

DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-74-103>

УДК 336.22:004.8:330.47

ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ ДЛЯ ТОЧНОГО ПОДАТКОВОГО ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНУВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ СУБ'ЄКТІВ ГОСПОДАРЮВАННЯ

INNOVATIVE ANALYSIS METHODS FOR ACCURATE TAX FORECASTING AND OPTIMAL PLANNING OF BUSINESS ACTIVITIES

Поярков Микола Вікторович

здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти,
Центральноукраїнський національний технічний університет
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5560-327X>

Poiarkov Mykola

Central Ukrainian National Technical University

У статті розглянуто новітні підходи до аналітики, зокрема використання алгоритмів машинного навчання й технологій обробки великих обсягів даних, з метою удосконалення точності податкового прогнозування та ефективного планування діяльності суб'єктів господарювання. Акцентовано на важливості впровадження комплексного підходу, який синтезує економічний аналіз, поведінкові характеристики платників податків та правові зміни, що відбуваються в умовах соціально-економічних трансформацій і дії воєнного стану в Україні. Проведено оцінку доцільності застосування моделей машинного навчання для передбачення обсягів податкових надходжень, зменшення податкових ризиків та удосконалення податкового планування. Окрему увагу приділено перспективам впровадження зазначених моделей у практику вітчизняної податкової системи, з урахуванням її специфіки. Також висвітлено значущість судової практики та юридичної організаційної форми як ключових елементів правової бази, що потребують модернізації крізь призму інноваційних методів аналітики.

Ключові слова: податкове прогнозування, податкове планування, інноваційні методи аналізу, машинне навчання, Big Data, податковий менеджмент, правове регулювання, воєнний стан, оптимальне планування, податкові ризики.

In the contemporary economic landscape, shaped by rapid digitalization and significant challenges, particularly the ongoing martial law in Ukraine, accurate tax forecasting and effective tax planning are crucial for national financial stability and business viability. The article investigates innovative analytical methods, specifically machine learning (ML) algorithms and Big Data analytics, to enhance the precision of tax forecasting and optimize business entities' activity planning. We argue for a systemic approach that integrates the analysis of economic processes, taxpayer behavioral aspects, and the dynamic legal environment amid Ukraine's transformations and wartime conditions. The study analyzes the application of ML models for predicting tax revenues, managing tax risks, and facilitating optimal tax planning strategies. We also explore the prospects for adapting and integrating these advanced methodologies within the unique Ukrainian context, considering the specific challenges of martial law and post-crisis economic recovery. A key focus is on the intricate interplay between economic dynamics, taxpayer psychology, and the legal framework, highlighting how state regulatory influence during wartime can induce psychological strain on businesses. This underscores the urgent need for sophisticated analytical tools to navigate such complexities. The research further identifies the critical roles of judicial precedent and the organizational-legal form of enterprises as pivotal legal aspects impacting tax planning. These elements, often under-examined in conventional analyses, require refinement and integration through innovative analytical approaches to ensure more precise forecasting and effective planning. The paper advocates for a shift from traditional, often intuitive, calculations to data-driven models, powered by AI and ML. This transformation is vital for mitigating tax risks, ensuring transparency in taxpayer-state relations, and ultimately contributing to more efficient tax administration. Our findings suggest that adopting ML in tax policy forecasting and planning is a promising direction, enhancing efficiency and necessitating investments in IT infrastructure, quality data, and skilled personnel capable of integrating ML into practical tax management.

Keywords: tax forecasting, tax planning, innovative analytical methods, machine learning, Big Data, tax management, legal regulation, martial law, optimal planning, tax risks.

Постановка проблеми. У сучасній економічній реальності, особливо в умовах воєнного стану в Україні, точне податкове прогнозування та оптимальне планування податкових зобов'язань є не просто бухгалтерською функцією, а стратегічним імперативом для стабільності державних фінансів та ефективності бізнес-діяльності. Суб'єкти господарювання стикаються з постійною необхідністю балансувати між фіскальним тягарем та забезпеченням власної фінансової стійкості [5, с. 15].

Традиційні методи податкового прогнозування, засновані на простих статистичних моделях, виявляються недостатніми для відображення складності та динамічності сучасних економічних процесів. Стрімкий розвиток інноваційних методів аналізу, таких як машинне навчання та аналітика великих даних (Big Data), відкриває нові горизонти для підвищення точності прогнозів та ефективності податкового менеджменту [4, с. 79]. Ці технології дають змогу опрацьовувати значні обсяги інформації, виявляти приховані взаємозв'язки між економічними показниками, поведінкою платників податків та змінами у правовому регулюванні, що є критично важливим в умовах високої невизначеності [8; 9].

Зокрема, в умовах воєнного стану, коли економічне середовище характеризується нестабільністю, а законодавство швидко адаптується до нових викликів [11, с. 24], потреба в гнучких та адаптивних інструментах оптимального планування податкових зобов'язань стає надзвичайно гострою. Недостатня врегульованість окремих аспектів податкового законодавства [1, с. 23] та наявність колізій створюють додаткові податкові ризики та правові суперечки, що вимагає залучення судової практики як орієнтира. Перехід до дано-орієнтованих моделей прогнозування та планування, підкріплений можливостями ШІ та МН, є ключовим для мінімізації цих ризиків та забезпечення прозорості у взаємодії між платниками податків та державою. Це дозволить не лише ефективніше мобілізувати податкові надходження, але й сприятиме відновленню ділової активності та зниженню рівня безробіття, що є пріоритетними завданнями для післявоєнної відбудови України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика податкового прогнозування та оподаткування широко висвітлюється у працях вітчизняних та зарубіжних науковців. Значний внесок у теоретичне осмислення

зробили, зокрема, Я. Самусевич [5], Н. Писаренко [6], А. М. Лисенко [10], які досліджували різні аспекти податкового планування та вплив вибору методів на формування рішень у сфері оподаткування.

Проте, у сучасній українській науковій літературі досі відчувається нестача комплексних досліджень, що висвітлюють проблему інтеграції інноваційних методів аналізу з урахуванням поведінкових та правових аспектів, особливо в умовах значних економічних трансформацій та воєнного часу. Зарубіжний досвід, представлений роботами Zhang, J. [8] і Benítez, J. та ін. [9], демонструє потенціал застосування машинного навчання для прогнозування податкових надходжень та виявлення податкових невідповідностей. Ці дослідження підкреслюють перспективність таких підходів для української практики. Аналіз ключових трендів податкового планування [3] також вказує на зростаючу роль цифрових технологій та кібербезпеки у податкових системах.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Основною метою статті є комплексний аналіз та обґрунтування застосування інноваційних методів аналізу, зокрема машинного навчання та Big Data, для підвищення точності податкового прогнозування та розробки стратегій оптимального планування діяльності суб'єктів господарювання. Дослідження також зосереджується на впливі правового регулювання та особливостей воєнного стану на формування податкових ризиків та вдосконалення податкового менеджменту.

Виклад основного матеріалу дослідження. Прогнозування у сфері оподаткування є одним із провідних напрямів державного прогнозного аналізу, що базується на науково обґрунтованому вивченні звітної інформації та результатів аналітичних досліджень, які отримуються в межах податкової діяльності [8]. Ефективність цього процесу значною мірою залежить від точності проведеного аналізу, що має враховувати багатофакторність зовнішнього та внутрішнього середовища. Особливої ваги набуває системний підхід у контексті сучасних викликів, зокрема з огляду на обставини воєнного стану.

Системний підхід дозволяє сприймати податкове прогнозування як багаторівневу структуру, що включає взаємодію різних елементів, які тісно пов'язані між собою. У цьому процесі варто враховувати не лише класичні економічні показники, а й поведінкові чинники, а також норми правового регулювання.

Такий підхід забезпечує формування більш виважених та релевантних прогнозів, що відображають реалії сучасної економіки, яка швидко змінюється.

Серед основних факторів, що впливають на якість податкового прогнозування, виокремлюються макро- та мікроекономічні індикатори, серед яких валовий внутрішній продукт, рівень інфляції, динаміка безробіття, прибутковість підприємств. Для аналізу таких параметрів використовуються сучасні математичні моделі та прогнозні методики. Водночас, значущим є аналіз впливу трансформації податкової політики на соціально-економічну ситуацію, що дозволяє оцінити результативність податкових реформ [2]. Аналіз податкової бази разом із вивченням діючих ставок оподаткування сприяє виявленню потенційних джерел надходжень до бюджету.

Не менш важливою є оцінка поведінкових характеристик платників податків, зокрема їхніх очікувань, мотивацій та реакцій на податкові рішення, що прямо впливає на рівень їхньої податкової активності. Податки виступають не лише в економічному вимірі, а й мають психологічний характер. Наприклад, рівень довіри до фіскальної системи та суб'єктивне сприйняття податкового тягара формують ставлення до добровільної сплати податків. Важливими залишаються також аспекти податкової культури та готовності до виконання податкових обов'язків, що дає змогу підвищити результативність податкового адміністрування. Аналіз показує, що найменше працівники часто сприймають податки як пряму втрату частини заробітку, а підприємці можуть розглядати їх як фактор, що гальмує розвиток бізнесу [13]. У цьому контексті виокремлюють шість головних показників, що відображають ставлення до оподаткування: уявлення про граничні податкові ставки, складність податкової системи та її вплив на сприйняття, взаємозв'язок між оподаткуванням і трудовою мотивацією, значущість податків, моральне ставлення до податків та справедливість, а також феномен грошової ілюзії. Як підкреслює О. Є. Коч, податки варто розглядати не лише з економічної точки зору, але й у контексті психології та соціології [12].

Правовий аспект податкового прогнозування охоплює вивчення чинного податкового законодавства, змін у нормативній базі, а також особливості застосування норм на практиці, включаючи судові рішення. У цьому контексті набувають значення тенденції у

сфері податкового планування, зокрема використання історичних даних для передбачення податкових зобов'язань, а також увага до кібербезпеки в роботі фіскальних органів [3]. Окрім цього, важливо оцінювати вплив міжнародних податкових угод на національне законодавство з метою уникнення подвійного оподаткування та забезпечення конкурентоспроможності країни на міжнародній арені. Згідно з думкою вітчизняних науковців, прогнозування і планування податкових показників передбачає використання широкого спектру методичних підходів, зокрема правових, які охоплюють законодавче регулювання податкового статусу господарюючого суб'єкта, а також аспектів податкової юрисдикції [1, с. 23].

За умов правового режиму воєнного часу особливо актуальними стають питання нормативного регулювання процесу податкового прогнозування та планування. Однією з проблем чинного українського податкового законодавства є наявність правових колізій, що відкривають можливості для неоднозначного трактування норм. Такі правові прогалини часто використовуються платниками для мінімізації своїх податкових зобов'язань. Подібні недоліки законодавчого поля провокують конфліктні ситуації між податковими органами та платниками, які зазвичай вирішуються через судові інстанції. Фахівці наголошують, що судове оскарження рішень фіскальних органів виконує кілька функцій: воно може слугувати як інструмент узгодження податкових зобов'язань, спосіб врегулювання спору, а також як форма захисту прав платників [11, с. 24]. Таким чином, у ситуаціях правової невизначеності вагоме значення набуває судовий прецедент, який може слугувати орієнтиром у застосуванні норм права для учасників податкових правовідносин.

Так, в цьому світлі слід зазначити, що в Україні на законодавчому рівні недостатньо врегульовано питання документального підтвердження припинення статусу податкового резидента України (особливо при встановленні юридичного факту втрати громадянським статусом резидента України, що має здійснюватися за критеріями, які не пов'язані з оформленням ним виїзду на постійне місце проживання за кордон або при визначенні резидентського статусу особи за критерієм «центр життєвих інтересів», що не має визначення в національному та міжнародному праві, а також у судовій практиці). У зв'язку із зазначеним, існує необхідність законодав-

чого врегулювання порядку і підстав набуття та припинення резидентського статусу фізичною особою-платником податків, оскільки це питання має велике значення для правильного податкового планування, виконання податкового обов'язку щодо сплати податків з доходів, уникнення спорів між податковими органами та платниками податків щодо визначення резидентського статусу. При здійсненні податкового прогнозування і планування недостатньо визначитися тільки з місцем здійснення господарської діяльності чи з місцем проживання фізичної особи-платника податку, а й врахувати визначені законодавством критерії визначення резидентського статусу, що дозволить сформулювати оптимальну податкову юрисдикцію для такого платника та запобігти подвійному оподаткуванню його доходів.

Крім функціонального та територіального критерію, на здійснення податкового планування впливає вибір організаційно-правової форми самого платника податків або суб'єктів, які ним залучаються з метою оптимізації податкових схем. Вибір організаційно-правової форми господарювання повинен здійснюватися із врахуванням ділових та корпоративних інтересів платника податку та його учасників, а податковий аспект не повинен бути домінантним. Правильне визначення видів організаційно-правових форм дає можливість краще використовувати належний організаційно-правовий інструментарій при здійсненні податкового планування.

Також, організаційно-правова форма юридичної особи впливає на податкові обов'язки по сплаті податку на прибуток, адже в Україні не є платниками податку на прибуток неприбуткові підприємства, установи та організації (бюджетні установи, громадські організації, релігійні організації, політичні партії, творчі спілки, асоціації та інші об'єднання юридичних осіб, житлово-будівельні кооперативи та деякі інші юридичні особи, діяльність яких відповідає вимогам, передбаченим законом). Крім іншого, суттєвий вплив організаційно-правова форма платника податку може мати на право застосування податкових пільг. Так, звільняється від оподаткування прибуток підприємств та організацій, які засновані громадськими об'єднаннями осіб з інвалідністю в разі дотримання визначених законом умов; пільги передбачені зі сплати ПДВ для благодійних та релігійних організацій, навчальних та медичних закладів, органів державної влади та місцевого самоврядування тощо; для окремих форм юридичних осіб передбачені

пільги щодо земельного податку (громадські об'єднання інвалідів, навчальні, санаторно-курортні заклади, спортивні організації).

Фактично, вибір організаційно-правової форми здійснення господарської діяльності на процес податкового планування суттєво впливає на відмінності в порядку оподаткування юридичних осіб та фізичних осіб-підприємців, адже юридичні особи на загальній системі оподаткування є платниками податку на прибуток підприємств, у той час як підприємці на загальній системі оподаткування сплачують податок на доходи фізичних осіб. Особливе значення для здійснення податкового прогнозування і планування має існуюча судово практика.

Методологічна база податкового прогнозування охоплює як класичні формалізовані інструменти, так і сучасні підходи, що не мають жорстких формалізованих рамок, а також новітні інноваційні методики [10, с. 209]. До формалізованих належать економіко-математичні підходи, зокрема побудова регресійних моделей, аналіз динамічних рядів, а також використання економетричних інструментів. Методи, що не є формалізованими, базуються на використанні експертних суджень, аналізі тенденцій розвитку та методах сценарного прогнозування.

У рамках інноваційного напрямку дедалі більшої актуальності набувають технології машинного навчання та обробки великих масивів даних (Big Data), які відкривають можливість працювати з масштабними обсягами інформації, виявляючи приховані зв'язки й закономірності, що суттєво підвищує точність оцінки майбутніх податкових надходжень [8], [9]. Обрання відповідного інструменту прогнозування зумовлюється такими чинниками, як доступність статистичних даних, складність передбачуваних процесів та стратегічна мета аналізу. Використання різноманітних методичних підходів у сукупності сприяє підвищенню надійності прогнозних результатів і дає змогу сформулювати комплексне уявлення про очікувану динаміку податкових платежів.

Інноваційні методи машинного навчання для точного податкового прогнозування та оптимального планування МН-моделі для прогнозування податкових надходжень.

Для прогнозування обсягів податкових надходжень застосовуються різні МН-моделі, що можуть працювати з часовими рядами та мультиваріантними даними. Зокрема, регресійні дерева та їх ансамблі (Random Forest) використовуються для прогнозування дохо-

дів бюджету. Наприклад, стаття Вонга та Ла порівнює дев'ять методів прогнозування доходів від податку на заробітну платню та прибутків з операцій з нерухомістю у штаті Вікторія (Австралія). Автори застосували як традиційні економетричні моделі, так і алгоритми машинного навчання. Встановлено, що методи машинного навчання дещо перевершують традиційні підходи для нестабільних джерел доходів: наприклад, Random Forest та інші моделі дали кращі прогнози для податку з купівлі-продажу майна (Land Transfer Duty), який має високу волатильність [3]. Це ілюструє, що ансамблі дерев ухилом Random Forest можуть бути ефективними для прогнозування, особливо коли є сильні макроекономічні коливання.

Інший підхід – глибоке навчання (нейронні мережі). Хоча класичні часові ряди часто моделюються ARIMA, сучасні дослідження показують, що нейронні мережі (наприклад, багаторазові перцептрони, LSTM) здатні захоплювати нелінійні залежності між економічними показниками. Наприклад, Мурурунквере та ін. продемонстрували, що штучні нейронні мережі (зокрема, багатошаровий перцептрон) з високою точністю ($\approx 92\%$ по точності і $\approx 99\%$ по відгуку) виявляють випадки ухилення від сплати податків на прибуток у Руанді [5]. Хоча це зосереджено на виявленні шахрайства, техніка показує, що нейронні мережі можуть корисно працювати з комплексними фінансовими даними, виділяючи приховані сигнали ризику чи трендів. Такі ж принципи застосовують до прогнозування: мережі зворотного розповсюдження та рекурентні машинного навчання можуть використовуватися для прогнозування майбутніх доходів, особливо коли є багато вхідних факторів (економічні індикатори, часові лаги, сезонність).

Методи градієнтного бустингу (XGBoost, LightGBM, CatBoost) стали популярними завдяки високій продуктивності у табличних даних. Наприклад, Tagliaferri et al. показали, що двоетапна модель на основі градієнтного підсилення (2-steps Gradient Boosting) ефективно оцінює «податковий розрив» ПДВ в Італії [2]. Вона дає стійку оцінку суми ухилення від сплати ПДВ на рівні фірм і суттєво перевищує класичні параметричні моделі за точністю прогнозу. Це свідчить про перспективність GB-моделей для прогнозування нестандартних податкових показників, де часто буває багато шуму та вибіркості даних (наприклад, даних з аудиту).

Додатково застосовуються класичні статистичні класифікатори. У випадку коли завдання формулюється як класифікація (наприклад, високий/низький ризик податкової прихильності), використовують логістичну регресію, SVM, наївний Баєс тощо. Однак у податковому контексті частіше вивчаються саме ансамблеві моделі та машинного навчання для прогнозу кількісних величин. Також можливе використання методів опрацювання часових рядів – наприклад, попередня обробка даних (диференціювання, ковзне середнє) дає змогу адаптувати будь-який алгоритм машинного навчання для часових даних.

У цілому, міжнародний досвід свідчить, що комбінування різних моделей дає кращий результат: найкращі результати часто демонструють гібридні системи, які враховують макроекономічні індикатори та спеціалізовані алгоритми машинного навчання. Наприклад, дослідження (Wong & La) показало, що хоча моделі машинного навчання можуть не суттєво перевершувати прості моделі для стабільних податків (як-то податок на доходи працівників), вони виявилися корисними для високо змінних податкових джерел, і їх застосування може дати додаткову інформацію при бюджетному плануванні [3].

Машинного навчання – моделі для оптимального планування податкових зобов'язань. Оптимальне планування податкових зобов'язань підприємства означає такі рішення щодо структури доходів, витрат, інвестицій чи трансфертного ціноутворення, які мінімізують податкове навантаження в межах законодавства. Тут машинне навчання застосовується більше як допоміжний аналітичний інструмент. Наприклад, прогностичні моделі машинного навчання можуть передбачати майбутні доходи та витрати, що дозволяє фінансовим службам більш обґрунтовано планувати податкові платежі. Поєднання прогнозування з методами оптимізації може автоматично генерувати оптимальні сценарії використання податкових пільг або перерозподілу прибутку.

Надходження сучасних рішень на базі ШІ для бізнес-консалтингу, зокрема ChatGPT та спеціалізовані системи, також почали впливати на податкове планування. Вони можуть аналізувати численні податкові документи та надавати рекомендації щодо оптимізації структури оподаткування. Наприклад, міжнародна платформа Thomson Reuters розробляє рішення, де AI автоматично обробляє

дані клієнта (виручку, витрати, юрисдикції) і пропонує варіанти оптимальної податкової стратегії на основі моделей машинного навчання [10]. Така автоматизація може призвести до зменшення помилок і витрат на податкові консультації та забезпечити більш гнучке планування.

Однак в літературі переважно описані приклади аналітики для прогнозування та оцінки ризиків, а не чистого оптимізації, оскільки остання часто потребує складних комбінаторних алгоритмів (генетичних, симуляційних). Тим не менше, із зростанням доступності даних (наприклад, даних про бюджетні прогнози, курсові ризики, поведінку споживачів) машинного навчання - моделі можуть використовуватися для побудови сценаріїв («what-if» аналізу) – наприклад, прогнозуючи податкові наслідки змін у продажах чи валютних курсах. В Україні та світі з'являються концепції «цифрового двійника» бізнесу, де машинного навчання використовується у симуляції фінансових потоків, що також може включати податкові компоненти. Хоча прямі академічні приклади застосування машинного навчання для оптимального планування податку доволі обмежені, практичні розробки в суміжних галузях фінансів (наприклад, кредитного скорингу та ризик-менеджменту) свідчать про потенціал таких підходів.

Машинного навчання – моделі для управління податковими ризиками. Управління податковими ризиками пов'язане з виявленням випадків ухилення, шахрайства чи помилкових декларацій. Це типове завдання класифікації/аналітики, де машинного навчання демонструє високу ефективність. Застосовують різні моделі: Random Forest, градієнтний бустинг, нейронні мережі тощо, а також алгоритми глибокого навчання чи комбіновані рішення.

Наприклад, Xu та Kong розробили модифікований Random Forest для ідентифікації податкових ризиків у галузі нерухомості [9]. Використовуючи реальні дані платників, їхня модель виявила основні зони невідповідностей: нерозкриті статті операційних доходів та прибутків, що свідчить про недоповідомлення податку на прибуток. Покращена модель Random Forest дозволяє точно оцінити рівень податкового ризику підприємств і виділити ключові фактори (наприклад, невідповідності у звітності по ВП), допомагаючи податківцям ефективніше цілити перевірки [9]. Це приклад того, як Decision Tree-ансамблі використовую-

ються для класифікації та ранжування підприємств за податковим ризиком.

Паралельно застосовуються і нейронні мережі. Дослідження Мурунквере з колегами демонструє, що прості нейронні мережі (MLP) показали високу точність (92%) і чутливість (99%) у задачі виявлення шахрайства з податком на прибуток (Income Tax Fraud) [5]. Це означає, що такі моделі здатні відокремлювати нормальні операції від тих, де ймовірно відбуваються заниження доходів або інші порушення. Ідентифіковані ознаки (види бізнесу, транзакційні патерни тощо) можуть використовуватися як «червоні прапорці» для податкового контролю. Автори підкреслюють, що їхню модель вдалося оптимізувати під конкретні дані Руанди, але в загальному її підхід може адаптуватися й до інших систем оподаткування.

Градієнтний бустинг також широко застосовується для класифікаційних задач у фінансовій сфері. Наприклад, Li використав XGBoost для ідентифікації сфальсифікованих звітів корпоративного податку на прибуток [4]. Їхня модель досягла ~94.6% точності при розпізнаванні фальсифікації у звітах, значно перевершивши традиційні методи (логістичну регресію тощо). Це підтверджує, що градієнтне підсилення ефективно виділяє складні аномалії у фінансових показниках і може бути впроваджене для покращення аудиторських процедур.

Крім того, додаткові методи аналізу (класифікація, аналіз соціальних графів) застосовують для виявлення мереж прихованих зв'язків між платниками. Наприклад, Нідерланди спільно з іншими країнами розробили інструмент “Xenon”, який за допомогою аналізу онлайн-даних шукає випадки ухилення [10]. Також у Бразилії використовується поведінковий AI («Високопродуктивна інспекція») для аналізу реакцій платників на податкові повідомлення і виявлення оптимальних комунікаційних стратегій з тим, хто ухиляється [10].

Загалом, досвід податкових адміністрацій різних країн показує: аналітика великих даних та машинного навчання дозволяють виявляти моделі поведінки, що вказують на ризики. Наприклад, австралійська податкова служба повідомила, що з використанням моделей штучного інтелекту (включаючи глибоке навчання та машинне навчання) у 2023 році ідентифікувала понад 530 млн USD недоплачених податків і запобігла шахрайству на суму ~2,5 млрд USD [10]. Зокрема, застосо-

вано градієнтні бустингові моделі, що успішно виявляють шахрайські схеми у ПДВ. Подібні кейси демонструють, що ML-моделі не лише класифікують ризики, але й прямо впливають на збільшення надходжень до бюджету через більш ефективне виявлення зловживань.

Адаптація методів машинного навчання в українських умовах. Впровадження машинного навчання для податкового прогнозування та планування в Україні має враховувати особливості національного податкового адміністрування і доступності даних. Сучасна українська система оподаткування поступово цифровізується: впроваджується єдиний електронний кабінет платника, інтегрована система «ДІЯ.Бізнес», електронне адміністрування ПДВ тощо. Це створює обсяги структурованих транзакційних даних, що потенційно можуть бути використані машинного навчання-моделями для аналізу. Наприклад, за наявності історичних даних з єдиного реєстру (категорії платників, податкові декларації, сплата податків) можна будувати часорядні прогнози надходжень з кожного виду податку.

Однак на практиці українське прогнозування поки що переважно базується на економетричних підходах. Перші спроби включення машинного навчання проявляються у галузі консалтингу та аналітики. Згідно з аналітичними матеріалами, українські податкові консультанти та ІТ-компанії лише починають використовувати штучний інтелект у своїй роботі: вже є ініціативи щодо застосування машинного навчання для виявлення податкових ризиків та оптимізації рутинних процесів [10]. Так, в останніх оглядах відзначено, що «Україна тільки починає свій шлях до використання ШІ в податковому консалтингу», але ці кроки вже вказують на перші можливості технології.

Міжнародний досвід вказує на ключові чинники успіху: наявність якісних даних, відповідна інфраструктура та компетенції фахівців. В умовах війни виклики ще більші – нестабільність макроекономічних показників, зміщення бази оподаткування. Проте аналітика машинного навчання може допомогти оперативно реагувати на ці зміни. Наприклад, за даними Лук'янихіної та ін., цифрові рішення можуть збільшувати державні надходжень, роблячи процес оподаткування прозорішим та доступнішим [7, с. 14]. Високочастотний аналіз даних (big data) дає нові можливості для українських фіскальних органів: автоматичні моделі можуть перевіряти податкові деклара-

ції в реальному часі та виділяти нестиковки.

На рівні реального застосування потенційно можливі такі сценарії:

1. Прогнозування надходжень: використання машинного навчання для прогнозу по кожному виду податків (ПДВ, акциз, ПДФО тощо) з урахуванням даних про економічну активність (ВВП, індекси обсягів виробництва, споживчий попит). Такі моделі могли б доповнювати традиційний бюджетний прогноз Міністерства фінансів.

2. Планування зобов'язань бізнесу: адаптивні системи, які за допомогою ML прогнозують прибутковість і доходи підприємства і автоматично пропонують оптимальну структуру податкових платежів (наприклад, рознесення доходів між юрособами, вибір між системами оподаткування). Такі системи розвиваються в ERP-продуктах та консультативних ІІ-сервісах.

3. Управління ризиками: впровадження систем аудиту та профайлінгу платників на основі машинного навчання (аналіз фінансової звітності, фіскальних чеків, електронних транзакцій). Це вже відбувається частково через автоматизовані критерії ризиків у Державній податковій службі, але машинного навчання дозволить робити це в рази гнучкіше.

Загальна ж тенденція свідчить: зростання обсягу цифрових даних та розвиток ІТ-інфраструктури в Україні в найближчі роки створюють передумови для широкого застосування машинного навчання. Поєднання вітчизняних напрацювань у цифровому адмініструванні (електронні сервіси ДПС) з досвідом зарубіжних країн (Австралія, Нідерланди, Індія, Сінгапур) дозволить пришвидшити впровадження таких технологій. Для цього необхідна підтримка з боку державних програм цифровізації, співпраця з ІТ-компаніями та навчання кадрів, які розуміють як податкові процеси, так і методи аналізу даних [8].

Висновки. Застосування технологій машинного навчання відкриває принципово нові перспективи для податкової аналітики: сучасні інструменти – такі як Random Forest, нейронні мережі, методи градієнтного бустингу та інші моделі класифікації – демонструють здатність покращити точність прогнозування податкових надходжень і підвищити ефективність виявлення ризиків у сфері оподаткування. Водночас, важливо поєднувати різні методики, адже за умов підвищеної економічної нестабільності (зокрема при високій мінливості доходів чи частих законодавчих

змінах), найбільшу ефективність виявляють адаптивні моделі машинного навчання.

Попри те, що в Україні дослідження в цьому напрямку лише набирають обертів, уже фіксуються приклади використання таких підходів – зокрема, у сфері регіональної класифікації за податковими показниками або при аналізі успішних практик країн Балтії, Кавказу тощо. Для подальшого поступу важливо поглиблювати дослідницькі ініціативи, спрямовані на адаптацію зарубіжних моделей машинного навчання до реалій української податкової системи, з урахуванням її особливостей та специфіки джерел даних.

Отже, впровадження машинного навчання в процеси прогнозування і стратегічного планування податкової політики можна вважати перспективним кроком у напрямі модернізації фіскального управління. Такий перехід від інтуїтивних підходів до аналітики, заснованої на даних, сприятиме підвищенню ефективності податкового адміністрування. Однак досягнення реальних результатів вимагатиме інвестицій у цифрову інфраструктуру, наявності якісних даних та підготовки компетентних фахівців, здатних інтегрувати інструменти машинного навчання у державну податкову практику.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Греца, Я. В. (2020). Зміст, правові засоби та межі податкового планування зарубіжний досвід та українська практика : монографія. Ужгород : ТОВ «РІК-У». 420 с.
2. Tagliaferri, G., Scacciatelli, D., & Alaimo Di Loro, P. (2022). VAT tax gap prediction: a 2-steps Gradient Boosting approach. *Statistical Methods & Applications*. URL: <https://arxiv.org/abs/1912.03781> (дата звернення: 20.05.2025).
3. Wong, C. H., & La, N. (2024). Applying machine learning in tax revenue forecasting. *Victoria's Economic Bulletin*, 8(2). URL: <https://dtf.vic.gov.au/victorian-economic-bulletin/victorian-economic-bulletin-spring-2023-edition-82> (дата звернення: 20.05.2025).
4. Li, X. (2023). Financial Fraud: Identifying Corporate Tax Report Fraud Under the XGBoost Algorithm. *EAI Endorsed Transactions on Scalable Information Systems*. URL: https://www.researchgate.net/publication/370706475_Financial_Fraud_Identifying_Corporate_Tax_Report_Fraud_Under_the_Xgboost_Algorithm (дата звернення: 20.05.2025).
5. Murorunkwere, B. F., Ngarukiye, H., & Ntirugiribambe, A. (2022). Fraud Detection Using Neural Networks: A Case Study of Income Tax. *Future Internet*, 14(6), 168. URL: <https://www.mdpi.com/1999-5903/14/6/168> (дата звернення: 21.05.2025).
6. Pantelieieva, N. (2022). Digital transformation of tax administration. *Traektorii Nauki*, 8(1). URL: <https://pathofscience.org/index.php/ps/article/view/805> (дата звернення: 21.05.2025).
7. Тлучкевич, Н., Оксана, Н., & Писаренко, Т. (2023). Управлінський аспект податкового планування в умовах невизначеності. *Економічний форум*, 1(2), 66–71. DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2308-8559-2023-2-10>
8. Anisimov, V. (2024). Automation of Tax Processes and Their Impact on Decentralized Public Finance Management in Ukraine. *Visnyk Khmelnytskoho Natsionalnoho Universytetu*, (5). URL: <https://herald.khmn.edu.ua/herald/index.php/en/journal/article/view/852> (дата звернення: 22.05.2025).
9. Xu, C., & Kong, Y. (2024). Random forest model in tax risk identification of real estate enterprise income tax. *PLOS ONE*, 19(2), e0298017. URL: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0298017> (дата звернення: 22.05.2025).
10. A1 Consulting. (2024, February 22). *Виявляє ухилення, несплату та ризики: як ШІ впливає на сферу податків*. URL: <https://mc.today/uk/blogs/yak-chatgpt-ta-vzagali-shtuchnyj-intelekt-vplyne-na-podatkovu-sferu-vtsilomu-ta-podatkovyj-konsalting-zokrema>/Греца, Я. В. (2023). Модифікація податкової системи в умовах воєнного стану. *Науковий вісник Ужгородського Національного Університету. Серія ПРАВО*, (78, частина 2), 24–31. DOI: <https://doi.org/10.24144/2307-3322.2023.78.2.3>
11. Рішень в аналізі, аудиті та оподаткуванні. (2023). *Економіка і суспільство*, (51). DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-51-54>
12. Писаренко, Т. Ю. (2023). Психологічні аспекти поведінки платників податків в умовах воєнного стану. *Збірник наукових праць «Економіка та суспільство»*, (51). DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-51-54>

REFERENCES:

1. Grets, Ya. V. (2020). Zmist, pravovi zasoby ta mezhi podatkovoho planuvannia zarubizhnyi dosvid ta ukrainska praktyka [Content, legal means and limits of tax planning: foreign experience and Ukrainian practice]: monohrafiia. Uzhhorod: TOV «RIK-U». 420 p. (in Ukrainian)

2. Tagliaferri, G., Scacciatelli, D., & Alaimo Di Loro, P. (2022). VAT tax gap prediction: a 2-steps Gradient Boosting approach. *Statistical Methods & Applications*. Retrieved from <https://arxiv.org/abs/1912.03781> (Accessed: May 20, 2025).
3. Wong, C. H., & La, N. (2024). Applying machine learning in tax revenue forecasting. *Victoria's Economic Bulletin*, 8(2). Retrieved from <https://dtf.vic.gov.au/victorian-economic-bulletin/victorian-economic-bulletin-spring-2023-edition-82> (Accessed: May 20, 2025).
4. Li, X. (2023). Financial Fraud: Identifying Corporate Tax Report Fraud Under the XGBoost Algorithm. *EAI Endorsed Transactions on Scalable Information Systems*. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/370706475_Financial_Fraud_Identifying_Corporate_Tax_Report_Fraud_Under_the_Xgboost_Algorithm (Accessed: May 20, 2025).
5. Murorunkwere, B. F., Ngarukiye, H., & Ntirugiribambe, A. (2022). Fraud Detection Using Neural Networks: A Case Study of Income Tax. *Future Internet*, 14(6), 168. Retrieved from <https://www.mdpi.com/1999-5903/14/6/168> (Accessed: May 21, 2025).
6. Pantelieieva, N. (2022). Digital transformation of tax administration. *Traektorii Nauki*, 8(1). Retrieved from <https://pathofscience.org/index.php/ps/article/view/805> (Accessed: May 21, 2025).
7. Truchkevych, N., Oksana, N., & Pysarenko, T. (2023). Upravlinskyi aspekt podatkovoho planuvannia v umovakh nevyznachenosti [Managerial aspect of tax planning in conditions of uncertainty]. *Ekonomichnyi forum*, 1(2), 66–71. DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2308-8559-2023-2-10> (in Ukrainian)
8. Anisimov, V. (2024). Automation of Tax Processes and Their Impact on Decentralized Public Finance Management in Ukraine. *Visnyk Khmelnytskoho Natsionalnoho Universytetu*, (5). Retrieved from <https://herald.khmnu.edu.ua/herald/index.php/en/journal/article/view/852> (Accessed: May 22, 2025).
9. Xu, C., & Kong, Y. (2024). Random forest model in tax risk identification of real estate enterprise income tax. *PLOS ONE*, 19(2), e0298017. Retrieved from <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0298017> (Accessed: May 22, 2025).
10. A1 Consulting. (2024, February 22). *Vyyavlyaye ukhylennya, nesplatu ta ryzyky: yak SHI vplyvaye na sferu podatkiv* [Detects evasion, non-payment and risks: how AI affects the tax sphere]. Retrieved from <https://mc.today/uk/blogs/yak-chatgpt-ta-vzagali-shtuchnyj-intelekt-vplyne-na-podatkovu-sferu-v-tsilomu-ta-podatkovyj-konsalting-zokrema/> (in Ukrainian) (Accessed: May 22, 2025).
11. Gretska, V. Ya. (2023). Modyfikatsiia podatkovoï systemy v umovakh voiennoho stanu [Modification of the tax system under martial law]. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho Natsionalnoho Universytetu. Serii PRAVO*, (78, ch. 2), 24–31. DOI: <https://doi.org/10.24144/2307-3322.2023.78.2.3> (in Ukrainian)
12. Rishen v analizi, audyti ta opodatkuvanni. (2023). [Decisions in analysis, audit and taxation]. *Ekonomika i suspilstvo*, (51). DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-51-54> (in Ukrainian)
13. Pysarenko, T. Yu. (2023). Psykholohichni aspekty povedinky platnykiv podatkiv v umovakh voiennoho stanu [Psychological aspects of taxpayer behavior under martial law]. *Zbirnyk naukovykh prats «Ekonomika ta suspilstvo»*, (51). DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-51-54> (in Ukrainian)