

УДК 373.5:5

О.О. Гриб'юк, м. Київ, Україна

**ДИДАКТИЧНА МОДЕЛЬ ДОСЛІДНИЦЬКОГО НАВЧАННЯ:
ВІРТУАЛЬНА ТА ДОПОВНЕНА РЕАЛЬНІСТЬ У ШКОЛІ В СТИЛІ
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ МАТЕМАТИКИ**

Анотація. Імерсивна віртуальна реальність (IVR) з використанням НМД – технологія для створення відчуття присутності (в т.ч. психологічної присутності) користувача у віртуальному просторі. З використанням різноманітних технологій IVR створюються різні рівні завантаження та відчуття присутності в штучному (імітованому) середовищі. Можливості варіативно змінюються від пасивного спостереження за віртуальним світом до таких, де користувач забезпечується обмеженою навігацією та взаємодією, до віртуального середовища, де користувач здійснює маніпуляції (переміщення), взаємодіючи, в результаті чого набувається індивідуальний досвід у процесі дослідницького навчання експериментальної математики.

Ключові слова: дослідницьке навчання, модель, моделювання, комп'ютерно орієнтована методична система дослідницького навчання, інтелект, когнітивний розвиток, глибинне навчання, КОМСДН, AR, VR.

**DIDACTIC MODEL OF EXPERIENTIAL LEARNING: VIRTUAL AND
AUGMENTED REALITY AT SCHOOL IN THE STYLE OF
EXPERIMENTAL MATHEMATICS**

Abstract. Immersive Virtual Reality (IVR) using HMDs is a technology for creating a sense of presence (including psychological presence) of the user in a virtual space. Different IVR technologies¹ can be used to create different levels of engagement and sense of presence in an artificial (simulated) environment.

The possibilities range from passive observation of the virtual world, to those where the user is provided with limited navigation and interaction, to a virtual environment where the user manipulates (moves), interacts, resulting in an individual experience in the process of experiential learning of experimental mathematics.

Keywords: research learning, model, modelling, computer-oriented methodological system of research learning, intelligence, cognitive development, COMSEL, IVR, VM, AR, MR.

Актуальність досліджень щодо використання технологій віртуальної і доповненої реальності в шкільній освіті беззаперечна. На підставі аналізу наукових публікацій щодо використання імерсивних технологій можна стверджувати про їх неоднозначний вплив на процеси розвитку мислення учнів, на результати навчання. У дослідження наголошується про необхідність врахування питань етики, безпеки використання і захисту здоров'я дітей в процесі проектування IVR. У результаті педагогічного експерименту [1] виявлено численні проблеми: конфіденційність; невміння/нездатність учнів концентрувати увагу; дорожня обладнання; побоювання щодо підміни ролі і місця «нового гаджета» в контексті педагогічного дизайну навчально-виховного процесу; відсутність педагогічно виваженого і методично вмотивованого використання програмного забезпечення IVR. Дотепер не приводилося масштабних наукових досліджень щодо впливу занурення у віртуальну реальність на здоров'я людини. Невідомі короткотривалі і довготривалі наслідки впливу такого занурення. Здійснення дослідницького навчання можливе за нижче наведених варіантів/способів:

- Перший досвід із врахуванням соціально-конструктивістської концепції навчання шляхом емпіричного відкриття;

- Природна семантика в контексті пропедевтики вивчення символів і абстракцій (наприклад, здійснення маніпуляцій кутами, сторонами многокутників перед вивченням важливості дослідження кутів в математиці);
- Уточнення навчального матеріалу / знань в процесі перетворення абстрактних ідей у сформовані наукові положення/теорії (наприклад, «подорож із вірусом» в процесі мутації та поширення в популяції тощо);
- Розмір і масштабованість з метою зміни розмірів об'єктів/середовища з метою забезпечення взаємодії з мікро/макросвітом (наприклад, маніпуляції з атомами);
- Трансдукція (наприклад, моделювання шляхів міграції китів, морських свинок, вивчення яких дозволяє учням досліджувати шляхи різноманітних видів тощо); зміна перспективи в контексті використання IVR як «механізму/машини співчуття, співпереживання» задля ламання стереотипів.

Виробники обладнання AR/VR оприлюднили рекомендації щодо охорони праці і техніки безпеки з урахуванням вікових обмежень щодо використання імерсивних технологій. Учитель перед використанням IVR в навчальному процесі повинен ознайомитися з рекомендаціями виробників. Необхідно обов'язково враховувати когнітивні, лінгвістичні, фізичні (перцептивні, рухові), емоційні (афективні), соціальні та моральні особливості в контексті розвитку перед використанням IVR в процесі навчання, оскільки використання IVR може призвести до виникнення шкідливої реакції у дітей, які не в змозі когнітивно регулювати такий набутий досвід [2]. Маленькі діти можуть набувати хибних переконань, підмінюючи поняття, що віртуальний світ і є реальним (!). Неможливо

передбачити процес виникнення у дитини кібернетичної хвороби (різновид укачування!), саме тому вчитель повинен навчати учнів виявлення симптомів з метою упередження шкідливого впливу віртуальної реальності з інтенсивним використанням ІVR. Підвищення значущості експериментальних методів у математичній науці, що відбулося під впливом розвитку комп'ютерної техніки, призвело до постановки задачі створення таких умов навчання математики, що сприятимуть вихованню в учнів якостей «математика-експериментатора», як доповнення до якостей «математика-теоретика». Нижче наведені найважливіші з таких особливостей:

- володіння знаннями про можливості та обмеженість можливостей експериментальних методів і засобів у математиці;
- здатність ставити і проводити математичні експерименти різних типів з використанням підручних і комп'ютерних засобів, відповідно до їхньої ролі та місця в процесі навчального пізнання;
- здатність раціонально поєднувати застосування експериментальних і теоретичних методів у процесі розв'язання навчально-дослідницьких завдань;
- здатність формулювати адекватні висновки на основі експериментальних даних з урахуванням обмеженості можливостей експериментального методу, а також відмінностей експериментів, які проводяться підручними та комп'ютерними засобами [3].

Досягнення цих освітніх результатів вимагає, по-перше, включення в практику математичної освіти форм організації навчальних занять (або частини занять), які аналогічні формам, що використовуються під час вивчення дисциплін природничо-наукового блоку для формування якостей природодослідника (демонстраційні експерименти, самостійні лабораторні

роботи, лабораторні практикуми, експериментальні дослідження учнів) [4]. По-друге, організації на таких заняттях навчально-дослідницької діяльності в стилі експериментальної математики, що забезпечує поступове формування в учнів перелічених вище якостей з використанням КОМСДН. По-третє, розв'язання питань добору змісту таких занять з урахуванням ролі експериментальних методів в історії розвитку математики та діяльності у сфері математики та її застосувань сьогодні. Дидактична модель дослідницького навчання КОМСДН. Під час побудови моделі враховуються вихідні дані, які впливають із наведених нижче [5]:

1. Дослідницьке навчання математики в закладах загальної середньої освіти – це виокремлення на всіх або окремих етапах дидактичного циклу в діяльність, схожу з діяльністю вчених у галузі експериментальної математики.

2. Специфіка методології експериментальної математики полягає в доцільному використанні можливостей, що надаються експериментальним і теоретичним підходами із педагогічно виваженим і методично умотивованим використанням компонентів комп'ютерно орієнтованої методичної системи дослідницького навчання (КОМСДН) [6].

3. У процесі проектування кожного дидактичного циклу вчитель щоразу ухвалює рішення, який підхід: репродуктивний чи дослідницький, і з яким ступенем повноти застосовувати на кожному з етапів з урахуванням принаймні трьох основних чинників: М-рівня базової математичної підготовки учнів (для позначення чинника обрано першу літеру слова "mathematics"), І-рівня сформованості в учнів якостей математика-експериментатора і математика-теоретика (для позначення чинника обрано першу букву слова "inquiry") та Т-ліміту навчального часу, що відведений для навчання.

Метою побудови дидактичної моделі є дослідження впливу поєднання поточних значень чинників: $M(t)$; $I(t)$; $T(t)$, на ухвалення вчителем рішення щодо ступеню відображення стилю експериментальної математики на окремих етапах дидактичного циклу дослідницького навчання математики. Під моделлю розуміють таку подумки уявлювану або матеріально реалізовану систему, яка, відбиваючи або відтворюючи об'єкт дослідження, здатна заміщати його так, що її вивчення дає нам нову інформацію про об'єкт [6]. Пропоноване визначення містить у собі чотири властивості цього поняття: *уявна або матеріальна система; замісник об'єкта дослідження; носій значущих властивостей об'єкта дослідження, відображених у вихідних відомостях про нього; засіб для отримання нових відомостей про об'єкт дослідження.*

Дидактична модель у рамках експериментального дослідження [7] є замісником не одного, а двох об'єктів: дидактичного циклу навчання математики (А) і гносеологічного циклу експериментальної математики (В). Пропонована дидактична модель КОМСДН використовується з метою відображення не тільки основних властивостей пропонованих об'єктів, а й у міцних взаємозв'язках (С) з їхніми властивостями. Значення міцності взаємозв'язків між властивостями цих об'єктів не може бути зафіксоване в моделі однозначно, тому що залежить від поточних (змінних у залежності від часу t) значень набору принаймні трьох чинників: $M(t)$ - рівня базової математичної підготовки учнів, досягнутого на момент часу t , $I(t)$ - рівня сформованості в них особливостей/якостей математика-експериментатора та математика-теоретика, досягнутого на момент часу t , і $T(t)$ - наявного на цей момент ліміту часу на опрацювання навчального матеріалу.

Призначення цієї моделі також відрізняється від зазначеного, оскільки дидактична модель має передпроектний характер, тобто використовується в контексті інформаційного підґрунтя для проектування такого процесу

дослідницького навчання математики з елементами експериментальної математики, що забезпечує формування в учнів стилю мислення математика-експериментатора, які перебувають у зоні найближчого розвитку в момент часу t .

У межах експериментального дослідження [3] під дидактичною моделлю дослідницького навчання в стилі експериментальної математики ми розумітимемо інформаційну систему, що характеризує повноту реалізації на етапах дидактичного циклу дослідницького навчання математики гносеологічного циклу експериментальної математики.

Можливість експериментального дослідження [4], як відомо, визначається рівнем математичної підготовки дослідника та рівнем оволодіння математичними основами дослідження. У зв'язку з цим йдеться не про загальнокультурний рівень математичної підготовки учня, а про рівень його математичної підготовки, достатній для освоєння запланованого вчителем елемента предметного змісту в процесі дослідницького навчання. Обсяг наявних в учнів знань має бути таким, щоб забезпечити можливість створення чуттєвого образу об'єкта дослідження на основі вихідних даних, проектування, конструювання його дослідницької моделі, перетворення вихідних даних і чуттєвого образу. Вище зазначеними міркуваннями визначається прийняття кваліметричної шкали оцінювання рівня математичної підготовки учня (М) [8].

Найважливішим чинником, що забезпечує можливість опанування змісту в дослідницькому навчанні є також володіння методологічними основами дослідження. Ступінь самостійності учнів у проведенні навчальних досліджень, віднесених до стилю експериментальної математики, визначається рівнем розвитку в них відповідних методологічних знань про експериментальні методи, що використовуються у процесі дослідницького навчання математики. На підставі аналізу результатів експериментального

дослідження [9] можна зробити висновок, що розвиток методологічних знань супроводжується зміною форми їхнього існування (неявні особистісні знання учнів - неявні; потім частково-виявлені міжособистісні знання – об'єктивізовані надособистісні знання), супроводжуваним двома процесами: їхньою раціоналізацією та генералізацією. Методологічні знання зароджуються в момент інсайту (осяяння) або передаються в процесі сприйняття зразків діяльності, що їх пропонує вчитель. Усвідомлення екстрапізнавальної значущості методологічного знання відбувається поступово під час нагромадження уявлення про інші ситуації успішного застосування нової ідеї, що виникла. Об'єктивізація методологічного знання починається із зіткнення із ситуаціями його неефективності за умови реалізації спроби розкриття причин цієї неефективності. Об'єктивізація є необхідним підґрунтям для виникнення здатності до усвідомленої саморегуляції використання методологічних знань, включно зі здатністю критичного оцінювання типового стилю, варіювання та поєднання стилів дослідницького навчання [10].

Дослідницькі (когнітивні) задачі ефективно та швидко розв'язуються з використанням сучасних комп'ютерних систем, а пізнавальні завдання дотепер залишаються недосяжними для комп'ютерів, а людина легко з ними справляється. Із урахуванням різноманітних досягнень в галузі машинного навчання момент створення універсального штучного інтелекту (AGI) відтерміновано у нескінченність, відповідно прослідковуються лише теоретичні можливості такої реалізації. Дотепер з поміж ґрунтовних перепон щодо виникнення AGI залишаються:

Моделі глибинного навчання представляються у вигляді чорного ящика. Приклади використання методів навчання DeepViz є винятковими ситуаціями [11].

Глибинне навчання потребує аналізу численних зразків, а відповідні набори даних не завжди доступні у порівнянні з біологічними системами навчання. Наприклад, дитині достатньо запропонувати один приклад для реалізації дослідницького навчання [12]. У моделях глибинного навчання зустрічаються помилки незрозумілого походження. Безперечно, вони вводяться в оману в процесі зміни лише одного пікселю вхідного зображення.

У моделях глибинного дослідницького навчання не передбачається використання знань про навколишній світ, у тому числі в процесі прийняття рішень не використовуються численні фактори та евристичні алгоритми [13].

В моделях глибинного навчання передбачена кореляція між деякими входами x та виходами y не використовується з метою оцінювання причинно-наслідкових зв'язків [14]. Здібності/здатності здійснення переходу від передбачення кореляції між змінними до виявлення причинно-наслідкових зв'язків між ними має виключне значення у процесі розвитку універсального штучного інтелекту (AGI).

Перспективною подальшого дослідження є вирішення вище описаних проблем з виваженим використанням технології штучного інтелекту.

Особлива увага в процесі дослідження приділяється розробленню і уточненню компонентів комп'ютерно орієнтованих методичних систем дослідницького навчання із використанням [15]:

Комп'ютерного зору (наприклад, у процесі традиційного машинного навчання необхідно завчасно виокремити візуальні аспекти/ознаки на підставі узагальнення тривалого досвіду роботи в досліджуваній галузі. З використанням моделей глибинного навчання здійснюється автоматичне

виявлення ознак без особливих знань у відповідній галузі для їхнього впровадження.

Повторення (імітація) (!) візуальних/художніх образів (йдеться про наявність генеративно-змагальних зв'язків з використанням моделей глибинного навчання, використання яких забезпечує створення реалістичнішого зображення у порівнянні з існуючими методами/підходами).

Ігри в гейміфікацію (наприклад, можливості здійснення глибинного навчання із використанням алгоритму AlphaZero, в тому числі без використання БЗ).

Опрацювання природньої мови (наприклад, у процесі традиційного машинного навчання з метою створення ефективного алгоритму потрібно враховувати багаторічний досвід у лінгвістиці, розуміння семантичних, синтаксичних особливостей конкретної мови).

Моделі глибинного навчання працюють ефективніше в порівнянні з традиційними підходами/методами, в тому числі з використанням моделей аналізуються і виявляються відповідні ознаки, не потребуючи відповідного лінгвістичного досвіду розробників.

З урахуванням того факту, що можливості здійснення класифікації візуальних образів є прикладом вузькоспеціалізованого штучного інтелекту (ANI), при цьому не спостерігається тенденція щодо сповільнення експоненційного зростання об'ємів цифрових даних, з'являються надії щодо виникнення AGI. Безперечно, переважна більшість даних створюється низької якості, наприклад, розміщених у відкритих БЗ [15]. Швидкість зростання виробничих потужностей окремих процесорів може сповільнюватися, однак масове розпаралелення матричних операцій

у графічних процесорах і серед численних серверів буде продовжувати збільшувати необхідну обчислювальну потужність.

У рамках експериментального дослідження [3] спостерігається стрімке зростання щодо удосконалення методів і алгоритмів для ефективного здійснення аналізу наборів даних з метою виявлення типових шаблонів з використанням глибинного навчання.

Безперечно, завдяки наявності відповідної інфраструктури програмного забезпечення першого покоління (наприклад, операційні системи з відкритим вихідним кодом та мови програмування у поєднанні з бібліотеками, методами програмного забезпечення другого покоління, що поширюються з використанням arXiv, GitHub тощо) та з урахуванням низької вартості послуг хмарних обчислень (Amazon Web Services, Microsoft Azure, Google Cloud Platform) зростають можливості для здійснення експериментального дослідження з використанням великих наборів даних.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гриб'юк О. Дослідження розвитку інтелекту: Особливості дослідницького навчання учнів з різними рівнями розвитку інтелекту в закладах загальної середньої освіти України та Польщі. *Технології розвитку інтелекту*. Том 4. №3(28). 2020. DOI: <http://doi.org/10.31108/3.2020.4.3.4>
2. Гриб'юк О.О. Психофізіологічні підходи щодо проєктування комп'ютерно орієнтованих методичних систем дослідницького навчання учнів з педагогічно виваженим використанням імерсивних технологій. *Габітус. Науковий журнал*. Випуск 39. Одеса: Видавничий дім «Гельветика», 2022. С. 95-103. DOI: <https://doi.org/10.32843/2663-5208.2022.39.17>

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, [w:] *Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie*, Zeszyt Nr 79, Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej (WPP), 2019. P. 101-119.
5. 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.
6. Hrybiuk O. Mathematical modeling as a means and method of problem solving in teaching subjects of branches of mathematics, biology and chemistry // *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.
7. 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. С. 39-65.
8. 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, Випуск 22: Дидактичні механізми дієвого формування компетентнісних якостей майбутніх фахівців фізико-технологічних спеціальностей. 2016. С. 184-190.

9. 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.

10. 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 у підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми* : збірник наукових праць. Вінниця : ТОВ «Друк плюс», 2021. Вип.62. С. 138-162. ISBN 978-966-2337-01-3

11. 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.

12. 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.

13. 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. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-09385-2_20

14. Гриб'юк О.О. Дослідницьке навчання учнів з використанням іммерсивних технологій у контексті їх впливу на інтелектуальний і психофізіологічний розвиток. *Журнал «Перспективи та інновації науки» (Серія «Педагогіка», Серія «Психологія», Серія «Медицина»)*. Випуск № 5(5). 2021. С. 185-205. DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-4952-2021-5\(5\)-185-204](https://doi.org/10.52058/2786-4952-2021-5(5)-185-204)

15. Гриб'юк О.О. Іммерсивні технології у процесі навчання предметів математичного циклу: становлення нової освітньої парадигми. *Педагогічні науки: теорія та практика*. Запоріжжя: Видавничий дім «Гельветика», 2021. № 4(40). С. 35-45. DOI: <https://doi.org/10.26661/2786-5622-2021-4-05>