

АНАЛІЗ НАУКОВО-МЕТОДИЧНИХ ПІДХОДІВ ДО ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКІВ МІЖ ДІДЖИТАЛІЗАЦІЄЮ, СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОЮ СФЕРОЮ ТА БЕЗПЕКОЮ

ANALYSIS OF THE SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL APPROACHES FOR STUDYING THE RELATIONSHIPS BETWEEN DIGITALIZATION, SOCIO-ECONOMIC SPHERE AND SECURITY

Запровадження цифрових технологій у соціально-економічній сфері має як свої відчутні переваги, так і значні недоліки, зокрема виникають безпекові питання захисту даних користувачів. Традиційні економетричні підходи роками показували свою ефективність, проте в сучасних реаліях вони починають поступатись новітнім методам, які покладаються на використання штучного інтелекту, машинного навчання, аналізу великих даних, тощо. Дана тема є актуальною на сьогоднішній день та розглядається багатьма вітчизняними, та зарубіжними дослідниками. Науковці намагаються актуалізувати традиційні економетричні методи аби вони були більш ефективними для розрахунку прогнозів в умовах цифрової епохи. Метою даної статті є проведення аналізу переваг та недоліків науково-методичних підходів, які можуть бути використані для дослідження взаємозв'язків між діджиталізацією та сферами, на які вона має безпосередній вплив. Даний аналіз проведено шляхом збору даних про можливості традиційних та сучасних економетричних моделей, наведено приклади моделей, виділені їхні слабкі та сильні сторони, окреслені можливості актуалізації класичних моделей у сучасних умовах цифрової економіки. Отримані результати показують, що у кожній моделі є свої сильні та слабкі сторони, і для ефективної роботи з ними необхідно знайти баланс між можливостями класичних та сучасних. Результати даного дослідження можуть бути використані дослідниками, які мають на меті дослідити взаємозв'язки між діджиталізацією, соціально-економічною сферою та безпекою.

Ключові слова: діджиталізація; соціально-економічна сфера; кібербезпека; науково-методичні підходи; економетричні моделі; штучний інтелект; машинне навчання; великі дані.

The invasion of digital technologies into the socio-economic sphere has tangible advantages and significant disadvantages, including security issues related to personal data protection. The corresponding changes also affect research methods applied in this area, including the ability to analyze and predict complicated relationships affected by wide usage of digital tools and technologies by state-owned and private companies, educational institutions, and so on. Traditional econometric approaches have proven to be effective for years, but nowadays they are beginning to give way to the more actual methods that rely on artificial intelligence and machine learning usage, big data analysis, etc. due to their inability to respond dynamically to the economic and social sphere changes, as well as cover the rapid technological breakthroughs caused by the pace of digitalization. This topic is relevant today and is being considered by many domestic and foreign researchers. Scientists are trying to update traditional econometric methods to make them more effective considering the digital age for calculating forecasts and to create models based on them according to research areas. This article aims to analyze the pros and cons of the scientific and methodological approaches that can be used to study the relationship between digitalization and the areas it directly affects: the economy, social sphere, and security. The analysis was carried out by collecting data on the capabilities of traditional and modern econometric models, giving examples of specific models, highlighting their weaknesses and strengths, and outlining the possibilities of updating classical models to use them in the current realities of the digital economy. The results show that it's a misconception to state that some models are superior to others. Each model has its strengths and weaknesses, and it is necessary to find a middle ground between the advantages of classical and modern models for effective work with them. The results of this study can be used by researchers who aim to study the interconnections between digitalization, the socio-economic sphere, and security.

Key words: digitalization; socio-economic sphere; cybersecurity; scientific and methodological approaches; econometric models; artificial intelligence; machine learning; Big Data.

УДК 004.1:33:371.3:363.4

DOI: <https://doi.org/10.32782/dees.16-57>

Островський О.О.¹

аспірант,

Сумський державний університет

Ostrovskiy Oleksandr

Sumy State University

Постановка проблеми. Темпи діджиталізації набирають обертів та розповсюджуються на все більшу кількість сфер життєдіяльності суспільства. Даний процес має як свої плюси, так і мінуси, які стають тим більшими, чим вагоміший вплив чинить запровадження цифровізації у ту чи іншу сферу чи галузь. Вибудовується складна система взаємозалежностей і взаємозв'язків, яка вимагає комплексного та всебічного дослідження і оцінки

як потенційних можливостей, так і тих викликів, з якими може зіткнутись людство на новому етапі свого розвитку. Саме це викликає необхідність проведення огляду та аналізу існуючих науково-методичних підходів, методологій, методів, чинників впливу, які наразі використовуються науковцями для оцінювання взаємозв'язків між діджиталізацією, освітою, економікою та безпекою, а також пошук реальних шляхів покращення традиційних

¹ ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-1677-6002>

економетричних підходів на основі аналізу новітніх інструментів та засобів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Питанням науково-методичних підходів до аналізу та моделювання взаємозв'язків між різними соціально-економічними факторами, зокрема оцінкою ефективності традиційних економетричних методів та моделей і їх вдосконаленням в рамках своїх досліджень, займаються як зарубіжні науковці, так і вітчизняні. Серед зарубіжних науковців, які розглядали питання покращення традиційних науково-методичних підходів в моделюванні соціально-економічних взаємозв'язків, можна виділити наступних: Н.О. Zapata, S. Mukhopadhyay [1], J. Wang, T. Xu [2], L. Wang, L. Zhao [3], A. Bello [4]. Науковці C. Dong, J. Gao, B. Peng [5], N. Bertschinger, I. Mozzhorin [6], J. Yao [7] у своїх роботах використовували вдосконалені економетричні підходи для побудови економічних та управлінських моделей із врахуванням впливу фактору діджиталізації. Українцями, які працювали над даною проблематикою, є: С. Ткаченко [8], Д. Співак [9], С. Бегун, Н. Хомюк, О. Подзізей [10], О. Бондарчук [11], В. Хаустова, Є. Крячко, Д. Бондаренко [12].

Постановка завдання. Метою статті є проведення аналізу сильних та слабких сторін класичних науково-методичних підходів до дослідження взаємозв'язків між діджиталізацією та соціально-економічними процесами та способів їх адаптації до викликів сучасних реалій.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Вплив цифровізації на соціально-економічні процеси стає дедалі глибшим, змінюючи саму основу функціонування даних інституцій. Змін зазнають підходи до функціонування економіки, ведення бізнесу, освітнього процесу, державного управління, та цифрової безпеки громадян. Величезні обсяги даних оцифровуються, зберігаються, накопичуються та обробляються засобами інформаційно-комунікаційних технологій, створюються цифрові валюти, освітні політики переглядаються у зв'язку із новими можливостями запровадження гібридного та дистанційного навчання. Доступ до великої кількості онлайн-інструментів кардинально змінює можливості освітніх програм та створює нові вимоги до володіння вчителями цифровими компетенціями. Захист персональних даних стає все більш нагальною темою, адже повсемісно людину просять залишити персональні дані для надання певного роду послуг, і кожен надавач таких послуг має гарантувати безпечну обробку даних. Такі зміни відбуваються на мікро- та макrorівнях, вони значно впливають на динаміку економічного розвитку, соціальної взаємодії та інформаційної захищеності.

Саме через такі зміни видозмінюються і підходи до моделювання та прогнозування взаємозв'язків між соціально-економічними факторами. Для їх аналізу, який має бути математично

обґрунтованим, необхідне застосування міждисциплінарного системного підходу, а також кількісних методів, зокрема економетричного моделювання, яке надає можливості формалізувати та аналізувати взаємозалежності між факторними та результативними ознаками. Традиційні методи та моделі економетрики стикаються із викликами сучасних реалій, які вимагають більш ретельного підбору релевантних змінних та врахування стрімких змін у соціально-економічній системі під впливом запровадження цифрових технологій. Вони потребують актуалізації для врахування специфіки цифрової економіки, яка характеризується різними стрибками у своїх трансформаціях, новими видами ризиків, зокрема безпекових, та роботою із великими обсягами даних. Із вищезазначеного можна зробити висновок що аналіз науково-методичних підходів до оцінювання взаємозв'язків між діджиталізацією, освітою, економікою та безпекою, а також висвітлення ключових методологічних проблем, які потребують вирішення, є актуальним та необхідним для визначення правильного вектору руху подальших досліджень даної проблематики.

З графіку, наведеного на рис. 1 видно, що компанії по всьому світу збільшують інвестиції у цифрові рішення. Так, з 2020 по 2022 роки частка компаній, які вкладались у цифрові продукти збільшилась у 4 рази для країн Східної Азії та Південної Азії, майже вдвічі для Європи та Центральної Азії, для інших регіонів підвищення теж спостерігалось, хоч і не таке значне. Це вказує на зацікавленість фірм у автоматизації та вдосконаленні методів своєї операційної діяльності. Класичні економетричні моделі, які включають в себе метод найменших квадратів, авторегресійні моделі, логіт- та пробіт-моделі, моделі часових рядів, регресійний аналіз, панельні дані, тощо, розроблялись в умовах набагато більш стабільної економіки з передбачуваними тенденціями та відсутніми, або нечисленними стрибками в інноваціях. Проте сучасні реалії показують меншу стабільність та нижчий рівень передбачуваності сучасної економіки саме через впровадження нових автоматизованих систем, які у короткий термін здатні підвищити продуктивність різного роду підприємств.

Вдосконалюючи діяльність фірм з одного боку, з іншого цифровізація має негативний вплив на можливості аналізу та стратегічного планування діяльності компанії. Цифрова трансформація додає нові факторні змінні, які безпосередньо впливають на функціонування економіки, та має опосередкований вплив на технологічні зміни, що спричиняють різкі зрушення у економічній, соціальній та безпековій структурі, які не можна ігнорувати при моделюванні в сьогоденних реаліях. Наведемо приклад таких змін:

– швидкість технологічних змін: традиційні моделі більше розраховані на аналіз стабільних

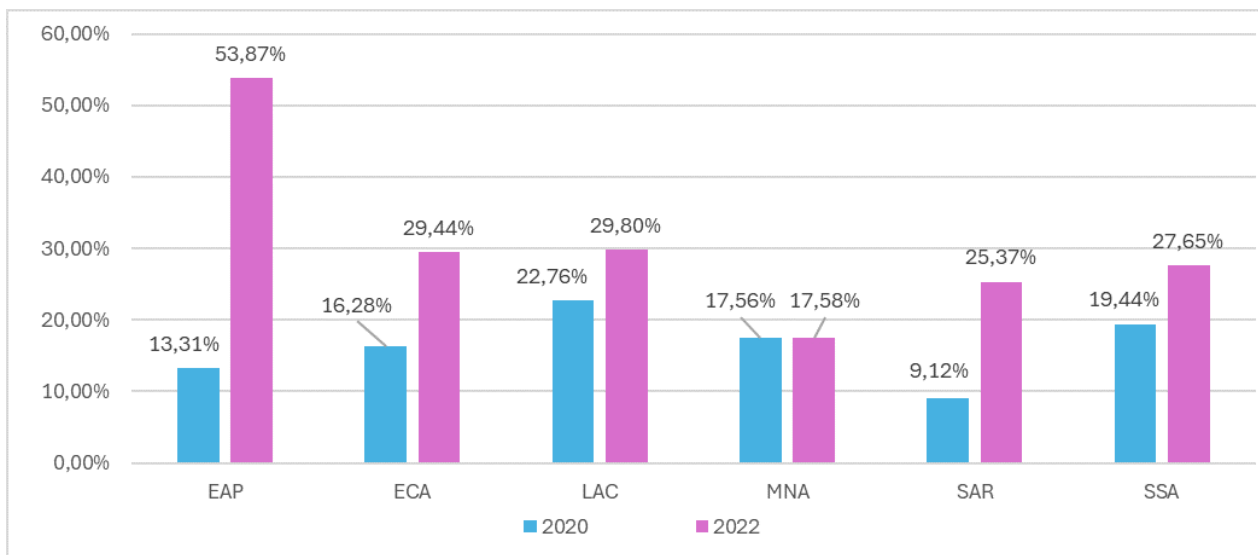


Рис. 1. Частка компаній, які інвестують у цифрові рішення, за роками та регіонами

Джерело: побудовано автором на основі даних сайту World Bank [13]

економічних систем зі статичними або повільними структурними змінами. Цифрова ж економіка розвивається нелінійно, динамічні ефекти від впровадження цифрових технологій створюють періодичні стрибки в економічній динаміці;

- наявність великих обсягів неструктурованих даних: класичні економетричні підходи гарно працюють із агрегованими табличними даними, але в умовах цифровізації зростає кількість неструктурованих даних, таких як транзакційні записи, дані із сенсорів, поведінкові патерни учасників, дані з соціальних мереж та маркетингових досліджень. Класичні моделі мають складнощі з обробкою та подальшим аналізом таких масивів інформації;

- наявність нелінійних взаємозв'язків: значна частина економічних та соціальних процесів мають нелінійну природу (мережеві ефекти, алгоритмічне ціноутворення, тощо), які традиційними моделями складно формалізувати;

- виникнення умов нестабільності та ризиків: класичні моделі передбачають екстраполяцію майбутніх тенденцій виключно на основі минулих даних не враховуючи можливість настання економічних криз, воєн, геополітичної нестабільності, кіберзагроз, тощо. На сьогодні у економетричних моделях важливим є врахування стохастичних факторів, яке зробить точність прогнозів вищою та більш наближеною до реальності.

Після того як були окреслені основні виклики, з якими стикаються традиційні економетричні моделі, необхідно розглянути можливості їх актуалізації із використанням сучасних технологій для підвищення точності, можливостей обробки великих обсягів даних та врахування більшої кількості стохастичних чинників в умовах нестабільності. Звісно, одразу ж на думку приходить використання

штучного інтелекту (ШІ), який за останні роки почав відігравати важливу роль в аналітиці даних. І дійсно, ШІ сприяє швидшому та точнішому аналізу даних використовуючи алгоритми машинного навчання для виявлення складних закономірностей, кореляцій, тенденцій у великих наборах неструктурованих даних [14].

На рис. 2 можна побачити візуальне представлення того, як змінювались можливості штучного інтелекту протягом останніх десятиліть. Для кожного виду задач початкова продуктивність ШІ встановлена на рівні -100, а ефективність людини визначається позначкою 0 на осі ординат. Там де продуктивність штучного інтелекту сягає значень більших за 0 означає, що в цих задачах можливості штучного інтелекту переважають людські. Бачимо що можливості збору інформації переважали людські повноцінно вже у 2019 році, коли вже штучний інтелект вмів добре розпізнавати мову, зображення та рукописний текст, але у 2023 відбувся прорив, і штучний інтелект наблизився до можливостей людини за показниками прогностичного міркування та розв'язування задач з математики. За більш сучасними даними штучний інтелект вже місцями переважає можливості людини у аналізі та прогнозуванні, принаймні він є позбавленим людських упереджень та помилок, які можуть виникнути через неуважність чи брак досвіду. Методи та моделі з інтегрованим штучним інтелектом показують стабільні результати в рамках заданої точності прогнозування та здатні до самонавчання [16].

Проте для актуалізації економетричних підходів та підвищення ступеню їх релевантності може використовуватись не тільки штучний інтелект, а і інші методи та інструменти, які можуть бути як

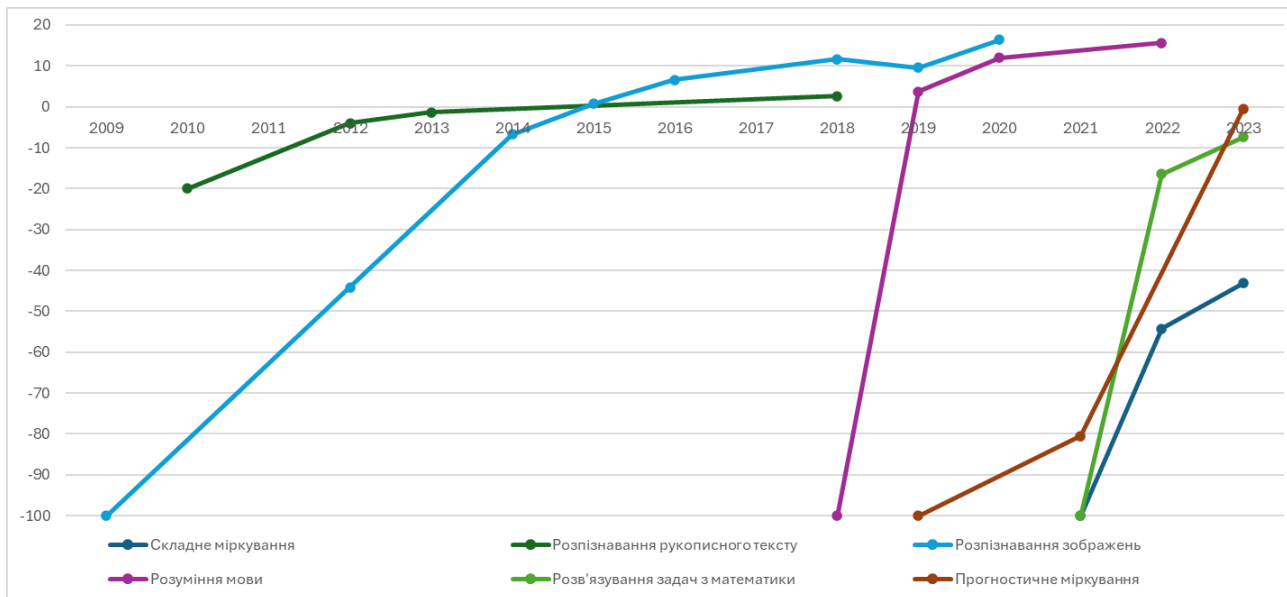


Рис. 2. Результати тестування штучного інтелекту у порівнянні із продуктивністю людини у відповідних задачах

Джерело: побудовано автором на основі даних сайту Our world in data [15]

використані самостійно, так і доповнювати ШІ для врахування особливостей цифрової епохи, наприклад:

- Big Data: статичні вибірки замінюються динамічними базами даних із неструктурованими та високочастотними даними з оновленням в реальному часі. Корисними інструментами для цього є Hadoop-платформи, або бази даних NoSQL для ефективного зберігання та обробки різноманітних цифрових даних;

- алгоритми машинного навчання: використання нейронних мереж, методів Random Forest, градієнтного бустингу (XGBoost, LightGBM) є ефективним для автоматизованого виявлення ключових факторів, врахування нелінійних взаємозв'язків та моделювання складних процесів;

- агентно-орієнтовані підходи та динамічне моделювання: агентно-орієнтовані моделі (ABM) надають змогу досліджувати поведінку економічних агентів у цифровому середовищі, враховуючи їхню взаємодію та адаптивність, а традиційні рівноважні моделі по типу DSGE можуть бути доповнені багатфакторним динамічним моделюванням (DMFM);

- врахування цифрових та безпекових ризиків: адаптовані економетричні моделі мають враховувати змінні, що описують рівень діджиталізації, кібербезпеки, цифрової грамотності користувачів, тощо. Також можуть бути вираховані нові індекси рівня цифрового суверенітету та стійкості національних економік до втручань в роботу критичної інфраструктури.

Отже, було розглянуто недоліки класичних економетричних методів та можливості їхньої

адаптації до сучасних умов. Але відкритим залишається питання щодо недоліків актуальних методів досліджень. Чи можна повністю покластись лише на штучний інтелект, машинне навчання та обробку великих даних? Для порівняння є сенс скласти таблицю, в якій порівнюємо переваги та недоліки як традиційних підходів до моделювання соціально-економічних процесів, так і адаптованих до умов сучасності моделей, які також можуть оцінювати та аналізувати вплив діджиталізації та нових безпекових реалій (табл. 1).

З наведених вище даних видно, що традиційні підходи мають місце у сучасному світі, і хоча їх застосування може бути супроводжене деякими обмеженнями, проте вони все ще залишаються корисними за умови обчисленої взаємодії між ретельно підібраними факторами, які чинять безпосередній вплив на кожне конкретне дослідження. Для того щоб класичні економетричні моделі можна було використовувати без залучення передових технологій, таких як штучний інтелект, машинне навчання, Big Data, можна слідувати наступним правилам, які вдалось виокремити під час проведення дослідження:

- ретельне обчислення взаємодії факторів: процеси у цифровому середовищі часто мають нелінійні ефекти, тому доцільним є використання аналізу часових лагів, порогових ефектів та інтерактивних змінних;

- використання актуальних змінних: якщо метою дослідження є моделювання та прогнозування соціально-економічних факторів, то необхідним є включення показників цифровізації, наприклад рівня автоматизації, витрат на

**Порівняння переваг та недоліків класичних і актуалізованих до сучасних реалій
економетричних моделей за 10 різними характеристиками**

Характеристика	Класичні моделі	Актуалізовані моделі
1. Тип залежностей (лінійні/нелінійні)	Приклади: VAR, ARIMA, МНК, логіт- і пробіт-регресії Переваги: відносно прості розрахунки, легка інтерпретація Недоліки: погано описують нелінійні взаємозв'язки	Приклади: нейромережі MLP, RNN, LSTM, XGBoost, SVM, Байєсівські мережі, глибокі ансамблеві методи Переваги: здатні працювати зі складними взаємодіями та нелінійними взаємозв'язками Недоліки: висока складність налаштування та інтерпретації результатів
2. Адаптованість до структурних змін економіки	Приклад моделей: DSGE, IS-LM, CAPM, моделі Солоу та Кобба-Дугласа Переваги: чітке економічне обґрунтування моделі Недоліки: не враховують раптові зміни у структурі економіки	Приклад моделей: моделі Adaptive learning, Agent-based, Reinforcement learning, Hybrid economic, Structural equation modeling Переваги: адаптованість до змін у реальному часі Недоліки: складна інтерпретація результатів
3. Робота з неструктурованими даними	Приклади: 2SLS, GMM, VAR, ARIMA, логіт- і пробіт-регресії Переваги: гарно оброблюють табличні дані Недоліки: погано працюють з текстами, графами та складними структурами	Приклади: CNN, NLP, Word2Vec, BERT, GAN Переваги: враховують текстові, аудіо та зображення як дані Недоліки: вибірки для навчання мають бути ретельно підібрані, та їх має бути достатня кількість
4. Робота з часовими рядами	Приклади: ARIMA, GARCH, VAR, FAVAR, коінтеграційна модель Переваги: гарна прогностична точність зі стабільних умов Недоліки: висока чутливість до структурних змін	Приклади: LSTM, Prophet, Transformer-модель, гібридні нейромережі, гауссівські процеси Переваги: висока точність при складних паттернах і великій кількості змінних Недоліки: потреба в потужних обчислювальних ресурсах
5. Обробка великої кількості змінних	Приклади: 2SLS, GMM, SUR, FAVAR, панельні моделі (FE, RE) Переваги: надійні при роботі з невеликим набором змінних Недоліки: обмеженість у кількості пояснюючих змінних	Приклади: Random forest, PCA, AutoML, Gradient boosting (XGBoost, LightGBM), GA Переваги: добре працюють з великою кількістю параметрів Недоліки: можливе перенавчання (overfitting)
6. Масштабованість	Приклади: OLS, ARIMA, VAR, GARCH, логіт-регресія Переваги: необхідність у невеликих обчислювальних потужностях Недоліки: погано працюють із великими наборами даних	Приклади: Hadoop/Spark ML, TensorFlow, Keras, Reinforcement learning, Deep learning, Bayesian optimization Переваги: можливість паралельної обробки великих обсягів даних Недоліки: високі апаратні вимоги
7. Врахування випадкових факторів та невизначеності	Приклади: VAR, BVAR, GARCH, Stochastic frontier analysis Переваги: використання стандартизованих підходів для оцінки невизначеності Недоліки: не враховують глибоких стохастичних взаємодій	Приклади: Bayesian neural networks, Monte Carlo dropout, Deep ensembles, Gaussian processes, Uncertainty quantification models Переваги: набагато точніша робота зі стохастичними процесами Недоліки: вимагають багато ресурсів для коректної роботи
8. Стійкість до мультиколінеарності	Приклади: OLS, 2SLS, VAR, GARCH, логіт-регресія Переваги: мультиколінеарність за потреби може бути скоригована Недоліки: чутливість до корельованих змінних	Приклади: Ridge/Lasso regression, Elastic net, PCA, Autoencoders, Feature selection methods Переваги: автоматичне відсіювання зайвих змінних Недоліки: потребують розробки складних алгоритмів для оптимізації
9. Довгострокове прогнозування	Приклади: ARIMA, GARCH, DSGE, моделі Солоу та Кобба-Дугласа Переваги: показують доволі точні результати при стабільних економічних умовах Недоліки: погано адаптуються до змін в економічних умовах	Приклади: моделі Transformer-based, Dynamic factor, LSTM, Hybrid AI-Econometrics, Bayesian forecasting Переваги: мають високу точність при довгострокових нестабільних умовах Недоліки: висока обчислювальна складність
10. Адаптація в реальному часі	Приклади: DSGE, OLS, ARIMA, VAR, панельні моделі (FE, RE) Переваги: надійні при сталих економічних умовах Недоліки: не оновлюються автоматично в разі раптових змін у змінних	Приклади: Reinforcement learning, AutoML, Transfer learning, Online learning, Deep reinforcement learning Переваги: самонавчання та адаптація до нових даних Недоліки: висока складність впровадження

Джерело: створено автором на основі проведеного аналізу характеристик економетричних моделей

кібербезпеку, цифрових компетенцій користувачів автоматизованих систем, інвестицій в розбудову цифрової інфраструктури;

– декомпозиція факторів впливу: чітке визначення та розрізнення прямих, опосередкованих та зворотних ефектів діджиталізації;

– модифікація моделей: використання розширених специфікацій, динамічних моделей, панельних даних, моделей з фіксованими ефектами, це дозволить точніше оцінювати вплив цифрових факторів на безпеку та соціально-економічні процеси.

Висновки. Аналіз науково-методичних підходів до дослідження взаємозв'язків між діджиталізацією, освітою, економікою та безпекою показав що класичні методи та моделі економетрики залишаються важливим інструментом для отримання теоретично обґрунтованих та достатньо легко інтерпретованих висновків у стабільних, або відносно стабільних економічних умовах. Проте цифрова трансформація та поява нових викликів, зокрема фактору кіберзагроз, вимагає адаптації до сучасних реалій та створення більш адаптивних, гнучких та багатфакторних методів аналізу. Таким чином, не можна однозначно сказати що сучасні економетричні методи та моделі є в усьому кращими, і від традиційних слід повністю відмовитись, так само як і використання лише класичних методів та моделей даватиме все більш неточні прогнози. Найкращим рішенням є комбінування підходів, що дозволить зберегти аналітичну строгість та водночас не знехтувати складністю реального соціально-економічного середовища та безпекових викликів в умовах прогресуючої діджиталізації.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Zapata H. O., Mukhopadhyay S. A bibliometric analysis of machine learning econometrics in asset pricing. *Journal of risk and financial management*. 2022. Vol. 15. No. 11. P. 535. DOI: <https://doi.org/10.3390/jrfm15110535> (дата звернення: 15.03.2025).
2. Wang J., Xu T. Environmental impact of Information Communication Technology: a review of econometric assessment methods, influential mechanism, and influential direction. *Environmental impact assessment review*. 2021. Vol. 89. P. 106590. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2021.106590> (дата звернення: 15.03.2025).
3. Wang L., Zhao L. Digital economy meets artificial intelligence: forecasting economic conditions based on big data analytics. *Mobile information systems*. 2022. Vol. 2022. P. 1–9. DOI: <https://doi.org/10.1155/2022/7014874> (дата звернення: 15.03.2025).
4. Bello A. The impact of Big Data on economic forecasting and policy making. *International journal of development and economic sustainability*. 2022. Vol. 10, no. 6. P. 66–89. URL: <https://eajournals.org/ijdes/vol10-issue-6-2022/the-impact-of-big-data-on-economic-forecasting-and-policy-making/> (дата звернення: 15.03.2025).
5. Dong C., Gao J., Peng B. Varying-Coefficient panel data models with nonstationarity and partially observed factor structure. *Journal of business & economic statistics*. 2020. P. 1–12. DOI: <https://doi.org/10.1080/07350015.2020.1721294> (дата звернення: 15.03.2025).
6. Bertschinger N., Mozzhorin I. Bayesian estimation and likelihood-based comparison of agent-based volatility models. *Journal of economic interaction and coordination*. 2020. Vol. 16. P. 173–210. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11403-020-00289-z> (дата звернення: 15.03.2025).
7. Yao J. A fusion method integrated econometrics and deep learning to improve the interpretability of prediction: evidence from Chinese carbon emissions forecast based on OLS-CNN model. *Computational economics*. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10614-024-10793-0> (дата звернення: 15.03.2025).
8. Tkachenko S. Prospects for the development of the digital economy in the global space. *Economies' horizons*. 2023. No. 2(24). P. 101–109. DOI: [https://doi.org/10.31499/2616-5236.2\(24\).2023.281234](https://doi.org/10.31499/2616-5236.2(24).2023.281234) (дата звернення: 15.03.2025).
9. Співак Д. Економіко-математичне моделювання впливу діджиталізації на фінансовий сектор економіки : Бакалаврська робота : 051. Суми, 2021. 35 с. URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/85086> (дата звернення: 15.03.2025).
10. Бегун С., Хомюк Н., Подзізей О. Економетричні методи та моделі в прийнятті управлінських рішень в умовах цифрової трансформації. *Економіка та суспільство*. 2024. № 66. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-66-16> (дата звернення: 15.03.2025).
11. Bondarchuk O. Development of the concept “digitalization” and its impact on different spheres of the economy. *Scientific bulletin of Odessa national economic university*. 2024. Vol. 7–8, no. 320–321. P. 31–40. DOI: <https://doi.org/10.32680/2409-9260-2024-7-8-320-321-31-40> (дата звернення: 15.03.2025).
12. Khaustova V., Kriachko Y., Bondarenko D. Modeling the impact of digitalization factors on the economic development of countries around the world. *The problems of economy*. 2024. Vol. 2, no. 60. P. 61–73. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2024-2-61-73> (дата звернення: 15.03.2025).
13. Global digitalization in 10 charts. *World Bank*. URL: <https://www.worldbank.org/en/news/immersive-story/2024/03/05/global-digitalization-in-10-charts> (дата звернення: 16.03.2025).
14. Benefits of AI in data analytics. *DevtoDev*. URL: <https://www.devtoDev.com/resources/articles/benefits-of-ai-in-data-analytics> (дата звернення: 22.03.2025).
15. Test scores of AI systems on various capabilities relative to human performance. *Our world in data*. URL: <https://ourworldindata.org/grapher/test-scores-ai-capabilities-relative-human-performance?tab=table↦time=2006> (дата звернення: 22.03.2025).
16. Artificial intelligence in economic forecasting and analysis. *Maseconomics*. URL: https://maseconomics.com/artificial-intelligence-in-economic-forecasting-and-analysis/#elementor-toc_heading-anchor-8 (дата звернення: 22.03.2025).

REFERENCES:

1. Zapata, H. O., Mukhopadhyay S. (2022). A bibliometric analysis of machine learning econometrics in asset pricing. *Journal of Risk and Financial Management*, vol. 15(11), p. 535. DOI: <https://doi.org/10.3390/jrfm15110535>.
2. Wang, J., Xu T. (2021). Environmental impact of Information Communication Technology: a review of econometric assessment methods, influential mechanism, and influential direction. *Environmental impact assessment review*, vol. 89, p. 106590. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2021.106590>.
3. Wang L., Zhao L. (2022). Digital economy meets artificial intelligence: forecasting economic conditions based on big data analytics. *Mobile information systems*, vol. 2022, pp. 1–9. DOI: <https://doi.org/10.1155/2022/7014874>.
4. Bello A. (2022). The impact of Big Data on economic forecasting and policy making. *International journal of development and economic sustainability*, vol. 10(6), pp. 66–89. Available at: <https://ejournals.org/ijdes/vol10-issue-6-2022/the-impact-of-big-data-on-economic-forecasting-and-policy-making/> (accessed March 15, 2025).
5. Dong C., Gao J., Peng B. (2020). Varying-Coefficient panel data models with nonstationarity and partially observed factor structure. *Journal of business & economic statistics*, pp. 1–12. DOI: <https://doi.org/10.1080/07350015.2020.1721294>.
6. Bertschinger N., Mozzhorin I. (2020). Bayesian estimation and likelihood-based comparison of agent-based volatility models. *Journal of economic interaction and coordination*, vol. 16, pp. 173–210. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11403-020-00289-z>.
7. Yao J. (2024). A fusion method integrated econometrics and deep learning to improve the interpretability of prediction: evidence from Chinese carbon emissions forecast based on OLS-CNN model. *Computational economics*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10614-024-10793-0>.
8. Tkachenko S. (2023). Prospects for the development of the digital economy in the global space. *Economies' horizons*, no. 2(24), pp. 101–109. DOI: [https://doi.org/10.31499/2616-5236.2\(24\).2023.281234](https://doi.org/10.31499/2616-5236.2(24).2023.281234).
9. Spivak D. (2021). Ekonomiko-matematychne modeliuвання vplyvu dydzhytalizatsii na finansovyi sektor ekonomiky [Economic and mathematical modeling of the impact of digitalization on the financial sector of the economy] (bachelor's thesis), Sumy. Available at: <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/85086> (accessed March 15, 2025).
10. Behun S., Khomiuk N., Podzizei O. (2024). Ekonometrychni metody ta modeli v pryiniatti upravlinskykh rishen v umovakh tsyfrovoy transformatsii [Econometric methods and models in management decision-making in the context of digital transformation]. *Ekonomika ta suspilstvo – Economy and society*, no. 66. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-66-16>.
11. Bondarchuk O. (2024). Development of the concept “digitalization” and its impact on different spheres of the economy. *Scientific bulletin of Odessa national economic university*, vol. 7–8, no. 320–321, pp. 31–40. DOI: <https://doi.org/10.32680/2409-9260-2024-7-8-320-321-31-40>.
12. Khaustova V., Kriachko Y., Bondarenko D. (2024) Modeling the impact of digitalization factors on the economic development of countries around the world. *The problems of economy*, vol. 2, no. 60, pp. 61–73. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2024-2-61-73>.
13. Global digitalization in 10 charts. *World Bank*. Available at: <https://www.worldbank.org/en/news/immersive-story/2024/03/05/global-digitalization-in-10-charts> (accessed March 16, 2025).
14. Benefits of AI in data analytics. *DevtoDev*. Available at: <https://www.devtoDev.com/resources/articles/benefits-of-ai-in-data-analytics> (accessed March 22, 2025).
15. Test scores of AI systems on various capabilities relative to human performance. *Our world in data*. Available at: <https://ourworldindata.org/grapher/test-scores-ai-capabilities-relative-human-performance?tab=table&time=2006> (accessed March 23, 2025).
16. Artificial intelligence in economic forecasting and analysis. *Maseconomics*. Available at: https://maseconomics.com/artificial-intelligence-in-economic-forecasting-and-analysis/#elementor-toc__heading-anchor-8 (accessed March 23, 2025).