**Оксана Плигань**

**(Біла Церква, Україна)**

**МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ – ПОТУЖНИЙ ІНСТРУМЕНТ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ**

У сучасному світі математичне моделювання є невід'ємною складовою наукових досліджень і технологічного розвитку. Завдяки цьому методу можна аналізувати складні процеси, прогнозувати їх поведінку та оптимізувати дорогу роботу різних систем без необхідності проведення та часом небезпечних експериментів.

Математичне моделювання – це спосіб опису реальних явищ та процесів за допомогою математичних рівнянь, формул і залежностей. Його суть створюється у створенні спрощеної, але інформативної моделі реального об’єкта, яка дозволяє проводити розрахунки, прогнозувати розвиток ситуації та приймати обґрунтовані рішення. Аналіз математичних моделей дозволяє проникнути в сутність досліджуваних явищ

Моделі спрощують реальність, зберігаючи основні закономірності досліджуваного явища.

Процедура математичного моделювання була створена людством здавна, проте актуальність цих методів не зменшується і дотепер. Моделювання є найбільш ефективним методом наукових досліджень та практичної діяльності людини [1].

Найважливішим і найбільш розповсюдженим призначенням моделей є їх застосування для вивчення й дослідження складних систем та процесів і полягає в тому, щоб виявити найсуттєвіші фактори, які формують ті чи інші властивості реального об'єкта, його структуру, оскільки сама модель відображає лише деякі основні характеристики вихідного об'єкта.

Розглянемо основні типи моделей**:**

1. Детерміновані моделі – не містять випадкових змінних, результат повністю визначається початковими умовами (наприклад, рівняння механіки).
2. Ймовірнісні моделі – враховують випадкові чинники, що дозволяє оцінювати можливі сценарії розвитку подій (наприклад, статистичні прогнози).
3. Дискретні моделі – змінні приймають лише певні значення (наприклад, моделювання популяцій).
4. Безперервні моделі – змінні можуть набувати будь-яких значень у визначеному діапазоні (наприклад, рівняння теплопровідності) [2].

Основними методами математичного моделювання є:

* Аналітичні методи – побудова точних математичних виразів для аналізу, що дозволяють отримати загальні закономірності досліджуваного явища. Використовуються у фізиці, механіці, електротехніці.
* Чисельні методи – використовуються для наближених обчислень у складних моделях, де аналітичний розв’язок знайти неможливо. Включають методи кінцевих різниць, скінченних елементів.
* Імітаційне моделювання – відтворення роботи реальних систем у цифровій формі, що дозволяє вивчати їхню поведінку без проведення експериментів. Широко застосовується в економіці, біології, військових стратегічних дослідженнях.
* Оптимізаційні методи – застосовуються для пошуку найкращих рішень у складних системах. Включають лінійне програмування, генетичні алгоритми, евристичні підходи [2].

Процес математичного моделювання складається з кількох ключових етапів:

1. Постановка задачі – визначення цілей моделювання, меж і основних параметрів.
2. Створення концептуальної моделі – формулювання ключових припущень та залежностей.
3. Вибір математичного апарату – визначення підходу до опису системи (диференціальні рівняння, теорія ймовірностей, статистичні методи тощо).
4. Розробка математичної моделі – створення формального математичного опису.
5. Аналіз і верифікація моделі – перевірка її відповідності реальності та коригування за потреби.
6. Обчислювальні експерименти та інтерпретація результатів – перевірка роботи моделей, аналіз отриманих даних та їх використання в прийнятих рішеннях [2].

Сучасні комп'ютерні технології значно розширили можливості математичного моделювання, допомагаючи вирішувати складні системи рівнянь та візуалізувати результати. Це відкриває нові можливості для дослідження складних нелінійних систем, хаотичних процесів та багатовимірних завдань. Важливою перевагою математичного моделювання є можливість досліджувати поведінкову систему в різних умовах, включаючи екстремальні та аварійні ситуації, які часто неможливо або небезпечно робити на реальних об'єктах. Це робить математичне моделювання незамінним інструментом у проектуванні складних технічних систем, прогнозуванні природних явищ та плануванні економічних процесів, мінімізуючи фінансові й часові витрати. Проте варто пам'ятати, що будь-яка математична модель є лише наближенням до реальності. Точність моделі залежить від правильності початкових припущень, повноти врахування всіх істотних факторів та адекватності обраного математичного апарату. Тому першим етапом є верифікація моделі - перевірка її відповідності реальному об'єкту або процесу.

У сучасному світі математичне моделювання продовжує розвиватися, з'являються нові методи та підходи, зокрема, засновані на машинному навчанні та штучному інтелекті. Це розширює можливості моделювання та дозволяє вирішувати більш складні задачі.

Математичне моделювання з використанням штучного інтелекту є інноваційним напрямком, який суттєво розширює можливості традиційного моделювання. Розглянемо основні аспекти цього підходу детальніше [4].

Ключові переваги використання ШІ в математичному моделюванні:

1. Робота з великими даними:

- ШІ може обробляти та аналізувати величезні масиви даних;

- виявляє приховані закономірності та взаємозв'язки;

- автоматично визначає найбільш важливі фактори впливу.

2. Адаптивність моделей:

- моделі на основі ШІ можуть самонавчатися та адаптуватися до нових даних;

- постійно покращують точність прогнозів;

- враховують динамічні зміни в системі.

Штучний інтелект в математичному моделюванні застосовується в таких напрямках: [3].

1. Прогнозування часових рядів:

- фінансові прогнози;

- передбачення попиту;

- прогнозування погоди.

2. Оптимізація складних систем:

- виробничі процеси;

- логістичні операції;

- енергетичні системи.

3. Моделювання фізичних процесів:

- турбулентні потоки;

- молекулярна динаміка;

- квантові системи.

Незважаючи на те, що штучний інтелект відкриває більше можливостей, поряд з цим є виклики та обмеження його використання. До них належать:

1. Якість та кількість даних:

- потреба у великих наборах якісних даних;

- проблеми з зашумленими даними;

- необхідність правильної розмітки даних.

2. Обчислювальні ресурси:

- високі вимоги до обчислювальної потужності;

- тривалий час навчання складних моделей;

- необхідність оптимізації алгоритмів.

3. Інтерпретованість результатів - це здатність зрозуміти та пояснити, як і чому отримано певний результат при аналізі чи розрахунку, особливо в складних математичних або алгоритмічних моделях. Розглянемо такі аспекти:

- пояснення рішень "чорної скриньки". Багато сучасних алгоритмів, зокрема в машинному навчанні та штучному інтелекті, працюють як «чорні скриньки» – вони видають результати, але їхні внутрішні процеси залишаються незрозумілими або непрозорими для користувача. Наприклад, нейронні мережі можуть передбачати результати, але пояснити, які фактори вплинули на рішення, буває складно. Інтерпретованість у цьому контексті означає розробку підходів, які можуть розкрити логіку ухвалення рішень та зробити ці процеси зрозумілими;

- необхідність розробки методів візуалізації - одного із ключових способів пояснення складних моделей та їхніх результатів. Наприклад, теплові карти

( heatmaps ) у нейронних мережах можуть відображати, які частини зображення включені в класифікацію, або ж графіки залежностей можуть відображати, як зміни впливають на підсумковий прогноз. Розробка ефективних методів візуалізації користувачів користувачами інтуїтивно розуміє, як працює модель та які фактори є вирішальними.

- потреба в методах пояснення прийнятих рішень. Щоб алгоритми та моделі стали більш довіреними й корисними, необхідно розробляти підходи, які можна пояснювати кожне конкретне рішення. Це важливо, наприклад, у фінансових чи медичних системах, де критично знати, чому модель рекомендує певний варіант дії. Такі методи можуть включати логічний аналіз, статистичні підходи, побудову спрощених моделей або використання спеціальних алгоритмів (наприклад, LIME, SHAP), які дають змогу пояснити всю зміну в кінцевому результаті [5].

Майбутні перспективи застосування штучного інтелекту в математичному моделюванні обіцяють потужний розвиток цієї галузі науки. Можуть розширитися:

1. Гібридні моделі, які будуть базуватися на поєднанні традиційних математичних моделей з ШІ, використанні експертних знань разом з машинним навчанням, розробці нових архітектур нейронних мереж.

2. Автоматизація моделювання під час автоматичного підбору архітектури моделей, оптимізації гіперпараметрів, автоматичної валідації результатів.

3. Розширення областей застосування для моделювання соціальних систем, персоналізованої медицини, екологічного моделювання [3].

Математичне моделювання на основі штучного інтелекту продовжує активно розвиватися, відкриваючи нові можливості для вирішення складних задач у різних галузях науки та техніки. Ключовим фактором успіху залишається правильний вибір підходу та інструментів для конкретної задачі, а також розуміння обмежень та можливостей використовуваних методів.

Підсумовуючи вище описане, можна ствердити, що математичне моделювання є невід'ємною частиною сучасної науки і техніки. Воно дозволяє отримувати важливу інформацію про складні процеси, приймати ефективні рішення та прогнозувати майбутні події. Завдяки розвитку обчислювальних технологій математичне моделювання стає дедалі потужнішим інструментом у різних сферах діяльності людини.

Використання математичного моделювання на заняттях не лише забезпечує міжпредметні зв’язки, а й активізує різноманітні мисленнєві процеси, такі як аналіз, синтез, аналогія та узагальнення, що сприяє підвищенню пізнавальної студентів. Завдяки цьому методу складні поняття стають простішими для розуміння, а новий матеріал – більш доступним, що дозволяє обґрунтовано та всебічно його опрацьовувати. Використання допоміжних моделей допомагає студентам самостійно відкривати нові знання, заохочує їх до активної пізнавальної діяльності, підвищує мотивацію до навчання та сприяє розвитку критичного мислення.

**Література:**

1. Л. В Андреєва, Математичне моделювання в економіці / Л. В. Андреєва, О. Г. Морозова, Т. А. Сидорова. Київ: Кно, 2022. -248 с.

2. О.О. Балтовський, Г.В.Форос, О.І Сіфоров О.І Основи математичного моделювання, навчальний посібник. – О.: ОДУ,2023 - 125

3. О.С Булгакова О.С, В.В.Зосімов, В.О.Поздєєв Методи та системи штучного інтелекту: теорія та практика. - навчальний посібник (стереотипне видання), 2024 - 356

# 4.С.О.Доценко, В.В. Ворожбіт-Горбатюк, Т.М. Собченко Штучний інтелект — асистент сучасного вчителя. – Х.:Ранок, 2025 – 176.

5. С.М. Злепко, С.В. Павлов, Г.І. Коваль, І.С. Тимчик Основи біомедичного радіоелектронного апаратобудування [Електронний ресурс]/: [https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/firen/3zlepko\_osnovy\_biomedychnogo\_radio elektronnogo\_aparatobuduvannya/6.html](https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/firen/3zlepko_osnovy_biomedychnogo_radio%20elektronnogo_aparatobuduvannya/6.html)