

DOI: <http://doi.org/10.32750/2023-0113>

УДК: 330.43

JEL classification : C01

Обушний Сергій Миколайович

кандидат економічних наук,
Київський університет імені Бориса Грінченка,
Київ, Україна
ORCID ID: 0000-0001-6936-955X
e-mail: s.obushnyi@kubg.edu.ua

Новіков Артем Вікторович

аспірант,
Київський університет імені Бориса Грінченка,
Київ, Україна
ORCID ID: 0009-0004-7245-4535
e-mail: a.novikov.asp@kubg.edu.ua

ГЕНЕЗИС ТА РОЗВИТОК МОДЕЛЮВАННЯ В АСПЕКТІ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ ПРОЕКТІВ

Анотація. Стаття присвячена розгляду еволюції та впливу моделювання на соціально-економічний розвиток проектів. Автори аналізують розвиток знання про теорію ймовірності та його роль у прогнозуванні майбутніх подій. Вже в XIX столітті науковці внесли значний внесок у розвиток статистики та застосування ймовірнісних методів у статистичних дослідженнях.

У другій половині XIX століття була розроблена байєсівська статистика. Це дозволило враховувати апріорні знання та оновлювати їх на основі нових доказів. У XX столітті науковці розробили математичні моделі, які поєднали теорію ймовірності з економікою та прийняттям рішень. Ці моделі стали основою для оцінювання ризиків та прийняття рішень на основі ймовірностей подій, що відкрило шлях до прогнозування майбутнього з урахуванням ризиків та їх наслідків.

Стаття акцентує увагу на тому, що моделювання є одним із ключових методів пізнання, який знаходить широке застосування в різних наукових дисциплінах та практичних задачах. Моделювання дозволяє створювати спрощені абстрактні представлення реальних систем з метою дослідження їх властивостей, взаємодій та прогнозування поведінки в різних умовах. Моделювання охоплює математичні, фізичні, комп'ютерні та концептуальні підходи, що дозволяють спрощено представити реальні системи для вивчення їх властивостей, взаємодій та прогнозування поведінки в різних умовах.

У статті також розглянуто використання сучасних інструментів, таких як Big Data, квантові комп'ютери, агентне моделювання, цифрові двійники, системна динаміка, машинне навчання та інші. Ці інструменти допомагають удосконалювати процес моделювання і розширюють його можливості у прогнозуванні та прийнятті рішень.

Заключна частина статті звертає увагу на необхідність враховувати морально-етичні аспекти та роль людини у процесі прийняття рішень на основі результатів моделювання та аналізу. Врахування цих аспектів є важливим при реалізації проектів які мають вагомий соціально-економічний вплив на майбутнє суспільства.

Ключові слова: генезис моделювання; ймовірність та прогнозування; статистичні методи; математичні моделі; сучасні методи моделювання; морально-етичні аспекти моделювання та прийняття рішень.

ВСТУП

Постановка проблеми. Прагнення дивитися у завтрашній день і цікавитись майбутнім є загальноприйнятною рисою розвиненої та міркуючої людини. Людські істоти не мають можливості знати те, що саме станеться у майбутньому, але вони історично мріяли, вигадували, планували, прогнозували різні сценарії розвитку майбутнього у тому чи іншому форматі. Людство розвивалось у цьому прагненні різними

шляхами. Ті з них, що системно та логічно мислили, розвивались і розвивали різні науки, тому саме підходи до обмірковування різних гіпотез та сценаріїв можливо стали прообразом такого загальнонаукового методу пізнання як моделювання. Але до нього наука йшла значний термін та досить ймовірно різними шляхами.

Одним з них був розвиток знання про теорію ймовірності та його вплив на прогнозування подій майбутнього. Наука про теорію ймовірності виникла вже у XVII столітті та проходила через низку революційних змін і вдосконалень протягом століть.

Перші кроки у розвитку теорії ймовірності зробив Блез Паскаль у XVII столітті. Він вивчав шанси виграшу у іграх та формулював основні поняття, такі як ймовірність та ймовірнісний простір. Однак, на цьому етапі, теорія ймовірності не була пов'язана безпосередньо з прогнозуванням майбутніх подій.

У XIX столітті науковці почали широко використовувати теорію ймовірності у статистичних дослідженнях. Адольф Кетле, Френсіс Гальтон та інші внесли вагомий внесок у розвиток статистики та застосування ймовірнісних методів у збиранні та аналізі даних. Це відкрило нові можливості для прогнозування майбутніх подій на основі статистичних моделей та ймовірнісних розрахунків.

У другій половині XIX століття була розроблена байєсівська статистика, яка базується на теоремі Байєса. Це дозволило враховувати апріорні знання та оновлювати їх на основі нових доказів. Байєсівська статистика стала потужним інструментом для прогнозування подій майбутнього, оскільки вона дозволяє враховувати нестачу даних і оновлювати прогнози залежно від нових спостережень.

У XX столітті була розроблена теорія ризику, яка поєднує теорію ймовірності з економікою та прийняттям рішень. Науковці, такі як Леонард Северидж та Джон фон Нейма розробили математичні моделі, що дозволяють оцінювати ризики та приймати рішення на основі ймовірностей подій. Це стало основою для прогнозування майбутнього з урахуванням ризику та його наслідків.

Мета статті – дослідження генезису та розвитку моделювання в контексті соціально-економічних аспектів реалізації проектів. Дослідження історичного розвитку інструментарію моделювання, його ролі у вивченні складних систем, прогнозуванні, експериментальному підтвердженні та відкритті нових знань.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Наука про теорію ймовірності пройшла довгий шлях розвитку і має значний вплив на прогнозування подій майбутнього. Від початкових досліджень Паскаля та розвитку статистики до байєсівської статистики та теорії ризику, наші можливості у прогнозуванні значно зростали. Але навіть за таких досягнень наприклад, такі видатні діячі тогочасної науки все рівно казали, а саме Нільс Бор: «Дуже важко зробити точний прогноз, особливо про майбутнє» [1].

Та на думку автора, саме розвиток теорії ймовірності дав значний поштовх для аналізу різних сценаріїв розвитку подій і відповідно до їх моделювання. А дещо пізніше моделювання як загальнонауковий метод пізнання розвинувся у непрямий, опосередкований метод наукового дослідження об'єктів пізнання (безпосереднє вивчення яких неможливе, ускладнене чи недоцільне) [2].

Загалом сучасне моделювання є одним із ключових методів пізнання, який знаходить широке застосування як в різних наукових дисциплінах, так і практичних задачах. Цей метод дозволяє створювати спрощені абстрактні представлення реальних систем з метою дослідження їх властивостей, взаємодій та прогнозування поведінки в різних умовах.

Моделювання можна описати як процес побудови спрощеної, формалізованої версії реальної системи, яка дозволяє аналізувати та розуміти її складні властивості та функціонування. Моделі можуть бути математичними, фізичними, комп'ютерними або концептуальними в залежності від предметної області дослідження. Моделювання відіграє важливу роль у науковому пізнанні через кілька аспектів:

А. Вивчення складних систем: моделі дозволяють розкрити внутрішні взаємодії та закономірності в складних системах, які можуть бути складні або недоступні для безпосереднього спостереження. Вони дозволяють визначати ключові фактори та процеси, що впливають на поведінку системи.

В. Прогнозування: моделі можуть бути використані для прогнозування поведінки системи в майбутньому. З їх допомогою можна проводити експерименти та тестувати різні сценарії, що дозволяє прогнозувати можливі наслідки рішень або змін у системі.

С. Експериментальне підтвердження: моделі можуть бути використані для побудови віртуальних експериментів, що дозволяють перевірити гіпотези та теорії. Це дає можливість перевірити реакцію системи на різні умови та встановити відповідність моделі до реальності.

Д. Відкриття нових знань: Моделі можуть приводити до відкриття нових знань та розуміння принципів функціонування систем. Вони дозволяють проводити експерименти з ідеальними умовами або змінювати параметри системи, що може привести до неочікуваних результатів та відкриття нових закономірностей.

Наукове моделювання включає в себе різноманітні підходи та методи, які застосовуються для створення моделей, їх аналізу та інтерпретації. Основні види наукового моделювання включають:

Фізичне моделювання - вид моделювання, що використовує реальні фізичні об'єкти або їх репрезентації для дослідження їхньої поведінки та взаємодії. Фізичні моделі можуть бути відтворенням реальних об'єктів у масштабованому вигляді, наприклад, моделі літаків або будівель, що використовуються для випробувань. Вони дозволяють проводити експерименти, спостерігати результати та аналізувати їх.

Математичне моделювання. Це вид моделювання, що використовує математичні рівняння, формули та алгоритми для опису поведінки системи. Математичні моделі можуть бути аналітичними, коли поведінка системи описується у вигляді математичних рівнянь, або чисельними, коли використовуються чисельні методи для розв'язання складних математичних моделей. Математичне моделювання зазвичай дозволяє проводити розрахунки, прогнозувати поведінку системи та проводити аналіз результатів.

Статистичне – вид який використовує статистичні методи та дані для створення моделей, що описують статистичні взаємозв'язки та залежності між величинами. Статистичні моделі використовуються для прогнозування, аналізу даних та вивчення статистичних закономірностей. Вони дозволяють враховувати невизначеність та випадковість в даних та взаємодії між змінними.

Комп'ютерне моделювання використовує кібернетичні алгоритми та комп'ютерні програми для створення віртуальних моделей систем та у перспективі навіть штучних всесвітів (метавсесвітів). Комп'ютерні моделі можуть бути відтворенням реальних об'єктів або абстрактними моделями, які дозволяють досліджувати їхню поведінку та взаємодію у віртуальному середовищі. Цей підхід дозволяє проводити чисельні симуляції, експерименти та аналізувати результати моделювання.

Кожен з цих видів моделювання має свої особливості та переваги, і їх використання залежить від конкретних завдань дослідження та вимог дослідників. Моделювання має широке застосування у багатьох наукових дисциплінах, таких як фізика, хімія, біологія, екологія, економіка, соціологія та багато інших. Кожна з цих дисциплін використовує

власні методи моделювання, але спільна мета полягає в пізнанні та розумінні природи, структури та поведінки систем.

Одним з потужних напрямків моделювання яке мало як теоретичну так і практичну користь виявилися математичні методи моделювання 3 часів епохи Ренесансу відбувся значний прогрес у математичному моделюванні завдяки працям видатних дослідників-науковців, таких як Леонардо Пізанський (Фібоначчі), Галілео Галілей, Йоганн Кеплер та інші. Вони застосовували математичні методи для прогнозування руху планет та небесних тіл.

У XVII-XVIII століттях математика стала важливим інструментом для розвитку фізики та інженерії. Роботи вчених, таких як Ісаак Ньютон та Леонард Ейлер, дали початок математичним методам диференціальних рівнянь, що стали основою для моделювання руху тіл, теплопровідності, електродинаміки та інших фізичних процесів.

У XIX-XX століттях математичні методи моделювання поширилися на інші галузі науки, такі як економіка, соціологія, біологія та медицина. Зазначений вище розвиток статистики та ймовірного аналізу сформував базу для створення стохастичних моделей, що дозволяють враховувати випадковість та невизначеність в процесах.

Користь математичних методів моделювання полягає у здатності використовувати аналітичні та обчислювальні підходи для отримання нових знань, розуміння складних процесів, покращення прийняття рішень та розробки нових технологій. Математичне моделювання допомагає вивчати явища, які можуть бути недоступні для прямого експерименту, знижує витрати та час, необхідні для вирішення проблем та дає можливість робити прогнози на основі розуміння взаємодії між компонентами системи.

Особливим проривом у використанні математичних, а пізніше й інших підходів у моделюванні як методу наукового пізнання став розвиток інформатики та комп'ютерних технологій. Саме завдяки постійно зростаючим обчислювальним можливостям комп'ютерів все більше моделей, їх властивостей та змін у часі можна було досліджувати як і ще багато інших аспектів.

Саме електронні обчислювальні машини (ЕОМ), а пізніше супер- та квантові комп'ютери стали відігравати важливу роль у сучасному моделюванні та роботі з великими обсягами даних (Big Data).

Суперкомп'ютери є потужними обчислювальними системами, які здатні виконувати великі обчислювальні завдання в найкоротші терміни. Вони мають значну кількість обчислювальних вузлів, що працюють паралельно, що дозволяє розподілити завдання між ними та значно прискорити обчислення.

У сучасному моделюванні суперкомп'ютери використовуються для розв'язання складних математичних моделей, які вимагають великої обчислювальної потужності. Вони застосовуються у різних галузях, таких як погодні прогнози, астрофізика, геноміка, фізика високих енергій тощо. Суперкомп'ютери дозволяють проводити складні симуляції, включаючи моделювання поведінки матеріалів, обчислення реакцій на різних масштабах, прогнозування поведінки складних систем та інше.

Квантові комп'ютери базуються на принципах квантової механіки та використовують кубіти замість класичних бітів для обчислень. Вони можуть працювати зі станами, що перебувають у суперпозиції та виконувати операції паралельно, що дозволяє здійснювати обчислення значно швидше, ніж класичні комп'ютери у деяких задачах.

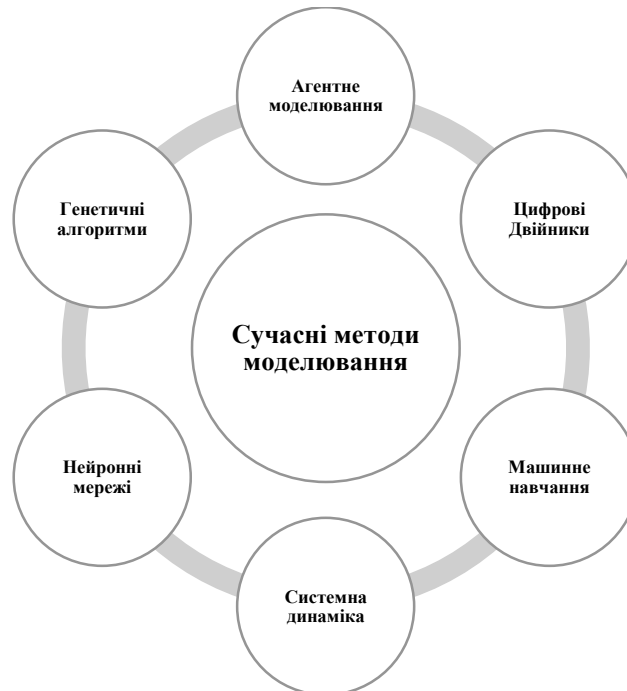
У контексті моделювання та обробки великих обсягів даних, квантові комп'ютери можуть забезпечити значні переваги. Вони можуть прискорити обчислення складних операцій, таких як розшифрування даних, пошук оптимальних шляхів, розв'язання оптимізаційних задач та інше. Квантові комп'ютери можуть ефективно

використовуватись для аналізу та обробки великих обсягів даних, дозволяючи розробляти швидкі алгоритми, які можуть здійснювати складні обчислення на великих обсягах даних [3].

Сучасна наука використовує різноманітні нові методи моделювання для дослідження складних систем і проблем, а саме:

Схема 1

Приклади сучасних методів моделювання для дослідження складних систем і проблем



Джерело: складено авторами самостійно.

1. Агентне моделювання. Цей метод використовує моделі, які складаються з окремих «агентів» зі своїми властивостями, характеристиками та правилами поведінки. Агенти взаємодіють між собою та з оточуючим середовищем, що дозволяє досліджувати складні системи з різними властивостями.

Основна перевага агентного моделювання полягає в тому, що воно дозволяє враховувати локальні правила поведінки агентів та їхню взаємодію для вивчення глобальних властивостей системи, які виникають з цих локальних взаємодій. Цей підхід дозволяє досліджувати складні системи, що мають нелінійну та поведінку у нетипових ситуаціях, де глобальні властивості не можуть бути пояснені або передбачені на основі властивостей окремих компонентів.

Агентне моделювання знайшло своє застосування в різних галузях, включаючи економіку, соціологію, біологію, інженерію, транспорт та багато інших. Воно дозволяє вивчати поведінку систем з різними складнощами, включаючи групову динаміку, еволюцію, конкуренцію, співробітництво та інші аспекти. Цей підхід дає змогу проводити віртуальні експерименти, тестувати різні сценарії та прогнозувати вплив різних факторів на систему.

Крім того, агентне моделювання дозволяє вивчати розвиток та зміну системи в часі, враховуючи динаміку взаємодій між агентами. Воно може бути використане для аналізу

та вдосконалення існуючих систем, планування та прийняття рішень, а також для прогнозування майбутнього розвитку системи.

Так, наприклад, у своїй професійній діяльності автор мав можливість бачити роботу українського вченого та фахівця Володимира Колчанова, а саме створення багатоагентної віртуальної моделі евакуації відвідувачів НСК «Олімпійський» при виникненні форс-мажорних обставин.

Пан Колчанов з французькими колегами розробив методологію, яка базується на агентному підході до моделювання та аналізу взаємодії між різними агентами в контексті громадських споруд, таких як транспортні системи, стадіони, торговельні центри та інші громадські споруди загальноміського значення. Своїми практичними роботами в ЄС та Україні науковець підтверджує, що агентне моделювання є ефективним інструментом для вивчення складних систем, які мають багато факторів впливу та взаємодіють з численними агентами. Він використовує поняття агентів для моделювання різних сторін процесу проектування та експлуатації громадських споруд. Агенти можуть представляти різні структури, такі як відвідувачі, пасажери, транспортні засоби, планувальні обмеження, регулятори руху та інше.

Використовуючи агентне моделювання, можна вивчити вплив різних факторів, таких як обсяг пасажиропотоку, часові розклади, маршрутизація транспорту та інші параметри на ефективність та безпеку громадських споруд.

Застосування агентного моделювання в проектуванні громадських споруд дозволяє отримати більш реалістичне та детальне уявлення про систему, враховуючи індивідуальні особливості агентів та їх взаємодію. Це дозволяє здійснювати більш точний аналіз, прогнозування та вдосконалення громадських споруд, забезпечуючи ефективну та безпечну експлуатацію для користувачів.

2. «Цифрові Двійники» (Digital Twins) є сучасним підходом у моделюванні, який поєднує в собі фізичні та віртуальні аспекти реальних об'єктів чи систем. Вони є віртуальними представленнями фізичних об'єктів, процесів або систем, які дозволяють створити цифрову модель, що відображає їхню поведінку, взаємодію та ефективність.

Основна ідея «Цифрових Двійників» (Digital Twins) полягає в створенні точної віртуальної копії реального об'єкта, яка зв'язана з ним у реальному часі через засоби збору даних. Це означає, що «Цифрові Двійники» (Digital Twins) відтворюють не тільки геометричні та фізичні характеристики об'єкта, але й здатні отримувати реальні дані про його стан, параметри, взаємодію та середовище [5].

«Цифрові Двійники» (Digital Twins) застосовуються в різних галузях, включаючи промисловість, будівництво, енергетику, транспорт, охорону здоров'я та інші. Вони дозволяють проводити віртуальні експерименти, прогнозувати поведінку та реагувати на зміни в реальному часі. Це дозволяє оптимізувати процеси, підвищувати продуктивність, знижувати витрати та ризики, а також забезпечувати більш ефективне управління та планування.

Для реалізації досліджень «Цифрових Двійників» (Digital Twins) використовуються різні технології, такі як сенсори, Інтернет речей (IoT), облікові дані, хмарні обчислення та аналітика даних. Ці технології дозволяють збирати, передавати та обробляти великі обсяги даних, що дозволяє забезпечувати актуальну та точну інформацію про об'єкт [4].

3. Системна динаміка є підходом до моделювання та аналізу систем, що дозволяє розуміти та прогнозувати їх динаміку в часі. Вона базується на використанні математичних моделей, що враховують взаємодію між різними компонентами системи та динаміку змін цих компонентів..

Основна ідея системної динаміки полягає в тому, що системи є складними та взаємозв'язаними, і зміна в одній їх складових може мати вплив на всю систему в цілому. Цей підхід дозволяє враховувати зворотні зв'язки, запізнення, нелінійність та інші важливі аспекти в системах, що змінюються з часом.

Один з ключових інструментів системної динаміки - це побудова імітаційних моделей системи. Ці моделі засновані на системі диференціальних рівнянь, що описують зв'язки між компонентами системи та їх зміни в часі. Застосування системної динаміки дозволяє дослідникам і практикам здійснювати експерименти на віртуальних моделях, відтворювати складні динамічні процеси та аналізувати вплив різних факторів на систему.

Однією з основних переваг системної динаміки є здатність до розуміння та прогнозування складних системних проблем. Вона дозволяє аналізувати поведінку системи в цілому, виявляти залежності та небажані ефекти, ідентифікувати ключові фактори, що впливають на систему, та оцінювати ефективність різних стратегій управління.

Один з практичних прикладів застосування системної динаміки - це моделювання та аналіз екосистеми. Уявімо собі екосистему лісу, де присутні рослини, тварини та їх взаємодія. За допомогою системної динаміки можна побудувати імітаційну модель лісової екосистеми, враховуючи залежності між рослинами, тваринами, їх розмноженням та доступними ресурсами. Наприклад, можна включити фактори, такі як кількість сонячного світла, доступність води, харчова база для тварин і так далі. Ця модель дозволить дослідникам аналізувати динаміку популяцій, виявляти вплив різних факторів на збільшення або зменшення чисельності рослин та тварин, а також прогнозувати наслідки різних втручань або змін у середовищі.

Наприклад, за допомогою такої моделі можна вивчити вплив зміни клімату на розподіл видів, прогнозувати зміни в популяціях тварин під впливом забруднення або втручання людини, а також визначити оптимальні стратегії управління для збереження різноманітності екосистеми. Такий приклад демонструє, як системна динаміка може бути використана для розуміння та управління складними природними системами. Цей підхід дозволяє зрозуміти, які фактори впливають на зміни в екосистемі, і допомагає приймати інформовані рішення щодо її охорони та сталого використання.

4. Машинне навчання (Machine Learning) є підходом до моделювання та аналізу даних, який базується на розвитку алгоритмів, що здатні автоматично навчатись та покращувати свою продуктивність на основі вхідних даних. Цей підхід дозволяє комп'ютерам «вчитись» без явного програмування, шляхом аналізу та розпізнавання закономірностей в наборі даних.

Одним з найпоширеніших прикладів використання машинного навчання є системи рекомендацій, що застосовуються в різних сферах, таких як онлайн-торгівля, стрімінгові платформи, соціальні мережі та інше. Наприклад, відомі платформи, такі як Netflix та Amazon [6], використовують машинне навчання для аналізу поведінки користувачів та рекомендацій фільмів або товарів, що їм можуть сподобатись. Алгоритми машинного навчання аналізують великі обсяги даних про перегляди, покупки, оцінки користувачів та здійснюють прогнозування на основі цих даних.

Інший приклад використання машинного навчання - це обробка та аналіз зображень. Алгоритми машинного навчання можуть бути навчені розпізнавати об'єкти на зображеннях, класифікувати їх за категоріями або навіть генерувати нові зображення як система Midjourney.

Інші сфери застосування машинного навчання включають обробку природних мов, автономні автомобілі, фінансовий аналіз, прогнозування попиту та багато інших.

Машинне навчання дозволяє автоматизувати складні завдання аналізу даних, забезпечує швидкість та точність прогнозування та дає можливість здійснювати ефективне прийняття рішень на основі даних.

5. Нейронні мережі – це підхід до моделювання, інспірований структурою та функціонуванням нервової системи людини. Вони складаються зі штучних нейронів, які з'єднані між собою імітуючи нейронні зв'язки. Цей підхід використовується для розв'язання складних задач обробки інформації, виявлення закономірностей в даних та здійснення прогнозів.

Одним з найбільш практичних застосувань нейронних мереж є область комп'ютерного зору. Наприклад, нейронні мережі можуть бути використані для автоматичного розпізнавання об'єктів на зображеннях. Вони навчаються розпізнавати різні класи об'єктів (наприклад, автомобілі, люди, тварини) шляхом аналізу великої кількості зображень, на яких вони позначені. Потім навчені мережі можуть автоматично класифікувати нові зображення, ідентифікуючи об'єкти на них.

Ще одним прикладом є голосовий асистент, такий як Siri чи Google Assistant [7]. Ці асистенти використовують нейронні мережі для розпізнавання та розуміння мови користувача. Вони навчаються розпізнавати та інтерпретувати мовні команди, а потім виконувати відповідні дії. Це дозволяє користувачам взаємодіяти з пристроями за допомогою голосових команд і отримувати швидкі та точні відповіді.

Нейронні мережі також використовуються в області фінансів для прогнозування ринкових трендів, аналізу фінансових даних та оптимізації інвестиційних портфельів. Вони можуть аналізувати складні залежності між фінансовими показниками, виявляти закономірності та робити прогнози щодо цінних змін, ризиків та доходності.

Загалом, нейронні мережі здатні до розв'язання складних задач з обробки даних та прогнозування на основі великих обсягів інформації.

6. Генетичні алгоритми передбачають використання принципів еволюції та генетики для оптимізації та пошуку рішень у складних просторах параметрів. Вони застосовуються для розв'язання оптимізаційних задач шляхом пошуку найкращого рішення у великому просторі можливих варіантів.

Цей підхід базується на принципах природного відбору та спадковості. Генетичні алгоритми працюють з популяцією рішень, які представлені у вигляді генотипів. Вони використовують оператори схрещування (комбінування генетичної інформації) та мутації (випадкові зміни в генотипі), щоб створити нові рішення. При цьому, рішення, які мають кращі властивості мають більші шанси на перебування у наступних поколіннях та продовження процесу оптимізації.

Генетичні алгоритми знайшли широке застосування у багатьох галузях та задачах. Один з практичних прикладів їх застосування - це вирішення задач планування часу. Наприклад, вони можуть бути використані для розкладу робочого часу співробітників з метою мінімізації затрат або оптимізації продуктивності. Генетичні алгоритми дозволяють враховувати різноманітні обмеження та умови, що робить розклад більш ефективним та відповідним потребам організації.

Інший приклад – це задачі оптимізації виробничих процесів. Генетичні алгоритми можуть використовуватись для знаходження оптимальних параметрів виробництва, розподілу ресурсів та планування графіків. Вони дозволяють знайти компроміс між різними цілями, такими як мінімізація витрат, максимізація продуктивності або зниження часу виробництва.

Генетичні алгоритми також застосовуються у задачах штучного інтелекту, таких як навчання нейронних мереж. Вони можуть використовуватись для автоматичного

налаштування параметрів нейронних мереж, що дозволяє поліпшити їхню точність та продуктивність.

Отже можна сказати, що генетичні алгоритми є потужним підходом моделювання, який дозволяє знаходити оптимальні рішення у складних задачах оптимізації. Вони знайшли широке застосування у різних галузях, де важливо знайти найкращі варіанти серед великої кількості можливих рішень.

Резюмуючи головні підсумки дослідження різних методів моделювання як загальнонаукового методу пізнання можна відзначити:

–Моделювання є важливим науковим підходом, який дозволяє дослідникам аналізувати складні системи та прогнозувати їх поведінку. Це важливий інструмент для розв'язання проблем та виявлення закономірностей у різних галузях.

–Різні методи моделювання, такі як системна динаміка, машинне навчання, генетичні алгоритми та нейронні мережі, мають свої унікальні особливості та застосування. Кожен з цих методів надає можливості для аналізу даних, прогнозування та оптимізації.

–Кожен метод моделювання має свої переваги та обмеження. Вибір підходу залежить від конкретної задачі, доступних даних та ресурсів. Іноді комбінування різних методів може дати кращі результати.

–Практична користь моделювання проявляється в багатьох сферах, включаючи науку, технології, медицину, фінанси та інженерію. Воно допомагає вирішувати складні проблеми, приймати обґрунтовані рішення та прогнозувати майбутні події.

–Моделювання є цінним інструментом для вивчення соціально-економічних систем і передбачення їх розвитку. Воно дозволяє аналізувати та передбачати взаємозв'язки між різними аспектами, такими як економічні показники, соціальні процеси та демографічні зміни.

–Застосування моделей у соціально-економічному дослідженні допомагає зрозуміти взаємозв'язки та вплив різних факторів на соціально-економічні процеси. Вони дозволяють виявляти тенденції, ідентифікувати ключові фактори впливу та визначати ефективні стратегії розвитку.

–Моделювання сприяє покращенню ефективності управління ресурсами та прийняттю обґрунтованих рішень. Наприклад, використання нейронних мереж у фінансовому аналізі дозволяє прогнозувати ринкові тенденції, ризики та прибутковість інвестицій, що сприяє ефективному розподілу капіталу та управлінню портфелем.

–Моделювання також може служити інструментом для розв'язання соціальних проблем, таких як прогнозування впливу соціальних програм на рівень бідності, безробіття чи екологічні проблеми.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

На думку автора, у контексті використання методів моделювання та прийняття рішень на основі їх результатів, необхідно враховувати морально-етичні аспекти та визнавати роль людини у процесі прийняття остаточних рішень. Незважаючи на те, що моделі можуть забезпечити об'єктивний аналіз та прогнозування, вони самі по собі не можуть вирішити етичні питання або замінити людський розсуд.

Використання моделей та методів моделювання повинно ґрунтуватись на моральних принципах та відповідати етичним нормам. Важливо забезпечувати права та свободи людей, захищати їх конфіденційність та приватність даних, а також уникати прийняття рішень, які можуть впливати на суспільство або окремі групи негативно.

Крім того, роль людини у прийнятті рішень є невід'ємною складовою процесу моделювання. Моделі та алгоритми можуть надати цінну інформацію та рекомендації, але остаточне рішення повинно бути прийняте людиною на підставі її знань, досвіду, цінностей та моральних переконань. Людина має бути відповідальною за використання моделей та їх результатів і брати до уваги широкий спектр факторів, які можуть бути важливими з морально-етичної точки зору.

Отже, при використанні методів моделювання та прийнятті рішень на основі їх результатів, необхідно дотримуватись етичних норм, враховувати моральні принципи та роль людини у процесі прийняття остаточних рішень. Людський фактор і етичні аспекти повинні бути невід'ємною складовою цього процесу для досягнення справедливого та стійкого розвитку соціально-економічного суспільства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ryu S. (2013). Predictive Analytics: The Power to Predict Who Will Click, Buy, Lie or Die. *Healthc Inform Res.* Mar;19(1):63–5. doi: 10.4258/hir.2013.19.1.63 (дата звернення: 17.05.2023).
2. Цехмістрова Г.С. (2003). *Основи наукових досліджень: Навчальний посібник*, Г. С. Цехмістрова. - Київ: Видавничий Дім «Слово». - 240 с. (дата звернення: 17.05.2023).
3. Крохмальський Т., (2018). *Вступ до квантових обчислень*, Львів: ЛНУ. - 204 с. (дата звернення: 17.05.2023).
4. Kimura, R.; Nakajima, (2023). T. Modeling a Digitally Enhanced Real World Inspired by Agential Realism—Exploring Opportunities and Challenges. *Smart Cities*, 6, 319-338. URL: <https://doi.org/10.3390/smartcities6010016> (дата звернення: 17.05.2023).
5. S. Obushnyi, R. Kravchenko and Y. Babichenko, (2019). "Blockchain as a Transaction Protocol for Guaranteed Transfer of Values in Cluster Economic Systems with Digital Twins," 2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T), Kyiv, Ukraine, pp. 241-245, doi: 10.1109/PICST47496.2019.9061233.
6. Arti. Netflix or Amazon Prime: Who Uses AI and Machine Learning Better? URL: <https://www.analyticsinsight.net/netflix-or-amazon-prime-who-uses-ai-and-machine-learning-better/> (дата звернення: 17.05.2023).
7. Raktim Midya. AI Revolution — Voice Assistants & Their Smartness. URL: <https://medium.com/swlh/ai-revolution-voice-assistants-their-smartness-c7afe2580e74> (дата звернення: 17.05.2023).
8. European Parliament, Directorate-General for Parliamentary Research Services, Fox-Skelly, J., Bird, E., Jenner, N (2020). *The ethics of artificial intelligence – Issues and initiatives*, European Parliament. URL: <https://data.europa.eu/doi/10.2861/6644> (дата звернення: 17.05.2023).

Obushnyi Sergiy

PhD in Economics,
Borys Grinchenko Kyiv University,
Kyiv, Ukraine
ORCID ID: 0000-0001-6936-955X
e-mail: s.obushnyi@kubg.edu.ua

Novikov Artem

Postgraduate,
Borys Grinchenko Kyiv University,
Kyiv, Ukraine
ORCID ID: 0009-0004-7245-4535
e-mail: a.novikov.asp@kubg.edu.ua

GENESIS AND DEVELOPMENT OF MODELING IN THE CONTEXT OF SOCIO-ECONOMIC PROJECT DEVELOPMENT

Abstract. The article analyses the evolution and impact of modeling on the socio-economic development of projects. The authors analyze the development of knowledge in probability theory and its role in predicting future events for projects. In the 19th century, scientists made significant contributions to the development of statistics and the application of probabilistic methods in statistical research. In the latter half of the 19th century, Bayesian statistics was developed, allowing for the consideration of prior knowledge and updating it based on new evidence. In the 20th century, researchers developed mathematical models that combined probability theory with economics and decision-making. These models became the basis for risk assessment and decision-making based on event probabilities, opening the way for forecasting the future considering risks and their consequences.

The article emphasizes that modeling is one of the key methods of understanding and finds wide application in various scientific disciplines and practical tasks. Modeling allows for the creation of simplified abstract representations of real systems to study their properties, interactions, and behavior prediction under different conditions. Modeling encompasses mathematical, physical, computational, and conceptual approaches, enabling the simplified representation of real systems for studying their properties, interactions, and behavior prediction under different conditions.

The article also discusses the use of modern tools such as Big Data, quantum computers, agent-based modeling, digital twins, system dynamics, machine learning, and others. These tools help improve the modeling process and expand its capabilities in forecasting and decision-making.

The concluding part of the article highlights the need to consider ethical and moral aspects and the role of humans in the decision-making process based on modeling and analysis results. Considering these aspects is important in the implementation of projects that have significant socio-economic implications for the future of society.

Keywords: genesis of modeling, probability and prediction, statistical methods, mathematical models, modern modeling methods, ethical and moral aspects of modeling and decision-making.

REFERENCES

1. Ryu, S. (2013). Predictive Analytics: The Power to Predict Who Will Click, Buy, Lie or Die. *Healthc Inform Res*, 19(1), 63–65. doi: 10.4258/hir.2013.19.1.63 (date of application: 17/05/2023).
2. Tsekhmistrova, H. S. (2003). *Fundamentals of Scientific Research: A Tutorial*. H. S. Tsekhmistrova. Kyiv: Vidavnychyi Dim "Slovo" (date of application: 17/05/2023).
3. Krokhmal'skyi, T. (2018). *Introduction to Quantum Computing*. Lviv: Lviv National University (date of application: 17/05/2023).
4. Kimura, R., & Nakajima, T. (2023). Modeling a Digitally Enhanced Real World Inspired by Agential Realism—Exploring Opportunities and Challenges. *Smart Cities*, 6, 319-338. Retrieved from URL: <https://doi.org/10.3390/smartcities6010016> (date of application: 17/05/2023).
5. S. Obushnyi, R. Kravchenko and Y. Babichenko, (2019). "Blockchain as a Transaction Protocol for Guaranteed Transfer of Values in Cluster Economic Systems with Digital Twins," 2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T), Kyiv, Ukraine, pp. 241-245, doi: 10.1109/PICST47496.2019.9061233.

6. Arti. Netflix or Amazon Prime: Who Uses AI and Machine Learning Better? Retrieved from URL: <https://www.analyticsinsight.net/netflix-or-amazon-prime-who-uses-ai-and-machine-learning-better/> (date of application: 17/05/2023).

7. Midya, R. AI Revolution — Voice Assistants & Their Smartness. Retrieved from URL: <https://medium.com/swlh/ai-revolution-voice-assistants-their-smartness-c7afe2580e74> (date of application: 17/05/2023).

8. European Parliament, Directorate-General for Parliamentary Research Services, Fox-Skelly, J., Bird, E., & Jenner, N (2020). The ethics of artificial intelligence – Issues and initiatives. Retrieved from URL: <https://data.europa.eu/doi/10.2861/6644> (date of application: 17/05/2023).



This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.