

Гриб'юк Олена Олександрівна,

ORCID ID: 0000-0003-3402-0520

*кандидат педагогічних наук, старший дослідник,**провідний науковий співробітник,**доцент кафедри комп'ютерних наук та інженерії програмного забезпечення**Інститут цифровізації освіти НАПН України*

МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ПЕДАГОГІЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ КОМСДН І ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В НАВЧАННІ МАТЕМАТИКИ: ТРАНСФОРМАЦІЯ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ ЧЕРЕЗ ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

METHODOLOGICAL FOUNDATIONS OF THE PEDAGOGICAL DESIGN OF CSDN AND THE COMSRL OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGY IN TEACHING MATHEMATICS: TRANSFORMING OF THE LEARNING PROCESS THROUGH INNOVATIVE TECHNOLOGIES

У дослідженні пропонуються розроблені методичні основи педагогічного проектування КОМСДН із виваженим використанням технологій штучного інтелекту в процесі дослідницького навчання математики, трансформуючи навчальний процес через інноваційні технології у контексті вмотивованого використання педагогами. У рамках дослідження аналізується доцільність використання методів і алгоритмів ШІ, призначених для розв'язування дослідницьких задач. Пропонуються компоненти методичної системи навчання предметів математичного циклу КОМСДН, а також розглядаються ефективні методи та стратегії щодо ефективного застосування ШІ для вирішення дослідницьких завдань. Розглядаються переваги та недоліки використання ШІ в процесі дослідницького навчання предметів математичного циклу та пропонується апробована авторська функціонально-структурна модель учбової діяльності в процесі дослідницького навчання математики з використанням КОМСДН ШІ. Одним із найефективніших підходів у галузі штучного інтелекту, який ґрунтується на використанні алгоритмів і моделей для навчання комп'ютера задля вирішення складних дослідницьких завдань (класифікації, прогнозування та оптимізації), розглядається машинне навчання. Завдяки такому підходу забезпечується можливість використання комп'ютерних систем самостійно «навчатися» на основі великих обсягів даних і досвіду, що робить його здатним до самополіпшення і постійного розвитку, виявляючи необхідні закономірності та шаблони в цих даних, умови для розширення і поглиблення змісту фундаментальної математичної освіти, а й сприяє інтенсифікації процесу навчання, його результативності, інтелектуальному розвитку учнів. Розглядається апробована авторська модель діяльності учіння із урахуванням операційних компонентів процесу учіння на стадії виникнення первинного умінь у процесі дослідницького навчання математики. Дослідницький підхід із виваженим використанням КОМСДН впливає на всі компоненти методичної системи навчання математики: цілі, зміст, форми, методи, засоби дослідницького навчання предметів математичного циклу.

Ключові слова: дослідницьке навчання, штучний інтелект, машинне навчання, нейронні мережі, дидактика математики, інноваційні стратегії, варіативні моделі, КОМСДН, ШІ.

The study proposes a methodological framework for the pedagogical design of COMSRL, incorporating the strategic use of AI technologies in research-based mathematics teaching. The framework aims to transform the learning process by applying technology in innovative ways that are driven by educators' motivations. The study analyses the feasibility of using AI methods and algorithms to solve research problems. It suggests components of a methodological system for teaching COMSRL mathematics subjects and discusses effective methods and strategies for using AI to solve research problems. The advantages and disadvantages of using AI in exploratory mathematics teaching are considered, and the author proposes a functional-structural model of learning activity that has been tested in exploratory mathematics teaching using COMSRL AI. Machine learning uses algorithms and models to teach computers to solve complex research problems, such as classification, prediction, and optimisation. It is considered one of the most effective approaches in artificial intelligence. This approach enables computer systems to 'learn' independently from large volumes of data, facilitating continuous improvement and development. It reveals necessary patterns and regularities in the data, thereby broadening and deepening the scope of fundamental mathematical education. It also intensifies the learning process, improving its effectiveness and students' intellectual development. The author's tried-and-tested teaching model is examined in the context of the operational components of the teaching process during the initial stage of acquiring exploratory

mathematics skills. The COMSLR research approach influences all components of the methodological system for teaching mathematics, including its objectives, content, approaches, methods and resources. Integrating COMSRL AI into the learning process creates conditions that facilitate the integration of academic disciplines, intensify learning, and enable personalisation. Therefore, studying algebra, analysis and geometry in a visual and intuitive way using COMSRL AI helps students to understand key mathematical concepts and develop their creativity.

Key words: research-based learning, artificial intelligence, machine learning, neural networks, didactics of mathematics, innovative strategies, variational models, COMSRL, AI.

Постановка проблеми. Швидке розширення поля наукових досліджень, бажання знаходити кількісні закономірності явищ, систематичне вивчення оточуючого нас світу привело до посилення ролі математичних методів дослідження. Математика все ширше і глибше входить в арсенал засобів пізнання, яким і користується людина в різноманітних сферах своєї діяльності. Цей процес одержав назву математизації. Проте математизація не могла б мати свого сучасного значення, якби серед повідомлень, що стосуються суміжних наук, продовжували переважати тільки повідомлення про математичні методи без даних про сучасні технічні можливості їх використання [9, с. 357]. За останні роки штучний інтелект стрімко увійшов у наше життя. Штучний інтелект (ШІ) – це сукупність технологій і методів, які дають змогу комп'ютерним системам аналізувати, розуміти й ухвалювати рішення на основі даних, у результаті чого відкриваються величезні можливості для вирішення дослідницьких завдань. Уже створено фундамент для усвідомлення механізмів мислення, ролі діяльності, комунікацій і діалогу в процесі дослідницького навчання, що послужило основою для сучасних психолого-педагогічних теорій навчання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дотепер існує небезпека зниження рівня освіти, а відтак відчувається нагальна потреба в розробці нових методичних систем навчання математики, зокрема, і на основі сучасних КОМСДН ШІ [1, с. 120]. У підручниках недостатня увага приділяється побудові та дослідженню найпростіших математичних моделей реальних явищ і процесів [2, с. 33]. Запропоновані задачі є недостатнім підґрунтям для реалізації у навчанні прикладної спрямованості навчання математики щодо математичного виховання учнів. В програмах, підручниках і методичних посібниках для вчителів питання експериментальної математичної освіти ще не знайшли належного відображення, тому в практиці навчання математики їх вирішення залишається справою окремих вчителів-ентузіастів. Математична освіта в сучасних умовах відіграє особливу роль у навчанні школярів в галузі математики, інформатики, комп'ютерних та

інформаційних технологій, економіки, екології як у плані формування певного рівня математичної культури, інтелектуального розвитку, так і в плані формування наукового світогляду, розуміння сутності прикладної спрямованості математичних дисциплін, оволодіння методом математичного моделювання [2, с. 176]. Нескінченні набори даних являють собою математичну абстракцію. Подібні дослідження, що вказують на фундаментальні межі алгоритмічного «мислення», дуже важливі для розуміння перспектив розроблення систем штучного інтелекту, а в кінцевому підсумку – для розуміння феномена людського розуму [5, с. 45]. Технології проникають в глибини математики, впливають на стиль, зміст і методи математичних досліджень. Питання про те, чи досягає успіху алгоритм машинного навчання, виявилось фундаментально нерозв'язним [6, с. 277]. Учні опрацьовують великий обсяг теоретичного матеріалу, здобувають необхідні знання, уміння і навички щодо розв'язування типових математичних задач. Однак, потрапляючи до реального середовища професійної діяльності, вони, як правило, не можуть застосувати отримані знання про існуючі методи і алгоритми пошуку оптимальних розв'язків задач. Невідповідність великого обсягу теоретичного матеріалу умінню використовувати його в нестандартних ситуаціях загострює протиріччя між репродуктивними і розвиваючими методами навчання. Різноманітні сучасні дидактичні засоби підтримки навчального процесу є одним з найважливіших інструментів у роботі вчителів математики. Дотепер актуальною залишається недостатньо досліджена проблема педагогічно виваженого та методично доцільного використання ШІ у процесі навчання математики. Одним із найефективніших підходів у галузі штучного інтелекту, який ґрунтується на використанні алгоритмів і моделей для навчання комп'ютера задля вирішення складних дослідницьких завдань (класифікації, прогнозування та оптимізації), розглядається машинне навчання. Завдяки такому підходу забезпечується можливість використання комп'ютерних систем самостійно «навчатися» на основі великих обсягів даних і досвіду, що робить його здатним до самополіпшення і постійного розвитку,

виявляючи необхідні закономірності та шаблони в цих даних. умови для розширення і поглиблення змісту фундаментальної математичної освіти, а й сприяє інтенсифікації процесу навчання, його результативності, інтелектуальному розвитку учнів. Дослідницький підхід із їх використанням впливає на всі компоненти методичної системи навчання математики: цілі, зміст, форми, методи, засоби навчання. Ці питання тільки починають активно досліджуватися в усьому світі, але вже зрозуміло, що саме такий підхід є одним із найпотужніших напрямів удосконалення математичної освіти. Математичні поняття, аксіоми, теореми і теорії мають своїм джерелом реальність. Дослідження реальності за допомогою комп'ютерного та математичного моделювання стають необхідною складовою навчально-пізнавальної діяльності [2, с. 554]. Навчання математики має відбивати діалектику пізнання дійсності та побудови математичних теорій на основі практики. При цьому не слід забувати принципову відмінність математичних дисциплін від природничих – критерій істинності: для природничих дисциплін критерієм істинності є практика, відповідність результатів експериментам; для математики критерієм істинності тверджень є їх вивідність на основі послідовного використання дедуктивного методу. Необхідно виховувати в учнів вміння бачити та застосовувати математику в реальному житті, розуміти зміст і метод математичного моделювання, уміти будувати математичну, зокрема, комп'ютерну модель, досліджувати її методами математики з використанням сучасних ІКТ, інтерпретувати отримані результати, оцінювати похибки обчислень [3, с. 95]. Машинне навчання і штучний інтелект не є синонімами. З наукового погляду, ШІ є загальним поняттям для всіх технологій та інструментів, що використовуються задля забезпечення можливості комп'ютерам розв'язувати задачі, які зазвичай виконує людина. Машинне навчання – це частина ШІ, яка включає в себе алгоритми, здатні до «навчання». Іншим важливим методом є глибоке навчання, яке ґрунтується на нейронних мережах. Глибоке навчання дає змогу штучним нейронним мережам обробляти й аналізувати дані, імітуючи роботу мозку людини, що дає змогу досягти високої точності та ефективності у розв'язанні складних завдань – розпізнавання образів і обробки природної мови. Аналіз психологічної, педагогічної, методичної і наукової свідчить про те, що незважаючи на значну кількість досліджень, поки ще не існує закінченої методичної системи, орієнтованої

на використання сучасних ІКТ при навчанні математики. Разом з тим проблема впровадження КОМСДН в процес навчання вимагає подальшої конкретизації і розробки [4, с. 57].

Мета дослідження полягає у розробленні методичних основ педагогічного проектування КОМСДН із виваженим використанням технологій штучного інтелекту в процесі дослідницького навчання математики, трансформуючи навчальний процес через інноваційні технології у контексті вмотивованого використання педагогами. У рамках дослідження аналізується доцільність використання методів і алгоритмів ШІ, призначених для розв'язування дослідницьких задач. У дослідженні пропонуються компоненти методичної системи навчання предметів математичного циклу КОМСДН, а також розглядаються ефективні методи і стратегії, які допоможуть ефективно застосувати ШІ для вирішення дослідницьких завдань в освітньому процесі.

Виклад основного матеріалу. Розвиток математики і математизація наукового пізнання, пов'язані з цим успіхи в провідних сферах людського пізнання створили уявлення про математику як мову науки. Стає загальноприйнятим визначення математики як науки про структури математичних об'єктів, що дозволяє розглядати її як якісний метод дослідження. При цьому математика може бути використана скрізь, де знання організовані у вигляді функціонально-структурної системи з достатньою повнотою і вірогідністю. Особливістю математики є універсальність її застосувань у будь-якій галузі, де можна побудувати математичну модель дослідницької задачі. У рамках дослідження [8, с. 63] розроблено та апробовано функціонально-структурну модель учбової діяльності в процесі дослідницького навчання математики з використанням КОМСДН ШІ із достатньою повнотою і вірогідністю (рис. 1).

Наука дає результат, відповідно до постановки задачі, з вказаною точністю [10, с. 377]. Математичні методи вже давно стали необхідним засобом проектування технічних систем і добору найбільш перспективних, економічно і екологічно ефективних в даних умовах. Математика в наші дні перетворилась у виробничу силу суспільства і тепер там, де переважав якісний підхід до вивчення явищ і процесів, починають досліджуватись кількісні закономірності, використовуючи математичні методи дослідження. При цьому, чим величніші задуми, тим більш значною стає роль математики, а також вплив саме математичних досліджень. Використання КОМСДН ШІ у навчальному

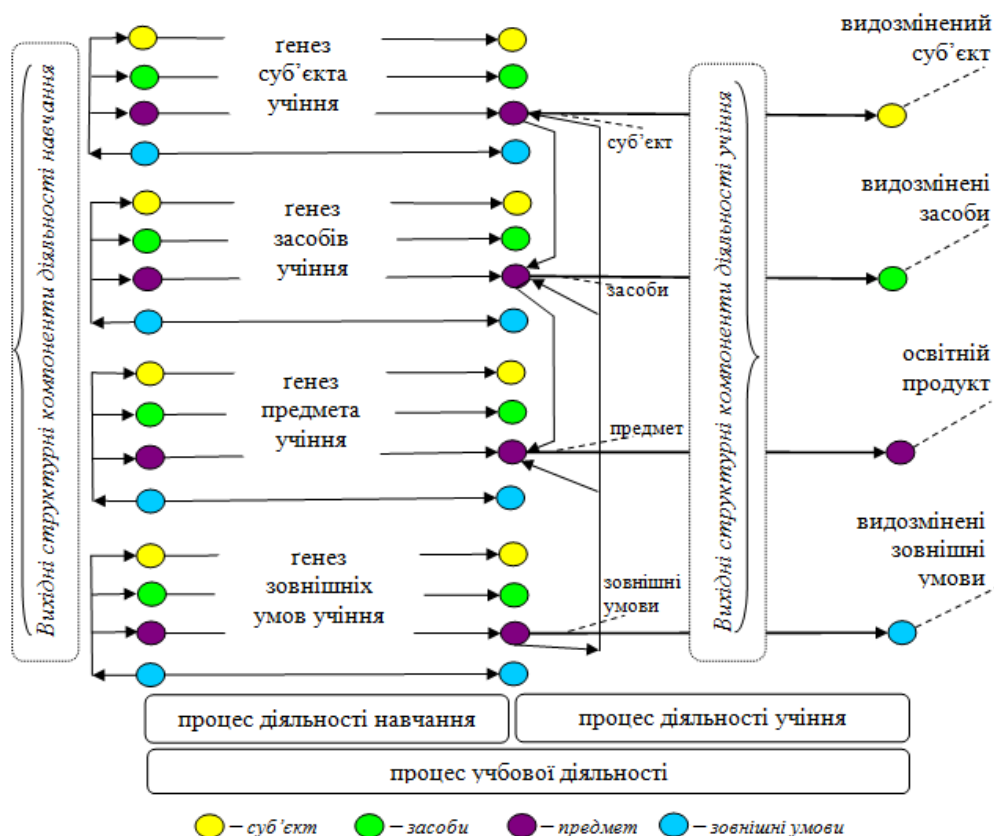


Рис. 1. Функціонально-структурна модель учбової діяльності в процесі дослідницького навчання математики з використанням КОМСДН III

процесі створює нові умови інтеграції навчальних дисциплін, інтенсифікації навчального процесу та індивідуалізації навчання. Так, використання КОМСДН при вивченні курсу алгебри і початків аналізу, геометрії сприяє якісному формуванню провідних понять математичного аналізу на наочно-інтуїтивному рівні, розвитку творчих здібностей учнів.

Отже, протиріччя між об'єктивною необхідністю розвитку прийомів розумової діяльності учнів і перспективами використання КОМСДН та відсутністю конкретних методик навчання на основі III складають актуальну, соціально значиму проблему, дослідження і розв'язування якої сьогодні є незавершеним. Важливо побудувати вивчення курсу математики, щоб учні наочно переконалися в постійному розвитку математики під впливом практики. Адже практика для розв'язування своїх чергових задач постійно вимагає розвитку математики, її методів та ідей. Оскільки практичне життя буде вимагати постійного вдосконалення і створення нових технічних систем, способів обробки ґрунту, лікування хвороб, неперервної уваги до проблем екології, математика буде одержувати все нові і нові задачі від різних галузей життєвої практики. Перш за все необхідно дати учням чітке

уявлення про місце математичних знань і методів дослідження в житті, в практиці. Це обов'язково приводить до необхідності ознайомлення школярів із значенням математичного моделювання при вивченні різноманітних явищ і процесів. Перед тим, як приступити до математичного розв'язування задачі, потрібно розробити модель явища, що вивчається. Це важливо, оскільки нам тоді відомо, в яких умовах знаходиться розв'язування, і в тому випадку, якщо воно виявляється незадовільним або недостатньо задовільним, можна змінювати модель, наближуючи її до реального явища.

Проте потрібно особливу увагу звернути на специфіку використання математичних знань. Відомо, що процес використання математики поділяється на три етапи: етап формалізації, тобто побудови математичної моделі; етап внутрішньо-модельного розв'язування задачі; етап інтерпретації, на якому одержане математичне розв'язування подається мовою вихідної ситуації і вже на ньому змістовно інтерпретується.

Важливо, що перший етап вимагає від школярів ґрунтового знання законів природознавства, щоб вміти грамотно будувати математичні моделі, використовуючи виявлені кількісні закономірності дослідницької задачі.

У ході експериментального дослідження нами встановлено, що основна увага в шкільній математиці звертається на прищеплення навичок внутрішньомодельного розв'язування задач, перший та третій етапи залишаються в тіні. Для посилення політехнічного спрямування вивчення математики необхідно підвищити увагу саме до етапів формалізації та інтерпретації, не обмежуючи всю справу лише розв'язуванням сюжетних задач. Проблему математичної освіти в школі не можна зводити тільки до формування в учнів знань і навичок з конкретного предмету. Перед вчителями математики стоїть ще одна, не менш важлива задача – реалізація можливостей використання особливостей навчання свого предмета для розвитку учнів. У практиці роботи вчителів математики прийоми та методи досягнення навчальних цілей проявляються набагато яскравіше та помітніше, ніж прийоми та методи, спрямовані на досягнення виховних цілей. Навчально-виховний процес у школі є «відкритою системою», оскільки на нього безпосередньо впливає зовнішнє суспільне середовище. Проте основні його результати формуються і досягаються здебільшого на уроках, під час розв'язування задач. Тому так гостро стоїть питання вичленення і досягнення виховних цілей уроків. Виховання школярів – проблема багатогранна. Нас цікавили, насамперед, недостатньо вивчені її аспекти, пов'язані з математичним вихованням. У рамках дослідження [3, с. 98] виокремлено такі основні функції задач: пізнавальні, розвиваючі, прикладні, але особливою функцією є навчання розв'язування дослідницьких задач. Послідовна соціалізація навчання математики виводить навчання на розгляд багатьох сторін життя, тісно пов'язаних не тільки з економікою, культурою, але й з екологією. У вчителя математики відкриваються можливості безпосереднього впливу на формування певного погляду на дійсність. Впровадження соціальних проблем в коло питань, що досліджуються математичною освітою, важливе. При цьому в загальній структурі і об'ємі навчального матеріалу такий аспект не може не займати підпорядкованого місця. Навчання шкільної математики надає учневі математичні знання і способи їх застосування до розв'язування реальних проблем. Щоб побудувати математичну модель, потрібно навчитися перекладати умови задач на математичну мову. Поширене формулювання завдань, характерне для методу моделювання, звучить наступним чином: переклади умову задачі математичною мовою; побудуй математичну модель задачі та розв'яжи її.

Очевидно, що після переведення задачі на математичну мову пошук розв'язків зводиться до роботи з математичними моделями – до обчислень, перетворень. В процесі навчання розрізняють етапи процесу математичного моделювання, а згідно з цими етапами виділяють етапи розв'язування задач за допомогою рівнянь, нерівностей і систем. Велику увагу приділяють етапу формалізації, що викликає у школярів найбільші труднощі при розв'язуванні задач. Хід розвитку інформатики як науки свідчить про те, що математика була не тільки материнською наукою для інформатики, але й сама інформатика в міру свого становлення і відокремлення в своїх основах і методах неухильно математизується. З'являється все більше і більше свідчень того, що методи інформатики, інформаційні технології проникають у глибини математики, впливають на деякі риси стилю, техніки і змісту математичних досліджень. Це стоїть, в першу чергу, використання математичних моделей та компонентів КОМСДН як одного з найпотужніших засобів пізнання реального світу для дослідження об'єктів дійсності, розв'язування задач, що виникають у різних сферах діяльності людини. Тому не випадково побудові математичних моделей та їх дослідженню за допомогою КОМСДН приділяється значна увага.

Встановлено, що в навчальних посібниках переважають два основні підходи до формування цілісної картини світу на уроках математики: засвоєння й використання комп'ютера для збирання, зберігання, опрацювання даних, що повинен засвоїти учень, надбання системи знань, відновлення зв'язків із реальним світом та розвиток інтелектуального й етичного потенціалів школярів. В умовах раціонального поєднання різних форм дослідницького навчання на основі КОМСДН підвищується ефективність використання організаційних форм активного навчання, розвиток самостійності учнів, подальше унаочнення абстрактних математичних понять, збільшення арсеналу засобів пізнавальної діяльності, опанування сучасними методами наукового пізнання, розширення кола задач і дослідницьких робіт.

Для комп'ютерної підтримки курсу математики нами використовувались компоненти КОМСДН, прості у користуванні, оснащені зручним інтерфейсом, контекстно-чутливою допомогою, що не потребують від користувача значного обсягу спеціальних знань з інформатики та програмування. Під час використання КОМСДН вчитель не тільки може продемонструвати різні способи розв'язування дослідницьких задач, але й провести

паралельне порівняння графічного й аналітичного способів відшукування розв'язків, в основі яких лежать різні математичні моделі.

Одним із прийомів навчання школярів виділяти суттєве є організація дослідницького навчання, при якій учні раніше засвоюють найважливіші теоретичні положення теми на одному – двох прикладах, а потім переходять до їх застосування на конкретному фактичному матеріалі. Для того, щоб навчити учнів виділяти суттєве у поняттях, слід варіювати несуттєвими ознаками при зберіганні суттєвих, наприклад, змінювати зміст задач, залишаючи питання задачі незмінним. Суттєве у розв'язаній задачі – це правило-орієнтир розв'язування задач даного типу. Використання програмних засобів надає можливість не тільки економити час, а й зосередити увагу учнів на головному – аналізі змісту задачі з метою виявлення суттєвих ознак, що досліджуються, фігуруючих в них об'єктів або явищ. Обґрунтоване використання КОМСДН надає можливість швидше і на високому рівні формувати в учнів прийом порівняння. Компоненти КОМСДН можна використовувати як при ознайомленні, засвоєнні прийому порівняння, так і при розв'язуванні задач, які потребують виконання цих операцій. Розв'язування задач учні повинні починати з порівняння умов нової і раніше розв'язаної задачі. Після цього слід переходити до з'ясування, чи придатний спосіб розв'язування попередньої задачі до даної. Комп'ютерні програми виконують роль інструмента, використання якого надає можливість учням швидко і правильно провести порівняння.

Використання компонентів КОМСДН для розв'язування математичних задач певною мірою надає можливість розв'язати принаймні дві освітні цілі: учні оволодівають стійкими навичками роботи з комп'ютером, що є важливим кроком на шляху до швидкого оволодіння новими програмними засобами, бажанням їх використовувати, повністю реалізуючи переваги їх застосування; значно підвищується та стимулюється навчально-пізнавальна діяльність учнів, що пов'язано з можливістю візуалізації складних математичних понять; самостійне проведення різноманітних комп'ютерних експериментів дозволяє набути нових пізнавальних навичок, веде до виникнення потреби у набутті нових знань. Зрозуміло, що навчання і розвиток математичної творчості має відбуватися переважно на програмному навчальному матеріалі з математики, однак, варто застосовувати

спеціально побудовану систему дослідницьких задач і вправ. Таку систему задач можна будувати на основі використання КОМСДН, але необхідно знайти певні межі їх використання, в яких педагогічно виважене застосування таких технологій в процесі навчання буде сприяти покращенню існуючої математичної освіти, а не підміняти її. Саме в процесі дослідницького навчання математики можна впевнено і ефективно використовувати комп'ютер на уроках, бо учням вже знайомі прийоми роботи на ньому, а курс має велику кількість тем, що можуть бути збагачені і методично краще подані в умовах використання КОМСДН ІІІ.

Відбувається не тільки аналіз, як з того, що вимагається знайти в задачі, вийти на те, що дано в умові задачі, але й співвідношення між алгоритмом розв'язування задачі та можливостями використання відповідних існуючих комп'ютерних програм при розв'язуванні поставленої задачі.

Творча діяльність може носити пошуково-дослідницький характер не тільки під час розв'язування задач, що стало звичним у шкільній практиці, а й у процесі введення понять, формулювання проблем, узагальнення, систематизації матеріалу, у процесі моделювання, проведення аналогій. На уроках в експериментальних класах для мотивації вивчення поняття похідної, інтегралу ми пропонували учням цікаві задачі, які за допомогою комп'ютерних програм не тільки яскраво унаочнювалися, а й за короткий час без рутинних обчислень були розв'язані.

Використання КОМСДН дало можливість в експериментальних класах супроводжувати пояснення матеріалу розв'язуванням дослідницьких задач, прикладів з життєвої практики. Такий шлях вивчення нового матеріалу в порівнянні з поданням теоретичного матеріалу без супроводу задач сприяє створенню позитивного емоційного фону у дослідницькому навчанні. У процесі застосування засвоєних знань в експериментальних класах ми використовували диференційований підхід. Особливість такої роботи з використанням комп'ютера полягає у тому, що групи учнів отримують не тільки різні завдання, як при традиційному навчанні, але й можуть використовувати різні методи розв'язування задач. Для більшості учнів спочатку пропонувалися елементарні завдання, які були спрямовані на розпізнавання вивченого поняття, на встановлення взаємозв'язків з іншими поняттями, на застосування отриманих навичок. Використання на цьому етапі комп'ютерних програм дозволило економити час.

В процесі розв'язування задач на застосування отриманих знань та навичок при використанні КОМСДН ми намагалися створювати такі ситуації, при яких учні мали змогу розширювати свої знання, відкривати нові факти [10, с. 380].

Завдяки розв'язуванню дослідницьких задач є можливість приділити більше уваги світоглядній функції, пов'язаній з розумінням внеску предмета у формування наукової картини світу, з розкриттям ролі інформаційних процесів у живій природі, техніці, суспільстві, з демонстрацією значення математичних методів для аналізу та прогнозування розвитку виробництва. Зв'язок математики з іншими науками здійснюється, в основному, через математичне моделювання явищ та процесів і статистичний аналіз одержаних експериментальних даних. Розвиток нових тенденцій потребують від сучасної молоді володіння новітніми науковими відомостями. З цього приводу в експериментальних класах ми розглянули можливість застосування апарату математичного аналізу до розв'язування задач на екологічні теми. Особливу увагу слід звернути на те, що дослідницькі задачі можна використовувати при вивченні багатьох тем шкільного курсу математики. Дослідницькі задачі – це засіб розвитку математичного виховання, розв'язування яких сприяє виробленню математичної культури учнів, візуалізації процесу застосування математичних понять до розв'язування задач, що виникають на практиці (формалізація, розв'язування задачі в рамках побудованої моделі, інтерпретація результатів).

Поєднання традиційних технологій навчання та компонентів КОМСДН III ефективно у відповідності до наступних принципів: використовувати III для підтримки розв'язування творчих та дослідницьких задач, набуття якісно нових знань; зміна стосунків між учасниками навчального процесу: учителі і учні стають співучасниками процесу навчання математики; реалізовувати можливості використання комп'ютерної техніки для подання начального матеріалу у різних видах; підвищення вимог до обізнаності учителів у предметі; посилюється самостійність і активність учнів у навчанні з урахуванням операційних компонентів процесу учіння на стадії виникнення первинного уміння. Велику роль відіграє правильний добір організаційних форм навчальної діяльності. Для учнів з низькою наукованістю достатньо забезпечити індивідуальний підхід в умовах фронтальної роботи з класом, для інших ефективно показала себе групова робота, при якій діти отримують завдання різних ступенів складності і завдяки спілкуванню не тільки розв'язують дослідницькі задачі, але

й заповнюють прогалини в отриманих знаннях. Учні повинні усвідомити, що комп'ютер з відповідним програмним забезпеченням – один із засобів, за допомогою якого може бути знайдений шлях до розв'язування задачі, але його використання не позбавляє від необхідності вивчення термінів, фактів та правил, закономірностей, дослідження отриманих за допомогою комп'ютера результатів, їх узагальнення. У рамках дослідження апробовано модель діяльності учіння із урахуванням операційних компонентів процесу учіння на стадії виникнення первинного уміння (рис. 2).

Педагогічні програмні засоби можуть містити в собі ряд недоліків, пов'язані з розробкою програмного забезпечення, що побудоване без врахування дидактичних принципів навчання, недоліками комп'ютера як технічної системи або недостатньою дослідженістю психолого-педагогічних проблем. Аналіз цих недоліків вказує на те, що їх причини умовно можна поділити на дві основні групи: недоліки програмного забезпечення, помилки пов'язані з алгоритмами опрацювання даних; помилки користувача, пов'язані з рівнем його знань та навичок. Вчитель, зосереджуючи увагу учнів на аналізі подібних задач та помилок, що виникають при їх розв'язуванні, формує в учнів уявлення про те, що комп'ютер є лише одним із засобів навчання і ніяк не може повністю замінити людину при розв'язуванні дослідницьких задач. Це не тільки додає учням впевненості у своїх силах і знаннях, але й стимулює їх до вивчення навчального матеріалу. Підвищення теоретичного рівня знань з математики ефективно здійснюється при застосуванні у навчанні компонентів КОМСДН, що обумовлюється: можливостями реалізації графічних побудов з використанням КОМСДН і значенням, яке мають графічні образи для навчання, наукового пізнання; можливостями використання КОМСДН для дослідження математичних моделей, проведення обчислювального експерименту, виконання аналітичних перетворень, а також для ознайомлення учнів з цими сучасними методами наукового пізнання. Отже, пізнавальний інтерес в межах визначеної предметної галузі доцільно розглядати як вибіркочу направленість дитини, звернену до пізнання, до її предметної сторони і самого процесу оволодіння знаннями, яка в своєму розвитку характеризується періодичністю визначених циклів, кожний з яких складає завершений акт пізнання і містить чотири стадії [9, с. 353]. Характерною особливістю розвитку пізнавального інтересу є та, що досягти вищих стадій, обминувши початкові,

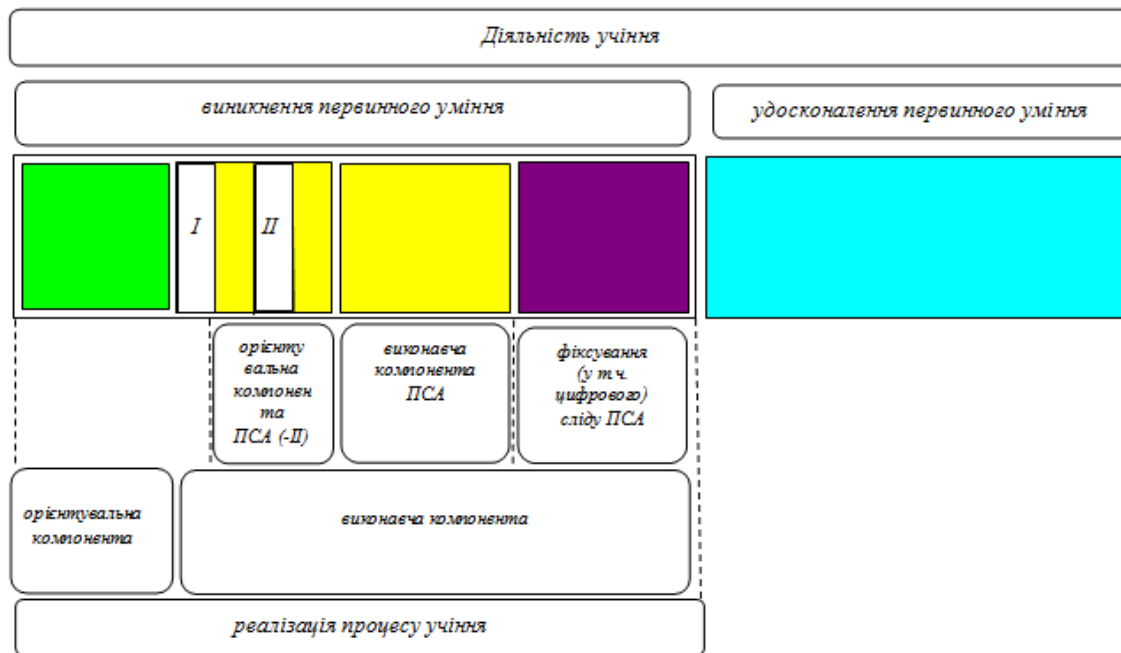


Рис. 2. Модель діяльності учіння із урахуванням операційних компонентів процесу учіння на стадії виникнення первинного уміння

неможливо. Крім того, отримати позитивний результат, коли кожна попередня стадія чітко виражена і дієва, а також слугує стимулом наступній, вдається далеко не завжди. Вирішальними виступають шляхи і фактори активізації переходу до більш вищих стадій пізнавального інтересу, що досягається вмілою та ефективною організацією навчального процесу. Вивчення структурних компонентів дослідницької діяльності і передумов формування переконань дає змогу сформулювати вимоги не тільки до добору змісту матеріалу, а й до організації діяльності учнів під час засвоєння елементів знань на уроках математики. Добір повинен забезпечувати обґрунтоване підведення учнів до свідомого засвоєння ідей. Це може відбутися як в процесі пояснення навчального матеріалу, так і в процесі його засвоєння учнями.

З методів вивчення матеріалу найбільш придатними є ті, що засновані на логічних умовиводах: індукції і дедукції. Індуктивний метод пояснення ґрунтується на такому підході до подання екологічного матеріалу, в якому реалізується перехід від конкретних фактів до загальних положень; дедуктивному – характерний перехід від загальних положень до конкретних випадків. Враховуючи, що використання ІІІ на уроках математики не є основним, а тільки пов'язаний з ним логічно, у доборі методів навчання повинен переважати індуктивний метод.

Методи навчання, які застосовує вчитель для формування переконань учнів, повинні добиратися

так, щоб забезпечувати активну пізнавальну діяльність учнів протягом усього процесу засвоєння екологічних знань. У зв'язку з цим головне місце повинні зайняти проблемно-пошукові методи. Враховуючи, що в процесі навчання математики не завжди проблемний метод може використовуватися з успіхом, оскільки він потребує спеціальної підготовки учнів (високого рівня сформованості процесів мислення), можуть бути використані, наприклад, такі частково-пошукові завдання: на передбачення наслідків впливу обраних факторів; на планування дослідження; на домислення навчальних ситуацій; на пояснення ситуації; на вибір раціонального засобу використання природних ресурсів; на передбачення наслідків своєї діяльності чи діяльності інших людей. При плануванні дослідницького навчання на уроках математики добір методів навчання повинен здійснюватися так, щоб забезпечувати високий ступінь самостійності учнів під час виконання завдань з екологічної тематики. Поряд з методами організації навчальної діяльності під керівництвом вчителя потрібно застосовувати методи самостійної роботи учнів. Перевагу повинні мати: робота з літературою та довідковим матеріалом; підготовка рефератів і повідомлень; складання і розв'язування задач на основі фактичного матеріалу; виконання завдань дослідницького характеру.

Вимогою до добору методів навчання є необхідність на їх основі стимулювання інтересу

до математичного матеріалу, сприяння розвитку мотивації природоохоронної діяльності учнів. Значною мірою реалізації цих вимог відповідають пізнавальні ігри (ділові, рольові), навчальні дискусії, створення емоційно-моральних ситуацій. Робота може реалізовуватись у позаурочний час, в системі самонавчання, маючи не лише прикладний, але й пізнавальний, дослідницький характер.

У рамках експериментального дослідження [8, с. 58] спостерігалися різноманітні позитивні та негативні тенденції, ефекти та загрози щодо використання ІІІ в процесі навчання загалом і математики зокрема. Перший крок у розв'язанні дослідницького завдання полягав у виокремленні його суті та основних критерії успішного розв'язання, після чого збиралися та опрацьовувалися всі доступні дані. На підставі ґрунтового аналізу результатів вдалося точно зрозуміти проблему і знайти оптимальне рішення, у тому числі з використанням засобів ІІІ, який здатен опрацьовувати й аналізувати великі обсяги даних набагато швидше й точніше, ніж це робить людина. Основа застосування моделей машинного навчання КОМСДН ІІІ – вивчення математики на високому рівні. У рамках дослідження не тільки вивчаються теорії, а й розбираємося з моделями на практиці, підвищуючи мотивацію та ефективність роботи фахівців [2, с. 307], при цьому займаємося не тільки машинним навчанням, а й іншими напрямками ІІІ, наприклад алгоритмами еволюційної оптимізації. Наскрізно та системно здійснювалося педагогічно виважене та методично доцільне інтегрування ІІІ у процес навчання математики: здійснювалося генерування ідеї для дослідницьких проєктів у рамках дослідницького навчання, уточнювалися навчальні плани, сценарії занять і відповідна супровідна документація до вихідного коду за допомогою відкритих текстових моделей DeepSeek, GigaChat і моделі GigaCode в контексті генерування робочих блоків вихідного коду та написання тестових повідомлень.

Персоналізація навчання математики з використанням ІІІ. Розглядається освітній процес, в рамках якого зміст навчального матеріалу і методи дослідницького навчання адаптуються до індивідуальних потреб і здібностей кожного учня. Пропонований підхід відрізняється від традиційної моделі навчання. Основні компоненти персоналізованого навчання математики. Адаптивне навчання: ІІІ-системи використовуються для здійснення аналізу відповідей учнів задля адаптації навчального матеріалу з урахуванням відповідності рівня знань і динаміки (в т. ч. швидкості

опрацювання матеріалу) навчального процесу. Індивідуальна освітня траєкторія навчання математики: створення унікальних освітніх траєкторій для кожного учня, що враховують їхні інтереси, цілі та стиль навчання. Персоналізований зворотний зв'язок: із використанням ІІІ забезпечується миттєвий і конкретний зворотний зв'язок, допомагаючи учням зрозуміти типові помилки та покращувати знання.

Рекомендовані застосунки і платформи ІІІ. DreamBox Learning: застосунок використовує ІІІ для адаптації завдань та уроків відповідно до прогресу та обраного учнем стилю навчання математики. CleverCOMSRL: платформа використовує алгоритми ІІІ для адаптації навчального процесу математики, пропонує персоналізовані завдання та інтерактивні уроки для учнів, адаптуючи складність матеріалу, допомагаючи учням ефективно засвоювати навчальний матеріал. ІІІ використовується для здійснення аналізу прогресу учнів і створення індивідуальних освітніх траєкторій. Система враховує успішність учнів і пропонує найкращі методи навчання для кожного з них. Khan Academy: платформа пропонує персоналізовані освітні траєкторії у процесі навчання предметів математичного циклу, адаптуючи рівень складності завдань із урахуванням здібностей учня. Всеукраїнська школа онлайн: платформа для дистанційного та змішаного навчання учнів містить відеоуроки, тести та матеріали для самостійної роботи учнів. Для вчителів розроблені рекомендації для проведення змішаного та дистанційного навчання із використанням навчальних матеріалів, розміщених на платформі.

Переваги: покращення якості навчання математики, ефективне використання часу вчителів, здійснення дослідницького навчання із урахуванням індивідуальних потреб кожного учня. Недоліки: відсутність можливостей рівного доступу до освітніх технологій, відсутність конфіденційності учнів.

Персоналізація навчання математики з використанням ІІІ сприятиме трансформації освітнього процесу, забезпечуючи ефективність, інклюзивність та інтерактивність дослідницького навчання математики. Однак для успішної інтеграції цієї технології необхідно вирішити першорядні технічні та етичні проблеми. Доцільне розширення можливостей персоналізованого навчання, відкриваючи нові горизонти в підготовці учнів.

Інтерактивні навчальні інструменти із застосуванням ІІІ, з використанням яких навчальний процес стає ефективнішим для учнів. ІІІ адаптує навчальний матеріал відповідно до

індивідуальних здібностей і темпу навчання кожного учня з використанням ігрових симуляцій та елементів задля поліпшення розуміння та залучення учнів, а також засобів VR / AR / XR для створення віртуального освітнього досвіду [2, с. 264]. Інтерактивні навчальні інструменти із застосуванням ІІІ являють собою важливе нововведення в сучасній освіті. Вони не тільки роблять процес навчання більш захопливим і динамічним, а й сприяють глибшому та ефективному засвоєнню знань. Водночас, для досягнення максимальної ефективності, важливо знайти правильний баланс між освітнім змістом та інтерактивними елементами, а також забезпечити рівний доступ до цих технологій для всіх учнів.

Рекомендовані застосунки і платформи ІІІ. Пропонуються індивідуально адаптовані навчальні матеріали та завдання для учнів, відповідно з використанням ІІІ здійснюється аналіз відповідей учнів і добирається завдання відповідної складності. Використовуються алгоритми ІІІ для створення адаптивних тестів і оптимізації процесу дослідницького навчання із урахуванням зворотного зв'язку від учнів. Використання ІІІ. І. дає змогу створювати динамічне та персоналізоване навчання завдяки проведенню адаптованих з урахуванням рівня знань та інтереси учнів інтерактивних уроків, різноманітних дидактичних ігор. Quizlet: використовує ІІІ для створення адаптивних карток та ігор, що використовуються для ефективного засвоєння навчального матеріалу. Duolingo: застосунок для вивчення мов, що використовує ІІІ для адаптації курсів до рівня знань і обрання необхідного темпу в рамках дослідницького навчання кожного користувача. Kahoot!: платформа для створення освітніх вікторин, яка підвищує залученість та інтерактивність навчального процесу.

Переваги: підвищення рівня залученості учнів, індивідуалізація навчання, покращення розуміння навчального матеріалу. Недоліки: відсутність можливостей рівного доступу до освітніх технологій та захисту даних, недостатній рівень підготовки та навчання вчителів.

Здійснення ґрунтовного аналізу навчальних даних у рамках дослідницького навчання з використанням ІІІ – необхідна та достатня умова у сучасній освітній практиці для забезпечення можливості точно оцінювати успішність учнів та оптимізувати ефективність використання методичних систем навчання. Беззаперечною перевагою є можливість аналізувати успішність учнів і пропонувати персоналізовані рекомендації для покращення їхнього навчання з виваженим

використанням ІІІ. Завдяки використанню алгоритмів ІІІ виявляються усі можливі труднощі учнів на ранніх етапах навчального процесу, в результаті – забезпечення можливості вжиття своєчасних заходів.

Рекомендовані застосунки і платформи ІІІ. Knewton: платформа пропонує адаптивне навчання, аналізуючи дані щодо взаємодії учнів, оптимізуючи результати з урахуванням індивідуальних освітніх потреб. Coursera: використовує аналіз даних для надання учням персоналізованих курсів і методичних рекомендацій із урахуванням попередньої успішності.

Переваги: покращення якості освіти, глибше розуміння навчальних потреб учнів, можливість своєчасного коригування методик навчання предметів математичного циклу. Недоліки: проблеми щодо конфіденційності та безпеки даних, відсутність можливостей рівного доступу до освітніх технологій у всіх регіонах країни та захисту даних, недостатній рівень підготовки та навчання вчителів у контексті ефективного використання КОМСДН ІІІ.

У рамках дослідження [2, с. 177] використовуються алгоритми ІІІ для аналізу успішності учнів та адаптації навчальних матеріалів. Вчитель і учень отримують ґрунтовні аналітичні звіти, що використовуються для удосконалення методики навчання математики в контексті підвищення ефективності дослідницького навчання, а також для відстеження успішності студентів, адаптації навчальних програм і створення персоналізованих навчальних курсів. Однак для успішного впровадження таких систем необхідно враховувати етичні аспекти та забезпечити адекватне навчання і підготовку педагогічних кадрів.

Забезпечення автоматизації адміністративних завдань з використанням ІІІ в контексті підвищення ефективності щодо управління освітнім процесом вивільняє час вчителів для здійснення ефективного навчання учнів і підвищує ефективність освітньої системи. Основні компоненти автоматизації із використанням ІІІ. Управління особистими даними учнів: автоматизовані системи спрощують процес накопичення та здійснення аналізу даних щодо успішності та відвідуваності учнів. Автоматичне оцінювання тестових завдань: ІІІ може швидко і точно оцінювати відповіді на типові тестові завдання, скорочуючи час, необхідний для ручної перевірки. Створення розкладу занять: ІІІ допомагає у створенні та оптимізації розкладів занять, враховуючи безліч змінних і переваг щодо організації навчально-виховного процесу в закладі освіти.

Рекомендовані застосунки і платформи III. Atoms: завдяки використанню інформаційної системи електронних щоденників і журналів здійснюється автоматизація ведення навчальних записів, відвідуваності та оцінок учнів. Ця система полегшує вчителям адміністративне навантаження і забезпечує більш прозорий доступ батьків до успішності їхніх дітей. Canvas: інформаційна система управління дослідницьким навчанням використовує III для автоматизації багатьох адміністративних завдань, включно з відстеженням успішності учнів і управлінням контентом навчального курсу. Google Classroom: платформа пропонує інструменти для здійснення автоматизації завдань і оцінок, полегшуючи управління класом і комунікацію між учителями та учнями. Пропонуються автоматизовані інструменти для перевірки знань учнів і рівня виконання домашніх завдань. Система III аналізує відповіді учнів і надає вчителям детальні звіти про прогрес кожного учня. jSolutions: хмарна система для автоматизації управлінських та облікових завдань закладів освіти. jSolutions дозволяє не лише повністю автоматизувати процеси, а й мінімізувати витрати на користування системою. Інтегроване середовище включає функції автоматизації розкладів, управління освітніми ресурсами та відстеження успішності. Воно допомагає школам і вчителям оптимізувати освітній процес і поліпшити комунікацію з учнями та їхніми батьками. Зменшення загальної вартості володіння програмним забезпеченням ми досягли за рахунок можливості роботи системи на будь-якій операційній системі (Linux, Ubuntu, Windows, MacOS, Android) використання умовно безкоштовного програмного забезпечення (OpenOffice, LibreOffice) та за рахунок використання для опрацювання даних різних СУБД, таких як Oracle або PostgreSQL. Система інтегрується з різноманітним обладнанням, може працювати на різноманітному устаткуванні. Переваги: підвищення ефективності управління освітніми процесами, економія часу вчителів, покращення доступу до відомостей про успішність учнів для батьків. Недоліки: проблеми, пов'язані з конфіденційністю і безпекою даних, відсутність можливостей рівного доступу до освітніх технологій у всіх регіонах країни та захисту даних, недостатній рівень підготовки та навчання адміністрації закладів освіти та педагогів. Автоматизація адміністративних завдань в освіті за допомогою III відкриває нові перспективи для покращення освітнього процесу. Це дає змогу зробити роботу адміністрації закладу освіти та вчителів ефективнішою, зосередивши увагу педагогів на безпосередньому

навчанні та забезпеченні інтелектуального розвитку учнів [2, с. 44]. Однак для успішної інтеграції таких систем потрібен комплексний підхід, що враховує технічні, організаційні та соціальні аспекти.

Дидактичні аспекти навчання предметів математичного циклу в контексті педагогічно виваженого і методично доцільного використання III. Завдяки використанню III з'являються можливості виконувати безліч завдань, які раніше вимагали участі вчителя: доступно пояснювати теоретичний матеріал; уточнити незрозумілу термінологію; допомагати розв'язувати дослідницькі задачі в рамках домашніх завдань; розв'язувати завдання із покроковим поясненням; здійснювати генерування типових тестів і завдань.

Ризики та загрози щодо використання III. Пропонується занадто спрощений і легкий доступ щодо отримання готових рішень задач, що призводить до пасивного навчання, коли учень просто копіює відповідь, не вникаючи в суть математичного поняття. Однак математика – наука точна, тому потребує чіткого логічного мислення, уважності, наполегливості та вміння абстрагуватися. Важливо розвивати здатність учнів до аналізу, синтезу та узагальнення. Крім того, потрібна системність у процесі дослідницького навчання учнів, вміння працювати з символами та формулами, а також здатність до критичного мислення. Математичні методи активно застосовуються в процесі навчання природничих дисциплін [2, с. 192]. Саме в процесі творчих роздумів, проб і помилок формується математичне мислення, логіка, здатність до аналізу та аргументації. Сучасні технології штучного інтелекту дійсно здатні допомагати людям вирішувати їхні завдання. Якщо раніше йшлося виключно про аналіз даних із використанням слабкого III, то зараз ідеться вже про створення навчального контенту, генерацію ідей, формування логічних висновків та допомогу в процесі добору правильних варіантів відповідей. Аналізуючи недоліки наявних моделей III, задля удосконалення моделей III необхідно враховувати реальні прогнози про майбутній розвиток III, який не можна побудувати на фіксації його недоліків. При цьому зміщується фокус з конкретних «інтелектуальних функцій» III на соціальні ролі, які виконуються вчителями, учнями.

Рекомендації для педагогічно виваженого та методично вмотивованого використання III в процесі навчання математики. Необхідність на початковому етапі самостійного розв'язування учнем задачі та перевірки результатів на адекватність. І лише після цього – порівняння отриманого рішення з тим, що пропонує III. Завдяки

такому підходу формуються навички самоконтролю та рефлексії. ІІІ може пояснити незрозумілу тему, дати додаткові приклади, але він не повинен замінювати роботу учня, а лише доповнювати її. У результаті учні матимуть розуміння щодо доцільності використання конкретного математичного методу, в не лише отримання відповіді. Необхідне використання ІІІ з відповідним правилом-орієнтиром задля забезпечення розвитку математичного мислення учнів. Наприклад, формуючи запит «Поясніть розв’язання задачі. Які помилки допущено?». Важливо привчати учнів обговорювати, перевіряти відповіді, згенеровані ІІІ та ставити під сумнів отримані результати. Рекомендується використовувати ІІІ для здійснення практичної роботи, але не для оцінювання результатів. Нехай учень розв’язує завдання з ІІІ для тренування, однак на контрольній роботі працює самостійно, зберігаючи чесність та об’єктивність. Якщо дитина правильно використовує ІІІ, вона вміє пояснити всі етапи розв’язування, виконуючи інші типові завдання. Рекомендується проводити дебати з необхідним обговоренням проблемних питань, пропонуючи новий підхід – можливість використання ІІІ, однак спочатку здійснювати самостійне розв’язування завдань. У процесі відпрацювання типових помилок, уточнення і виправлення неточностей доцільно використовувати командний підхід, пам’ятаючи, що необхідною і достатньою умовою в процесі навчання є самостійне мислення. У навчанні математики головне – розвивати мислення, а не просто запам’ятовувати формули. ІІІ – помічник лише за умови його правильності використання у процесі навчання. Усі помилки учнів перетворюються на можливість для ґрунтовного навчання шляхом поділу учнів на групи для обговорення відповідей, наприклад, чат-бота. Забезпечення доступності дослідницького навчання із педагогічно виваженим і методично доцільним використанням ІІІ. Персоналізоване дослідницьке навчання: ІІІ сприяє розробці доступних якісних навчальних ресурсів для людей з малозабезпечених верств суспільства. Пандемія призвела до значних змін в освітній системі, змусивши заклади освіти в усьому світі перейти на дистанційне навчання. ІІІ відіграв ключову роль у цьому переході, надаючи інноваційні рішення для підтримки ефективності вивчення математики в контексті персоналізації, у тому числі щодо створення персоналізованих освітніх програм, адаптуючи матеріали під індивідуальні потреби учнів, що особливо

важливо в умовах домашнього навчання. Дослідницьке навчання для дітей з особливими освітніми потребами: ІІІ допомагає створювати адаптивні навчальні програми для людей з обмеженими можливостями. Забезпечуються можливості для навчання людей з дислексією або іншими особливостями, використовуючи адаптивні технології. Дистанційне дослідницьке навчання: ІІІ забезпечує якісне навчання завдяки можливостям використання онлайн-платформ Microsoft Learning Tools, Google Read Along тощо, доступних у будь-якій точці світу. ІІІ пропонує багатообіцяючі можливості для підвищення доступності освіти, створюючи інклюзивний і справедливий освітній простір. Однак для повного розкриття його потенціалу потрібна глобальна співпраця, спрямована на усунення технологічної нерівності та забезпечення безпечного та етичного використання ІІІ в освітньому процесі. Переваги: забезпечення безперервності навчання, можливість індивідуалізації навчального процесу, покращення доступності освітніх ресурсів і послуг. Недоліки: відсутність можливостей рівного доступу до освітніх технологій у всіх регіонах країни та захисту даних, у тому числі відсутність обладнання і стабільного доступу до Інтернету, недостатній рівень підготовки та навчання адміністрації закладів освіти та педагогів, відсутність соціальної взаємодії та психологічного благополуччя учнів. Використання ІІІ в процесі навчання під час пандемії продемонструвало його ефективність у забезпеченні якісного та доступного навчання в складних умовах. Однак для максимізації позитивного ефекту необхідно приділяти увагу як технічним аспектам, так і соціально-психологічним чинникам у процесі дослідницького навчання математики. Це дасть змогу створити більш стійку та адаптивну освітню систему, здатну протистояти майбутнім викликам. У рамках дослідження враховувалися питання упередженості та дискримінації, адже існували ризики того, що алгоритми ІІІ відтворюватимуть соціальні та культурні стереотипи. Наприклад, системи КОМСДН ІІІ, що використовуються для автоматичного оцінювання іспитів, демонстрували упередженість, неправильно оцінюючи роботи учнів із певних соціальних або етнічних груп. Виникали проблеми щодо недостатнього врахування у процесі виконання завдань з використанням ІІІ-платформи індивідуальних відмінностей та особливостей учнів. Безперечно, застосування ІІІ вимагає ретельного врахування етичних і соціальних

аспектів. Важливо забезпечити, щоб технології ІІІ сприяли справедливій та інклюзивній освіті, а також захищали конфіденційність та особисті дані учнів. Збалансований підхід щодо використання ІІІ допомагає максимізувати його позитивний вплив на освітній процес.

Стратегії використання КОМСДН ІІІ для розв'язування дослідницьких завдань. Визначення цілей і завдання: необхідно чітко визначити, яке завдання потрібно вирішити за допомогою ІІІ. Йдеться про оптимізацію процесу, прогнозування результатів, аналіз даних тощо. Накопичення і підготовка даних: для успішного застосування ІІІ необхідно мати доступ до достатнього обсягу даних. Дані необхідно структурувати та завчасно підготувати для здійснення аналізу. Добір необхідних моделей: на підставі сформованого дослідницького завдання і доступних наборів даних необхідно дібрати необхідні моделі КОМСДН ІІІ. Навчання моделей: необхідно навчити обрані моделі на тренувальних наборах даних, а також визначити оптимальні параметри моделі та її налаштування. Тестування та оцінювання моделей: після навчання моделей необхідно здійснити їх тестування із використанням наборів даних, оцінивши їхню ефективність і точність. Розвиток та оптимізація моделей: потребується постійний розвиток та оптимізація ІІІ, здійснюючи аналіз результатів і внесення змін в моделі для підвищення їхньої ефективності. Безперечно, використання ІІІ для розв'язування дослідницьких задач потребує ґрунтовного планування та підготовки, однак правильно застосований ІІІ спрощує і прискорює процес отримання точних результатів. ІІІ опрацьовує й аналізує величезні обсяги даних, що перевершують можливості людини. За допомогою алгоритмів машинного навчання і статистичного аналізу, ІІІ може виявити приховані патерни, зв'язки і залежності в даних, які можуть допомогти у розв'язанні дослідницьких завдань. На підставі проведення аналізу даних із використанням ІІІ здійснюється автоматизація процесу виявлення аномалій, прогнозування трендів і визначення оптимальних рішень, оскільки ефективно опрацьовуються набори даних різних типів (числові, текстові, звукові тощо).

Переваги аналізу даних за допомогою штучного інтелекту: точні та об'єктивні результати аналізу даних; швидке опрацювання великих наборів даних; автоматизація процесу аналізу та прийняття рішень; виявлення прихованих патернів і залежностей у наборах даних; підвищення якості прогнозування і оптимізація рішень.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Упровадження сучасних КОМСДН у навчання математики змінює питому вагу і реальні можливості реалізації системи дидактичних принципів (науковості, наочності, системності, систематичності й послідовності, доступності, принцип індивідуального підходу та активного залучення учня до навчально-пізнавального процесу). З урахуванням реальних можливостей інформатизації шкільної освіти та її впливу на методичну систему навчання математики на перший план виступають фактори, ефективність впливу яких значно підсилена в процесі навчання. До пріоритетних насамперед належать: розвиток мотивації, пошукової діяльності, мислення та розумових прийомів; посилення інтересу до навчальних дисциплін взагалі і математичного циклу зокрема. Завдяки педагогічно виваженому та методично вмотивованому використанню КОМСДН ІІІ в процесі навчання предметів математичного циклу з'являються нові можливості для підвищення мотивації учнів у процесі дослідницького навчання, доповнюючи традиційні методи навчання та забезпечуючи нові можливості для здійснення персоналізованого та ефективного освітнього процесу. ІІІ здатний адаптувати навчальні програми під індивідуальні потреби кожного учня із урахуванням рівня знань і стилю дослідницького навчання. Інтерактивні та іммерсивні технології: розвиток віртуальної та доповненої реальності в поєднанні зі ІІІ створює феномен присутності учня [2, с. 70], віртуалізуючи проведення навчальних дослідів у рамках дослідницького навчання математики. Автоматизація адміністративних завдань: завдяки виваженому використанню ІІІ оптимізується час, що витрачається на адміністративні процедури, звільняючи час вчителів. У дослідженні використовуються адаптивні навчальні програми з інтегрованими алгоритмами ІІІ, які допомагають учням засвоїти навчальний матеріал. Майбутнє математичної освіти з використанням ІІІ обіцяє бути інноваційним, пропонуючи нові способи навчання та взаємодії в навчальному процесі. Однак для реалізації цього потенціалу необхідно зосередитися на розробленні надійних, етичних і доступних технологій, які сприятимуть реалізації ефективного навчально-виховного процесу для всіх учнів. Фундаментальними проблемами ІІІ є нез'ясованість, відсутність безпеки та брак даних. Дотепер маємо справу з так званим глибоким навчанням. І незважаючи на те, що математика в нейронних мережах недалеко відійшла від правила диференціювання складної функції та основ лінійної алгебри, все ще не можемо пояснити, як мільйони і мільярди ваг впливають на прогнозування моделей [11, с. 257]. Доцільно

чітко навчитися виявляти генеративний контент і не допускати різних маніпуляцій. Необхідно замислитися про зміни в правовому полі. Наприклад, якщо продукт згенеровано нейромережею, складно визначити, хто отримує авторське право. З огляду на нез'ясованість моделей і недосконалість відомих методів навчання ми не можемо гарантувати коректність вихідних даних. Це змушує з обережністю підходити до інтеграції моделей ШІ в складні та критичні системи, наприклад, пов'язані з управлінням закладом освіти. Справедливі побоювання, що ШІ може повністю замінити людину в окремих професійних сферах. ШІ може замінити фахівців, але не всіх. Щодо ситуації у галузі ІТ, необхідно зауважити,

що ШІ уже призвів до підвищення вимог до розробників і змін у структурі ринку, що призводить до необхідності вдосконалення освітніх програм у закладах освіти. У рамках дослідження планується розширення вивчення основ предметів математичного циклу з урахуванням базових знань статистики, лінійної алгебри та оптимізації, оскільки зазначені навчальні дисципліни є фундаментом класичного навчання. Такий підхід забезпечить у перспективі можливість формування та поглиблення розуміння підходів машинного навчання у контексті педагогічно виваженого використання КОМСДН у процесі дослідницького навчання предметів природничо-математичного циклу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. 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. DOI: <https://doi.org/10.32782/ped-uzhnu/2024-4-18>
2. 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. 858 с.
3. 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. 93–102. DOI: <https://doi.org/10.32782/1992-5786.2024.92.15>
4. Гриб'юк О. О. Форми і методи використання технологій штучного інтелекту для професійного розвитку педагогічних кадрів: дидактичні та психофізіологічні аспекти дослідницького навчання. *Габітус : науковий журнал*. Одеса : Видавничий дім «Гельветика», 2024. Вип. 60. С. 55–68. DOI: <https://doi.org/10.32782/2663-5208.2024.60.9>
5. Ben-David S., Hruby P., Moran S., Shpilka A., Yehudayoff A. Nature Machine Intelligence, 2019. Vol. 1. P. 44–48. DOI: <https://doi.org/10.1038/d41586-019-00083-3> (date of access: 12.04.2025).
6. Castelvechi D. Machine learning leads mathematicians to unsolvable problem. Nature, 2019. Vol. 565 (7739). P. 277. DOI: <https://doi.org/10.1038/d41586-019-00083-3> (date of access: 25.03.2025).
7. ChatGPT Shared Links FAQ. Help Open A. I. URL: <https://help.openai.com/en/articles/7925741-chatgpt-shared-links-faq/> (дата звернення: 17.03.2025).
8. Hrybiuk, O. CleverCOMSRL Intelligent Expert System Knowledge Representation Model Features and Inconsistency Resolution Capabilities. In: Machado, J., Trojanowska, J., Soares, F., Rea, P., Butdee, S., Gramescu, B. (eds) Innovations in Mechatronics Engineering I. V. icieng 2025. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham, 2025. P. 57–68. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-94223-5_6 (date of access: 27.04.2025).
9. Hrybiuk O., Kant G. S. CleverCOMSRL: Implementation of an AI Computer-Aided Design System in the Context of the Cognitive Science Paradigm for the Research Training Process. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Cham, 2024. P. 351–362. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-61575-7_32 (date of access: 17.05.2025).
10. Hrybiuk O. Improvement of the Educational Process by the Creation of Centers for Intellectual Development and Scientific and Technical Creativity. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Cham, 2019. P. 370–382. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-18789-7_31 (date of access: 27.05.2025).
11. Software for Exascale Computing – SPPEXA 2016-2019 / ed. by H.-J. Bungartz et al. Cham: Springer International Publishing, 2020. URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-47956-5> (date of access: 17.04.2025).

© О. О. Гриб'юк

Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0