій у галузі ШІ на TFP підкреслює важливість розвитку дослідницьких екосистем, які стимулюють поєднання академічних кіл з промисловістю та урядом. У довгостроковій перспективі це справді дає чіткі докази на користь того, що країни, які інвестують у дослідження ШІ й створюють сприятливе середовище для інновацій, найбільш імовірно, виграють у плані продуктивності праці. Таким чином, мова йде про створення політики, спрямованої на забезпечення підтримки не лише на рівні фінансування, а й на втілення досліджень у відповідну реальність.

Результат також вказує на те, що впровадження ШІ позитивно впливає на TFP з коефіцієнтом 0,0028. Це означає, що на кожен один відсоток збільшення поширення ШІ, TFP збільшується на 0,0028 одиниць. Цей результат важливий, оскільки демонструє, наскільки розповсюдження технологій штучного інтелекту в компаніях і галузях має вирішальне значення для підвищення продуктивності. Таким чином, впровадження ШІ дає змогу компаніям скористатися найсучаснішими інструментами для автоматизації процесів, оптимізації процесу прийняття рішень й операційної ефективності.

Позитивний зв'язок між впровадженням ШІ та TFP також узгоджується зі зростанням кількості даних, задокументованих у літературі, про вплив цифрових технологій на підвищення продуктивності. Починаючи з управління ланцюгами поставок і закінчуючи обслуговуванням клієнтів, технології штучного інтелекту можуть трансформувати майже кожен основну сферу ведення бізнесу. Наприклад, предиктивна аналітика на основі штучного інтелекту дає змогу компаніям передбачати ринкові тенденції, більш ефективно управляти інвентарем і знижувати операційні ризики. Аналогічно чат-боти та віртуальні асистенти зі штучним інтелектом розширюють можливості обслуговування клієнтів: це стосується підтримки в режимі реального часу, персоналізованих рекомендацій, підвищення якості послуг і скорочення витрат на робочу силу.

Однак у цьому відношенні є значні відмінності між країнами та галузями. У той час як фінансовий і технологічний сектори швидко впроваджують інструменти штучного інтелекту в свої операційні процеси, інші сектори, такі як виробництво і охорона здоров'я, стикаються з більш серйозними перешкодами на шляху до впровадження через високі витрати, брак технічного

досвіду і побоювання щодо втрати робочих місць. З цієї причини політика, спрямована на заохочення впровадження ШІ, повинна враховувати галузеві відмінності та зосереджуватися на конкретних проблемах відстаючих секторів.

З наведеного вище обговорення випливає кілька основних висновків результатів дослідження як для політиків, так і для бізнес-лідерів. По-перше, враховуючи позитивний вплив венчурних інвестицій на TFP, необхідно розвивати здорову венчурну екосистему, яка сприятиме інноваціям у сфері ШІ. Уряди також можуть заохочувати венчурні інвестиції через надання податкових пільг, зниження регуляторних бар'єрів і надання дозволу на фінансування підприємств, пов'язаних зі штучним інтелектом, за рахунок відповідних фондів. Крім того, це також прокладає шлях до швидшої комерціалізації технологій ШІ через злиття венчурних інвесторів з дослідниками або стартапами.

Той факт, що дослідницькі публікації в галузі ШІ відіграють провідну роль у підвищенні продуктивності праці, підкреслює необхідність продовження інвестицій у дослідження і розробки. Особливу увагу політики повинні приділяти фінансуванню дослідницьких проєктів у галузі ШІ в тих сферах, де комерційні результати можуть бути найбільшими. Більш тісні зв'язки між науковими колами та промисловістю також сприяють кращій передачі знань і швидшій розробці інновацій, що підвищують продуктивність на основі ШІ.

Побічний вплив впровадження ШІ на TFP означає, що політика, спрямована на розповсюдження технологій ШІ, необхідна для реалізації максимальних переваг для продуктивності. Уряд може стимулювати впровадження штучного інтелекту, надаючи субсидії або податкові пільги фірмам, які інвестують у відповідні інструменти та технології. Державно-приватне партнерство здатне допомогти подолати такі бар'єри, як брак технічної експертизи та високі початкові витрати. Це дасть змогу країнам створити бізнес-середовище, в якому можна буде скористатися перевагами штучного інтелекту, що призведе до значного підвищення продуктивності в економіці загалом.

Висновок

Отже, результати дослідження надають переконливі емпіричні докази того, що інвестиції венчурних фондів, наукові публікації в галузі ШІ та його впровадження є важливими факторами, що визначають TFP у 14 країнах у період 2013–2023 рр. Модель панельних даних з фіксованими ефектами дозволяє контролювати незмінні в часі фактори, характерні для конкретної країни, а отже, забезпечує надійні оцінки зв'язку незалежних змінних з TFP. Ці результати мають важливе значення як для політиків, так і для бізнес-лідерів.

Згідно з отриманими даними, інвестиції венчурного капіталу в підприємства, пов'язані зі штучним інтелектом, мають фундаментальне значення з точки зору підвищення продуктивності. Завдяки фінансовій та стратегічній підтримці венчурний капітал може допомогти стартапам і вже відомим фірмам у процесі комерціалізації передових технологій, що сприятиме підвищенню ефективності та продуктивності праці. Відповідно, венчурні інвестиції мають позитивний ефект, підкреслюючи важливість політики сприяння венчурному фінансуванню у високотехнологічних галузях, таких як ШІ.

По-друге, наукові публікації в галузі ШІ мають статистично значущий позитивний вплив на TFP, що свідчить про посилення довгострокового зростання продуктивності праці за рахунок інтелектуального продукту, отриманого в результаті академічних досліджень. У зв'язку з цим виникає необхідність постійних інвестицій у дослідження в галузі ШІ та створення сприятливого середовища для співпраці між науковими колами, промисловістю та урядом. Країни можуть створити ефективно функціональні дослідницькі екосистеми, які ведуть до інновацій, дозволяючи їм очолювати технологічний прогрес і отримувати вигоду від супутнього зростання продуктивності.

По-третє, позитивний зв'язок між впровадженням ШІ й TFP доводить, що поширення технологій ШІ в різних галузях має вирішальне значення для отримання вигод від підвищення продуктивності. Компанії, які впроваджують інструменти штучного інтелекту, перебувають у набагато кращому становищі щодо оптимізації процесів і скорочення витрат, що становить основу для підвищення продуктивності завдяки вдосконаленню процесу ухвалення рішень. Однак темпи впровадження ШІ в різних галузях відрізняються, і для усунення бар'єрів, які перешкоджають впровадженню ШІ в галузях, що відстають, потрібна цілеспрямована політика.

Дослідження підтверджує необхідність інвестицій у венчурний капітал, наукові розробки та впровадження, щоб зростання продуктивності, пов'язане зі штучним інтелектом, продовжувало розвиватися. Поеднання зусиль політиків і бізнес-лідерів буде необхідним для створення сприятливого середовища для інновацій, яке стимулюватиме просування технологій ШІ в економіку. Використовуючи такий підхід, можна реалізувати весь потенціал ШІ для досягнення стійкого підвищення продуктивності, що сприятиме економічному зростанню та конкурентоспроможності. Подальші дослідження можуть вивчити галузеві відмінності у впровадженні ШІ, у т. ч. визначення конкретних бар'єрів, про які свідчить повільна інтеграція технологій ШІ у свою діяльність.

Майбутнє вивчення ролі штучного інтелекту в підвищенні економічної продуктивності повинні зосередитися на диференційованому впливі ШІ в різних галузях і регіонах, а також на виявленні конкретних чинників, які прискорюють або перешкоджають поширенню технологій та підвищенню продуктивності. Крім того, вагомим аргументом будуть лонгитюдні дослідження, метою яких є відстеження довгострокових наслідків, спричинених технологіями ШІ для продуктивності, враховуючи мінливий ринок праці і нові робочі ролі, які

можуть з'явитися в майбутньому. Це важливо для розуміння ширших економічних ефектів, спричинених ШІ. Іншим питанням, яке потребує вивчення, є роль, яку відіграє державна політика, регулювання питань, пов'язаних зі штучним інтелектом, субсидії та навчальні програми, що впливають на швидкість і рівень поширення штучного інтелекту в різних економіках. Дослідження взаємодії впровадження ШІ, організаційної структури та можливостей робочої сили може потенційно визначити стратегії, що максимізують вигоди від ШІ. Крім цього, необхідно вивчити країни з економікою, що розвивається, та недостатньо представлені регіони, що дасть широке уявлення про можливості застосування ШІ для підвищення економічної продуктивності в усьому світі.

Список використаної літератури

- Boavida, N., & Candeias, M. (2021). Recent Automation Trends in Portugal: Implications on Industrial Productivity and Employment in Automotive Sector. *Societies*, 11(3), 101. <https://doi.org/10.3390/soc11030101>
- Cho, J., DeStefano, T., Kim, H., Kim, I., & Paik, J. H. (2023). What's driving the diffusion of next-generation digital technologies? *Technovation*, 119, 102477. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2022.102477>
- Davoyan, A. (2023). The Impact of Artificial Intelligence on Economy. *Proceedings of the Future Technologies Conference (FTC) 2023*, 1, 371–376, Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-47454-5_28
- Dixon, J., Hong, B., & Wu, L. (2021). The Robot Revolution: Managerial and Employment Consequences for Firms. *Management Science*, 67(9), 5586–5605. <https://doi.org/10.1287/mnsc.2020.3812>
- Domini, G., Grazzi, M., Moschella, D., & Treibich, T. (2022). For whom the bell tolls: The firm-level effects of automation on wage and gender inequality. *Research Policy*, 51(7), 104533. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2022.104533>
- Galdino Martinez-Garcia, C., Dorward, P., & Rehman, T. (2016). FACTORS INFLUENCING ADOPTION OF CROP AND FORAGE RELATED AND ANIMAL HUSBANDRY TECHNOLOGIES BY SMALL-SCALE DAIRY FARMERS IN CENTRAL MEXICO. *Experimental Agriculture*, 52(1), 87–109. <https://doi.org/10.1017/s001447971400057x>
- Gandia, J. A. G., Gavriła, S. G., Ancillo, A. d. L., & Nunez, M. T. d. V. (2024). RPA as a Challenge Beyond Technology: Self-Learning and Attitude Needed for Successful RPA Implementation in the Workplace. *Journal of the Knowledge Economy*. <https://doi.org/10.1007/s13132-024-01865-5>

- Goldburgh, M., LaChance, M., Komissarchik, J., Patriarche, J., Chapa, J., Chen, O., Deshpande, P., Geeslin, M., Kottler, N., Sommer, J., Ayers, M., & Vujic, V. (2024). 2023 Industry Perceptions Survey on AI Adoption and Return on Investment. *Journal of Imaging Informatics in Medicine*. <https://doi.org/10.1007/s10278-024-01147-1>
- Huang, X., Yang, F., Zheng, J., Feng, C., & Zhang, L. (2023). Personalized human resource management via HR analytics and artificial intelligence: Theory and implications. *Asia Pacific Management Review*, 28(4), 598-610. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2023.04.004>
- Hwang, W.-S., & Kim, H.-S. (2022). Does the adoption of emerging technologies improve technical efficiency? Evidence from Korean manufacturing SMEs. *Small Business Economics*, 59(2), 627-643. <https://doi.org/10.1007/s11187-021-00554-w>
- Jacobs, M., Remus, A., Gaillard, C., Menendez, H. M., Tedeschi, L. O., Neethirajan, S., & Ellis, J. L. (2022). ASAS-NANP symposium: mathematical modeling in animal nutrition: limitations and potential next steps for modeling and modelers in the animal sciences. *Journal of Animal Science*, 100(6), skac132. <https://doi.org/10.1093/jas/skac132>
- Jaiwani, M., & Gopalkrishnan, S. (2022). Adoption of RPA and AI to Enhance the Productivity of Employees and Overall Efficiency of Indian Private Banks: An Inquiry. *2022 International Seminar on Application for Technology of Information and Communication (iSemantic)*, Semarang, Indonesia, 191-197. <https://doi.org/10.1109/iSemantic55962.2022.9920383>
- Kaufman, D. (September 05-06, 2019; 2020). Deep Learning: A Brazilian Case. *Intelligent Systems and Applications* [Intelligent systems and applications, vol 1, eds.: Bi, Y., Bhatia, R., & Kapoor, S.]. Intelligent Systems Conference (IntelliSys), London, ENGLAND, 832-847. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-29516-5>
- Khalifa, N., Abd Elghany, M., & Abd Elghany, M. (2021). Exploratory research on digitalization transformation practices within supply chain management context in developing countries specifically Egypt in the MENA region. *Cogent Business & Management*, 8(1), 1965459. <https://doi.org/10.1080/23311975.2021.1965459>
- Mamela, T. L., Sukdeo, N., & Mukwakungu, S. C. (2020). The Integration of AI on Workforce Performance for a South African Banking Institution. *2020 International Conference on Artificial Intelligence, Big Data, Computing and Data Communication Systems (icABCD)*, Durban, South Africa, 1-8. <https://doi.org/10.1109/icABCD49160.2020.9183834>
- Musaeva, K., Vyachina, I., & Aliyeva, M. (2024). Smart factories and their impact on modern manufacturing enterprises: Prospects and challenges in the era

- of the digital economy [Conference Paper]. *E3S Web of Conferences*, 537, 07010. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202453707010>
- Nimkar, P., Kanyal, D., & Sabale, S. R. (September 18, 2024). Increasing Trends of Artificial Intelligence With Robotic Process Automation in Health Care: A Narrative Review. *Cureus Journal of Medical Science*, 16(9), e69680. <https://doi.org/10.7759/cureus.69680>
- Nucci, F., Puccioni, C., & Ricchi, O. (2023). Digital technologies and productivity: A firm-level investigation. *Economic Modelling*, 128, 106524. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2023.106524>
- Owino, A. (2023). Challenges of Computer Vision Adoption in the Kenyan Agricultural Sector and How to Solve Them: A General Perspective. *Advances in Agriculture*, 2023, 1530629. <https://doi.org/10.1155/2023/1530629>
- Pham, P., Zhang, H., Gao, W., & Zhu, X. (2024). Determinants and performance outcomes of artificial intelligence adoption: Evidence from US Hospitals. *Journal of Business Research*, 172, 114402. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2023.114402>
- Rademakers, E., & Zierahn-Weilage, U. (2024). New Technologies: End of Work or Structural Change? *Economists Voice*. <https://doi.org/10.1515/ev-2024-0046>
- Rana, A., Sarkar, B., Parida, R. K., Adhikari, S., Anandha Lakshmi, R., Akila, D., & Pal, S. (2024). A Data-Driven Analytical Approach on Digital Adoption and Digital Policy for Pharmaceutical Industry in India. *Micro-Electronics and Telecommunication Engineering* [eds: Sharma, D.K., Peng, S.L., Sharma, R., Jeon, G.], *ICMETE2023*, 894. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-9562-2_42
- Romao, M., Costa, J., & Costa, C. J. (2019). Robotic Process Automation: A Case Study in the Banking Industry. *14th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)19 – 22 June 2019*, Coimbra, Portugal, 1-6. <https://doi.org/10.23919/CISTI.2019.8760733>
- Bhaskaran, S. (2024). Analysis of an Intelligent and Cybersecurity Optimization Model for Financial Applications. *2024 International Conference on Electronics, Computing, Communication and Control Technology (ICECCC)*, Bengaluru, India, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ICECCC61767.2024.10593867>
- Serban, A. C., & Lytras, M. D. (2020). Artificial Intelligence for Smart Renewable Energy Sector in Europe – Smart Energy Infrastructures for Next Generation Smart Cities. *Ieee Access*, 8, 77364-77377. <https://doi.org/10.1109/access.2020.2990123>

- Sweeney, D., Nair, S., & Cormican, K. (2023). Scaling AI-based industry 4.0 projects in the medical device industry: An exploratory analysis. *Procedia Computer Science*, 219, 759-766. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.01.349>
- Szalavetz, A. (2019). Artificial Intelligence-Based Development Strategy in Dependent Market Economies – Any Room amidst Big Power Rivalry? *Central European Business Review*, 8(4), 40-54. <https://doi.org/10.18267/j.cebr.219>
- Tawil, A.-R. H., Mohamed, M., Schmoor, X., Vlachos, K., & Haidar, D. (2024). Trends and Challenges towards Effective Data-Driven Decision Making in UK Small and Medium-Sized Enterprises: Case Studies and Lessons Learnt from the Analysis of 85 Small and Medium-Sized Enterprises. *Big Data and Cognitive Computing*, 8(7), 79. <https://doi.org/10.3390/bdcc8070079>
- Wimpfheimer, O., & Kimmel, Y. (2024). Artificial Intelligence in Medical Imaging: An Overview of a Decade of Experience. *Israel Medical Association Journal*, 26(2), 122-125. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38420986/>.
- Wu, L., Hitt, L., & Lou, B. (2019). Data Analytics, Innovation, and Firm Productivity. *Management Science*, 66(5), 2017-2039. <https://doi.org/10.1287/mnsc.2018.3281>

Отримано: 15 жовтня 2024 р.

Рецензовано: 18 листопада 2024 р.

Рекомендовано до друку: 21 листопада 2024 р.