

УДК 340.4:519.866

JEL Classification: C610, C630, E270

DOI: <http://doi.org/10.34025/2310-8185-2023-2.90.08>

Василь Григорків, д.ф.-м.н., професор,
<https://orcid.org/0000-0003-4866-946X>

Марія Григорків, д.е.н., доцент,
<https://orcid.org/0000-0003-3327-991X>

Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича,
м. Чернівці

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СТАТИСТИЧНО- ЕКОНОМЕТРИЧНИХ І ОПТИМІЗАЦІЙНИХ ПІДХОДІВ ДО МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПІДГОТОВКИ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ В ЕКОНОМІЦІ

Анотація

Актуальність. Постановка проблеми. Як теоретичний, так і прикладний потенціал сучасної економічної науки є достатньо потужним і суттєво залежить від рівня розвитку економіко-математичного, комп'ютерного та інформаційно-технологічного інструментарію. Однак застосування економіко-математичних моделей, методів та інформаційних технологій має свої особливості та можливості у сенсі обробки і підготовки статистичної чи експертної інформації та відповідних управлінських рішень, що, власне, актуалізує їх як окрему наукову проблему.

Мета дослідження – виокремлення та аналіз найбільш важливих і принципових особливостей використання у теоретичних і прикладних дослідженнях статистично-економетричного та оптимізаційного підходів, які у сукупності формують методологічну платформу процесу обробки інформації та її застосування у підготовці рішень.

Результати. Розкрито характерні особливості та умови застосування статистично-економетричного та оптимізаційного підходів у процесах моделювання економіки, підготовки та прийняття відповідних управлінських рішень. Реалізація цих підходів як у теоретичних, так і прикладних дослідженнях приводить до адекватних результатів лише тоді, коли забезпечені концептуальні та методологічні вимоги щодо їх використання. Порушення цих вимог, зокрема до інформаційного забезпечення, породжує далеко не завжди очевидні ризики щодо можливості використання побудованої моделі чи підготовленого рішення на практиці. Проаналізовано специфіку економетричних і оптимізаційних моделей, які відтворюють не тільки кількісні, але й якісні характеристики

досліджуваних об'єктів (явищ, процесів, систем). Урахування таких характеристик часто приводить до модифікації тих чи інших підходів до моделювання і розробки управлінських рішень. Обґрунтовано окремі аспекти інформаційного забезпечення умов прийняття рішень, які формуються на основі даних (знань), які має керуюча підсистема про середовище функціонування об'єкта дослідження.

Практичне значення. Охарактеризовані особливості статистично-економетричного й оптимізаційного підходів, які використовуються у розробці економіко-математичних моделей та підготовці на їх базі управлінських рішень в економіці, мають очевидну практичну спрямованість та безпосередньо пов'язані із прикладними дослідженнями. За своїм змістом усі викладені положення є практично значущими у тому сенсі, що вони зацентровані на науково обґрунтованих застереженнях щодо специфіки використання проаналізованого інструментарію на практиці.

Перспектива подальших досліджень. Специфіка умов застосування проаналізованих статистично-економетричного та оптимізаційного підходів полягає у тому, що залежно від об'єкта дослідження ці умови можуть мати свої особливості. Обґрунтування останніх і складає предмет подальших досліджень.

Ключові слова: моделювання, підхід, статистично-економетричний, оптимізаційний, особливості, прийняття рішень.

Кількість джерел: 11.

Vasyl Hryhorkiv, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor,

<https://orcid.org/0000-0003-4866-946X>

Mariia Hryhorkiv, Doctor of Economic Science, Associate Professor,

<https://orcid.org/0000-0003-3327-991X>

Yuriy Fedkovich Chernivtsi National University, Chernivtsi

FEATURES OF THE APPLICATION OF STATISTICAL-ECONOMETRIC AND OPTIMIZATION APPROACHES TO THE MODELING AND MANAGEMENT DECISION-MAKING IN THE ECONOMY

Summary

Both the theoretical and applied potential of modern economic science is quite powerful and depends significantly on the level of development of economic-mathematical, computer and information-technological tools. However, the application of economic-mathematical models, methods and information technologies has its own peculiarities and possibilities in

the sense of processing and preparation of statistical or expert information and relevant management decisions, which actualizes them as a separate scientific problem.

Aim of the work is isolation and analysis of the most important and fundamental features of the use of statistical-econometric and optimization approaches in theoretical and applied research, which together form a methodological platform for the process of information processing and its application in the preparation of decisions.

The characteristic features and conditions of the application of statistical-econometric and optimization approaches in the processes of modeling the economy, preparing and making appropriate management decisions are revealed. The implementation of these approaches in both theoretical and applied research leads to adequate results only when the conceptual and methodological requirements for their use are met. Violation of these requirements, in particular for information provision, creates far from always obvious risks regarding the possibility of using the constructed model or the prepared solution in practice. The specifics of econometric and optimization models that reproduce not only quantitative, but also qualitative characteristics of the studied objects (phenomena, processes, systems) were analyzed. Taking such characteristics into account often leads to modification of certain approaches to modeling and development of management solutions. Certain aspects of information provision of decision-making conditions, formed on the basis of data (knowledge) possessed by the control subsystem about the operating environment of the research object, are substantiated.

The characterized features of the statistical-econometric and optimization approaches, which are used in the development of economic-mathematical models and the preparation of management decisions in the economy based on them, have an obvious practical orientation and are directly related to applied research. According to their content, all the stated provisions are practically significant in the sense that they are focused on scientifically based warnings regarding the specifics of using the analyzed tools in practice.

The specificity of the conditions of application of the analyzed statistical-econometric and optimization approaches is that, depending on the object of research, these conditions may have their own specific features. The justification of these features is the subject of further research.

Keywords: modeling, approach, statistical and econometric, optimization, features, decision-making.

Number of sources – 11.

Постановка проблеми. Одним із трендів сучасної науки, зокрема економічної, є її прикладне застосування, тобто реалізація на практиці тих її результатів, які дають реальний економічний ефект. Прикладний потенціал економічної науки сьогодні значною мірою залежить від такого інструментарію, як економіко-математичні методи і моделі та інформаційні технології, роль яких

невпинно зростає у всіх напрямках як теоретичних, так і прикладних досліджень, наприклад у дослідженнях ринкових відносин, сталого розвитку, теорії корисності та раціонального використання ресурсів і багатьох інших проблем теорії та практики. Той факт, що сьогодні економіко-математичні методи та моделі у сукупності із відповідними допоміжними засобами їх реалізації сприймаються дослідниками як природний інструмент для аналізу економічних проблем і розробки управлінських рішень у реальних процесах економіки та бізнесу, є беззаперечною істиною. Але ця істина зобов'язує науковців і практиків адекватно використовувати цей інструментарій у своїй роботі, тому його застосування практично у всіх випадках потребує глибокого наукового обґрунтування в контексті дослідження умов та можливостей використання.

Незважаючи на значну кількість наукових праць та дискусій з приводу зазначеної проблеми, зокрема концептуальних, методологічних і технологічних підходів до постановки дослідницьких і експертно-аналітичних завдань, етапів і алгоритмів їх реалізації, вибору конкретних інструментів та засобів у ланцюжку розробки управлінських рішень від збору та обробки інформації до підготовки остаточного рішення, дуже часто трапляються ті слабкі ланки, які врешті-решт приводять до неправильного рішення. Ці ланки зазвичай пов'язані саме з неправильним вибором інструментальних засобів та умов підготовки рішення, що для економіки та бізнесу є вкрай негативним явищем. Для уникнення подібних помилок потрібно розвивати дослідження у цьому напрямі, щоб врахувати особливості застосування економіко-математичного інструментарію, зокрема особливості статистичних, економетричних і оптимізаційних методів і моделей для дослідження економіки та прийняття управлінських рішень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика особливостей, специфіки, методології та можливостей економіко-статистичного аналізу та моделювання була і залишається предметом досліджень багатьох іноземних і вітчизняних науковців

[1-5]. До останніх належать також добре відомі науковій спільноті В. Єлейко, А. Головач, І. Лукінов, О. Кулинич, Е. Лібанова, О. Осауленко, О. Черняк та низка інших дослідників. З огляду на те, що у кінцевому підсумку метою усіх таких досліджень є прийняття управлінських рішень [6-10], важливо також підкреслити, що моделюванням цих рішень займалися також багато зарубіжних учених, наприклад К. Г. Корлі, С. Воллі, С. Енемарк, Дж. Баум, О. Моргентейн, Г. Хейл, П. Скотт, Дж. Нейман і інші.

Що стосується економіко-статистичних досліджень, тобто збору і обробки статистичної інформації, її формалізації та застосування для аналізу та прогнозування різноманітних економічних явищ, характерних для виробничо-технологічної, фінансової, податкової, інвестиційної і інших підсистем економіки, то сьогодні з цією метою використовується цілий комплекс підходів і інструментів. Крім того, швидкість та якість таких досліджень зростають завдяки сучасним комп'ютерним технологіям обробки інформації та прийняття рішень, але це можливо лише тоді, коли дослідник є аналітиком достатньо високого рівня, володіє глибокими знаннями з економічної теорії та емпіричного аналізу, методами економічної та математичної статистики, а також використовує сучасні інформаційні бази даних і технології загалом.

В умовах нестабільної та кризової економіки змодельовати закономірності соціально-економічних явищ складно, тому для розробки моделей та їх застосування у підготовці рішень потрібна комплексна методика, яка враховує різні підходи до вирішення цих проблем. Метою цієї праці є аналіз найбільш принципових особливостей та можливостей основних підходів до моделювання обґрунтованих рішень в економіці. Передумовою ефективності статистично-економетричних підходів і методик, безперечно, є якість та надійність первинної статистичної інформації та інформації, яка після її обробки статистичними методами використовується на інших етапах підготовки рішень, тому адекватний моніторинг об'єктів дослідження, систематизація,

впорядкування та її вибір для вирішення конкретних завдань є серйозною проблемою.

Формулювання цілей статті. Наукові дослідження в економіці практично завжди пов'язані з масивами інформації статистичного, експертного чи іншого характеру, обробка та аналіз яких є обов'язковим етапом моделювання, підготовки та прийняття рішень тощо. Методологія та методика як теоретичного обґрунтування, так і практичного застосування цих даних у той чи інший спосіб пов'язана із статистично-економетричними та оптимізаційними підходами, роль яких у науці та практиці застосування її результатів надзвичайно важлива. Однак далеко не завжди ці підходи використовуються адекватно у сенсі дотримання строгих наукових положень, що нерідко приводить до помилкових результатів дослідження. Це насамперед пов'язано із неврахуванням особливостей та можливостей статистичних, економетричних чи оптимізаційних методів і моделей або базових припущень щодо їх розробки. При цьому часто залишається відкритим питання про характер і міру відповідності наявних даних поставленим завданням дослідження, що нерідко також поглиблює окреслену проблему. Саме їй і присвячена ця праця, основні акценти якої можуть бути корисними для дослідників.

Виклад основного матеріалу. Сьогодні будь-яке серйозне економічне дослідження уже неможливе без поєднання як теоретичного, так і прикладного інструментарію статистично-економетричних, оптимізаційних і інших підходів до моделювання та прийняття рішень в економіці. У зв'язку з цим проблема даних в економічних дослідженнях є складною та багатокомпонентною. Їх роль, зокрема статистичних даних, у дослідженні економічних явищ і процесів надзвичайно важлива, оскільки вони дозволяють узгодити теоретичні та прикладні аспекти результатів досліджень, оцінити адекватність концепцій, гіпотез і інших фундаментальних положень економічної теорії на практиці. Статистично-економетричний підхід (поєднання статистичного і економетричного

інструментарію тут є логічним й виправданим) у моделюванні та прийнятті рішень в економіці передбачає науково обґрунтоване використання економічних даних, тобто їх збір, обробку, аналіз тощо за допомогою сучасних дослідницьких та інформаційних технологій з метою побудови та обґрунтування моделей, а у кінцевому підсумку – для обґрунтування емпіричних закономірностей.

Виділимо акценти щодо певних обмежень та проблем застосування статистично-економетричного підходу у науці та практиці, які суттєво впливають на адекватність моделей та якість підготовлених на їх основі рішень.

- Доступна інформація (статистична, експертна тощо) для економетричних досліджень часто є недостатньою для вирішення поставленої задачі. Інколи необхідних статистичних даних взагалі немає. Застосування не оригінальних даних, а їх заміників, може суттєво ускладнити верифікацію моделей.

- Економічні дані (оригінальні та ті, які пройшли обробку статистичними методами) нерідко відображають не тільки виробничо-технологічні, але й соціально-економічні процеси та системи, які для моделювання, прогнозування та прийняття рішень є надзвичайно складними у зв'язку з наявністю у них людського фактора.

- Дані, які використовуються для побудови економетричних моделей, не є результатом контрольованого експерименту, тобто вони не є експериментальними. У зв'язку з цим методи математичної статистики, які були розроблені для експериментальних наук, не можуть використовуватись для економіки без певної модифікації. Економетрика базується лише на даних про об'єкт дослідження, що отримані у конкретний період часу, який уже не можна змінити чи повторити, тому на відміну від прикладної статистики, в економетриці оцінювання параметрів і перевірка гіпотез відбувається одночасно.

- Між економетричною теорією та практикою спостерігається значно суттєвіший розрив порівняно з іншими науками (медициною, фізикою), що інколи приводить до побудови економетричних

моделей, які не повністю придатні для пояснення відповідних причинно-наслідкових зв'язків у економіці. Така ситуація може бути наслідком відсутності у тих, хто будує моделі, глибокого розуміння теоретичних економічних основ, пов'язаних з об'єктом дослідження.

- Економетричний підхід (саме підхід, а не метод, поняття якого інколи заперечується) у наукових дослідженнях спрямований на розробку локальних, а не глобальних (тобто таких, які можна використати у всіх випадках) моделей, що на відміну від природничих наук характерно для економіки. Економетрична модель суттєво залежить не тільки від вихідних даних, але й від того, яке з питань є головним для дослідника, а прикладні економетричні моделі зазвичай будуються індуктивно – від найпростіших до більш складних. Крім того, враховуючи фундаментальну роль даних під час побудови економетричної моделі, проблемі адекватності даних потрібно приділяти особливу увагу, хоча нерідко акцент зміщується на вибір специфікації моделі.

- Щодо самих функцій (або рівнянь) регресії, які є основою економетричних моделей, то у класичному статистично-економетричному підході ці функції фактично замінюються оптимальними у сенсі середньоквадратичного критерію лінійними чи нелінійними наближеннями. Застосування зазначеного критерію теоретично обґрунтовано законами нормальної кореляції та центральними граничними теоремами теорії ймовірностей, якщо виконуються так звані передумови кореляційно-регресійного аналізу [11]. Зміна критерію апроксимації функції регресії чи початкових базових припущень відносно фактичного зв'язку між пояснювальними і пояснюючими змінними приводить нас до принципово інших концептуальних і методологічних підходів до моделювання кореляційних залежностей, що обов'язково слід враховувати у процесах розробки статистично-економетричних моделей та прийняття рішень.

- Економіко-математичні моделі у своїй більшості повинні відтворювати не лише кількісні, а й якісні характеристики

досліджуваних об'єктів (процесів, систем, явищ). Однак деякі з цих характеристик часто «губляться» у первинному масиві даних про об'єкт дослідження. Безумовна апроксимація цих даних, яка використовується у статистично-економетричному підході, зазвичай не може враховувати якісні властивості досліджуваного об'єкта, тому побудовані без урахування цього факту моделі (зокрема й економетричні) апіорі не можуть бути адекватними. Очевидно, що у тих випадках, коли предметом вивчення є ті властивості об'єкта, які власне складають його «якісний» аспект, потрібно у певний спосіб перетворювати наявні початкові статистичні чи експертні дані та модифікувати відповідні підходи до розробки моделей і їх застосування у підготовці рішень на практиці.

Економічні системи належать до складних систем управління або кібернетичних систем, тому керуючій підсистемі або особі, яка приймає рішення (окремій людині, колективному органу), постійно доводиться сприймати, зберігати та перетворювати інформацію, щоб формувати та приймати рішення щодо динаміки цих систем і досягнення ними мети свого призначення. Серед всеможливих альтернативних рішень потрібно уміти вибирати оптимальний (у сенсі досяжності кінцевого підсумку) варіант рішення. Тому оптимізаційний підхід у процесах моделювання та прийняття рішень в економіці є настільки природним і очевидним, що на перший погляд, він практично не потребує детального обґрунтування, але окремі прикладні аспекти цього підходу все-таки потребують належної уваги, оскільки вони тісно пов'язані із зазначеними раніше особливостями.

Наукові засади та принципи прийняття рішень, як і практичний досвід підготовки та реалізації рішень передбачають адекватність постановок задач прийняття рішень та використання у процесі підготовки відповідної адекватної інформації, а також перевіреного теорією і практикою інструментарію. Щодо адекватної для прийняття рішень інформації, на отримання якої, власне кажучи, мають бути спрямовані усі наявні для дослідження теоретичні та

прикладні ресурси, зокрема статистично-економетричні та оптимізаційні підходи, то ця проблема у ряді випадків є не тільки складною, але й апіорі нерозв'язною у класичному розумінні. Йдеться про те, що, крім умов визначеності, прийняття рішень в економіці зазвичай здійснюється в умовах ризику, повної невизначеності, конфлікту та нечіткої інформації. Умови прийняття рішень формуються на основі інформації, яку має керуюча підсистема про середовище функціонування об'єкта дослідження. Враховуючи, що на якість цієї інформації впливають як об'єктивні, так і суб'єктивні чинники, умови прийняття рішень (оптимальних у тому чи іншому сенсі) можуть мати різні класифікаційні ознаки, наприклад визначатися конфліктністю та нечіткою інформацією. Вибір оптимальної альтернативи, підготовка, прийняття та реалізації рішення у цих умовах потребує застосування, а інколи й розробки спеціальних методологічних і методичних технологій.

Крім якості вихідної та кінцевої інформації для формування управлінських рішень, оптимізаційний підхід неможливо реалізувати без наявності критеріїв оцінювання альтернативних рішень. Варто підкреслити, що в економіці задачі прийняття оптимальних рішень, а значить і їх математичні моделі, зазвичай багатокритеріальні. До того ж побудова та вибір критеріїв є окремою науковою проблемою, хоча на практиці вирішення цієї проблеми суттєво залежить від досвіду професійної діяльності тих, хто готує та приймає рішення. Звичайно зазначені вище особливості можуть бути доповнені та розширені специфікою самого процесу прийняття рішень, зокрема специфікою індивідуальних і колективних рішень, особливостями узгодження інтересів особи, яка приймає рішення, та активних учасників прийняття рішень і ін. Справа у тому, що для побудови оптимізаційних, як і статистично-економетричних моделей також необхідна певна інформація, яка часто-густо є результатом статистичних чи експертних досліджень, що власне кажучи, поєднує обидва підходи (статистично-економетричний та

оптимізаційний) як у концептуальному, так і методологічному контекстах. Це означає, що етап підготовки інформаційного забезпечення для оптимізаційних моделей та моделей прийняття рішень загалом часто безпосередньо пов'язаний із зазначеними вище особливостями статистично-економетричного підходу, хоча як теоретичні, так і прикладні аспекти оптимізаційного підходу мають також свою багатогранну специфіку, достатньо повно досліджену у теорії оптимізації та прийняття рішень [8-10].

Наука про прийняття рішень має багатодисциплінарний та комплексний характер, а сам термін «прийняття рішень» є ключовим у різних наукових напрямках, особливо в економіці, оскільки за визначенням економіка фактично визначає правила раціональної поведінки людей в умовах вибору. Акт вибору раціонального чи оптимального рішення є підсумком непростого процесу його підготовки, який власне і є предметом багатьох наукових досліджень.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі. Побудова моделей соціально-економічних явищ і процесів та їх ефективне застосування у алгоритмах розробки і прийняття управлінських рішень неможливе без якісної статистичної та експертної інформації і науково та практично обґрунтованих методик її обробки, які безпосередньо пов'язані із статистично-економетричним та оптимізаційним підходами до моделювання та підготовки рішень в економіці. При цьому як концептуальні, так і методологічні основи застосування цих підходів у теоретичних і прикладних дослідженнях економічних об'єктів мають свою специфіку, без урахування якої неможливо досягти адекватних результатів. У зв'язку з цим у даній праці розкрито основні особливості та умови використання інструментарію статистично-економетричного та оптимізаційного підходів у процесах побудови економіко-математичних моделей та пов'язаних з ними рішень. Враховуючи принциповий характер зазначених у цій праці положень, зокрема перешкод,

ризиків і невизначеностей, які виникають під час їх практичного застосування, можна стверджувати про наявність очевидних перспектив подальших досліджень у цьому напрямі.

Список використаних джерел:

1. Саврас І. Актуальні проблеми та можливості застосування статистичних методів у державному управлінні. *Ефективність державного управління*. 2016. Вип. 1/2 (46/47). Ч. 2. С. 24-31.
2. Вдовин М. Л. Методи статистичного моделювання економічних процесів: критичний огляд. *Східна Європа: економіка, бізнес та управління*. 2023. С. 79-84.
3. Єріна А. М. Статистичне моделювання та прогнозування : навч. посібник. Київ : КНЕУ, 2011. 170 с.
4. Григорків М. В. Динамічні моделі еколого-економічних систем в умовах соціально-економічної кластеризації : монографія. Тернопіль: Економічна думка ТНЕУ, 2020. С. 415.
5. Hryhorkiv Vasyl, Hryhorkiv Mariia. Some features of the application of statistical-econometric and optimization approaches in economic-mathematical modeling and decision-making in the economy. *Математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці : матеріали VIII Міжнародної науково-методичної конференції* (Чернівці, 20-21 квітня 2023 р.). Чернівці : Чернівецьк. нац. ун-т ім. Ю. Федьковича, 2023. С. 18-19.
6. Григорків В. С., Григорків М. В., Ярошенко О. І. Оптимізаційні методи та моделі : підручник. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2022. 440 с.
7. Григорків В. С. Моделювання економіки : підручник. Чернівці : Чернівецьк. нац. ун-т ім. Ю. Федьковича, 2019. 360 с.
8. Григорків В. С., Григорків М. В. Моделі прийняття рішень в економіці : навч. посібник. Чернівці : Чернівецьк. нац. ун-т, 2021. 256 с.
9. Кігель В. Р. Методи і моделі підтримки прийняття рішень у ринковій економіці: монографія. Київ : ЦУЛ, 2003. 202 с.
10. Сявавко М. С. Математика прихованих можливостей : навчальний посібник. Острог: Видавництво національного університету «Острозька академія», 2011. 396 с.
11. Горбачук В. М., Кушлик-Дивульська О. І. Теорія ймовірностей та математична статистика : підручник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 351 с.

References:

1. Savras, I. (2016). Actual problems and possibilities of applying statistical methods in public administration. *Efektivnist' derzhavnoho upravlinnia [Efficiency of public administration]*, vol. 1/2 (46/47), part 2, pp. 24-31 (in Ukr.).
2. Vdovyn, M.L. (2023). Methods of statistical modeling of economic processes: a critical review. *Skhidna Yevropa: ekonomika, biznes ta upravlinnia [Eastern Europe: Economy, Business and Management]*, pp. 79-84 (in Ukr.).
3. Yerina, A.M. (2011). *Statystychne modeliuвання ta prohnozuvannya [Statistical modeling and forecasting]*. KNEU, Kyiv, 170 p. (in Ukr.).
4. Hryhorkiv, M.V. (2020). *Dynamichni modeli ekologo-ekonomichnykh system v umovakh socialno-ekonomichnoyi klasteryzaciyi [Dynamic models of eco-economic systems in the conditions of socio-economic clustering]*. Ekonomichna dumka TNEU, Ternopil, p. 415 (in Ukr.).

5. Hryhorkiv, V., Hryhorkiv, M. (2023). Some features of the application of statistical-econometric and optimization approaches in economic-mathematical modeling and decision-making in the economy. *Matematychni metody, modeli ta informatsiini tekhnolohii v ekonomitsi : materialy VIII Mizhnarodnoi naukovo-metodychnoi konferentsii* [Mathematical methods, models and information technologies in economics. Abstracts of the VIII International Scientific Conference]. Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, pp. 18-19.
6. Hryhorkiv, V.S., Hryhorkiv, M.V., Yaroshenko, O.I. (2022). *Optymizatsijni metody ta modeli* [Optimization methods and models]. Chernivets'kyj nats. un-t, Chernivtsi, 440 p. (in Ukr.).
7. Hryhorkiv, V.S. (2019). *Modeliuvannia ekonomiky* [Modeling of the economy]. Chernivets'k. nats. un-t im. Yu. Fed'kovycha, Chernivtsi, 360 p. (in Ukr.).
8. Hryhorkiv, V.S., Hryhorkiv, M.V. (2021). *Modeli pryjniattia rishen' v ekonomitsi* [Decision-making models in the economy]. Chernivets. nats. un-t, Chernivtsi, 256 p. (in Ukr.).
9. Kihel', V.R. (2003). *Metody i modeli pidtrymky pryjniattia rishen' u rynkovij ekonomitsi* [Methods and models of decision support in the market economy]. Kyiv, 202 p. (in Ukr.).
10. Siavavko, M.S. (2011). *Matematyka prykhovanykh mozhyvostej* [The mathematics of hidden possibilities]. Vydavnytstvo natsional'noho universtetu «Ostroz'ka akademiia», Ostroh, 396 p. (in Ukr.).
11. Horbachuk, V.M., Kushlyk-Dyvul's'ka, O.I. (2023). *Teoriia jmovirnostej ta matematychna statystyka* [Probability theory and mathematical statistics]. Kyiv, KPI im. Ihoria Sikors'koho, 351 p. (in Ukr.).