



Економіка

УДК 519.86:336.225.673:330.43

DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.20378373>

**Модель прогнозування податкових ризиків на основі поєднання методів  
наближення та моделей теорії диференціальних ігор**

**Лега Ольга Василівна,**

к.е.н., доцент, професор кафедри обліку і оподаткування Полтавський  
державний аграрний університет, м. Полтава, Україна,

<https://orcid.org/0000-0002-0989-8000>

**Макарчук Андрій Валентинович,**

асистент кафедри інженерії програмного забезпечення в енергетиці  
Національний технічний університет України «Київський політехнічний  
інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна,

<https://orcid.org/0000-0002-6422-7488>

**Сіренко Ігор Олександрович,**

здобувач вищої освіти третього (освітньо-наукового) рівня  
Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна,

<https://orcid.org/0009-0003-2511-3247>

**Кухарук Софія Олександрівна,**

здобувач вищої освіти другого (магістерського) рівня  
Волинський національний університет ім. Лесі Українки, м. Луцьк, Україна,

<https://orcid.org/0009-0005-0550-1466>

**Прийнято: 07.05.2026 | Опубліковано: 25.05.2026**



***Анотація.** Актуальність дослідження зумовлена трансформацією сучасної системи податкового адміністрування, посиленням цифрового контролю, автоматизацією процедур податкового моніторингу та впровадженням ризикоорієнтованого підходу у діяльність контролюючих органів. Метою дослідження є обґрунтування математичного підходу до прогнозування податкових ризиків підприємства на основі поєднання інтерполяційних аналогів операторів, породжених рядами Фур'є, та моделей теорії диференціальних ігор для формалізації взаємозалежних податкових часових рядів. Методологічною основою дослідження стали методи математичного моделювання, аналізу часових рядів, інтерполяційні та апроксимаційні методи, інтерполяційні аналоги операторів Абеля–Пуассона, а також підходи теорії диференціальних ігор для опису взаємного впливу податкових індикаторів у динаміці. У процесі дослідження податкове навантаження, податковий борг, податкові коригування, штрафні санкції та ліквідність підприємства розглянуто як систему взаємопов'язаних часових рядів, що формують ризиковий профіль платника податків. У результаті дослідження запропоновано адаптивну математичну модель прогнозування податкових ризиків, яка забезпечує можливість одночасного аналізу та ітеративного прогнозування кількох взаємопов'язаних податкових індикаторів. Обґрунтовано доцільність використання інтерполяційних аналогів операторів, породжених рядами Фур'є, для врахування циклічності та сезонності податкових процесів, а моделей теорії диференціальних ігор – для опису динамічної взаємозалежності податкових показників. Встановлено, що перехід від неперервної до дискретної форми моделі дозволяє адаптувати її до реальних умов функціонування системи податкового комплаєнсу, у межах якої фінансова та податкова інформація формується у конкретні звітні періоди. Практична цінність отриманих результатів полягає у можливості використання запропонованої моделі у системах податкового*



комплаєнсу, цифрової податкової аналітики, ERP-системах та бухгалтерських інформаційних платформах підприємств.

**Ключові слова:** податковий комплаєнс, часові залежності, цифровий моніторинг, адаптивне прогнозування, фінансова аналітика, ризик-моніторинг.

**Model for forecasting tax risks based on the combination of approximation methods and differential game theory models**

**Olha Leha,**

PhD in Economics, Associate Professor, Professor of the Department of Accounting and Taxation, Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine, <https://orcid.org/0000-0002-0989-8000>

**Andrii Makarchuk,**

Assistant of the Department of Software Engineering in Energy, National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine, <https://orcid.org/0000-0002-6422-7488>

**Ihor Sirenko,**

PhD Student (Third Educational and Scientific Level), Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine, <https://orcid.org/0009-0003-2511-3247>

**Sofia Kukharuk,**

Master’s Degree Student, Lesya Ukrainka Volyn National University, Lutsk, Ukraine, <https://orcid.org/0009-0005-0550-1466>

**Abstract.** *The relevance of the study is determined by the transformation of*



*the modern tax administration system, the strengthening of digital control, the automation of tax monitoring procedures, and the implementation of a risk-oriented approach in the activities of regulatory authorities. The purpose of the study is to substantiate a mathematical approach to forecasting enterprise tax risks based on the combination of interpolation analogues of operators generated by Fourier series and differential game theory models for the formalization of interrelated tax time series. The methodological basis of the research includes methods of mathematical modeling, time series analysis, interpolation and approximation methods, interpolation analogues of Abel–Poisson operators, as well as approaches of differential game theory for describing the mutual influence of tax indicators in dynamics. During the study, tax burden, tax debt, tax adjustments, penalty sanctions, and enterprise liquidity were considered as a system of interconnected time series forming the taxpayer’s risk profile. As a result of the study, an adaptive mathematical model for forecasting tax risks was proposed, providing the possibility of simultaneous analysis and iterative forecasting of several interrelated tax indicators. The expediency of using interpolation analogues of operators generated by Fourier series for considering the cyclicity and seasonality of tax processes, as well as differential game theory models for describing the dynamic interdependence of tax indicators, was substantiated. It was established that the transition from a continuous to a discrete form of the model makes it possible to adapt it to the real conditions of the tax compliance system, within which financial and tax information is generated in specific reporting periods. The practical value of the obtained results lies in the possibility of applying the proposed model in tax compliance systems, digital tax analytics, ERP systems, and accounting information platforms of enterprises. The proposed approach creates the basis for the automation of tax monitoring, early detection of risk tendencies, forecasting of tax debt, and support of managerial decision-making in the field of tax planning and internal control.*

**Keywords:** *tax compliance, time dependencies, digital monitoring, adaptive*



*forecasting, financial analytics, risk monitoring.*

**Постановка проблеми.** Посилення цифровізації податкового адміністрування та впровадження ризикоорієнтованого підходу до контролю діяльності платників податків суттєво змінюють підходи до управління податковими ризиками підприємств. Автоматизований моніторинг податкових накладних, аналіз ризикових операцій, цифрові системи податкового контролю та використання аналітичних індикаторів з боку ДПС зумовлюють необхідність своєчасного виявлення ризикових тенденцій і підвищення ефективності податкового комплаєнсу [1]. Податкові ризики формуються під впливом взаємопов'язаних фінансових, облікових і податкових показників, серед яких податкове навантаження, рівень податкового боргу, податкові коригування, штрафні санкції та ліквідність підприємства. Вказані індикатори характеризуються часовою динамікою, циклічністю та сезонністю, що зумовлено звітними періодами, нерівномірністю господарської діяльності, змінами податкового законодавства та фінансового стану підприємства [2]. За таких умов статичні методи оцінювання ризиків не забезпечують достатнього рівня адаптивності та можливості прогнозування ризикових змін. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває використання математичних методів прогнозування, здатних враховувати часову структуру податкових процесів та взаємозалежність податкових індикаторів у динаміці. Перспективним напрямом є поєднання моделей часових рядів, інтерполяційних методів та підходів теорії диференціальних ігор, які дозволяють формалізувати складну систему взаємодії податкових показників і прогнозувати їх зміну у наступних часових періодах.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Сучасний науковий дискурс засвідчує зростання уваги до проблем прогнозування податкових ризиків,



цифровізації податкового контролю та використання математичних моделей у системі податкового комплаєнсу. У працях Р. Kaushik та ін. досліджено використання прогнозних моделей для оцінювання динаміки податкових надходжень [3], тоді як L. Yang запропоновано підхід до прогнозування ризиків податкового комплаєнсу із застосуванням алгоритмів машинного навчання [4]. Питання управління податковими ризиками в умовах Big Data розглядали S. Ouyang та Y. Fang, які обґрунтували доцільність використання математичних методів і нейронних мереж для оцінювання фінансових і податкових ризиків підприємств [5]. Водночас K. Boateng та ін. систематизували основні напрями досліджень у сфері податкового ризик-менеджменту та податкового комплаєнсу, акцентуючи увагу на ролі цифрових і аналітичних інструментів у податковому контролі [6]. Проблематику податкового комплаєнсу в умовах цифрової трансформації корпоративного середовища досліджено S. Chen, який проаналізував вплив цифровізації платформ на рівень дотримання податкового законодавства [7]. Поведінкові аспекти податкової дисципліни висвітлено у роботі A. S. V. Angeliki та T. D. K., де визначено ключові чинники формування податкового комплаєнсу підприємств [8]. Перспективи використання штучного інтелекту у системі податкового моніторингу розкрито у дослідженні Z. Song та ін., які запропонували гібридну модель оцінювання рівня податкових ризиків підприємств [9]. Аналогічний напрям представлено у роботі Q. Li та ін. [10], де податковий комплаєнс і ухилення від оподаткування досліджуються з позиції еволюційної теорії ігор. Водночас E. Panagiotidou та A. Hadjixenophontos [11] аналізують особливості податкового комплаєнсу малих і мікропідприємств, акцентуючи увагу на впливі фінансових та поведінкових чинників на дотримання податкових вимог. Проблематика прогнозування податкових надходжень і фінансових часових рядів відображена у дослідженнях M. Choi [12], а також G. Sun та S. Deng [13], які довели



ефективність AI-driven підходів для прогнозування економічних процесів та аналізу часових залежностей.

Серед українських науковців питання цифровізації податкових процесів та автоматизації управління податковими ризиками досліджують С. Білоус та Н. Носань [14], які аналізують трансформацію фінансового менеджменту підприємств під впливом реформування податкової системи України. С. Дерев'яно та ін. розглядають можливості автоматизації ідентифікації податкових ризиків у системі бухгалтерського супроводу із використанням алгоритмів штучного інтелекту [15]. Особливості ризик-орієнтованого підходу у податковому контролі висвітлено у працях О. Шевчик та П. Ноги, які акцентують увагу на ролі цифрових індикаторів і аналітичних механізмів оцінювання ризиковості платників податків [16]. Водночас Ю. Огренич та С. Аношіна [17] досліджують цифровізацію податкових і митних процесів як чинник підвищення ефективності функціонування підприємств, підкреслюючи значення цифрових платформ та автоматизованих систем податкового моніторингу. Отже, аналіз наукових джерел свідчить про активний розвиток досліджень у сфері прогнозування податкових ризиків, цифровізації податкового адміністрування та використання математичних моделей у системі податкового комплаєнсу.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Попри значну кількість досліджень у сфері податкового комплаєнсу, цифровізації податкового адміністрування та математичного моделювання економічних процесів, питання прогнозування взаємопов'язаних податкових ризиків залишається недостатньо дослідженим. Більшість наукових праць зосереджується на аналізі окремих податкових індикаторів або використанні моделей машинного навчання без комплексного врахування часової динаміки, циклічності та взаємного впливу податкових показників. Недостатньо розробленими залишаються підходи до формалізації причинно-наслідкових



зв'язків між податковим навантаженням, податковим боргом, податковими коригуваннями, штрафними санкціями та ліквідністю підприємства у межах єдиної системи прогнозування. Крім того, потенціал використання інтерполяційних аналогів операторів, породжених рядами Фур'є, та моделей теорії диференціальних ігор у системі податкового ризик-менеджменту практично не досліджений. Вирішення зазначених проблем є важливим для підвищення ефективності систем податкового комплаєнсу та цифрового податкового моніторингу, оскільки дозволяє не лише оцінювати поточний стан податкових показників, а й прогнозувати ризикові тенденції та своєчасно виявляти потенційні податкові загрози. Саме тому у межах дослідження увагу зосереджено на побудові адаптивної математичної моделі прогнозування податкових ризиків, яка поєднує аналіз часових рядів, інтерполяційні методи та моделі теорії диференціальних ігор для формалізації взаємозалежності податкових індикаторів у динаміці.

**Формулювання цілей статті.** Метою дослідження є обґрунтування математичного підходу до прогнозування податкових ризиків підприємства на основі поєднання інтерполяційних аналогів операторів, породжених рядами Фур'є, та моделей теорії диференціальних ігор для формалізації взаємопов'язаних податкових часових рядів.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Податкові ризики є важливим фактором впливу на фінансову стійкість, податковий комплаєнс та економічну безпеку підприємства. Їх виникнення пов'язане не лише з порушенням податкового законодавства, а й із динамічністю податкового середовища, цифровізацією контролюючих процедур та посиленням ризикоорієнтованого підходу з боку ДПС. У результаті податкові ризики дедалі частіше розглядаються як взаємопов'язана система фінансових, облікових і поведінкових факторів підприємства [1].

Одним із найбільш поширених є ризик невиконання податкових



зобов'язань, який виникає у разі несвоєчасної сплати податків, неподання звітності або помилок у податкових розрахунках. Наслідками таких порушень можуть бути штрафні санкції, пеня, блокування податкових накладних та посилення податкового контролю. Водночас значний вплив на формування ризикового профілю підприємства мають реєстраційні ризики, пов'язані з порушенням вимог реєстрації платників ПДВ, застосуванням спрощеної системи оподаткування або здійсненням операцій із підакцизними товарами без належної реєстрації [2]. Окрему категорію становлять ризики звітності та сплати податків, які пов'язані зі своєчасністю подання декларацій, повнотою відображення податкових зобов'язань та дотриманням строків сплати податків. Систематичне накопичення податкового боргу, невідповідність показників звітності або ризикові операції з контрагентами підвищують імовірність включення підприємства до переліку ризикових платників.

У зв'язку з посиленням ризикоорієнтованого підходу у податковому контролі особливої актуальності набуває побудова моделей прогнозування податкових ризиків, здатних враховувати взаємозалежність ключових податкових індикаторів у динаміці. Сучасна система податкового адміністрування базується на аналізі значної кількості показників, які характеризують фінансовий стан підприємства, особливості податкового обліку, своєчасність виконання податкових зобов'язань та поведінку платника податків. При цьому більшість таких показників мають часовий характер, оскільки змінюються під впливом господарських операцій, сезонності діяльності, циклічності звітних періодів, змін. У межах дослідження доцільно виділити систему основних податкових індикаторів, які найбільш суттєво впливають на формування ризикового профілю підприємства та можуть бути представлені у вигляді взаємопов'язаних часових рядів. Необхідність їх формалізації зумовлена тим, що сучасна система податкового контролю базується на постійному моніторингу показників податкового навантаження,



рівня податкового боргу, результатів податкових коригувань, фінансових санкцій та показників платоспроможності підприємства [18]. Саме ці індикатори найчастіше використовуються контролюючими органами для оцінювання ризиковості платника податків, виявлення потенційних порушень та формування ризикоорієнтованого підходу до податкового контролю.

З огляду на це, у дослідженні запропоновано представити ключові податкові індикатори у вигляді системи змінних ( $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5$ ), які характеризують окремі напрями формування податкових ризиків та змінюються у часі під впливом господарської діяльності, фінансового стану підприємства, сезонності та змін податкового законодавства (табл. 1).

**Таблиця 1**

### Економічна інтерпретація податкових часових рядів

Позначення	Податковий індикатор	Характеристика ризику
$(x_1)$	Податкове навантаження	Ризик перевищення податкового навантаження та підвищення уваги контролюючих органів
$(x_2)$	Податковий борг	Ризик штрафних санкцій, пені та податкових обмежень
$(x_3)$	Податкові коригування	Ризик податкових перевірок та блокування податкових накладних
$(x_4)$	Штрафні санкції та донарахування	Ризик фінансових втрат і погіршення фінансової стійкості
$(x_5)$	Ліквідність підприємства	Ризик несвоєчасної сплати податкових зобов'язань

Джерело: власна розробка авторів

Виділені індикатори є взаємозалежними, оскільки зміна одного показника здатна прямо або опосередковано впливати на інші. Зокрема, зниження рівня ліквідності підприємства може призвести до накопичення податкового боргу, що, своєю чергою, підвищує ризик застосування штрафних санкцій. Аналогічно значні податкові коригування або зростання податкового навантаження можуть свідчити про підвищення ймовірності проведення перевірок та посилення контролю з боку ДПС. Оскільки зазначені індикатори



формується та змінюється у часі, їх доцільно розглядати як систему взаємопов'язаних часових рядів. Це дозволяє враховувати не лише поточний стан податкових показників, а й тенденції їх зміни, циклічність, сезонні коливання та взаємний вплив у різні часові періоди [19; 20]. Саме тому для моделювання податкових ризиків доцільним є використання математичних методів аналізу часових рядів, інтерполяційних аналогів операторів, породжених рядами Фур'є, а також моделей теорії диференціальних ігор, що дозволяють формалізувати складну систему взаємодії податкових індикаторів у динаміці.

Такий підхід створює основу для побудови адаптивної моделі прогнозування податкових ризиків, яка може бути використана у системі податкового комплаєнсу підприємства для раннього виявлення ризикових тенденцій, оцінювання потенційних фінансових втрат та підтримки управлінських рішень. Враховуючи те, що податкові індикатори формуються та змінюються у часі, їх доцільно розглядати як систему взаємопов'язаних часових рядів, динаміка яких визначається фінансовим станом підприємства, особливостями господарської діяльності, циклічністю звітних періодів, сезонністю окремих операцій та змінами податкового законодавства.

У межах запропонованого підходу припустимо, що маємо  $n$  часових рядів, які описують взаємопов'язані податкові індикатори підприємства та позначаються як  $x_1, x_2, \dots, x_n$ . Зокрема, такими часовими рядами можуть виступати податкове навантаження, рівень податкового боргу, обсяг податкових коригувань, показники штрафних санкцій, ліквідність підприємства та інші індикатори, що формують ризиковий профіль платника податків [19]. При цьому вважається, що значення всіх часових рядів фіксуються в однакові моменти часу протягом певного періоду спостереження, який може вимірюватися днями, місяцями, кварталами або роками залежно від специфіки податкового аналізу.



Оскільки податкові показники характеризуються динамічністю та нерівномірністю зміни, виникає необхідність побудови математичної моделі, яка б дозволяла одночасно прогнозувати всі взаємопов'язані часові ряди з урахуванням їх циклічності та взаємного впливу. Для цього у дослідженні пропонується використати поєднання інтерполяційних аналогів операторів, породжених лінійним підсумовуванням рядів Фур'є, та моделей теорії диференціальних ігор [19; 20]. Такий підхід дозволяє поєднати аналіз часової структури податкових індикаторів із моделюванням взаємозалежностей між ними.

Нехай перше значення  $y_{i0}$  часового ряду  $y_i$  зафіксоване в момент часу  $t_0$ , друге ( $y_{i1}$ ) – в  $t_1 = t_0 + h$ , третє ( $y_{i2}$ ) – в  $t_2 = t_0 + 2h$ , четверте ( $y_{i3}$ ) – в  $t_3 = t_0 + 3h$ , і так далі до  $n+1$ -го моменту часу ( $y_{in}$ )  $t_n = t_0 + nh = t_0 + T$ , де  $h$  – часовий інтервал між спостереженнями є сталою величиною. У такому випадку на проміжку часу  $[t_0; t_0 + T]$  часовий ряд  $y_i$  можна розглядати як функцію часу (тобто можна покласти, що  $y_i = y_i(t)$ ), яку можна наблизити. Для опису поведінки таких рядів має сенс використання інтерполяційних аналогів оператора Абеля–Пуассона, що дозволяють наближати часові ряди та враховувати їх періодичний характер, циклічність і коливання [21; 22]:

$$y_i = \frac{1 - \rho^2}{n + 1} \sum_{k=0}^n \frac{y_{ik}}{1 - 2\rho \cos \frac{2\pi(t_k - t)}{T} + \rho^2}, \quad \rho \in (0; 1]. \quad (1)$$

З іншого боку, у теорії диференціальних ігор однією з класичних моделей для опису взаємопов'язаних величин є система диференціальних рівнянь, що дозволяє враховувати взаємний вплив окремих змінних у динаміці:

$$\frac{dy_i}{dt} = \sum_{k=1}^N a_{ik} y_k, \quad i = 1, 2, \dots, N. \quad (2)$$

Використання такого підходу є доцільним у межах прогнозування



податкових ризиків, оскільки ключові податкові індикатори підприємства не функціонують ізольовано, а формують складну систему взаємозалежностей. Зокрема, зміна рівня ліквідності може спричинити зростання податкового боргу, накопичення податкового боргу – збільшення штрафних санкцій, а значні податкові коригування – підвищення ризику податкових перевірок та блокування податкових накладних. У результаті податкові ризики формуються як динамічний процес, у якому зміна одного показника впливає на поведінку інших індикаторів у наступних часових періодах.

Скористаємося відомим результатом [23], згідно з яким для довільного оператора

$$P(t) = P(f, t) = \int_0^T f(x) K\left(\frac{2\pi(x-t)}{T}\right) dx,$$

породженого лінійним підсумовуванням ряду Фур'є функції, виконується відповідна рівність:

$$f^{(r)}(t) = \left(\frac{-2\pi}{T}\right)^r \int_0^T f(x) K^{(r)}\left(\frac{2\pi(x-t)}{T}\right) dx.$$

Це дозволяє поєднати апарат апроксимації часових рядів із моделями динамічних систем. У такому випадку після підстановки виразу (1) у систему (2) отримуємо систему рівнянь:

$$\sum_{k=1}^N a_{ik} \sum_{j=0}^n \frac{y_{kj}}{1 - 2\rho \cos \frac{2\pi(t_j - t)}{T} + \rho^2} =$$

$$= -\frac{2\pi}{T} \sum_{j=0}^n \frac{y_{ij} \sin \frac{2\pi(t_j - t)}{T}}{\left(1 - 2\rho \cos \frac{2\pi(t_j - t)}{T} + \rho^2\right)^2}, \quad i = 1, 2, \dots, N, t \in [t_0; t_0 + T],$$

яка виконується лише у випадку, коли



$$\sum_{k=1}^N a_{ik} \sum_{j=0}^n \frac{y_{kj}}{1 - 2\rho \cos \frac{2\pi t_j}{T} + \rho^2} = -\frac{2\pi}{T} \sum_{j=0}^n \frac{y_{ij} \sin \frac{2\pi t_j}{T}}{\left(1 - 2\rho \cos \frac{2\pi t_j}{T} + \rho^2\right)^2}. \quad (3)$$

Отримана система дозволяє визначити параметри моделі, що характеризують взаємозалежність податкових індикаторів та інтенсивність їх впливу один на одного. Економічно це означає можливість формалізації причинно-наслідкових зв'язків між окремими компонентами ризикового профілю підприємства. Наприклад, модель дозволяє враховувати, як зміна податкового навантаження впливає на рівень податкового боргу, або яким чином зростання фінансових санкцій позначається на ліквідності підприємства у наступних звітних періодах.

Таким чином, система (3) описує динаміку податкових показників у випадку, коли часові ряди розглядаються як неперервні величини. Проте у практиці податкового аналізу більшість показників формуються у вигляді дискретних послідовностей, оскільки податкова звітність, фінансові показники та результати податкового контролю фіксуються у конкретні часові періоди – місяці, квартали або роки. Саме тому для практичного застосування моделі доцільно перейти від неперервної форми до дискретної:

Таким чином, (3) буде системою рівнянь, розв'язавши яку відносно коефіцієнтів  $a_{ik}$  та підставивши отримані їх значення в (2), ми отримали б систему рівнянь для випадку, коли часові ряди  $y_i$  були б неперервними величинами. Однак оскільки вони є дискретними послідовностями чисел, то можна (2) замінити на

$$y_{i,n+1} = y_{in} + h \sum_{k=1}^N a_{ik} y_{kn}, \quad (4)$$

де  $y_{ij} = y_{i,j}$  – це  $j$ -те значення  $i$ -го часового ряду та  $h = \frac{T}{n}$ .

Перехід до дискретної форми моделі дозволяє адаптувати



запропонований підхід до реальних умов функціонування системи податкового комплаєнсу підприємства та використовувати фактичні дані податкової звітності для прогнозування ризикових тенденцій. На відміну від статичних методів оцінювання ризиків, система рівнянь (3)–(4) забезпечує можливість ітеративного прогнозування одразу кількох взаємопов'язаних податкових часових рядів з урахуванням їх циклічності, сезонності та взаємного впливу.

Загальна логіка функціонування запропонованої моделі прогнозування податкових ризиків, побудованої на поєднанні часових рядів, апроксимаційних методів та моделей теорії диференціальних ігор, наведена на рис. 1.

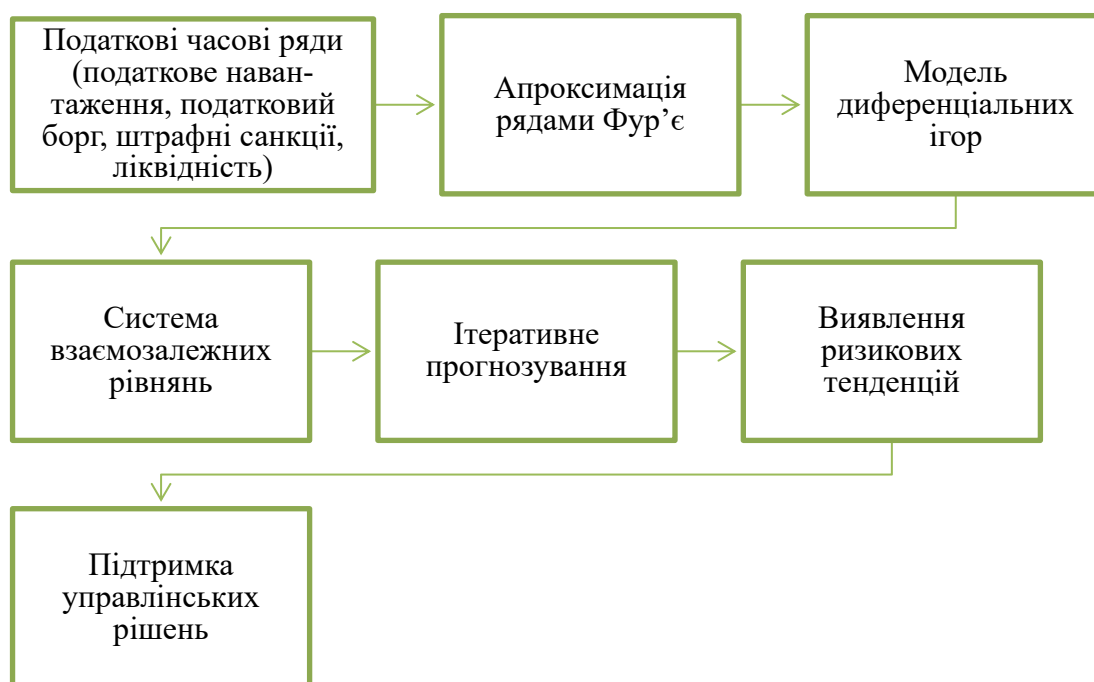


Рис. 1. Схема моделі прогнозування податкових ризиків

*Джерело: побудовано авторами*

Запропонована модель може бути адаптована до різних напрямів податкового аналізу, внутрішнього контролю та автоматизованих систем управління підприємством. Основні напрями її практичного застосування наведено у табл. 2.



Таблиця 2

## Напрями практичного застосування моделі прогнозування податкових ризиків

Напрямок використання моделі	Податковий індикатор	Приклад ризикової ситуації	Практичне значення моделі
Податковий комплаєнс	Податковий борг ( $x_2$ )	Систематичне накопичення податкового боргу протягом кількох звітних періодів	Раннє виявлення ризику штрафних санкцій та податкових обмежень
Контроль ПДВ	Податкові коригування ( $x_3$ )	Значне збільшення кількості розрахунків коригування та блокування ПН	Виявлення ризику перевірок і потрапляння до переліку ризикових платників
Фінансова аналітика	Податкове навантаження ( $x_1$ )	Різне відхилення рівня податкового навантаження від середньогалузових показників	Оцінювання ймовірності посилення податкового контролю
Аналіз ліквідності	Ліквідність підприємства ( $x_5$ )	Зниження рівня ліквідності та затримка сплати податків	Прогнозування ризику виникнення податкового боргу
Внутрішній аудит	Штрафні санкції ( $x_4$ )	Зростання фінансових донарахувань унаслідок помилок у звітності	Виявлення слабких місць у системі внутрішнього контролю
ERP- та бухгалтерські системи	Сукупність часових рядів	Автоматичне накопичення ризикових індикаторів у цифровій системі	Автоматизація податкового моніторингу та прогнозування
Податкове планування	Податкове навантаження, ліквідність	Очікуване збільшення податкових платежів у наступних періодах	Підтримка управлінських рішень щодо оптимізації податкових процесів
Контроль контрагентів	Податкові коригування, штрафи	Формування податкового кредиту від ризикових контрагентів	Виявлення потенційних схем мінімізації податків
Цифрова податкова аналітика	Сукупність податкових індикаторів	Формування комплексного ризикового профілю підприємства	Побудова адаптивної системи аналізу податкових ризиків

Джерело: побудовано авторами

Наведені напрями практичного застосування моделі свідчать, що такий підхід може використовуватися не лише для формального прогнозування окремих податкових показників, а й для комплексного моніторингу ризикових



тенденцій у діяльності підприємства. Важливою перевагою моделі є можливість одночасного аналізу кількох взаємопов'язаних податкових індикаторів, що дозволяє враховувати взаємний вплив фінансових, облікових та податкових процесів у динаміці. Це створює основу для побудови адаптивних систем податкового комплаєнсу, автоматизованого ризик-моніторингу та цифрової податкової аналітики, орієнтованих на раннє виявлення потенційних податкових порушень і підтримку ефективного управління податковими ризиками підприємства.

**Висновки.** Дослідження показало, що система податкового контролю ґрунтується на аналізі взаємопов'язаних податкових індикаторів, які характеризуються часовою динамікою та взаємним впливом. Це зумовлює необхідність використання адаптивних моделей прогнозування, здатних враховувати зміну податкових показників у часі та своєчасно виявляти ризикові тенденції. У межах роботи запропоновано математичний підхід до прогнозування податкових ризиків, побудований на поєднанні інтерполяційних аналогів операторів, породжених рядами Фур'є, та моделей теорії диференціальних ігор. Запропонована модель дозволяє розглядати податкове навантаження, податковий борг, податкові коригування, штрафні санкції та ліквідність підприємства як систему взаємопов'язаних часових рядів, між якими існують причинно-наслідкові зв'язки. Обґрунтовано, що використання інтерполяційних аналогів операторів, породжених рядами Фур'є, забезпечує врахування циклічності податкових процесів, тоді як моделі теорії диференціальних ігор дозволяють описувати взаємозалежність податкових показників у динаміці. Перехід до дискретної форми моделі створює можливість її практичного застосування у системі податкового аналізу та цифрового моніторингу. Практична цінність запропонованого підходу полягає у можливості його використання для раннього виявлення податкових ризиків, прогнозування податкового боргу та підтримки



управлінських рішень у сфері податкового планування і податкового комплаєнсу. Перевагою моделі є її адаптивність та можливість автоматизації, що створює передумови для інтеграції у ERP-системи, цифрові платформи податкового моніторингу та бухгалтерські інформаційні системи підприємств.

Перспективи подальших досліджень полягають у програмній реалізації запропонованої моделі та розширенні системи податкових індикаторів із урахуванням поведінкових, галузевих і макроекономічних факторів.

### Список використаних джерел

1. Податкові ризики для бізнесу: аналіз опорних показників та рекомендації. URL: <https://yankiv.com/podatkovyi-ryzyky-dlya-biznesu/> (дата звернення: 01.03.2026).
2. Скляр К. Як мінімізувати податкові ризики підприємства. *LIGA ZAKON*. URL: [https://biz.ligazakon.net/analytics/231497\\_yak-mnmzuvati-podatkov-riziki-pdprimstva](https://biz.ligazakon.net/analytics/231497_yak-mnmzuvati-podatkov-riziki-pdprimstva) (дата звернення: 01.03.2026).
3. Kaushik P., Brahmi M., Kakran S., Kansra P. The Predictive Grey Forecasting Approach for Measuring Tax Collection. *Journal of Risk and Financial Management*. 2024. Vol. 17, № 12. Art. 558. DOI: <https://doi.org/10.3390/jrfm17120558>
4. Yang L. Predictive modeling of tax compliance risks: A comparative study of machine learning approaches. *PLOS ONE*. 2025. Vol. 20. Art. e0331715. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0331715>
5. Ouyang S., Fang Y. Enterprise financial and tax risk management methods under the background of Big Data. *Mathematical Problems in Engineering*. 2022. Vol. 2022. Art. 5831866. 13 p. DOI: <https://doi.org/10.1155/2022/5831866>
6. Boateng K., Omane-Antwi K. B., Ndori Queku Y. Tax risk assessment, financial constraints and tax compliance: A bibliometric analysis. *Cogent Business & Management*. 2022. Vol. 9, № 1. DOI:



<https://doi.org/10.1080/23311975.2022.2150117>

7. Chen S. Research on the tax compliance effects of corporate platform transformation. *Economic Analysis and Policy*. 2025. Vol. 85. P. 1931–1948. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eap.2025.02.026>

8. Angeliki S. V., Thomas D. K. Tax compliance determinants in a challenging fiscal environment: evidence from a greek experiment. *International Journal of Financial Studies*. 2025. Vol. 13, № 2. Art. 83. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijfs13020083>

9. Song Z., Wang N., Li H. A Hybrid DNN Transformer AE framework for corporate tax risk supervision and risk level assessment. *arXiv*. 2025. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2509.23862>

10. Li Q., Ling T., Feng M., Szolnoki A. Supervised tax compliance and evasion from a spatial evolutionary game perspective. *Humanities and Social Sciences Communications*. 2026. Vol. 13. Art. 447. DOI: <https://doi.org/10.1057/s41599-026-06802-2>

11. Panagiotidou E., Hadjixenophontos A. Tax compliance in small and micro sized enterprises in greece. *Public Finance Review*. 2026. Vol. 54, № 4. P. 479–520. URL: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/10911421261426667> (дата звернення: 01.03.2026).

12. Choi M. S. Dynamic Forecast for Tax Revenue. *Preprints*. 2025. DOI: <https://doi.org/10.20944/preprints202507.0169.v1>

13. Sun G., Deng S. Financial time series forecasting: a comparison between traditional methods and AI-driven techniques. *Journal of Computer, Signal, and System Research*. 2025. Vol. 2, № 2. P. 86–93. DOI: <https://doi.org/10.71222/339b9812>

14. Білоус С. П., Носань Н. С. Трансформація фінансового менеджменту підприємств під впливом реформування податкової системи України. *Здобутки економіки: перспективи та інновації*. 2026. № 29. DOI:



<https://doi.org/10.5281/zenodo.20046023>

15. Дерев'янка С. І., Гуренко Т. О., Литвиненко В. С. Автоматизація ідентифікації податкових ризиків у системі бухгалтерського супроводу імпорتنих контрактів із використанням алгоритмів ШІ. *Актуальні питання економічних наук*. 2026. № 21. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.19401520>

16. Шевчик О. С., Нога П. П. Особливості ризик-орієнтованого підходу у податковому контролі. *Форум права*. 2026. Т. 85, № 1. С. 6–15. DOI: <https://doi.org/10.32631/fp.2026.1.01>

17. Огренич Ю. О., Аношіна С. С. Цифровізація податкових і митних процесів як чинник підвищення ефективності функціонування та конкурентоспроможності підприємств. *Економічна парадигма*. 2026. № 3(107). С. 329–342. DOI: <https://doi.org/10.25313/economics-2026-3-107-19>

18. Десятнюк О., та ін. Моделювання ефективності податкового адміністрування в контексті цифровізації публічних фінансів. *Журнал європейської економіки*. 2026. Т. 25, № 1. С. 145–163. URL: <https://jeej.wunu.edu.ua/index.php/ukjee/article/view/1924> (дата звернення: 01.03.2026).

19. Лега О., Макарчук А., Прийдак Т., Кухарук С. Моделювання та прогнозування економічних показників підприємства в інформаційно-аналітичних дослідженнях. *Сталий розвиток економіки*. 2026. № 1(58). С. 207–215. DOI: <https://doi.org/10.32782/2308-1988/2026-58-28>

20. Лега О. В., Макарчук А. В. Підвищення точності оцінювання показника функціональної стійкості інформаційних систем у цифровій економіці за допомогою ансамблевих моделей машинного навчання. *Наукові записки Львівського університету бізнесу та права*. 2025. № 47. С. 104–112. URL: <https://nzlubp.org.ua/index.php/journal/article/view/1833> (дата звернення: 01.03.2026).

21. Makarchuk A., Kal'chuk I., Kharkevych Y., Kharkevych G.



Application of trigonometric interpolation polynomials to signal processing. 2022 *IEEE 4th International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT 2022)*. 2022. P. 156–159. DOI: <https://doi.org/10.1109/ATIT58178.2022.10024182>

22. Barabash O., Musienko A., Makarchuk A., Ivanna S., Obidin D., Ilin O. Abel-Poisson partial sums in signal theory. *HORA 2024 – 6th International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications, Proceedings*. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1109/HORA61326.2024.10550475>

23. Stein E. M., Shakarchi R. *Fourier analysis*. Princeton : Princeton University Press, 2003. 325 p.