

Олена М. Косарук*

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ І МЕТОДИ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В ЕКОНОМІЦІ ТА МЕНЕДЖМЕНТІ

У статті здійснено огляд сучасних методів математичного моделювання в економіці та менеджменті, які здатні забезпечити високий рівень адаптивності та гнучкості в умовах динамічних змін економічного середовища. Автором розкрито переваги сучасних підходів, таких як використання великих даних, поведінкових моделей та методів машинного навчання, які перевершують класичні методи у точності прогнозування та ефективності управлінських рішень. У дослідженні також зосереджено увагу на здатності нових моделей підвищувати якість управлінських стратегій та сприяти глибшому розумінню взаємозв'язків у складних економічних системах.

Ключові слова: математичне моделювання, поведінкове моделювання, машинне навчання, економічне прогнозування, управлінські рішення.

Рис. 1. Літ. 10.

DOI: 10.32752/1993-6788-2024-1-279-216-226

Olena Kosaruk

MODERN PROBLEMS AND METHODS OF MATHEMATICAL MODELING IN ECONOMICS AND MANAGEMENT

The article provides an overview of modern methods of mathematical modeling in economics and management that offer a high level of adaptability and flexibility within the context of dynamic changes in the economic environment. The author highlights the advantages of modern approaches, such as the use of big data, behavioral models, and machine learning methods, which outperform classical methods in forecasting accuracy and management decision efficiency. The study also emphasizes the capacity of new models to enhance the quality of management strategies and contribute to a deeper understanding of interrelationships in complex economic systems.

Keywords: mathematical modeling, behavioral modeling, machine learning, economic forecasting, management decisions.

Peer-reviewed, approved and placed: 17.09.2024.

Постановка проблеми. В умовах стрімкої цифровізації економіки та зростаючої складності управлінських процесів особливої актуальності набуває розвиток і вдосконалення методів математичного моделювання для вирішення економічних та управлінських завдань. Сучасні виклики, такі як волатильність ринків, геополітичні ризики та швидкий розвиток технологій, потребують розробки нових, більш досконалих моделей, що враховують багатofакторність та динамічність економічних процесів.

Незважаючи на значний прогрес у розвитку обчислювальних потужностей і методах аналізу даних, все ще існує суттєвий розрив між теоретичними розробками та їх практичним використанням у реальному секторі економіки України. Особливо гостро стоїть питання адаптації класичних економіко-математичних моделей до особливостей українського бізнес-середовища та врахування факторів невизначеності й ризику. Крім того, стрімкий розвиток технологій машинного навчання відкриває нові

* Vinnytsia National Technical University. Ukraine.

можливості для моделювання економічних процесів, але водночас ставить питання щодо методологічної обґрунтованості та практичної ефективності цих підходів.

Відсутність системного підходу до оцінки ефективності математичних моделей в умовах української економіки, потреба адаптувати міжнародний досвід та інтегрувати сучасні математичні методи в управлінську практику українських підприємств визначають актуальність дослідження проблем і методів математичного моделювання в економіці та менеджменті.

Аналіз наукових досліджень і публікацій. Теоретичні та прикладні аспекти математичного моделювання в економіці та менеджменті досліджувалися численними українськими науковцями, які підкреслюють його важливість для ефективного управління та прогнозування в умовах ринкової нестабільності та швидкого переходу до цифрових технологій. Зокрема, Димова Г. О. та Ларченко О. В. у своїй роботі дослідили метод декомпозиції для моделювання багатогалузевої економічної системи, зокрема його застосування для динамічних моделей, які враховують ієрархічну структуру економічних систем. Вітлінський В. В. докладно розкриває методологічні основи моделювання, надаючи детальний огляд підходів, що застосовуються в економічних і управлінських системах для оцінки ефективності й прогнозування.

Ймовірно-статистичні методи моделювання і прогнозування розглянули Бідюк П. І. та Гожий О. П., звертаючи увагу на важливість статистичних методів у визначенні ключових економічних трендів та тенденцій. Їх дослідження показують, що ймовірно-статистичні моделі здатні забезпечити більш обґрунтовані прогнози, зокрема в умовах невизначеності та високої варіативності даних. Свірський Ю. В. досліджував принципи управління бізнес-процесами за допомогою імітаційного моделювання, що дозволяє керівникам аналізувати різні сценарії розвитку подій і приймати обґрунтовані рішення на основі віртуальних симуляцій бізнес-процесів. У роботах науковець наголошує на значенні моделювання для аналізу та оптимізації бізнес-процесів, особливо для великих підприємств, що діють в умовах високої варіативності.

Решетило В. П. та Федотов Ю. В. досліджували аспекти прийняття рішень в умовах невизначеності, що є актуальним для багатьох сучасних компаній, які працюють у швидкозмінному ринковому середовищі. Вони акцентують увагу на важливості ризик-орієнтованих моделей, які дозволяють адаптуватися до різних економічних обставин. Андрусенко Ю. О. проаналізував основні моделі прогнозування часових рядів, підкреслюючи їхню корисність у короткостроковому прогнозуванні, а також їхню важливість для управління запасами, фінансового прогнозування та оцінки ринкових ризиків. Науменко М. А. у своїх дослідженнях про використання алгоритмів машинного навчання для ефективного управління підприємствами показує, що сучасні алгоритми здатні адаптуватися до змін у реальному часі та забезпечувати швидке прийняття рішень на основі великих масивів даних. Це робить їх особливо цінними в умовах цифрової економіки.

Нарешті, дослідження Кобця Д. щодо аналізу великих даних і HR-аналітики демонструє, що методи Big Data Analytics відкривають нові

можливості для менеджменту людських ресурсів, дозволяючи оперативно аналізувати значні обсяги інформації для покращення процесів ухвалення рішень і підвищення ефективності управління персоналом.

Таким чином, сучасні дослідження у сфері математичного моделювання охоплюють ключові теоретичні та практичні проблеми і методи, що підкреслює їхню значимість для адаптації до ринкових умов, аналізу великих даних і прогнозування, забезпечуючи нові можливості для розвитку управлінських стратегій в умовах швидких змін економічного середовища.

Мета дослідження — обґрунтування доцільності застосування сучасних методів математичного моделювання для підвищення ефективності управління економічними та управлінськими процесами в умовах цифровізації та ринкової нестабільності.

Основні результати дослідження. Сучасні проблеми та методи математичного моделювання в економіці та менеджменті відображають важливість універсальності математичних підходів для аналізу складних економічних явищ. Математичне моделювання, як універсальна мова, дозволяє об'єктивно вивчати економічні та управлінські процеси, відокремлюючи їх від суб'єктивних інтерпретацій [1]. Такий підхід стає основою для створення моделей, здатних виявляти загальні закономірності, зокрема в умовах нестабільності, коли класичні методи прогнозування часто втрачають свою точність. Багато моделей, які показували надійні результати в умовах стабільності, виявляються неефективними в умовах динамічних змін, що породжує потребу у використанні більш гнучких та більш адаптивних математичних підходів.

Іншою вагомою проблемою є необхідність обробки великих масивів даних, які постійно зростають. Виявлення нових закономірностей в економічних процесах потребує більш ефективних методів обробки та аналізу даних, однак, це вимагає значних обчислювальних ресурсів, що створює додаткові труднощі, особливо при застосуванні класичних методів, які не завжди здатні впоратися з такими завданнями.

Інтеграція методів машинного навчання в економічне моделювання створює нові перспективи, однак ця взаємодія також вимагає значних технічних ресурсів і спеціальних знань для розробки, навчання та впровадження таких моделей. Крім того, моделі машинного навчання часто функціонують як «чорні скриньки», тобто є складними для інтерпретації, що обмежує можливість чіткого розуміння механізмів їх роботи і може викликати сумніви щодо надійності отриманих результатів.

Ще однією складністю є врахування поведінкових та психологічних чинників. Часто економічні моделі базуються на припущенні про раціональність учасників, проте в реальних умовах людська поведінка може бути ірраціональною, залежати від емоцій, когнітивних упереджень або соціального впливу. Це ускладнює точне відображення поведінкових аспектів у моделях, а також створює потребу в нових підходах, які дозволили б врахувати такі поведінкові фактори.

Застосування аналізу великих даних піднімає також етичні та правові питання, що стосуються захисту та конфіденційності інформації.

Використання великих масивів даних потребує не лише відповідних технічних засобів, але й дотримання правових обмежень, що оберігають конфіденційність даних, що є особливо актуальним з огляду на сучасне законодавство щодо захисту особистої інформації.

Як ми бачимо, математичне моделювання в економіці та менеджменті стикається з численними проблемами, що відображають сучасні реалії та вимоги до гнучкості, адаптивності та обґрунтованості економічних моделей. Подолання цих проблем є важливим кроком для підвищення ефективності математичного моделювання в умовах мінливого економічного середовища.

Паралельно з розвитком економічних систем з'являються нові математичні методи, що активно застосовуються в економічному моделюванні та менеджменті. Останні тенденції включають розвиток поведінкових моделей, орієнтованих на врахування змінних факторів, та впровадження методів машинного навчання і штучного інтелекту. Це дозволяє виявляти нові закономірності в економічних даних, використовуючи гібридні підходи, що поєднують традиційні моделі з адаптивними алгоритмами.

Одним із важливих завдань фінансової математики та економічного моделювання є побудова поведінкових моделей економічних процесів. Сучасні математичні методи дозволяють економістам і менеджерам адаптуватися до мінливих ринкових умов, забезпечуючи гнучкість та об'єктивність у прийнятті рішень. Завдяки цьому математичне моделювання стає ефективним інструментом аналізу і прогнозування, допомагаючи розробляти поведінкові моделі, що враховують як кількісні, так і якісні чинники. Однак варто пам'ятати, що кожна математична модель лише наближає реальний об'єкт або процес, формалізуючи інформацію та роблячи її зручною для аналізу. Завдяки своїй універсальності, математичні моделі, створені для одних економічних процесів, можуть успішно використовуватися в інших сферах та допомагати знаходити оптимальні управлінські рішення. Вони сприяють ефективному розвитку виробничих процесів або підприємств і досягненню поставлених цілей. Добре розроблені математичні моделі дозволяють:

- вирішувати завдання оптимізації планування та управління з урахуванням специфіки конкретних виробничих процесів;
- оперативно реагувати на зміни у цілях, ресурсних обмеженнях, взаємозв'язках між параметрами та коригувати плани й управлінські рішення відповідно до нових умов;
- забезпечувати необхідну точність і своєчасність розрахунків за допомогою сучасних комп'ютерних технологій [2].

У сучасній економічній теорії прийнято виділяти наступні математичні методи, які можливо використовувати для аналітичних досліджень: методи оптимізації, які дозволяють знаходити найкращі рішення в обмежених умовах; методи аналізу даних та прогнозування, які допомагають оцінювати тенденції та прогнозувати зміни; імітаційне моделювання, яке дає змогу досліджувати поведінку системи в змодельованих умовах; методи прийняття рішень, які сприяють визначенню стратегій в умовах невизначеності; моделі часових рядів, які ефективні для аналізу та прогнозування змінних, які

залежать від часу; поведінкові моделі, які враховують змінні фактори, що впливають на поведінку економічних агентів (споживачів, інвесторів тощо); методи машинного навчання широко використовуються для аналізу великих обсягів даних, пошуку прихованих закономірностей та прогнозування; методи аналізу великих даних (Big Data Analytics), які застосовуються для обробки великих обсягів економічних даних, що допомагає виявляти нові тренди та залежності в економіці.

Запропонована класифікація методів математичного моделювання в економіці та менеджменті є узагальненою та широко вживаною в науковій літературі. На рис. 1 схематично зображено основні категорії сучасних методів математичного моделювання, що застосовуються в економіці та менеджменті, з прикладами специфічних методів для кожної з них. Кожна категорія методів орієнтована на певні задачі, які виникають у процесі економічного аналізу та прийняття управлінських рішень.

Розглянемо більш детально переваги та недоліки кожного з методів. Це допоможе зрозуміти, які методи найбільш доцільно застосовувати у певних економічних умовах і завданнях менеджменту.

Методи оптимізації надають можливість знаходити оптимальні рішення в межах заданих обмежень, що особливо корисно для задач з обмеженими ресурсами [3], допомагають визначити оптимальні маршрути доставки, складські запаси та графіки поставок, що мінімізує логістичні витрати та покращує обслуговування клієнтів. У виробничих процесах оптимізація дозволяє визначити найкращі стратегії використання обладнання, персоналу та матеріалів для збільшення продуктивності та зниження витрат. В інвестиціях методи оптимізації дозволяють знайти баланс між ризиком і доходом, забезпечуючи оптимальну структуру портфеля. У сфері управління персоналом оптимізаційні методи використовуються для складання розкладів змін і графіків роботи, щоб зменшити трудові витрати та забезпечити ефективне використання робочої сили. Однак, ефективність даних методів значно знижується при високій складності моделі або суттєвих обмеженнях. Для великих систем методи оптимізації потребують значної обчислювальної потужності та можуть не враховувати всіх якісних факторів. Отож, методи оптимізації є особливо дієвими в ситуаціях, де існує потреба у швидкому прийнятті рішень на основі багатьох змінних або обмежень, оскільки вони забезпечують математично обґрунтовані та ефективні рішення.

Методи аналізу даних та прогнозування забезпечують детальний аналіз великих масивів даних і надають можливість створювати точні прогнози, що важливо для стратегічного планування [4]. Регресійний аналіз та машинне навчання розкривають приховані тенденції і взаємозв'язки в економічних процесах. Методи аналізу даних та прогнозування є найефективнішими в ситуаціях, коли необхідно ухвалювати рішення на основі даних та передбачити, як змінюватимуться ключові показники у майбутньому. Для виробничих та роздрібних компаній ці методи допомагають прогнозувати попит на товари чи послуги, враховуючи сезонність, споживчі вподобання та інші фактори, що дозволяє уникнути надлишку чи нестачі продукції, оптимізувати запаси та планувати закупівлі.

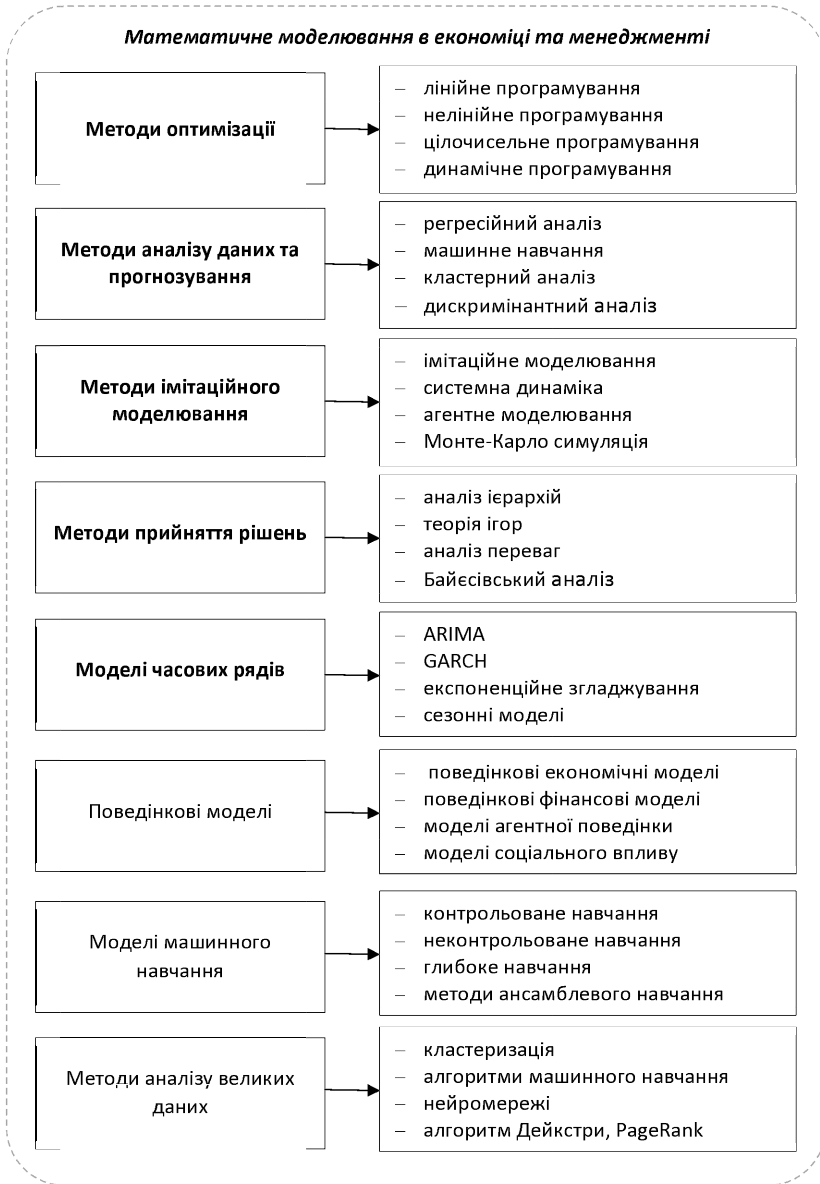


Рис. 1. Сучасні методи математичного моделювання в економіці та менеджменті, систематизовано авторами на основі аналізу [3-10]

У фінансовій сфері методи прогнозування використовуються для оцінки ризиків, зокрема при видачі кредитів, управлінні інвестиційними портфелями та прогнозуванні банкрутств. Аналітики можуть виявити фактори, що

збільшують ризик, і розробити стратегії для його мінімізації. Методології прогнозування дозволяють фінансовим відділам оцінити майбутні доходи, витрати та інші ключові показники, що допомагає формувати реалістичні бюджети та оптимізувати фінансові ресурси. Недоліком даної категорії методів є те, що методи аналізу даних та прогнозування можуть бути чутливими до змін у зовнішньому середовищі та менш ефективними при високій невизначеності або у випадку нестабільних часових рядів.

Методи імітаційного моделювання надають можливість відтворювати і вивчати складні системи у змодельованих умовах, що є особливо цінним для прогнозування поведінки в умовах невизначеності [5]. Імітаційне моделювання підходить для аналізу складних економічних процесів, де експериментальні дані отримати важко. Однак, варто врахувати, що методи імітаційного моделювання потребують значних обчислювальних ресурсів і часу на побудову моделі. Крім того, результати залежать від якості початкових даних і точності алгоритму, що може призвести до неточних прогнозів. В цілому, імітаційне моделювання: дозволяє протестувати різні управлінські та економічні сценарії, приймаючи оптимальні рішення без ризику для реальної системи; допомагає створити віртуальну модель складського центру, що дозволяє оцінити вплив різних стратегій на управління запасами, потоки продукції та ефективність обслуговування клієнтів; використовується для прогнозування впливу різних економічних рішень, таких як зміни в податкових ставках або програми стимулювання економіки тощо.

Методи прийняття рішень підтримують прийняття стратегічних рішень у складних і невизначених умовах [6]. Теорія ігор дозволяє враховувати різні аспекти прийняття рішень та може бути застосована для аналізу конкурентного середовища й прогнозування можливих дій конкурентів при виході на новий ринок. Метод аналізу ієрархій дозволяє компаніям обирати найвигідніший інвестиційний проект, порівнюючи різні альтернативи за ключовими критеріями, такими як очікувана прибутковість, рівень ризику, необхідні ресурси та стратегічне значення для компанії. Метод сценаріїв дозволяє керівникам оцінювати ймовірні результати та ризики різних стратегій, розробляючи кілька сценаріїв розвитку ситуації (наприклад, при економічній кризі або катастрофі). До недоліків методів прийняття рішень варто віднести те, що вони можуть бути складними у реалізації, особливо при великій кількості факторів або рішень. Результати також можуть бути суб'єктивними, якщо сильно залежать саме від експертних оцінок.

Моделі часових рядів ефективні для прогнозування змінних, що залежать від часу, наприклад, цін або попиту [7]. Такі моделі, як ARIMA та GARCH, можуть точно описувати короткострокові тенденції. Завдяки застосуванню моделі часових рядів компанія отримує точніші прогнози, що сприяє зниженню витрат та підвищенню ефективності управління запасами та персоналом, забезпечуючи краще обслуговування клієнтів і стабільний дохід. Серед застережень у застосуванні даного виду моделей є те, що вони чутливі до сезонних коливань і нестабільності даних. Моделі часових рядів втрачають ефективність у довгостроковому прогнозуванні, особливо коли системи зазнають суттєвих зовнішніх впливів, які важко врахувати в моделі.

Поведінкові моделі дозволяють більш точно моделювати реальну поведінку економічних агентів, враховуючи такі чинники, як емоції, когнітивні упередження та вплив соціальних мереж; аналізують ірраціональну поведінку; корисні для розуміння споживчих рішень, інвестиційної поведінки та процесів формування цін [8]. Поведінкові моделі застосовують при розробці рекламних кампаній, орієнтуючись на емоційні реакції споживачів. Моделі враховують поведінку інвесторів у стресових умовах, що допомагає передбачити ринкові коливання. До недоліків поведінкових моделей варто віднести те, що вони можуть бути надмірно залежними від припущень і підходів, використаних для опису поведінки, поведінкові фактори часто важко виміряти та формалізувати, що ускладнює оцінку точності моделей.

Моделі машинного навчання здатні швидко обробляти великі набори даних, знаходячи приховані закономірності. Використання складних алгоритмів дозволяє отримувати точніші результати у порівнянні з традиційними методами [9]. Моделі можуть навчатися та вдосконалюватися з часом, підлаштовуючись під нові умови та типи даних. Моделі машинного навчання допомагають компаніям передбачати попит на товари та оптимізувати управління запасами. У банківському секторі моделі машинного навчання дозволяють аналізувати кредитоспроможність клієнтів, знижуючи ризики. З великими можливостями цього виду моделювання є суттєві недоліки: неточні або неповні дані можуть призводити до помилкових результатів; моделі машинного навчання часто важко інтерпретувати, що ускладнює розуміння механізмів їх роботи; для навчання складних моделей потрібні потужні обчислювальні ресурси та великий обсяг даних.

Методи аналізу великих даних (Big Data Analytics) дозволяють ідентифікувати складні взаємозв'язки між даними, які не завжди видно при традиційному аналізі [10]. Дані методи є потужними інструментами аналізу великих даних, адже дозволяють обробляти дані у режимі реального часу, що корисно для моніторингу. Big Data Analytics підходить для роботи з даними різних форматів (тексти, зображення, потоки даних), забезпечуючи гнучкість в аналізі. При впровадженні даних методів моделювання варто пам'ятати, що робота з великими даними потребує спеціалізованих програмних засобів та технічних навичок для обробки даних, а великий обсяг даних може містити чутливу інформацію, що вимагає додаткових заходів захисту та управління.

Методи математичного моделювання, які ми розглянули вище, мають низку суттєвих переваг порівняно з класичними економіко-математичними моделями, що надає їм особливої актуальності в умовах сучасної економіки та менеджменту із можливістю практичного використання у реальному секторі економіки України.

По-перше, сучасні методи математичного моделювання демонструють високу адаптивність і гнучкість у змінних ринкових умовах. Традиційні методи часто передбачають статичний підхід до аналізу, що не дозволяє повноцінно враховувати динамічні зміни в економічному середовищі. Натомість сучасні методи, зокрема моделі машинного навчання, здатні швидко адаптуватися до нових даних і реагувати на зовнішні зміни. Це забезпечує оперативне коригування прогнозів та управлінських рішень відповідно до актуальних ринкових умов.

По-друге, сучасні методи моделювання мають підвищену здатність обробляти великі обсяги даних. Використання методів аналізу великих даних (Big Data Analytics) дає змогу ідентифікувати складні взаємозв'язки та тенденції, які можуть залишатися непоміченими при застосуванні класичних статистичних методів, що обмежені розміром вибірки. Це особливо важливо в теперішній економіці, де кількість даних зростає експоненційно, і отримання інсайтів з великих масивів інформації може стати вирішальним фактором у прийнятті управлінських рішень.

Крім того, такі методи, як імітаційне моделювання та поведінкові моделі, забезпечують глибше розуміння взаємозв'язків у складних економічних системах. Класичні моделі часто не враховують поведінкові й психологічні фактори, що обмежує їх точність у реальних умовах, де дія економічних агентів нерідко є ірраціональною. Поведінкові моделі, що враховують когнітивні упередження, соціальний вплив і емоції, дозволяють точніше моделювати та прогнозувати дії споживачів, інвесторів та інших суб'єктів ринку, що дає змогу розробляти більш ефективні маркетингові стратегії та прогнози.

Сучасні методи також мають високий рівень прогнозної точності, зокрема завдяки використанню алгоритмів машинного навчання. Порівняно з традиційними методами регресійного аналізу, що мають обмежену здатність адаптуватися до нових змінних, алгоритми машинного навчання можуть ефективніше навчатися на великій кількості даних та використовувати їх для покращення прогнозів. Це значно знижує ймовірність похибок у прогнозуванні й допомагає приймати точніші рішення, особливо в умовах високої невизначеності.

Також важливо зазначити, що сучасні методи математичного моделювання сприяють підвищенню ефективності управлінських процесів через можливість автоматизації прийняття рішень. Використання адаптивних алгоритмів дозволяє автоматизувати процеси прийняття рішень на основі постійно оновлюваних даних, що забезпечує швидкість та ефективність у виконанні економічних операцій. Це є суттєвою перевагою над класичними методами, які часто потребують значного часу для збору, обробки та аналізу даних, а також втручання людини на кожному з етапів.

Таким чином, сучасні методи математичного моделювання перевершують класичні методи за адаптивністю, здатністю працювати з великими обсягами даних, врахуванням поведінкових аспектів, точністю прогнозів та можливістю автоматизації. Це робить їх незамінними в сучасних умовах економічної нестабільності та швидкоплинних ринкових змін, забезпечуючи компаніям і організаціям важливі конкурентні переваги в ухваленні обґрунтованих управлінських рішень на локальному, державному та міжнародному рівнях.

Висновки. На основі проведеного аналізу можна дійти висновку, що математичне моделювання є критично важливим компонентом для дослідження та оптимізації економічних і управлінських процесів у динамічних ринкових умовах. Використання сучасних методів математичного моделювання дозволяє не лише аналізувати складні економічні явища, але й формувати підходи для прийняття більш обґрунтованих рішень. Для цього

особливе значення мають достовірні та актуальні дані, які дозволяють відтворити об'єктивний портрет досліджуваних об'єктів, їхню кількісну характеристику та зв'язки між елементами системи. Додаткове використання графіків, таблиць та схем значно спрощує інтерпретацію результатів, допомагаючи краще зрозуміти ключові властивості та динаміку об'єктів.

Сучасні математичні методи, такі як оптимізаційні моделі, методи аналізу даних та прогнозування, імітаційне моделювання, поведінкові моделі, а також алгоритми машинного навчання, забезпечують нові можливості для управління й аналізу. Оптимізаційні методи дозволяють досягати ефективного розподілу ресурсів у межах заданих обмежень, методи аналізу даних і прогнозування забезпечують точні прогнози, а імітаційне моделювання та поведінкові моделі відтворюють складну поведінку економічних агентів і допомагають оцінювати вплив різних управлінських рішень. Алгоритми машинного навчання дозволяють знаходити приховані закономірності у великих масивах даних, автоматизуючи процес прийняття рішень у реальному часі. Усі ці методи мають свої унікальні переваги та обмеження, що робить їх корисними для вирішення специфічних економічних задач, таких як прогнозування попиту, управління запасами, оцінка інвестиційних ризиків та аналіз поведінки споживачів.

Перспективними напрямками подальших досліджень є розробка адаптивних математичних моделей, що враховують не лише статичні дані, але й динамічні зміни у внутрішньому та зовнішньому середовищі. Це відкриває можливості для створення більш гнучких і адаптивних моделей, здатних ефективно враховувати мінливі ринкові фактори та забезпечувати більш стійкі й більш обґрунтовані прогнози. Додатково варто зосередити увагу на розробці моделей, які дозволяють глибше аналізувати та прогнозувати ризики, забезпечуючи таким чином стабільність і ефективність управлінських рішень.

1. Димова Г. О., Ларченко О. В. Використання методу декомпозиції для моделювання багатогалузевої економічної системи. Вісник Херсонського національного технічного університету. 2021. Вип. 2 (77). С. 193–199. URL: <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2021.2.24>

2. Вовк В. М., Левицька Г. І. Оптимізація фінансової програми підприємства. Вісник Львівського університету. 2009. Вип. 29. С. 137–142.

3. Вігліньський В. В. Економіко-математичне моделювання: Навч. посібник. К.: КНЕУ, 2008. 536 с.

4. Бідюк П. І., Гожий О. П. Ймовірісно-статистичні методи моделювання і прогнозування : монографія. Миколаїв : Чорноморський державний університет ім. Петра Могили, 2014. 440 с.

5. Свірський Ю. В. Сутність і принципи управління бізнес-процесами на засадах імітаційного моделювання. Наукові записки Львівського університету бізнесу та права. 2023. Вип. (37). С. 113–118. URL: <https://nzlubp.org.ua/index.php/journal/article/view/787>

6. Решетило В. П., Федотова Ю. В. Невизначеність та ризик: співвідношення понять та специфіка прийняття рішень. Економіка та управління підприємствами. 2020. Вип. 3 (77). С. 149–154.

7. Андрусенко Ю. О. Аналіз основних моделей прогнозування часових рядів. Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. 2020. № 3 (65). С. 91–96. URL: <https://doi.org/10.30748/zhups.2020.65.14>.

8. Патицька Х. О. Поведінкові закономірності прийняття економічних рішень на локальному рівні: теоретичні засади. Бізнес Інформ. 2021. Вип. 1. С. 6–13. URL: http://jnas.nbuu.gov.ua/j-pdf/binf_2021_1_2.pdf

9. Науменко М. А. Оптиміальне використання алгоритмів глибокого машинного навчання в ефективному управлінні підприємством. Успіхи і досягнення у науці. 2024. Вип. № 4 (4). С. 776-794. URL: [https://doi.org/10.52058/3041-1254-2024-4\(4\)-776-794](https://doi.org/10.52058/3041-1254-2024-4(4)-776-794)

10. Кобець Д. Hr-аналітика і big data як інструменти цифрового менеджменту людських ресурсів. Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки. 2024. № 3. С. 184-189.

1. Dymova, H. O. & Larchenko, O. V. (2021). Vykorystannia metodu dekompozitsii dlia modeliuvannia bahatohaluzovoi ekonomichnoi systemy [Using the decomposition method for modeling a multi-sectoral economic system]. Visnyk Khersonskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu, 2 (77), 193–199. <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2021.2.24>

2. Vovk, V. M. & Levytska, H. I. (2009). Optymizatsiia finansovoi prohramy pidpriemstva [Optimization of the financial program of the enterprise]. Visnyk Lvivskoho universytetu, 29, 137 – 142.

3. Vitlinskyi, V. V. (2008). Ekonomiko-matematychne modeliuvannia [Economic and mathematical modelling] : Navch. posibnyk. K.: KNEU, 536.

4. Bidiuk, P. I. & Hozhyi, O. P. (2014). Ymovirnisno-statystychni metody modeliuvannia i prohnozuvannia [Probabilistic and statistical methods of modeling and forecasting]: monohrafiia. Mykolaiv : Chornomorskyi derzhavnyi universytet im. Petra Mohyly, 440.

5. Svirskyi, Yu. V. (2023). Sutnist i pryntsyipy upravlinnia biznes-protsesamy na zasadakh imitatsiinoho modeliuvannia [The essence and principles of business process management based on simulation modelling]. Naukovi zapysky Lvivskoho universytetu biznesu ta prava, (37), 113-118. <https://nzlubp.org.ua/index.php/journal/article/view/787>

6. Reshetylo, V. P. & Fedotova, Yu. V. (2020). Nevyznachenist ta ryzyk: spivvidnoshennia poniat ta spetsyfika pryiniattia rishen [Uncertainty and risk: correlation of concepts and specificity of decision-making]. Ekonomika ta upravlinnia pidpriemstvamy, 3 (77), 149-154.

7. Andrusenko, Yu. O. (2020). Analiz osnovnykh modelei prohnozuvannia chasovykh riadiv [Analysis of the main models of time series forecasting]. Zbirnyk naukovykh prats Kharkivskoho natsionalnoho universytetu Povitrianykh Syl, 3 (65), 91-96. <https://doi.org/10.30748/zhups.2020.65.14>.

8. Patytska, Kh. O. (2021). Povedinkovi zakonimosti pryiniattia ekonomichnykh rishen na lokalnomu rivni: teoretychni zasady [Behavioral regularities of economic decision-making at the local level: theoretical foundations]. Biznes Inform, 1, 6-13. http://jnas.nbu.gov.ua/j-pdf/binf_2021_1_2.pdf

9. Науменко, М. А. (2024). Optymalne vykorystannia alhorytmiv hlybokoho mashynnoho navchannia v efektyvnomu upravlinni pidpriemstvom [Optimal use of deep machine learning algorithms in effective enterprise management]. Uspikhy i dosiahnennia u nauksi, 4 (4), 776-794. [https://doi.org/10.52058/3041-1254-2024-4\(4\)-776-794](https://doi.org/10.52058/3041-1254-2024-4(4)-776-794)

10. Kobets, D. (2024). Hr-analytika i big data yak instrumenty tsyrovoho menedzhmentu liudskykh resursiv [Hr-analytics and big data as tools for digital human resource management]. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Ekonomichni nauky, 3, 184-189.