

О. О. Гриб'юккандидат педагогічних наук, доцент, старший дослідник,
провідний науковий співробітник,
Інститут цифровізації освіти Національної академії педагогічних наук України

ВАРІАТИВНІСТЬ МОДЕЛЮВАННЯ ТВОРЧИХ ПРОЦЕСІВ У РАМКАХ ДОСЛІДНИЦЬКОГО НАВЧАННЯ ПРЕДМЕТІВ ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНОГО ЦИКЛУ З ПЕДАГОГІЧНО ВИВАЖЕНІМ І МЕТОДИЧНО ВМОТИВОВАНИМ ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

У дослідженні ґрунтовно представлено варіативність моделювання творчих процесів учнів із педагогічно виваженим і методично вмотивованим використанням комп'ютерно орієнтованих методичних систем дослідницького навчання (КОМСДН) предметів природничо-математичного циклу, в тому числі з використанням технологій штучного інтелекту. Виокремлено різні рівні опису компонентів КОМСДН, види комп'ютерного моделювання для створення систем штучного інтелекту. Розроблено вимоги та система задач у контексті використання досліджуваних систем КОМСДН, уточнено етапи та принципи комп'ютерного моделювання. Математичне моделювання як засіб дослідницького навчання у навчальному процесі раціоналізує його та активізує пізнавальну діяльність учнів. Завдяки цьому вирішується не тільки конкретне навчальне завдання, але й здійснюється розвиток учнів. Розглядається поліаспектність навчання з використанням комп'ютерного моделювання із поєднанням інформаційного, психологічного і дидактичного аспектів. Здійснено добір потрібних евристик із врахуванням предметної галузі. У дослідженні розглядаються біонічний і прагматичний підходи в процесі розвитку штучного інтелекту в процесі дослідницького навчання. При вивченні програмних тем шкільного курсу математики вчителю доцільно планувати ознайомлення учнів з моделями, що дають можливість образно передати особливості модельованих об'єктів, зокрема їх структуру та зв'язки. Одержані знання про різні види моделей стають для учнів засобами при розв'язуванні дослідницьких задач взагалі та екологічного змісту зокрема. При класифікації математичних понять є можливість залучати учнів до створення своєрідних моделей (таблиці, графи, схеми тощо) для встановлення існуючих зв'язків між рядом понять теми, розділу з використанням технологій штучного інтелекту. Ефективність експериментального дослідження спрямована також на створення оптимальних умов для підвищення рівня фахової підготовки вчителів у контексті використання компонентів КОМСДН. Отримані в процесі експериментального дослідження дані використовувалися для здійснення добору методів, прийомів і засобів для дослідницького навчання предметів природничо-математичного циклу.

Ключові слова: математичне моделювання, штучний інтелект, дослідницьке навчання; варіативні моделі; комп'ютерно орієнтована методична система дослідницького навчання; методика навчання, КОМСД.

Постановка проблеми. Проблема моделювання – одна з першорядних методологічних проблем, що виникає у зв'язку з розвитком природничих наук, особливо фізики, хімії, кібернетики. ґрунтовний аналіз історичного розвитку наукових ідей та методів дає підстави стверджувати, що моделі ніколи не зникали із арсеналу науки. У зв'язку з виникненням систем штучного інтелекту з'явилося нове поняття – «база знань». Файл трактується як інформаційна модель об'єкта. Безперечно, дані і структура бази даних відображають певною мірою знання про предметну область і її структуру. Однак доцільно виокремити специфічні ознаки знань [3]: *можливість внутрішньої інтерпретації; структурованість; зв'язність* (знання зв'язані не лише за

свою структурою; вони відображають закономірності щодо фактів, процесів, явищ і причинно-наслідкових співвідношень між ними); *активність*. Розглядаються чотири види моделей і відповідно мов для подання знань: модель (мова) семантичних мереж; система фреймів, логічна мова (модель) і продукційні системи. Забезпечення різноманітними засобами штучного інтелекту та об'єднані в мережі ЕОМ забезпечують ефективне функціонування нової технології інформаційно-організаційного процесу колективу фахівців для вирішення масштабних проєктних задач і проблем [4].

Аналіз досліджень і публікацій. Численні дослідження щодо моделювання в різних галузях науки сформували стійку тенденцію вважати

метод моделювання універсальним методом наукового пізнання [5]. В. Томпсон в своїх знаменитих «Балтиморських лекціях» наполягав, що зрозуміти явище – означає побудувати його механічну модель, відповідно, це було не методологічне новшество, а узагальнення багатовікового досвіду наукового пізнання. Йдеться про початок гносеологічного осмислення методу моделювання, який в результаті теоретичних досліджень І. Ньютона (1686 р.), Ж. Бертрана (1848 р.) і Д.К. Максвелла використовувався не лише в духовній сфері наукової творчості, але й на практиці, в лабораторії, в експерименті [3].

XX століття принесло цьому методу нові успіхи, але одночасно поставило його перед серйозними випробуваннями. З одного боку, кібернетика виявила нові можливості і перспективи цього методу щодо розкриття загальних закономірностей і структурних особливостей систем різної фізичної природи, що належать до різних рівнів організації матерії, форм руху. З іншого боку, теорія відносності, а особливо квантова механіка вказали на неабсолютний, відносний характер механічних моделей, на труднощі, пов'язані з моделюванням.

У вітчизняній та зарубіжній літературі ґрунтовно обговорюються гносеологічні і методологічні аспекти, пов'язані з моделюванням, починаючи з публікації Н. Вінера і А. Розенблута «Роль моделей в науці» (1946 р.). В працях вчених зроблено суттєвий поступ (кроки) в щодо дослідження моделювання як *методу пізнання*, його зв'язків з іншими методами, в характеристиці гносеологічних функцій моделей, специфіки використання різних моделей, особливо кібернетичних. Безперечно, наявні відомі неточності в тлумаченні і розумінні філософських питань моделювання.

Сьогодні широко вживаються такі терміни і поняття, як «*модель*», «*моделювання*», «*комп'ютерне моделювання*», які дуже часто не диференціюються і науково не пояснюються. Зберігається певний хаос дефініцій, зумовлений кризовим станом науки, не розробленістю понятійно-термінологічного апарату, різними підходами авторів до тлумачення тих чи інших процесів, а також багатоаспектністю, багатовимірністю і суперечливістю складових, що входять до тих чи інших дефініцій.

За останні десятиріччя, в тому числі завдяки успіхам кібернетики, про моделі почали говорити усі: математики і логіки, фізики та хіміки, астрономи і біологи, географи і економісти, мовознавці та кібернетики. М. Бродбек небезпідставно помітила, що на це запитання різні конструктори моделей відповідатимуть по-різному [1]. Лінгвіст з Каліфорнійського університету Чжао Юаньжень, проаналізувавши 15 основних лінгвістичних контексти, встановив, що в них термін «модель» використовується в тридцяти варіантах, які близь-

ких за змістом, та в дев'яти відмінних. Серед них пропонуються наступні значення цього терміну: структура, опис, спосіб використання мови, граMATика, теорія, схема, стиль, аналог, пропонований метод дослідження, репрезентація, абстракція, формалізована або частково формалізована теорія, психологічний допоміжний засіб для теорії, можлива реалізація для теорії, зразок, конкретна система, фізичний об'єкт, реальність і т.д. [2].

У філософському розумінні моделювання – це спосіб репрезентації явищ, процесів або ситуацій, що безпосередньо пов'язаний з відображенням об'єктів реальності в свідомості людини [6]. Таке тлумачення ґрунтується на основі філософської теорії відображення, яка одночасно з теорією пізнання і теорією моделей становить методологічну основу моделювання. Теорія відображення пояснює ключові процеси моделювання в науковому пізнанні: співвідношення результатів пізнання і оригіналу та формування образів в свідомості людини.

В психології *образом* називається продукт уяви, ментальна картина або концептуальна модель [7]. В численних дослідженнях *моделлю* називається *прообраз* або *образ* будь-якого *реального об'єкту, що створюється з метою його вивчення* [3]. У філософському розумінні методу моделювання розглядаються основні характеристики моделі як способу відображення дійсності. В такому контексті під *моделюванням* розуміється *сукупність властивостей та співвідношень реального об'єкта на спеціально створеному для цього матеріалі або ідеальному об'єкті, який називається моделлю*. Реальний об'єкт є *прототипом*, а відображений – *моделлю*. Між ними повинна існувати подібність, аналогія, схожість або їх фізичних властивостей і співвідношень, або в здійсненні їх функцій, або в математичному описі їх поведінки [8]. Пропоноване означення ґрунтується на класичному розумінні взаємозв'язків прототипу як реально існуючого предмету дослідження і моделі як способу отримання нових знань про цей предмет. Предметність прототипу прослідковується в багатьох означеннях моделі і моделювання, характерних для точних наук, в тому числі для математичного моделювання [3].

Мета статті полягає в розробленні, обґрунтуванні та експериментальній перевірці варіативності моделювання творчих процесів у рамках дослідницького навчання предметів природничо-математичного циклу з педагогічно виваженим і методично вмотивованим використанням технологій штучного інтелекту [3].

Виклад основного матеріалу. В основу теорії моделювання покладена загальна теорія систем. Йдеться про загальнонауковий напрямок, згідно якого об'єкт дослідження розглядається

як складна система, яка взаємодіє з навколишнім середовищем. *Об'єкт є системою, якщо він складається з сукупності взаємопов'язаних між собою елементів, сума властивостей яких не дорівнює властивостям об'єкта.* Розрізняються різні рівні опису систем: *лінгвістичний (символічний); теоретико-множинний; абстрактно-логічний; логіко-математичний; теоретико-інформаційний; динамічний; евристичний.* Завдяки педагогічно виваженому використанню варіативних моделей КОМСДН у контексті моделювання творчих процесів у рамках дослідницького навчання предметів природничо-математичного циклу з педагогічно виваженим і методично вмотивованим використанням технологій штучного інтелекту з'являється можливість, із врахуванням математичних рівнянь, обчислити та прогнозувати поведінку досліджуваної системи в певних умовах існування. Зачасти цей спосіб є єдиним способом отримання наслідків з математичної моделі. Називаючи матеріальний предмет дослідження прототипом, відмічається його зв'язок з абстрактними категоріями в процесі відображення. В когнітивній психології під *прототипом* розуміється мисленнєвий образ, що будується на основі кореляції характеристик об'єктів категорії, що зберігається в довготривалій пам'яті [9]. У дослідженні [3] формулюються завдання узагальнення властивостей, типів, задач і функцій моделі як універсального методу пізнання. Пропонується уточнення визначення моделі і конкретизуються властивості моделі як гносеологічного інструменту.

Модель – це матеріальний або ідеальний об'єкт, який підміняє досліджувану систему і адекватним чином відображає її суттєві сторони. В процесі моделювання можуть переслідуватися наступні цілі: *пізнання сутності* досліджуваного об'єкту, причин його поведінки, сутності і механізмів взаємодії елементів; *пояснення* відомих результатів емпіричних досліджень, верифікація параметрів моделі на основі експериментальних даних; *прогнозування* поведінки систем в нових умовах під дією різних зовнішніх впливів і способів управління; *оптимізація* функціонування досліджуваних систем, управління об'єктом у відповідності до обраного критерію оптимальності [10].

Усеможливі зв'язки комп'ютерного моделювання з іншими методами пізнання продемонстровано в дослідженні [3]. Висновки враховуються з метою покращення методики експериментального вивчення об'єкта дослідження, розвитку математичної моделі та удосконалення комп'ютерної моделі. Дослідження соціальних і економічних процесів вирізняються неможливістю повністю використання експериментальних методів.

Під *комп'ютерним моделюванням* в широкому смислі розуміється процес створення і дослідження моделей з використанням комп'ютера.

Виокремлюються наступні *види моделювання*: фізичне моделювання; динамічне моделювання; імітаційне моделювання; статистичне моделювання; інформаційне моделювання; моделювання знань [11]. *Статистичні моделі* використовуються в процесі розв'язування ймовірнісних задач і в процесі опрацювання великих масивів даних (*інтерполяція, екстраполяція, регресія, кореляція, обчислення параметрів розподілу і т.д.*). Вони принципово відрізняються від *детермінованих моделей*, для використання яких необхідні чисельні розв'язування систем алгебраїчних або диференціальних рівнянь, або заміну досліджуваного об'єкта детермінованим автоматом.

Логічні моделі використовуються для подання знань в *експертних системах*, для створення *систем штучного інтелекту*, наведення логічних висновків, доведення теорем, виконання математичних перетворень, побудови роботів, використання штучної мови, створення ефекту віртуальної реальності в комп'ютерних іграх.

Розглянемо *вимоги щодо моделі* досліджуваної системи (КОМСДН) [12]: *повнота моделі* (можливість обчислення всіх характеристик системи з врахуванням необхідної точності і достовірності); *гнучкість моделі* (зادля можливості відтворення різних ситуацій і процесів, можливості змінювати структуру, алгоритми і параметри досліджуваної системи); *тривалість розроблення і реалізації* (характеризується затратами в часі на створення моделі); *блочність структури* (можливе додавання, виключення і заміна деяких частин (блоків) моделі). Інформаційне забезпечення, програмні і технічні засоби необхідно використовувати таким чином, щоб модель видозмінювалася в залежності від наявних даних в БД, забезпечуючи ефективну машинну реалізацію та зручну роботу користувача. *Основні етапи комп'ютерного моделювання*: постановка задачі; формалізація, тобто створення математичної моделі; розроблення алгоритму; написання програми із використанням конкретної мови програмування; планування та виконання обчислень з використанням комп'ютера, доопрацювання програми отримання результатів; аналіз і інтерпретація результатів, їх порівняння з емпіричними даними. Після чого всі етапи (!) повторюються на наступному кроці (рис. 1).

Модель – це об'єкт, що заміняє досліджувану систему та імітує її структуру і поведінку. Під *моделюванням* розуміється подання основних характеристик об'єкта дослідження з використанням іншої системи (матеріального об'єкта, сукупності рівнянь, комп'ютерної програми).

Основні вимоги до моделі: *адекватність* (модель повинна відображати суттєві сторони досліджуваного об'єкта із врахуванням необхідної точності); *сприяння вирішенню задач певного*

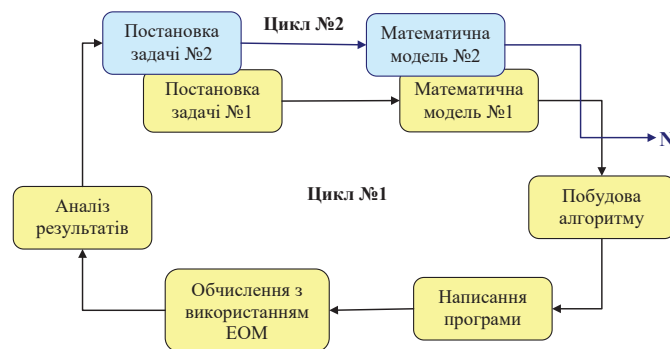


Рис. 1. Етапи комп'ютерного моделювання

класу; простота і зрозумілість (грунтуючись на мінімальній кількості припущень і пропозицій); зручність у використанні; модифікованість (можливість в процесі використання моделі доповнювати себе, переходячи з одного стану в інший). При знайомстві учнів з конкретно розумовою дією необхідно використовувати наочні предмети, переходити від матеріальних предметів до їх замінників – моделей (етап матеріалізованої дії). Йдеться про використання графічних схем, знакових моделей.

Математичне моделювання є особливим видом образно–знакової ідеалізації та побудови наукової предметності [3]. Моделювання дозволяє сприймати предмет як об'єкт дослідження, визначати дії до знаходження кінцевого результату. Образ, що дозволяє досліджувати предмет і аналізувати його, служить засобом змістовного просування і створюється з початкового моменту конструювання. Згідно теорії поетапного формування розумових дій дослідження моделі є важливим етапом засвоєння розумових дій.

Роль математичного моделювання в науковому пізнанні і практиці важлива у формуванні діалектико-матеріалістичного світогляду учнів, їх математичного і психологічного розвитку. Програма передбачає побудову курсу математики на засадах застосування методу математичного моделювання. Передбачається поетапне засвоєння конкретних предметних умінь: представляти задачу у вигляді таблиці, схеми, числового виразу, формули (рівняння), креслення, здійснювати перехід від однієї моделі до іншої. Навчальний предмет, як система понять, вимагає логічного підходу в його пізнанні від загальних властивостей до конкретних, виділення і дослідження підстав, що визначають систему. Це неможливо реалізувати без моделювання.

Навчання елементам математичного моделювання починається ще в основній школі. Воно пов'язане з розв'язуванням текстових задач. Моделювання – це метод і засіб пізнання, а дослідницькі задачі – “полігон”, де відпрацьовується моделювання. Вміння розв'язувати задачі – один

із критеріїв сформованості умінь моделювати, що є мотиваційною складовою процесу навчання математики. За допомогою текстових задач реалізується ідея моделювання реальних процесів. Практика свідчить, що розуміння моделювання і моделей учнями нечітке і обмежене. Вони не усвідомлюють, що вивчають моделі, оскільки в програмах і підручниках поняття моделі та моделювання практично відсутні. Школярі часто не розуміють, що поняття рівняння, числа, фігури, рівномірного руху, маси та інші є науковими моделями, що вони моделюють при розв'язуванні дослідницьких задач.

Якщо раніше математику визначали через величини, просторові форми і кількісні відношення або через математичні структури, то тепер здебільшого дотримуються такого визначення [13]: «Математика – наука про математичні моделі та їх застосування.» Процес дослідницького навчання із використанням моделювання підвищує активність розумової діяльності учнів, допомагає зрозуміти задачу, самостійно знайти раціональний спосіб розв'язування, визначити спосіб перевірки, умови, коли задача має розв'язки.

Моделювання розглядаємо як особливу діяльність з побудови (вибору або конструювання) моделей, що має зовнішній практичний зміст і внутрішню психічну сутність. Моделювання як психічна діяльність включається в ролі компонента в психічні процеси сприйняття, представлення, пам'яті, уяви і мислення. Дані процеси включаються в діяльність моделювання як складну діяльність. Моделі є продуктами складної пізнавальної діяльності, що включає розумове сприйняття вихідного навчального матеріалу, його «очищення» від випадкових моментів. Моделі виступають як продукти і засоби здійснення цієї діяльності.

Таким чином, моделювання у навчальному процесі раціоналізує його та активізує пізнавальну діяльність учнів. Завдяки цьому вирішується не тільки конкретне навчальне завдання, але й здійснюється розвиток учнів. Моделювання відображає теоретичний стиль мислення, що сприяє роз-

витку учнів, залучає їх до наукового мислення. Важливо здійснювати навчання учнів моделюванню поетапно: спочатку – неявно, на цьому етапі потрібно навчити учнів дій, що входять до «ядра» моделювання (вміння співставляти і протиставляти об'єкти, порівнювати об'єкти шляхом співставлення або протиставлення, вміння абстрагуватися, вміння узагальнювати об'єкти); далі – чітко і усвідомлено, розкриваючи його сутність, вивчаючи операції, що входять в «оболонку» моделювання (вміння будувати модель, вміння здійснювати перетворення моделі, вміння її конкретизувати), самостійно використовуючи прийом у нескладних випадках.

В нашій ситуації системою є математичні поняття та їх властивості, які моделюють екологічні явища – це ті інші системи, що фігурують в означенні [3]. Як засобом, так і методом математичного моделювання учні фактично починають послугуватись з початкової школи. Але вичерпна характеристика їх з використанням наукового понятійного апарату дається, відповідно до навчальної програми з алгебри, лише в 9 класі при вивченні теми: «Математичне моделювання». Основою для реалізації математичного моделювання як засобу є класифікація явищ екологічного спрямування, відомих учням з вивчення дисциплін хіміко-біологічного циклу, дослідження яких базується на математичних моделях певного виду [14].

При вивченні програмних тем шкільного курсу математики вчителю доцільно планувати ознайомлення учнів з моделями (рисунками, схемами, таблицями тощо), що дають можливість образно передати особливості модельованих об'єктів, зокрема їх структуру та зв'язки. Так, наприклад, при розв'язуванні текстових задач є можливість ознайомити школярів з різноманітними образними моделями (малюнок, схема, таблиця при скороченому записі умов задач) та математичними моделями (рівняння, системи рівнянь, що лежать в основі розв'язування задач).

Одержані знання про різні види моделей стають для учнів засобами при розв'язуванні прикладних задач взагалі та екологічного змісту зокрема. При класифікації математичних понять (алгебра, геометрія) є можливість залучати учнів до створення своєрідних моделей (таблиці, графі, схеми тощо) для встановлення існуючих зв'язків між рядом понять теми, розділу з використанням технологій штучного інтелекту.

Зміст задачі допоможе вчителю у проведенні мотивації, наприклад, вивчення тем «Об'єм» взагалі і «Об'єм піраміди» зокрема. Здобуті знання учнів про різні матеріальні (реальні) моделі та можливості їх використання при означенні понять, спостереженні властивостей, розв'язанні задач дають можливість спостерігати властивості понять

і брати їх за основу або означення, або при формулюванні теорем, властивостей чи ознак. Крім того, вказані знання і вміння є основою математичного моделювання як засобу активної пізнавальної діяльності учнів як на уроках, так і в позаурочний час при виконанні домашніх завдань.

Математичне моделювання як засіб дослідницького навчання використовується і при формуванні понять, і при вивченні формул, зокрема для обчислення площі плоских геометричних фігур та поверхні і об'єму просторових, і при формуванні умінь розв'язування різноманітних за рівнем складності задач, від стандартних до евристичних [15].

Дослідницькі задачі взагалі та екологічного змісту зокрема є одним із основних таких засобів. При вивченні геометричних фігур, теорем, їх властивостей та означень, розв'язуванні задач моделі геометричних фігур є засобом, який допоможе створити основу для екологічного виховання, а саме: сформулювати правильне уявлення про певні математичні поняття та зв'язки між ними, просторову уяву. Важливу роль під час розв'язування задач відграють рисунки як їх моделюючі засоби.

Комп'ютерне моделювання – метод представлення об'єкта, що відрізняється від реального, але дуже наближений до реальної дійсності, з використанням якого вивчаються фізико-хімічні, біологічні, хімічні закони та експерименти (*які неможливо провести в реальному житті*) (рис. 2).

Принципи комп'ютерного моделювання [16]: принцип адекватності; принцип простоти і економичності; принцип інформаційної достатності; принцип здійсненності; принцип множинності та єдності моделей; принцип системності; принцип параметризації.

Із врахуванням мети моделювання, комп'ютерні моделі розподіляються на групи: *оптимізаційні моделі* (із використанням яких з'являється можливість дібрати оптимальний спосіб управління технічною, соціальною та іншою системами; наприклад, космічною станцією). *Прогностичні моделі* (із використанням яких можливе прогнозування стану об'єкта в наступні моменти часу; наприклад, модель земної атмосфери для прогнозування погоди). *Навчальні моделі* (використовуються для навчання, тренування і тестування учнів, студентів, майбутніх фахівців і т.д.). *Ігрові моделі* (із використанням яких можливе створення ігрової ситуації, яка імітує управління армією, державою, підприємством, людиною, ракетою і т.д., або гру в шахи, шашки та інші логічні ігри). *Дескриптивні моделі* (використовуються для розуміння природи досліджуваного об'єкта, виокремлення суттєвих факторів, які впливають на його поведінку).

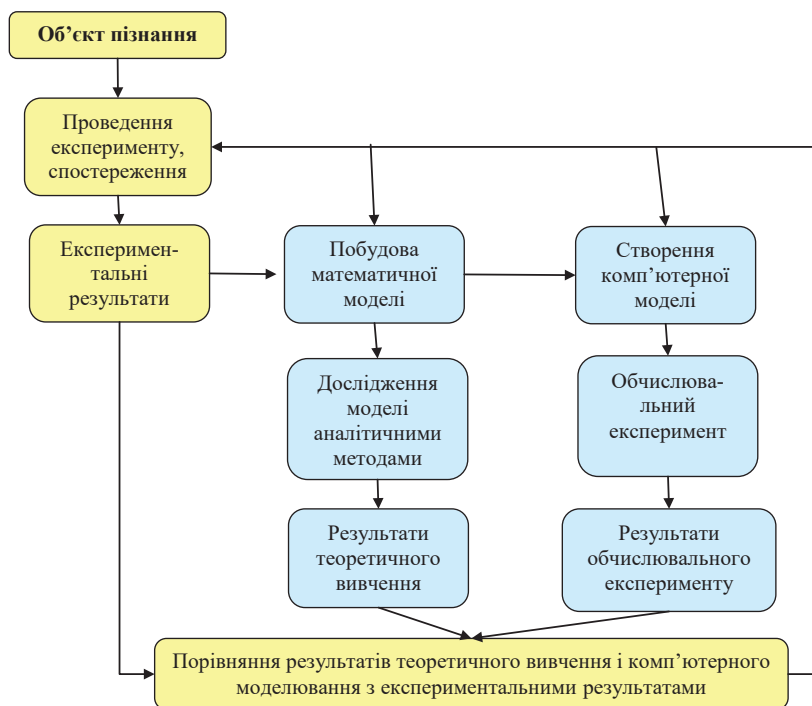


Рис. 2. Комп'ютерне моделювання в контексті інших методів пізнання

Переваги використання комп'ютерного моделювання: вільнопоширюване і доступне у використанні; можливе проектування і створення об'єктів, які в реальних умовах неможливі (не існують); можливе прогнозування результатів експериментів; знаходження оптимальної форми і конструкції без створення пробних деталей; експериментування без ризику для здоров'я людини та навколишнього середовища; можливість огляду об'єкта з різної перспективи.

Недоліки використання комп'ютерного моделювання: помилкове твердження про те, що в використанні моделювання можна якісно виявити нові явища, оскільки потрібне підтвердження в реальних умовах і в реальних експериментах. Модельний аналіз зменшує можливі пояснення. З об'єкта моделювання можна «здобути» лише те, що входить за рамки моделі.

Комп'ютерне моделювання – це моделювання, з використанням якого досліджуються моделі в теорії, не маючи підтвердження та доказів природних явищ в реальних умовах. Поліаспектність навчання з використанням комп'ютерного моделювання поєднує інформаційний, психологічний і дидактичний аспекти [17]. Під **інформаційним аспектом** розуміється: можливість отримання нових відомостей; реалізацію добору навчального матеріалу та інших відомостей; розвиток інформаційної культури учнів.

Психологічний аспект реалізації можливостей використання комп'ютерного моделювання в процесі навчання відображає: *особливий характер взаємовідносин* учня з навколишнім середови-

щем із врахуванням добору варіативного підходу щодо побудови учбової діяльності; *широку можливість реалізації індивідуального підходу* під час навчально-виховного процесу; *вплив на пізнавальну обізнаність* (інтерес, зацікавленість) школярів; *психічні особливості сприйняття, пам'яті, мислення, уяви*; *нові можливості* комунікативної організації дослідницького навчання.

Дидактичний аспект щодо використання комп'ютерних моделей в школі полягає в тому, що з'являється можливість: реалізовувати основні *дидактичні принципи навчання*; використовувати різноманітні *форми організації навчально-виховного процесу*; *розробляти і реалізовувати цілі навчання*; добирати *зміст навчального матеріалу* у відповідності з доцільністю та педагогічно виваженим використанням комп'ютерних моделей; *отримати нові результати навчання*.

В основу алгоритмізації і програмування більшості дослідницьких задач покладено дві психологічні моделі: *Семантична модель мислення*; *Лабіринтна модель мислення*. Проблематика моделювання творчих процесів пов'язана з евристичним пошуком розв'язків творчих дослідницьких задач [3]. Суть *лабіринтної моделі мислення* полягає в тому, що розв'язування будь-якої творчої задачі є пошуком шляху в деякому лабіринті можливостей досягнення мети. Очевидно, що такий підхід пов'язаний з перебором величезної кількості варіантів під час доведення теореми, продовження ігрового процесу і т.д.

Успішне розв'язування *дослідницької задачі* залежить від досконалості *евристичних прийомів*,

що використовуються для відхилення неперспективних і добору перспективних варіантів досягнення цілей [15]. Такий підхід визначив розвиток теорії *евристичного пошуку* та евристичного програмування. Хоча постерігається цілком очевидна обмеженість щодо лабіринтної моделі, однак вона разом з теорією евристичного пошуку залишаються потужним засобом в арсеналі фахівців зі штучного інтелекту.

Добір потрібних евристик визначається предметною галуззю. Будь-які спроби створити своєрідний *«універсальний розв'язувальник задач»* на основі принципів евристичного програмування тривають. Для вирішення проблем в галузі штучного інтелекту в цілому та, зокрема, в процесі моделювання творчих процесів, типовим підходом є використання евристик під час написання машинних програм. Така ситуація характерна і для комбінаторних задач (наприклад, класична задача комівояжера, дослідження операцій і т.д.), які без використання евристичних прийомів не можуть бути розв'язані.

Суть *семантичної моделі мислення* полягає в тому, що під час будь-якого творчого процесу відбувається співвіднесення структурованих описів початкової і цільової ситуацій. тобто в процесі розв'язування задачі (а не заздалегідь, на початку цього процесу) створюється *«лабіринт можливостей»* [3], в якому і добирається необхідний спосіб розв'язування дослідницької задачі. Семантична модель мислення має пряме відношення до логіко-лінгвістичного моделювання і ситуаційного управління. Було підмічено, що численні ситуації, що спостерігалися в будь-якій предметній галузі, містять деяку кількість *інваріантів*, причому основні структури переносяться з деякими *варіаціями* з однієї предметної галузі в іншу [17].

Дотепер вважаються вирішеними такі проблеми моделювання творчої діяльності: доведення теорем і автоматичний синтез програм; аналіз і синтез текстів і мови, автоматизований переклад; ігрові задачі (шахи, шашки, доміно і т.д.); моделювання мислення; синтез музичних творів; синтез «чарівних казок»; створення орнаментів; ситуаційне управління (прийняття рішень в стресових умовах). Безперечно, в такій ситуації вірність та точність прийнятого рішення цілком і повністю залежить від ґрунтовної попередньої роботи фахівців цієї предметної галузі (математиків і програмістів), пропонуючи на основі ретельного прогнозу усеможливих ситуацій і формалізації варіантів розв'язків задачі. *Відповідальність бере на себе завжди людина, яка обирає той чи інший машинний варіант рішення.*

У дослідженні [3] розглядаються два підходи в процесі розвитку штучного інтелекту: *біонічний* і *прагматичний*. Біонічний підхід пов'язаний з викриттям глибинних біологічних, психічних

механізмів і процесів у людини і спробою змодельовувати їх з використанням ЕОМ або спеціальних автоматів. Сюди відносяться дослідження, пов'язані з проблемою лівої і правої півкуль головного мозку, дослідження асоціативної пам'яті і нейронних мереж. Через зоровий канал людина сприймає приблизно 80% інформаційних повідомлень. Якщо дорослій людині, незрячій від народження, відновити зір, то вона навчиться бачити лише упродовж декількох років. Важливо проаналізувати усе можливі механізми зору людини, взаємодії очей і мозку людини для того, щоб створити досконалі системи розпізнавання зорових образів. Значення біонічного підходу зростає одночасно з виникненням нових ідей в електроніці.

Однак, усі основні досягнення в галузі штучного інтелекту, в тому числі експертних систем, пов'язані з іншим напрямком – *прагматичним*, де машина розглядається як інструмент та усі проблеми психофізіологічного змісту залишаються за межами дослідження. В процесі використання *прагматичного* підходу досягнуто важливих результатів в напрямку моделювання творчих процесів, які є результатом того, що в знання людини з використанням комп'ютера матеріалізовані у вигляді алгоритмів і програм.

Висновки і пропозиції. Важливий елемент нової системи (КОМСДН) – блок формування дидактичних цілей. Необхідно виконати ранжування цілей (не однієї цілі!), тобто здійснити експерименти з системою, уточнити *«мінімальну модель»* для формування можливих експериментальних альтернатив. Мозок людини – це конструкція, створена з метою сприйняття інформаційних повідомлень з навколишнього середовища та власного організму, її трансформації в деяку модель для здійснення опису навколишнього середовища та напрацювання способів дії.

З використанням органів чуттів мозок людини сприймає повідомлення та опрацьовує їх з використанням мільйонів незалежних каналів. Порівняльні дослідження підтверджують, що кількісні відмінності можуть становити 150-370%. Така варіабельність еволюційно-древніх структур суттєво підсилює мінливість мозку та індивідуалізацію поведінки. Безперечно, унікальність головного мозку кожної людини практично гарантована, адже мінливість полів і ядер мозку дає можливість отримати велику різноманітність неповторної роботи органів чуттів, індивідуальної локомоції та асоціативних ідей [3].

В діяльності мозку можна виокремити дві різні форми: свідомість і підсвідомість. Обчислювальні системи, що використовуються в машинному експерименті, представлено як системи, аналогічні мозку людини, який працює лише на рівні підсвідомості. Важливою обставиною також є наявність активного банку даних, що відрізняє свідомість

нашого мозку від обчислювальних систем машинного експерименту. В активному банку даних накопичується інформація про «прецеденти», про досвід вивчення системи в цілому. Після чого ці «прецеденти» використовуються як «таблиця навчання», обираючи із «множини допустимих значень». Ймовірно, подібний процес відбувається в підсвідомості людини, де формується не лише «мінімальна модель», але й інтуїтивні рішення. Все, що відноситься до роботи з «мінімальною моделлю», необхідно вважати прерогативою свідомості, де виникають способи аналізу моделі, виникає наука [13].

Ефективність експериментального дослідження спрямована також на створення оптимальних умов для підвищення рівня фахової підготовки вчителів у контексті використання компонентів КОМСДН, у т.ч. ШІ у освітньому процесі. Проведена ґрунтовна робота у напрямку розроблення науково-методичного і дидактичного забезпечення щодо використання компонентів КОМСДН предметів природничо-математичного циклу [3].

Список використаної літератури:

1. Brodbeck M. Models, Meaning, and Theories. In: Symposium on Sociological Theory, ed. by L. Gross, 1959. P. 370-373.
2. Chao Y. R. Models in linguistics and models in general. In: *Logic, methodology and philosophy of science*. Stanford, 1962. P. 563-564.
3. Гриб'юк О. О. Дослідницьке навчання учнів предметів природничо-математичного циклу з використанням комп'ютерно орієнтованих методичних систем / О. О. Гриб'юк. Монографія. Київ: НПУ імені М. П. Драгоманова, 2019.
4. Hrybiuk O. Problems of expert evaluation in terms of the use of variative models of a computer-oriented learning environment of mathematical and natural science disciplines in schools. In: *Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie*, Zeszyt Nr 79, Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej (WPP), 2019. P. 101-119.
5. Гриб'юк О. О. Педагогічне проектування варіативних моделей комп'ютерно орієнтованих методичних систем дослідницького навчання предметів природничо-математичного циклу з використанням технологій штучного інтелекту. *Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвітній школах : зб. наук. пр. / [редкол.: А.В. Сущенко (голов. ред.) та ін.]*. Одеса : Видавничий дім «Гельветика», 2024. Вип. 92. С. 93-103. <https://doi.org/10.32782/1992-5786.2024.92.15>
6. Hrybiuk O. Improvement of the Educational Process by the Creation of Centers for Intellectual Development and Scientific and Technical Creativity. In: Hamrol A., Kujawińska A., Barraza M. (eds) *Advances in Manufacturing II. MANUFACTURING 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2019. P. 370-382. Springer, Cham Online
7. Гриб'юк О. О. Педагогічне проектування комп'ютерно орієнтованого середовища навчання дисциплін природничо-математичного циклу. *Наукові записки. Випуск 7. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти*. Частина 3. Кіровоград.: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2015. С. 38-50.
8. Гриб'юк О. О. Рівнева модель дослідницького навчання учнів математики з використанням комп'ютерно орієнтованої методичної системи. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 2020. Том 77. № 3. 39-65.
9. Гриб'юк О. О. Перспективи впровадження варіативних моделей комп'ютерно орієнтованого середовища навчання предметів природничо-математичного циклу у загальноосвітніх навчальних закладах України. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету. Серія педагогічна*. Кам'янець-Подільський: КПНУ, 2016. Випуск 22: *Дидактичні механізми дієвого формування компетентнісних якостей майбутніх фахівців фізико-технологічних спеціальностей*. С. 184-190.
10. Гриб'юк О. О. Комп'ютерне моделювання та робототехніка в навчально-виховному процесі сучасного навчального закладу. / Гриб'юк О.О. // *Сьома міжнародна науково-практична конференція FOSS Lviv-2017: Збірник наукових праць*, 27-30 квітня 2017 року, м. Львів. С. 38-43. ISBN 978-966-2598-86-5.
11. Hrybiuk O. Experience in Implementing Computer-Oriented Methodological Systems of Natural Science and Mathematics Research Learning in Ukrainian Educational Institutions. In: Machado J., Soares F. (eds) *Innovations in Mechatronics Engineering. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2022. P. 55-68. Springer, Cham Online.
12. Гриб'юк О. О. Імерсивні технології в освіті: особливості когнітивного розвитку дитини у віртуальному середовищі в процесі дослідницького навчання. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми: збірник наукових праць*. Київ-Вінниця: ТОВ Фірма «Планер», 2020.
13. Hrybiuk O. Mathematical modeling as a means and method of problem solving in teaching subjects of branches of mathematics, biology and chemistry. In: *Proceedings of the First International conference on Eurasian scientific development*. «East West» Association for Advanced Studies and

- Higher Education GmbH. Vienna. 2014. P. 46-53.
14. Hrybiuk O., Vedishcheva O. Experimental Teaching of Robotics in the Context of Manufacturing 4.0: Effective Use of Modules of the Model Program of Environmental Research Teaching in the Working Process of the Centers "Clever". In: , et al. *Innovations in Mechatronics Engineering II. icieng 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. 2022.* https://doi.org/10.1007/978-3-031-09385-2_20
 15. Гриб'юк О. О. Математичне моделювання при навчанні дисциплін математичного та хіміко-біологічного циклів: навчально-методичний посібник для учителів. Рівне: РДГУ, 2010. 207 с.
 16. Hrybiuk Olena. Engineering in Educational Institutions: Standards for Arduino Robots as an Opportunity to Occupy an Important Niche in Educational Robotics in the Context of Manufacturing 4.0. In: *Proceedings of the 16th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer. Volume 27-32, 2020. P. 770-785.*
 17. Гриб'юк О. О. Використання технологій штучного інтелекту вчителями математики в процесі дослідницького навчання для мотивації навчально-пізнавальної діяльності учнів: виклики, загрози та перспективи. Педагогічна інноватика: сучасність та перспективи. Одеса : Видавничий дім «Гельветика», 2024. Вип. 4. С. 116-126. <https://doi.org/10.32782/ped-uzhnu/2024-4-18>.

Hrybiuk O. Variability of modelling of creative processes in the framework of research-based teaching of subjects of the natural-mathematical cycle with pedagogically balanced and methodologically motivated use of artificial intelligence technologies

The study presents in detail the variability of modelling of creative processes of students with pedagogically balanced and methodologically motivated use of computer-oriented methodological systems of research teaching (COMSRL) of subjects of natural and mathematical cycle, including the use of artificial intelligence technologies. Different levels of description of COMSRL components, types of computer modelling for creation of artificial intelligence systems are identified. The requirements and the system of tasks related to the use of the studied systems of COMSDN are developed, the stages and principles of computer modelling are specified. Mathematical modelling as a means of exploratory learning in the educational process rationalises it and activates the cognitive activity of students. Thanks to this, not only a specific learning task is solved, but also the student's development is realised. The multidimensionality of training with the use of computer modelling is taken into account by combining informational, psychological and didactic aspects. The choice of the right heuristics is made taking into account the subject area. The study considers bionic and pragmatic approaches in the process of developing artificial intelligence in the process of exploratory learning. When studying the topics of the school mathematics programme, it is advisable for the teacher to plan to introduce the students to models, which make it possible to visualise the characteristics of the modelled objects, in particular their structure and relationships. The knowledge acquired about different types of models becomes a means for students to solve research problems in general and ecological content in particular. In the classification of mathematical concepts, it is possible to involve students in the creation of models (tables, graphs, diagrams, etc.) in order to establish existing links between a number of concepts of a topic or section using artificial intelligence technologies. The effectiveness of the experimental study is also aimed at creating optimal conditions for improving the level of professional training of teachers in the context of using the components of COMSRL. The data obtained in the course of the experimental study were used for the implementation of the selection of methods, techniques and tools for research-based teaching of subjects of the science and mathematics cycle.

Key words: mathematical modeling, artificial intelligence, research training, variable models, computer-oriented methodological system of research education, teaching methodologies and assessment, COMSRL.