

Тельнова Г.В.доктор економічних наук, доцент,
професор кафедри бізнес-аналітики та цифрової економіки,
Національний авіаційний університет**Попов В.К.**здобувач освіти,
Національний авіаційний університет**Telnova Hanna, Popov Vadym**

National Aviation University

МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНОГО РОСТУ МЕТОДАМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ДАНИХ

MODELING ECONOMIC GROWTH BY INTELLIGENT DATA ANALYSIS

У статті міститься обґрунтування доцільності використання інтелектуального аналізу даних при дослідженні і прогнозуванні економічного росту. Інтелектуальний аналіз даних – це потужний інструмент, який може допомогти дослідникам і політикам глибше зрозуміти економічне зростання та приймати обґрунтовані рішення, формуючи державну політику. Крім того, інтелектуальний аналіз даних можна використовувати для визначення потенційних сфер економічного зростання та інвестиційних можливостей. Акцентовано увагу на використанні CART (інструменту прогнозного моделювання, який довів свою високу ефективність у розумінні неочевидних взаємозв'язків між кількома змінними) та асоціативних правил (методу інтелектуального аналізу даних, який може працювати з великими масивами даних і генерувати чіткі та дієві висновки, підкріплені показниками статистичної значущості). Зроблено висновок, що методи інтелектуального аналізу даних, такі як CART і асоціативні правила, мають вирішальне значення для розуміння складних закономірностей, що існують у великих масивах економічних даних. Переваги цих методів роблять їх доцільними та результативними інструментами для моделювання та розуміння важелів та інструментів економічного зростання.

Ключові слова: економічний ріст, моделювання, інтелектуальний аналіз даних, дерево класифікацій, асоціативні правила.

The article substantiates the expediency of using intelligent data analysis in the study and forecasting of economic growth. Intelligent data analysis is a powerful tool that can help researchers and politicians understanding economic growth more deeply and making reasonable decisions by forming state policy. In addition, intelligent data analysis can be used to determine the potential areas of economic growth and investment opportunities. Attention is focused on using CART (predictive modeling tool, which has proved its high efficiency in understanding the non-obvious relationships between several variable statistical importance) and associative rules (intelligent data analysis, which can work with big data arrays and generate clear and effective conclusions, supported by statistical significance indicators). It is concluded that the methods of intelligent data analysis, such as CART and associative rules, are crucial for understanding the complex patterns that exist in large arrays of economic data. The advantages of these methods make them appropriate and effective tools for modeling and understanding of levers and tools of economic growth. Based on the analysis of data for 119 countries of the world for 2021 (the period of post-pandemic recovery), it was established that in order to promote economic growth, countries with low levels of export and import need to focus on the development of national industry. In addition, developing an economic policy aimed at promoting the recovery of the economy, it is necessary to increase the democratic status of the country. In general, countries that are less dependent on exports and imports tend to have more stable and self-sufficient economies. This can be explained by a number of factors, such as a strong domestic market, the development of national industry and less vulnerability to global economic shocks. In addition, a low level of imports may indicate that a country is able to produce and consume a significant portion of its own goods, which may contribute to further economic growth and development. It is important to note that these relationships are based on high-level statistical correlations.

Key words: economic growth, modeling, intelligent data analysis, classifications tree, associative rules.

Постановка проблеми. Критична важливість економічного зростання очевидна для всіх зацікавлених сторін: від політичних партій і законодавців до промисловців, підприємців і громадськості. Під час кризових явищ, які вимірюються зниженням темпів економічного росту, знижується якість життя населення, зростають ціни на всі товари і послуги, робочих місць стає все менше, падає платота кредитоспроможність, спадає споживання, а бізнес починає згортатися, рейтинги і довіра до політиків знижується. Отже, економічне зростання є вкрай важливим показником для країн, оскільки цей показник відображає швидкість, з якою розширюється загальний обсяг економіки з плином часу. Економічне зростання зазвичай вимірюється змінами у валовому внутрішньому продукті (ВВП), який є загальною вартістю товарів і послуг, вироблених в межах країни за певний період. Також з цього виходить, що зростаюча економіка зазвичай означає вищий рівень зайнятості, збільшення доходів та покращення рівня життя громадян. Особливої актуальності тема дослідження набуває під час потреби у відновленні економіки після кризи або у повоєнні часи. Разом з тим, економічна наука значною мірою покладається на статистичні дані для розуміння та аналізу тенденцій, виявлення закономірностей і їх прогнозування. Останніми роками інтелектуальний аналіз даних важливим для вилучення значущої інформації з величезних масивів даних, взаємозв'язок яких часто є неочевидним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Традиційно моделі економічного росту розглядаються з позиції факторної складової та математичного вираження неокейнсіанських моделей (прикладом останніх вітчизняних публікацій є труди Д. Скворцова і О. Тревого [1], які спираються на апарат моделей Домара і Харрода, А. Вороніна, О. Гунько, Л. Афанас'євої [2], в яких запропоновано економіко-математичні моделі, що ґрунтуються на макроекономічних балансах та положеннях неокейнсіанства). Розвиток математичного апарату та його застосування в економічній науці обумовлює більш широкі підходи до дослідження економічного росту. Зокрема, О. Сергієнко, М. Мащенко, В. Баранова [3] пропонують в означених цілях використовувати інструментарій динамічних методів аналізу (теорії фазового, коінтеграційного, біфуркаційного аналізу та катастроф), Л. Зомчак та І. Старчевська [4] – логістичну регресію, О. Ковальчук та О. Гирила [5] – кореляційний аналіз, факторний аналіз, дискримінантний аналіз та метод інтелектуального аналізу даних (дерева класифікації). У закордонних

дослідженнях останніх років також містяться приклади просторового підходу до моделювання економічного зростання [6; 7], економічних підходів, заснованих на кореляційно-регресійних залежностях [8; 9; 10].

Разом із напрацюванням значного обсягу економіко-математичного інструментарію, проблеми моделювання економічного росту із застосуванням сучасного інструментарію інтелектуального аналізу даних залишаються фрагментарними, незважаючи на його цінність у виявленні прихованих зв'язків та обробки великих даних.

Метою дослідження є обґрунтування доцільності використання інтелектуального аналізу даних при дослідженні і прогнозуванні економічного росту.

Виклад основного матеріалу дослідження. Економічне зростання може бути досягнуте за допомогою різних чинників, таких як збільшення кількості виробничих факторів, підвищення продуктивності праці, розширення ринків, технологічний прогрес та інвестиції в капітал. Однією з ключових вимог економічного зростання є стимул до інвестицій у нові технології і методи виробництва – з метою збільшення прибутку. Розвиваючи інноваційну складову, уможлиблюється підвищення продуктивності, що призводить до збільшення прибутку і ще більшого економічного зростання.

Разом з тим, слід вказати і на обмежуючий фактор економічного зростання, який бачиться у показнику значної нерівності доходів. Це може призвести до кризи, що впливає в скорочення загального обсягу інвестицій та зниження споживчого попиту, що перешкоджає економічному зростанню. У зв'язку з цим, державна політика має спрямовуватися на досягнення балансу між підтримкою підприємства та забезпеченням рівного розподілу користі від економічного зростання серед всіх членів суспільства. Це потребує ретельного розгляду політичних стратегій, які дозволять уникати глобальних шоків, а також забезпечувати заходи щодо зменшення нерівності доходів і сприяти інклюзивному зростанню на довгостроковій основі.

Такі фактори, як демократичний рівень країн, залученість у зовнішню торгівлю, спеціалізація на промисловому або сільськогосподарському виробництві, також обумовлюють потенціал економічного росту та здатність економіки до відновлення після шоківих потрясінь.

Отже, досягнення стійкого економічного зростання при ринковій глобалізованій економіці – це складне завдання, яке потребує координованого зусилля для визначення та реалізації ефективних державних стратегій.

Для повного розуміння динаміки економічного зростання в сучасну епоху необхідний міждисциплінарний підхід, який спирається на глобальні, макроекономічні та мікроекономічні перспективи, статистичні та математичні інструменти, а також розумінні складної взаємодії між економічними та соціальними показниками.

Інтелектуальний аналіз даних є інструментом, який дозволяє розв'язати складності обробки великих даних і дозволяє виявити закономірності і взаємозв'язки у великих масивах статистичної інформації за допомогою обчислювальних методів. Це міждисциплінарна галузь, яка поєднує методи з інформатики, статистики та машинного навчання для вилучення цінної інформації. Кінцевою метою інтелектуального аналізу даних є виявлення прихованих інсайтів і знань, які можуть бути використані для прийняття рішень, зокрема в галузі формування державної політики економічного відновлення.

Коли йдеться про економічне зростання, інтелектуальний аналіз даних передбачає використання різних методів, таких як регресійний аналіз, кластеризація та пошук асоціативних правил, тощо. Виявляючи закономірності та взаємозв'язки між змінними, дослідники можуть глибше зрозуміти складні взаємодії та залежності, які існують в економіці.

Пропоновано розглядати зв'язок зростання ВВП з вісьмома ключовими факторами. Гіпотетично ці фактори були обрані з огляду на їхню важливість у контексті економічного зростання:

– рівень доходу, демократичний статус країн (Freedom House) та рівень безробіття були обрані для відображення соціально-політичних факторів, що впливають на економічне зростання;

– рівень експорту, імпорту та прямих іноземних інвестицій були обрані через їх значний вплив на зовнішню торгівлю та капіталозабезпеченість країни;

– нарешті, рівень промислового виробництва і сільського господарства були включені, оскільки вони відображають внутрішню економічну діяльність країни.

Інформаційною базою є дані Світового банку [11] за 2021 рік за 119 країнами світу.

Зважаючи на велику кількість економічних даних, доступних сьогодні, стає все більш важливим використовувати передові аналітичні методи. Тому в дослідженні були застосовані загальні дерева класифікації та регресії (CART) і асоціативні правила, призначені для моделювання та розуміння моделей економічного зростання.

CART – це інструмент прогнозного моделювання, який довів свою високу ефективність у розумінні взаємозв'язків між кількома змінними. Він створює деревоподібну структуру, яка дозволяє користувачеві визначити найбільш значущі змінні, що впливають на конкретний результат. Ключовою перевагою використання CART є його здатність працювати з великими наборами даних з багатьма змінними, що дозволяє користувачеві виявляти закономірності та взаємозв'язки, які можуть бути неочевидними за допомогою інших методів. Крім того, CART дуже інтуїтивно зрозумілий і простий у використанні, що робить його ідеальним інструментом для користувачів з обмеженими статистичними знаннями.

Після обробки даних отримано дерево класифікації та рівні значущості предиктора (таблиця 1).

Виходячи з результатів, представлених в таблиці 1, можна констатувати, що рівень доданої вартості промисловості є найважли-

Таблиця 1

Таблиця значущості предиктора для економічного зростання країн

Предиктор	Ранг змінної	Значущість
Рівень доданої вартості промисловості (включаючи будівництво), у відсотках до ВВП	100	1,000000
Рівень прямих іноземних інвестицій у відсотках до ВВП	33	0,325808
Рівень експорту товарів та послуг у відсотках до ВВП	29	0,287760
Безробіття, загальне (% від загальної кількості робочої сили) (змодельована оцінка МОП)	22	0,216679
Рівень імпорту товарів та послуг у відсотках до ВВП	20	0,202360
Рівень доданої вартості сільського, лісового та рибного господарства, виражений у відсотках до ВВП	18	0,178440
Рівень доходу країн	16	0,155428
Демократичний статус країн (Freedom House)	15	0,154417

вішим предиктором економічного зростання серед досліджуваних змінних з рангом 100 та значенням значимості 1,000. Отримані результати даного етапу інтелектуального аналізу економічного зростання за 119 країнами свідчать про те, що політика, спрямована на розвиток промислового сектору, експортна орієнтація країни у міжнародній торгівлі, залучення іноземних інвестицій, зниження рівня безробіття та підтримка інших секторів економіки, може бути ефективною стратегією для сприяння економічному зростанню. Ці емпіричні висновки мають важливе значення для практики формування державної політики і дослідників, які прагнуть зрозуміти і сприяти економічному розвитку в усьому світі.

Асоціативні правила – це метод інтелектуального аналізу даних, який фокусується на виявленні неочевидних закономірностей і взаємозв'язків між змінними. Ця техніка може надати цінну інформацію про складні взаємодії, які існують між різними економічними факторами. Правила асоціацій можуть працювати з великими масивами даних і генерувати чіткі та дієві висновки, що робить їх важливим інструментом для будь-якого дослідника.

Для формування асоціативних правил, вихідні дані попередньо оброблено та закодовано, використовуючи отримане дерево класифікації і взявши значення діапазонів коливання предикторів. Це означає, що в таблицю кодування включаються ті значення, які відносяться до предиктора, від якого йде розгалуження гілок дерева. Значення предиктора «Рівень доходу країн» не було враховане при побудові дерева класифікації. Цей предиктор проявляв дуже слабку кореляцію з іншими

змінними, і тому його виключено з подальшого дослідження.

Після проведення обробки даних було сформовано 7 основних асоціативних правил, які характеризують вплив досліджуваних змінних на економічний ріст від 3% до 12% із високою статистичною значущістю (таблиця 2), оскільки інші рівні економічного росту статистично не доведені.

На основі отриманих асоціативних правил (де наслідком є рівень економічного зростання) можна зробити висновок, що між змінними рівня експорту, демократичного статусу, імпорту, доданої вартості промисловості та економічного зростання в країнах існують статистично доведені взаємозв'язки. Додатково були сформовані асоціативні правила, які характеризують вплив досліджуваних змінних одна на одну.

В результаті аналізу можна стверджувати, що країни з більш демократичними інститутами та свободами, як правило, мають більш стабільні економічні умови та більш передбачуване бізнес-середовище порівняно з країнами з менш демократичними інститутами, де політична нестабільність і невизначеність можуть перешкоджати економічному зростанню. Крім того, демократичні країни можуть отримати вигоду від вищого рівня іноземних інвестицій завдяки більш сприятливому інвестиційному клімату, що може призвести до більш значних темпів зростання ВВП.

Щодо низького рівня експорту, можна констатувати, що в країнах з більшою політичною свободою більше уваги приділяється внутрішньому споживанню та розвитку сильної внутрішньої економіки у період економічного від-

Таблиця 2

Сформовані асоціативні правила, які характеризують вплив факторів на економічний ріст на рівні від 3% до 12%

Фактор	Підтримка, %	Ймовірність (%)	Кореляція (%)
Вільний або практично вільний демократичний статус країн	57,14286	75,5556	76,84720
Рівень експорту \leq 33,24% ВВП	72,26891	73,5043	85,24048
Рівень імпорту \leq 55,364365% ВВП	53,78151	77,1084	75,31497
Рівень доданої вартості промисловості від 2,426157% до 9,266553% ВВП	56,30252	77,9070	77,45794
Вільний або практично вільний демократичний статус країн та рівень експорту \leq 33,239247% ВВП	57,14286	76,4045	77,27772
Рівень експорту \leq 33,239247% ВВП та рівень імпорту \leq 55,364365% ВВП	52,94118	77,7778	75,04788
Рівень експорту \leq 33,239247% ВВП та рівень доданої вартості промисловості від 2,426157% до 9,266553% ВВП	55,46218	78,5714	77,20486

новлення (оскільки висновки сформовані на даних 2021 р.), ніж значній залежності від експорту. Крім того, для країн з нижчим рівнем економічного розвитку можуть існувати проблеми, пов'язані з торговельними бар'єрами або обмеженим доступом до міжнародних ринків. Країни з низьким рівнем експорту, швидше за все, мають більш диверсифіковану економіку з більшим акцентом на внутрішнє споживання та інвестиції. Це може забезпечити більш стабільну основу для економічного зростання і зменшити залежність від зовнішнього попиту, який може бути більш волатильним. Крім того, країни з низьким рівнем експорту можуть зосередитися на розвитку своїх внутрішніх ринків та інфраструктури, що може стимулювати економічне зростання. Це може включати інвестиції в такі сфери, як освіта, охорона здоров'я та інновації, що з часом може призвести до підвищення продуктивності та конкурентоспроможності. Нарешті, країни з низьким рівнем експорту можуть також зазнавати меншого тиску з боку глобальних ринкових сил, що може дозволити їм реалізовувати більш довгострокові економічні стратегії.

Країни з низьким рівнем імпорту, ймовірно, більше покладаються на внутрішнє виробництво, що може призвести до підвищення загального рівня економічної активності і, таким чином, сприяти зростанню ВВП. Крім того, країни з нижчим рівнем імпорту можуть бути більш зосереджені на розвитку внутрішньої промисловості для задоволення місцевого попиту, що також може стимулювати економічне зростання. Нарешті, країни з нижчим рівнем імпорту можуть проводити політику, спрямовану на розвиток місцевої промисловості та стримування імпорту іноземних товарів, що також може сприяти підвищенню середніх темпів зростання ВВП.

Промисловість відіграє значну роль у розвитку економіки будь-якої країни. Вона створює можливості для працевлаштування, генерує доходи, сприяє виробництву товарів і послуг. Тому зростання промислового сектору часто розглядається як важливий показник економічного прогресу країни. Зростання промисловості безпосередньо пов'язане зі зростанням ВВП, оскільки вона стимулює економічну активність і підвищує продуктивність. Промисловість робить свій внесок у ВВП через вироб-

ництво товарів і послуг, які приносять дохід і створюють додану вартість. Як наслідок, країни з вищою часткою промисловості у ВВП, швидше за все, матимуть вищі темпи економічного зростання. За наявності середнього рівня промисловості низький рівень експорту може свідчити про те, що економіка країни більше орієнтована на внутрішнє виробництво і споживання, ніж на експорт. Це може призвести до більш стабільної економіки з послідовним зростанням ВВП з часом.

Наведені результати потенційно можуть мати важливе значення для формування політики економічного відновлення.

Висновки з проведеного дослідження. Отже, методи інтелектуального аналізу даних, такі як CART і асоціативні правила, мають вирішальне значення для розуміння складних закономірностей, що існують у великих масивах економічних даних. Переваги цих методів роблять їх доцільними та результативними інструментами для моделювання та розуміння важелів та інструментів економічного зростання. Крім того, вибір восьми ключових факторів для дослідження був комплексним, оскільки вони представляють низку критичних характеристик, які гіпотетично впливають на економічне зростання країни. На підставі аналізу даних за 119 країнами світу за 2021 р. (період постпандемічного відновлення) встановлено, що для сприяння економічному зростанню країнам з низьким рівнем експорту та імпорту необхідно зосередитися на розвитку національної промисловості. Крім того, розробляючи економічну політику, спрямовану на сприяння відновленню економіки, необхідно підвищувати демократичний статус країни. В цілому, країни, які менше залежать від експорту та імпорту, як правило, мають більш стабільну та самодостатню економіку. Це можна пояснити низкою факторів, таких як сильний внутрішній ринок, розвиток національної промисловості та менша вразливість до глобальних економічних потрясінь.

Важливо зазначити, що наведені взаємозв'язки ґрунтуються на статистичних кореляціях високого рівня, а подальші дослідження доцільно присвятити вивченню глибинних механізмів, що лежать в основі виявлених асоціативних правил для деталізації політики економічного відновлення країн світу.

Список використаних джерел:

1. Скворцов Д., Тревого О. Прикладні аспекти можливостей прогнозування економічного зростання за моделями Домара і Харрода. *Економічний аналіз*. 2022. Том 32. № 1. С. 226–235.
2. Воронін А.В., Гунько О.В., Афанас'єва Л.М. Проблеми стійкості макроекономічних моделей динаміки. *Проблеми економіки*. 2019. № 2. С. 185–193.

3. Сергієнко О.А., Машенко М.А., Баранова В. В. Моделювання нестійкості розвитку складних ієрархічних систем. *Проблеми економіки*. 2021. № 1. С. 143–154.
4. Зомчак Л.М., Старчевська І.М. Моделювання економічного зростання України за допомогою логістичної регресії. *Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Серія «Економічні науки»*. 2022. Вип. 2 (106). С. 78–83.
5. Ковальчук О., Гирила О. Моделювання економічних вимірів глобального сталого розвитку. *Вісник Тернопільського національного економічного університету*. 2019. Вип. 1. С. 117–130.
6. Panzera D., Postiglione P. The impact of regional inequality on economic growth: a spatial econometric approach. *Regional Studies*. 2022. Vol. 56(5). P. 687–702.
7. Mahran H.A. The impact of governance on economic growth: spatial econometric approach. *Review of Economics and Political Science*. 2023. Vol. 8. No. 1. P. 37–53.
8. Amalare A.A., Ekum M.I., Ogunsanya A.S. On Econometric Approach to Modeling Economic Growth. *Benin journal of statistics*. 2020. Vol. 3. P. 128–141.
9. Ziberi B., Florije Miftari F., Omaj L. The Econometric Approach of the Impact of Public Investment in the Road-Infrastructure in the Economic Growth of Kosovo. *Management Dynamics in the Knowledge Economy*. 2021. Vol. 9(1). P. 5–16.
10. Kong Q., Peng D., Ni Y., Jiang X., Wang, Z. Trade openness and economic growth quality of China: Empirical analysis using ARDL model. *Finance Research Letters*. 2021. Vol. 38. 101488.
11. World Bank. URL: <https://data.worldbank.org/indicator/> (дата звернення: 14.12.2022).

References:

1. Skvortsov D., Trevoho O. (2022). Prykladni aspekty mozhlyvostei prohnouzuvannya ekonomichnoho zrostannia za modeliamy Domara i Kharroda [Applied aspects of the possibilities of forecasting economic growth according to the Domar and Harrod models]. *Ekonomichnyi analiz*, 32 (1), 226–235. [in Ukrainian]
2. Voronin A.V., Hunko O.V., Afanasieva L.M. (2019). Problemy stiiikosti makroekonomichnykh modelei dynamiky [Stability problems of macroeconomic models of dynamics]. *Problemy ekonomiky*, 2, 185–193. [in Ukrainian]
3. Serhiienko O.A., Mashchenko M.A., Baranova V.V. (2021). Modeliuvannya nestiikosti rozvytku skladnykh iierarkhichnykh system [Modeling the instability of the development of complex hierarchical systems]. *Problemy ekonomiky*, 1, 143–154. [in Ukrainian]
4. Zomchak L.M., Starchevska I.M. (2022). Modeliuvannya ekonomichnoho zrostannia ukrainy za dopomohoiu lohistrychnoi rehresii [Modeling economic growth of Ukraine using logistic regression]. *Naukovyi visnyk Poltavskoho universytetu ekonomiky i torhivli. Seriiia «Ekonomichni nauky»*, 2(106), 78–83. [in Ukrainian]
5. Kovalchuk O., Hyryla O. (2019). Modeliuvannya ekonomichnykh vymiriv hlobalnoho staloho rozvytku [Modeling of economic dimensions of global sustainable development]. *Visnyk Ternopil'skoho natsionalnoho ekonomichnoho universytetu*, 1, 117–130. [in Ukrainian]
6. Panzera D., Postiglione P. (2022). The impact of regional inequality on economic growth: a spatial econometric approach. *Regional Studies*, 56(5), 687–702.
7. Mahran H.A. (2023). The impact of governance on economic growth: spatial econometric approach. *Review of Economics and Political Science*, 8 (1), 37–53.
8. Amalare A.A., Ekum M.I., Ogunsanya A.S. (2020). On Econometric Approach to Modeling Economic Growth. *Benin journal of statistics*, 3, 128–141.
9. Ziberi B., Florije Miftari F., Omaj L. (2021). The Econometric Approach of the Impact of Public Investment in the Road-Infrastructure in the Economic Growth of Kosovo. *Management Dynamics in the Knowledge Economy*, 9(1), 5–16.
10. Kong Q., Peng D., Ni Y., Jiang X., Wang, Z. (2021). Trade openness and economic growth quality of China: Empirical analysis using ARDL model. *Finance Research Letters*, 38, 101488.
11. World Bank. Retrieved from: <https://data.worldbank.org/indicator/> (accessed 14 December 2022).