

**ВПРОВАДЖЕННЯ КУРСУ З РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНИХ  
ЗАСОБІВ ВІРТУАЛЬНОЇ ТА ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ:  
ПЕРЕВАГИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДИКИ  
ОПТИМАЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОСЛІДНИЦЬКОГО  
НАВЧАННЯ УЧНІВ ПРЕДМЕТІВ ПРИРОДНИЧО-  
МАТЕМАТИЧНОГО ЦИКЛУ**

**Гриб'юк О. О.**

**ВСТУП**

Актуальною і привабливою є парадигма використання імерсивних технологій для підтримки процесу навчання, безпосередньо для підвищення якості навчання на всіх рівнях освітнього процесу. Але не усвідомлюються можливі ризики в результаті застосування усеможливих форм і інструментів навчання із використанням ІТ, зокрема ризики розповсюдження та застосування технологій у повсякденному житті та неоднозначний вплив на здоров'я учнів у процесі навчання предметів природничо-математичного циклу з педагогічно виваженим використанням імерсивних технологій. У необхідності та доцільності методично вмотивованого використання комп'ютерно орієнтованих методичних систем (КОМСДН) у процесі дослідницького навчання людини не виникає жодних сумнівів.

Проблемою сьогодення є також неготовність дітей, батьків, педагогів до педагогічно виваженого використання комп'ютерно орієнтованих систем дослідницького навчання, у тому числі імерсивних технологій. Безперечно, необхідна чітка класифікація ІТ, визначення термінологічного апарату і ґрунтовний аналіз можливих ризиків для здоров'я дітей, що виникають в результаті використання різноманітних ІVR. Усім учасникам навчально-виховного процесу доцільно керуватися в своїй роботі відомим принципом медицини «Primum non nocere». Повсюдному використанню імерсивних технологій повинні передувати ґрунтовні дослідження щодо можливих наслідків такого використання, в тому числі для здоров'я підростаючого покоління, та пропедевтична підготовка відповідних стратегій та методологій експериментальних досліджень. Проблеми впливу комп'ютера на психофізіологічний та особистісний розвиток дитини, здоров'язбережувального використання комп'ютерних ігор крізь призму імерсивного досвіду потребує ґрунтового дослідження. У процесі дослідницького навчання учнів важливо використовувати

IVR як інструмент інтелектуального розвитку. Йдеться про педагогічний експеримент із вказаними результатами щодо ефективності такого дослідницького навчання та професійні дослідження стану здоров'я дітей<sup>1</sup>.

*Аналіз досліджень і публікацій.* Зв'язок чуттєвого і раціонального в навчально-виховному процесі важливий і необхідний, оскільки часто принцип наочності формулюється як принцип єдності абстрактного і конкретного. Я. А. Коменський, І. Г. Песталоцці, К. Д. Ушинський та ін. вважали, що початкова фаза навчання повинна ґрунтуватися на чуттєвому пізнанні, відповідно, одним із найважливіших принципів дидактики вважається наочність. Наочність в навчально-виховному процесі реалізовувалася шляхом демонстрації різноманітних дослідів<sup>2</sup>.

Вміння вчителя враховувати психічний стан учнів і стадії їх психічного розвитку забезпечує гарантоване досягнення результатів дослідницького навчання учнів<sup>3</sup>. Результати дослідження свідчать про наявність статистично значущих відмінностей на рівні ( $p \leq 0,05$ ) у розвитку візуального мислення учнів експериментальної групи, які навчаються за технологією доповненої реальності<sup>4</sup>. Розроблено та апробовано навчальний інструментарій AR для розвитку просторових уявлень і навичок учнів закладів загальної середньої освіти на уроках математики з виваженням використанням мобільних пристроїв<sup>5</sup>. Здійснено класифікацію інформаційно-психологічних впливів і виокремлення механізму впливу різноманітних технологій IVR на формування особистості учня<sup>6</sup>. Вчені будують модель явища з метою

---

<sup>1</sup> Грив'юк О.О. Психофізіологічні підходи щодо проєктування комп'ютерно орієнтованих методичних систем дослідницького навчання учнів з педагогічно виваженням 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>

<sup>2</sup> 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 № 79*, Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej (WPP), 2019. P. 101–119.

<sup>3</sup> Грив'юк О.О. *Дослідницьке навчання учнів предметів природничо-математичного циклу з використанням комп'ютерно орієнтованих методичних систем* / О. О. Грив'юк. Монографія. Київ: НПУ імені М. П. Драгоманова, 2019.

<sup>4</sup> Demitriadou, E., Stavroulia, KE. & Lanitis, A. Comparative evaluation of virtual and augmented reality for teaching mathematics in primary education. *Educ Inf Technol* 25, 381–401 (2020). <https://doi.org/10.1007/s10639-019-09973-5>

<sup>5</sup> Ozcağır B., Cakiroglu E. An Augmented Reality Learning Toolkit for Fostering Spatial Ability in Mathematics Lesson: Design and Development. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 9(4). 2021. P. 145-167. <https://doi.org/10.30935/scimath/11204>

<sup>6</sup> Schutera S.; Schnierle M.; Wu M.; Pertzelt T.; Seybold J.; Bauer P.; Teutscher D.; Raedle M.; Heß-Mohr N.; Röck S.; et al. On the Potential of Augmented Reality for Mathematics

розуміння сутностей, властивостей досліджуваного явища за умови неможливості проведення спостереження через об'єктивні причини<sup>7</sup>. В процесі пізнання і практичного дослідження навколишнього світу велика роль відводиться методу математичного моделювання<sup>8</sup>.

Актуальність зазначеної дослідно-експериментальної роботи визначається потребою у розробленні нового напрямку прикладних досліджень, а саме, використання варіативних моделей комп'ютерно орієнтованих методичних систем дослідницького навчання учнів предметів природничо-математичного циклу в навчально-виховному процесі, управлінській діяльності та поширенні методики дослідницького навчання в системі освіти з виваженим використанням імерсивних технологій<sup>9</sup>.

Мета експериментального дослідження полягає в розробленні, обґрунтуванні та експериментальній перевірці варіативних моделей використання комп'ютерно орієнтованих методичних систем

---

Teaching with the Application cleARmaths. *Educ. Sci.* 2021, 11, 368. <https://doi.org/10.3390/educsci11080368>; Kaufmann H. *Geometry education with augmented reality* [Doctoral dissertation, Vienna University of Technology]. Vienna, Austria. 2004. <https://doi.org/10.1145/1242073.1242086>; Matcha W., Rambli D. R. A. Preliminary investigation on the use of augmented reality in collaborative learning. *International Conference on Informatics Engineering and Information Science*, Berlin, Heidelberg. 2011. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-25483-3\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-642-25483-3_15); Sack J. Developing the spatial operational capacity of young children using wooden cubes and dynamic simulation software. In T. Craine & R. Rubenstein (Eds.), *Understanding geometry for a changing world: Seventy-first yearbook*. P. 141–154. National Council of Teachers of Mathematics. 2009; Wu H.-K., Lee S. W.-Y., Chang H.-Y., Liang, J.-C. Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers and Education*, 62(3). P. 41–49. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.024>

<sup>7</sup> 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.

<sup>8</sup> 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.

<sup>9</sup> Гриб'юк О.О. Психофізіологічні підходи щодо проектування комп'ютерно орієнтованих методичних систем дослідницького навчання учнів з педагогічно виваженим використанням імерсивних технологій. *Габітус. Науковий журнал*. Випуск 39. Олеса: Видавничий дім «Гельветика», 2022. С. 95-103. DOI: <https://doi.org/10.32843/2663-5208.2022.39.17>; 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; 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; Гриб'юк О.О. Імерсивні 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>

дослідницького навчання (КОМСДН) учнів предметів природничо-математичного циклу, у т.ч. технологій змішаної реальності (ТЗР)<sup>10</sup>.

### **1. Особливості використання методики оптимальної організації дослідницького навчання предметів природничо-математичного циклу**

Зацікавленість щодо використання методу математичного моделювання пов'язана з зростанням інтересу до логіки проведення наукового дослідження. Численні дослідження в науковій літературі присвячені або огляду моделювання в математичному і технічному контекстах, а також філософських проблем. Виокремлюються два види психологічних впливів: розвивальний і маніпулятивний. Психологічний вплив розглядається в контексті способів впливу на людей (окремих індивідів і групу людей), що здійснюється з метою вимірювання ідеологічних і психологічних структур свідомості та підсвідомості людини, трансформації емоційних станів, стимулюванні певних типів поведінки з використанням різних способів явного і неявного (прихованого) психологічного примусу.

У контексті існуючих проблем прослідковується невідповідність між цінностями щодо здоров'я дітей та одночасним впливом імерсивних технологій на здоров'я. Обов'язковою умовою щодо ефективного використання у процесі навчання комп'ютерних ігор є емпіричний підхід – експериментальна перевірка позитивних і негативних впливів імерсивних технологій на розвиток дітей. Для досягнення завдань дослідження використовуються експериментальні майданчики «Clever: School of Natural and Mathematical Sciences»<sup>11</sup>. Особлива увага приділяється виявленню ризиків, труднощів і небезпек у віртуальному середовищі з метою виокремлення важливих тенденцій для перспективного подальшого інтелектуального розвитку дітей з методично вмотивованим використанням компонентів комп'ютерно

---

<sup>10</sup> Гриб'юк О.О. Дослідницьке навчання учнів з використанням імерсивних 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).

<sup>11</sup> 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; 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](https://doi.org/10.1007/978-3-031-09385-2_20)

орієнтованої методичної системи дослідницького навчання (КОМСДН)<sup>12</sup>.

Імерсивна віртуальна реальність (IVR) з використанням НМД – технологія для створення відчуття психологічної присутності користувача у віртуальному просторі. З використанням різноманітних технологій IVR створюються різні рівні завантаження та відчуття присутності в імітованому середовищі<sup>13</sup>. Віртуальна реальність (VR) – це 3D комп'ютерне середовище, з використанням якого можна здійснювати «симуляцію реального світу», наближену до реального.

Віртуальне середовище можна проєктувати з використанням персонального комп'ютера, мобільного застосунку або дисплею НМД, який може бути представлений гарнітурою або окулярами. 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. В процесі занурення у віртуальний світ людина відривається від реальності та аутизується. З використанням комп'ютерних ігор моделюється девіантна, деструктивна поведінка дитини. Перед тим, як дитина навчиться формулювати хоча б одне речення, вона повинна оволодіти більш ніж сотнею м'язів, які беруть участь в мовному процесі. Синхронність рухів дитини, яка розмовляє, пов'язана зі стимуляцією не лише активності м'язів і дрібної моторики кінцівок, але й активністю кори головного мозку та правильним ростом і розвитком скелету дитини<sup>14</sup>.

Здійснення дослідницького навчання учнів можливе за допомогою нижче наведених способів<sup>15</sup>: а). *Перший досвід із врахуванням соціально-конструктивістської концепції навчання шляхом емпіричного відкриття;*

---

<sup>12</sup> 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.

<sup>13</sup> 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.

<sup>14</sup> Гриб'юк О.О. Імерсивні 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>

<sup>15</sup> Гриб'юк О.О. Педагогічне проєктування 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.

б). Природна семантика в контексті пропедевтики вивчення символів і абстракцій (наприклад, здійснення маніпуляцій кутами, сторонами многокутників перед вивченням важливості дослідження кутів в математиці); в). Уточнення навчального матеріалу в процесі перетворення абстрактних ідей у сформовані наукові положення/теорії (наприклад, «подорож із вірусом» в процесі мутації та поширення в популяції тощо); г). Розмір і масштабованість з метою зміни розмірів об'єктів/середовища з метою забезпечення взаємодії з мікро/макросвітом (наприклад, маніпуляції з атомами); д). 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» для ламання стереотипів.

## **2. Методика експериментального дослідження КОМСДН у процесі дослідницького навчання предметів природничо-математичного циклу**

У процесі педагогічно виваженого та методично вмотивованого добору інформаційних ресурсів необхідне врахування психофізіологічних та психолого-педагогічних факторів, серед яких велике значення мають особливості інтелектуального розвитку дітей. Визначення доцільності використання компонентів КОМСДН, в тому числі з використанням імерсивних технологій, у процесі дослідницького навчання учнів та оцінювання ставлення до ідентифікованих ресурсів слугувало метою здійсненого експериментального дослідження<sup>16</sup> (див. таблиці 1, 2).

Показники переваги у ставленні дітей до використання IVR розглядаються як характеристики популярності окремого інформаційного ресурсу. Виокремлено два параметри щодо необхідності певних обмежень на практичне використання інформаційних ресурсів та популярності їх використання: значення середнього балу, отриманого в процесі анкетування респондентів і кількість значущих кореляцій (див. Таблиці 3, 4)<sup>17</sup>.

---

<sup>16</sup> Ozcağır B., Cakiroglu E. An Augmented Reality Learning Toolkit for Fostering Spatial Ability in Mathematics Lesson: Design and Development. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 9(4). 2021. P. 145–167. <https://doi.org/10.30935/scimath/11204>

<sup>17</sup> Грив'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>

Таблиця 1

**Кореляційні зв'язки між показниками переваги у ставленні дітей до використання окремих інформаційних ресурсів<sup>18</sup>**

Інформаційний ресурс	Комп'ютеризовані лабораторії для виконання лабораторних практикумів	Комп'ютеризовані лабораторії для роботи з обладнанням	Моделі комп'ютеризованої реальності
Комп'ютеризовані лабораторії для виконання лабораторних практикумів	1,000	0,822 (0,000)	0,710 (0,000)
Комп'ютеризовані лабораторії для роботи з обладнанням	0,822 (0,000)	1,000	0,612 (0,004)
Моделі комп'ютеризованої реальності	0,710 (0,000)	0,612 (0,004)	1,000

Таблиця 2

**Кореляційні зв'язки між показниками переваги у ставленні дітей до використання окремих інформаційних ресурсів і рівнями інтелектуального розвитку дітей<sup>19</sup>**

Рівень інтелектуального розвитку	Комп'ютеризовані лабораторії для виконання лабораторних практикумів	Комп'ютеризовані лабораторії для роботи з обладнанням	Моделі комп'ютеризованої реальності
I	0,209 (0,327)	0,013 (0,954)	0,052 (0,838)
II	0,000 (1,000)	-0,146 (0,496)	-0,261 (0,295)
III	0,311 (0,139)	0,289 (0,171)	0,332 (0,178)
IV	-0,130 (0,545)	-0,171 (0,424)	-0,115 (0,651)

Досліджено кореляційні зв'язки між показниками переваги у ставленні дітей до використання окремих інформаційних ресурсів і рівнями інтелектуального розвитку для груп інформаційних ресурсів

<sup>18</sup> Група «комп'ютеризовані природничі лабораторії»; \* – результати виявилися значущими на рівні достовірності ( $p \leq 0,05$ ); \*\*\* – результати виявилися значущими на рівні достовірності ( $p \leq 0,001$ )

<sup>19</sup> Група «комп'ютеризовані природничі лабораторії»; \* – результати виявилися значущими на рівні достовірності ( $p \leq 0,05$ ); \*\*\* – результати виявилися значущими на рівні достовірності ( $p \leq 0,001$ ).

«статичні візуалізації» та «динамічні візуалізації»<sup>20</sup>. Знайдені кореляції між показниками переваги у ставленні учнів до використання окремих інформаційних ресурсів і рівнями інтелектуального розвитку учнів для окремих груп інформаційних ресурсів використовуються для здійснення коригування методики дослідницького навчання (КОМСДН) з метою педагогічно доцільного та методично вмотивованого добору навчальних ресурсів для мінімізації протиріч з врахуванням рівнів інтелектуального розвитку дітей<sup>21</sup>.

Таблиця 3

**Кореляційні зв'язки між показниками переваги у ставленні учнів до використання окремих інформаційних ресурсів (II)<sup>22</sup>**

Інформаційний ресурс	3D моделі	Анімація процесів	Відеовідтворення експерименту	Відеовідтворення природних процесів	Відеовідтворення прикладів з життя	Відеовідтворення екскурсій
3D моделі	1,000	0,501 (0,009)	0,438 (0,025)	0,604 (0,001)	0,458 (0,019)	0,432 (0,027)
Анімація процесів	0,501 (0,009)	1,000	0,501 (0,0079)	0,328 (0,102)	0,329 (0,100)	0,495 (0,010)
Відеовідтворення експерименту	0,438 (0,025)	0,501 (0,009)	1,000	0,604 (0,001)	0,589 (0,002)	0,541 (0,004)
Відеовідтворення природних процесів	0,604 (0,001)	0,328 (0,102)	0,604 (0,001)	1,000	0,697 (0,000)	0,732 (0,000)
Відеовідтворення прикладів з життя	0,458 (0,019)	0,329 (0,100)	0,589 (0,002)	0,697 (0,000)	1,000	0,627 (0,001)
Відеовідтворення екскурсій	0,432 (0,027)	0,495 (0,010)	0,541 (0,004)	0,732 (0,000)	0,627 (0,001)	1,000

<sup>20</sup> 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>; 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.

<sup>21</sup> 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

<sup>22</sup> Група «динамічна візуалізація»; \* – результати виявилися значущими на рівні достовірності ( $p \leq 0,05$ ); \*\*\* – результати виявилися значущими на рівні достовірності ( $p \leq 0,001$ )



Таблиця 4

**Кореляційні зв'язки між показниками переваги у ставленні учнів до використання окремих інформаційних ресурсів і рівнями інтелектуального розвитку учнів (II)<sup>23</sup>**

Рівень інтелектуального розвитку	3D моделі	Анімація процесів	Відеовідтворення експерименту	Відеовідтворення природних процесів	Відеовідтворення прикладів з життя	Відеовідтворення екскурсій
I	-0,098 (0,649)	-0,065 (0,762)	-0,007 (0,975)	-0,157 (0,463)	0,140 (0,515)	-0,374 (0,072)
II	-0,083 (0,700)	0,094 (0,663)	0,159 (0,459)	-0,121 (0,573)	0,153 (0,474)	-0,057 (0,791)
III	0,523 (0,009)	0,481 (0,017)	0,547 (0,006)	0,520 (0,009)	0,434 (0,034)	0,493 (0,014)
IV	-0,097 (0,651)	-0,029 (0,893)	-0,002 (0,992)	-0,195 (0,361)	-0,093 (0,665)	-0,274 (0,195)

**3. Методичні рекомендації щодо впровадження курсу з розроблення програмних засобів віртуальної та доповненої реальності**

Робота виконується в формі навчальних досліджень та навчальних проектів технологічної спрямованості. Модуль – не лабораторна робота і розрахований не на лінійне виконання завдань. Заняття відбуваються не в формі класичного шкільного уроку. Під час виконання завдань модуля щоразу виникатимуть нові запитання і будуватимуться нові сценарії їх виконання. Безперечно, пропонується модуль не потрібно вважати як єдину і чітку інструкцію. Саме тому пропонується не план-конспект, а *варіант варіативної організації роботи, який можна змінювати і коригувати в процесі виконання дослідницьких завдань*. Рекомендується також враховувати, що в кожному модулі представлено самостійну галузь теоретичних і експериментальних знань, з використанням яких в учнів формується необхідний понятійний апарат та уточнюється напрямок подальшого логічного мислення (в т. ч. доповнюючи навчальний процес новими експериментами з педагогічно виваженим використанням IVR).

В процесі формування та розвитку логічного мислення дітей доцільно «відхилити» їх фантазії в процесі роботи з конкретними фактами і результатами експериментальних досліджень. Нижче

---

<sup>23</sup> Група «динамічна візуалізація»; \* – результати виявилися значущими на рівні достовірності ( $p \leq 0,05$ ); \*\*\* – результати виявилися значущими на рівні достовірності ( $p \leq 0,001$ )

пропонуються рекомендації для ефективної роботи з учнями в процесі дослідницького навчання:

1. Роль педагога повинна вибудовуватися як роль модератора, помічника-консультанта і критика (за потреби), який в разі потреби може конкретним прикладом спрямувати дітей та допомогти школярам будувати «логічні ланцюжки» в процесі мислення.

2. Використання командної роботи сприятиме вирішенню проблеми різного рівня інтелектуального розвитку, ерудованості і комунікабельності школярів. В критичні моменти навчання доцільно формулювати контрприклад та критичні запитання із врахуванням психофізіологічних особливостей кожної дитини. Лабораторний журнал використовується в процесі реалізації проектних завдань в довільному порядку. Окремі пункти журналу можна рекомендувати учням для самостійного опрацювання<sup>24</sup>.

Актуальність досліджень щодо використання IVR 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 дослідженні<sup>25</sup> наголошується про необхідність врахування питань етики, безпеки використання і захисту здоров'я дітей в процесі проектування IVR.

КОМСДН учнів представлені у вигляді матеріально-технічного та науково методичного забезпечення, в якому знаходяться логічно і логістично пов'язані об'єкти і сервіси. Формування КОМСДН закладів освіти спрямовано на поліпшення якості освіти в умовах розвитку інформаційного суспільства та конкурентоспроможної економіки. Досягти цієї мети можна за умови оволодіння педагогами КОМСДН на високому рівні, підготовки учнів до використання технологій змішаної реальності у вирішенні життєвих практичних завдань, забезпечення доступу до якісної освіти через впровадження дослідницького навчання<sup>26</sup>.

---

<sup>24</sup> 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.

<sup>25</sup> 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. icseng 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. 2022. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-031-09385-2\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-031-09385-2_20)

<sup>26</sup> Гриб'юк О.О. Дослідницьке навчання учнів з використанням імерсивних 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)

У процесі дослідження створено та уточнено орієнтовну структуру імерсивної освітньої системи КОМСДН<sup>27</sup>. На основі виконаного ґрунтовного аналізу, висвітлених концептуальних аспектів та результатів емпіричного дослідження можна зробити висновки про покращення розуміння та підвищення ступеня засвоєння учнями навчального матеріалу завдяки потоковому використанню візуальних і вербальних даних та за наявності між даними стійкого змістовного зв'язку. Збільшення часу розташування візуалізованого/вербалізованого зображення у полі зору учня не впливає на ефективність засвоєння матеріалу. Принципами розроблених теорій рекомендується послуговуватися як орієнтирами для розроблення та перевірки технологій навчання (ТЗР), особливо в контексті навчання природничо-математичних предметів із арсеналом засобів для опрацювання дидактичних матеріалів, представлених в дискретній, ілюстративно-вербалізованих та континуальній формах.

У навчальній програмі з розроблення програмних засобів віртуальної та доповненої реальності (див. рис. 1–3) передбачається використання комп'ютерів і спеціальних інтерфейсних блоків, що дозволяє учням проявляти творчий підхід щодо вирішення поставленого дослідницького завдання; створювати моделі реальних об'єктів і процесів; аналізувати практико орієнтовний результат своєї роботи<sup>28</sup>.

У результаті педагогічного експерименту 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<sup>29</sup>. Дотепер не проводилося масштабних наукових досліджень щодо впливу занурення у віртуальну реальність на здоров'я людини. Невідомі короткотривалі і довготривалі наслідки впливу такого занурення. Виробники обладнання IVR оприлюднили рекомендації щодо охорони праці і техніки безпеки з

---

<sup>27</sup> 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 № 79, Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej (WPP), 2019. P. 101–119.

<sup>28</sup> Гриб'юк О.О. Психологічні підходи щодо проектування 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>

<sup>29</sup> 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.

урахуванням вікових обмежень щодо використання імерсивних технологій. Учитель перед використанням IVR в навчальному процесі повинен ознайомитися з рекомендаціями виробників.

На підставі аналізу результатів експериментального дослідження можна зробити висновок про низький рівень цифрової грамотності учнів і відсутність розуміння різноманітних можливостей використання VR/AR в професійному середовищі<sup>30</sup>. Дотепер актуальною проблемою є формування у школярів базових навичок програмування, у тому числі в контексті VR/AR технологій.



**Рис. 1. Компоненти № № 1–5 навчальної програми «Розроблення VR/AR застосунків» (базовий рівень)**

<sup>30</sup> Гриб'юк О.О. Імерсивні 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>



**Рис. 2. Компоненти № № 6–10 навчальної програми «Розроблення VR/AR застосунків» (базовий рівень)**

Спостерігається недостатня кількість фахівців-розробників проєктів з використанням VR/AR. В процесі виконання завдань програми у школярів не тільки формується уявлення про базові поняття віртуальної реальності, але й навички роботи з профільним програмним забезпеченням (VR/AR, графічними 3D-редакторами), формують / удосконалюють базові навички програмування. У процесі дослідницького навчання учні працюють над індивідуальними проєктами, виражено використовуючи обладнання VR/AR<sup>31</sup>.

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<sup>32</sup>. Із застосуванням компонентів КОМСДН забезпечується варіативність і неперервність варіативних програм і змісту освіти із врахуванням здібностей учнів з використанням принципів «навчання через гру», «навчання–відкриття», «навчання–дослідження», «занурення

<sup>31</sup> 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 № 79, Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej (WPP), 2019. P. 101-119.

<sup>32</sup> 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>

в процес пізнання», «конструювання майбутнього», «конструкторське бюро», «дослідницький центр»<sup>33</sup>.



**Рис. 3. Компоненти № № 1–5 навчальної програми «Розроблення VR/AR застосунків» (поглиблений рівень)**

#### **4. Специфіка педагогічного проєктування КОМСДН MR/VR/AR**

Із використанням комплексного імерсивного підходу (педагогічна імерсія) з'являється можливість доповнити компоненти КОМСДН. Віртуальні технології використовуються для того, щоб в незвичних форматах учні можуть пережити складні емоції (наприклад, почуття сорому). Безперечно, глядач (учень, учасник події) відчуватиме емпатію, слідкуватиме за сюжетом у процесі перегляду відео 360, переживаючи чужий досвід, однак забезпечується стійкий зворотний зв'язок з учнем. З педагогічно виваженим використанням імерсивних технологій з'являється можливість створення ґрунтовної, продуманої КОМСДН із забезпеченням музичного / звукового супроводу для візуального / аудіального занурення учня у «потрібну атмосферну ситуацію» в

<sup>33</sup> Гриб'юк О.О. Імерсивні 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>

контексті набуття необхідних знань. Особливості педагогічного проектування IVR КОМСДН ґрунтовно описано в дослідженнях<sup>34</sup>.

*Дослідницьке навчання учнів в контексті створення доповненої реальності (AR).* Набуття досвіду роботи з доповненою реальністю розпочалося із використання застосунку Augasma. Мобільний застосунок здійснює накладання тривимірних об'єктів і відео поверх високого (!) контрастного зображення. Зображення тригера схоже на штрих-код, який «повідомляє» мобільному пристрою, що саме додати до зображення. Ілюзія, яку часто бачать через мобільний пристрій, «прив'язана до зображення», тому камера повинна тримати в полі зору. Зображення повинно мати достатній колірний контраст, щоб його можна було легко ідентифікувати (освітлення відіграє важливу роль в ідентифікації тригерного зображення). Важливо правильно обрати імерсивну технологію, дизайн компонентів IVR КОМСДН з метою ефективного дослідницького навчання учнів<sup>35</sup>. Специфіку використання варіативних моделей КОМСДН в контексті педагогічного проектування IVR ґрунтовно описано в дослідженнях<sup>36</sup>.

*Створення об'єктів доповненої реальності з використанням мобільного застосунку HP Reveal.* Доповнена реальність створюється шляхом поєднання реальних об'єктів і окремих віртуальних елементів, відповідні доповнення можна створювати безпосередньо з використанням смартфона, на якому одразу всі створені об'єкти проглядаються через девайс користувача. Рекомендується початківцям використовувати застосунок HP Reveal, перевагами якого є: безоплатність; люб'язний і зрозумілий інтерфейс для швидкого та зручного створення і перегляду контенту; можливість «накладання» усіх об'єктів, без обмеженості наявними у базі сервісу.

*Правило-орієнтир для створення об'єктів доповненої реальності з використанням мобільного застосунку HP Reveal:* 1). Завантажити застосунок HP Reveal. 2). Створити обліковий запис шляхом активізації вікна натисненням «Create an account». 3). Вводимо електронну пошту

---

<sup>34</sup> 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; Гриб'юк О.О. Психофізіологічні підходи щодо проектування 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>

<sup>35</sup> 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

<sup>36</sup> Гриб'юк О.О. Імерсивні 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>

(або пропускаємо крок, натиснувши «Next». 4). Вводимо ім'я користувача. Зверніть увагу: введене ім'я використовуватиметься як ім'я вашого каналу. 5). Придумайте пароль та натисніть «Create account». 6). Обліковий запис створено. Ви можете створювати та проглядати об'єкти доповненої реальності, які в програмі називаються аурами (Auras). В процесі використання застосунку ми ніби переглядаємо ауру об'єкта, яка не проглядається звичайним зором. 7). Завантажте мультимедійні об'єкти на мобільний пристрій з метою створення «нового шару реальності». Новим шаром може стати відео, картинка, фото або 3d модель. Можна одразу завантажити необхідні файли на телефон, після чого необхідно «прикріпити» їх в реальності. 8). Розмістити доповнення в проєктованій (!) реальності.

*Процес створення компонентів/аур з використанням мобільного застосунку складається з нижче наведених кроків:* 1). На головному екрані застосунку у верхній частині екрана натискаємо кнопку плюсику і фотографуємо об'єкт, на який накладаємо доповнення. 2). Обираємо об'єкт для створення мультимедійного шару. Зверніть увагу: можна завантажити файли з Вашого пристрою. Для цього необхідно обрати пам'ять пристрою «Device» та завантажити файли «Upload». 3). Здійснити коригування розміру та положення віртуального об'єкта. На даному етапі він повинен зображатися відповідно до сценарію Вашого проєкту. 4). Запишіть ім'я об'єкта, збережіть його та зробіть ауру публічною.

*Правило-орієнтир для перегляду компоненту/аури учнями (!):* для виконання роботи учням потрібно здійснити реєстрацію (див. правило-орієнтир): 1). Завантаживши попередньо застосунок, зареєструйтесь в ньому. 2). Знайдіть потрібний канал необхідний канал. 3). Зайдіть на канал. Натисніть «назва каналу Public Auras». 4). Для перегляду аури необхідно натиснути «Follow». Для цього потрібно повернутися на головний канал застосунку, натисніть блакитну кнопку і наведіть камеру на фіксоване зображення.

Рекомендується з використанням застосунку HP Reveal створювати необхідну віртуальну реальність для проведення ігор і квестів, здійснювати дослідницьке навчання, при цьому «оживляючи» підручник, наповнюючи його власними ілюстраціями у віртуальному просторі. Нова технологія доповненої реальності усуває тригерне зображення та розміщує об'єкти у віртуальному просторі за допомогою відстеження поверхні<sup>37</sup>. На підставі аналізу результатів експериментального дослідження можна зробити висновок про суттєве

---

<sup>37</sup> 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 № 79*, Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej (WPP), 2019. P. 101–119.



підвищення рівня мотивації учнів у процесі дослідницького навчання. В навчально-виховному процесі учнів необхідно враховувати наслідки використання імерсивних технологій для забезпечення конфіденційності учнів (див. таблиці 5–7).

Таблиця 5

**Система способів оптимізації навчального процесу**

№ з/п	Основні компоненти діяльності вчителя	Способи дій, спеціально спрямовані на оптимізацію дослідницького навчання учнів
1	Планування завдань навчання	Комплексування завдань навчання, здійснення одночасного виконання завдань навчання, виховання і розвитку учнів. Конкретизація завдань із врахуванням реальних освітніх можливостей школярів в окремих класах.
2	Визначення змісту уроку	Виокремлення головної думки в змісті навчання і акцентування уваги на ній упродовж усіх етапів уроку. Міжпредметна координація змісту навчального матеріалу з метою полегшення його засвоєння. Вибір раціональної послідовності вивчення нового навчального матеріалу в конкретному класі.
3	Використання різноманітних методів і засобів дослідницького навчання учнів	Вибір раціональних методів і засобів навчання в рамках конкретної учбової ситуації.
4	Використання диференційованого підходу до учнів	Надання адресної допомоги кожному учневі в процесі дослідницького навчання в залежності від рівня наявних навчальних можливостей.
5	Використання різноманітних форм організації дослідницького навчання	Вибір раціональних для даної навчальної ситуації комбінації фронтальних, групових і та індивідуальних форм навчання.
6	Використання сформованих умов з метою дослідницького навчання учнів	Створення оптимально необхідних навчально-матеріальних, санітарно-гігієнічних, морально-психологічних, естетичних та ергономічних умов для здійснення дослідницького навчання учнів.
7	Виконання поставлених завдань у рамках запланованого уроку	Регулювання і корегування сформованого плану уроку з урахуванням динамічної навчальної ситуації.
8	Аналіз результатів	Аналіз відповідностей результатів навчання реальним освітнім можливостям кожного учня і оцінювання затрат часу з точки зору у відповідності з урахуванням встановлених нормативів.

Таблиця 6

**Класифікація основних методів дослідницького навчання**

№ з/п	Основні групи методів дослідницького навчання учнів	Основні підгрупи методів дослідницького навчання учнів	Часткові методи дослідницького навчання учнів
1	Стимулювання і мотивація учня	Стимулювання пізнавального інтересу до учіння Стимулювання обов'язку та відповідальності в процесі навчання	Пізнавальні ігри, дискусії, методи емоційного стимулювання тощо. Методи заохочення (порада, прохання, натяк, вираз довіри/недовіри) формулювання вимог/умови і т.д.
2	Організація учбових дій і операцій	Словесні Наочні Практичні Логічні Гностичні Самостійна учбова дія	Лекція, бесіда, розповідь і т.д. Методи ілюстрацій, демонстрацій, кінопоказ тощо. Методи вправ, проведення дослідів, виконання практико орієнтованих (професійних) завдань тощо. Індуктивні, дедуктивні, метод аналогій тощо. Проблемно-пошукові, репродуктивні тощо. Самостійна робота з підручниками, пристроями, моделями і т.д.
3	Контроль і самоконтроль	Контролю Самоконтролю	Фронтальне та індивідуальне опитування, контрольні роботи, твори, контрольні досліді, машинний контроль. Усний і письмовий самоконтроль.

Таблиця 7

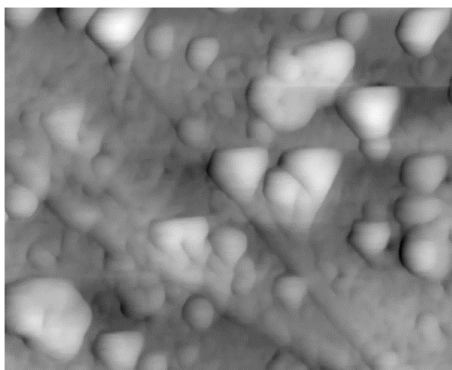
**Порівняльна характеристика можливостей використання методів дослідницького навчання**

Методи дослідницького навчання	Завдання дослідницького навчання				
	Формування		Розвиток		
	знань	вмінь	мислення	самостійності	мови
Словесні	+(!)	–	+(!)	+	+(!)
Наочні	+	+(!)	–	–	–
Практичні	–	+(!)	–	+(!)	–
Репродуктивні	+	+(!)	–	–	+
Проблемно-пошукові	+	+	+(!)	+(!)	+(!)
Індуктивні	+	+(!)	+	+	+
Дедуктивні	+(!)	–	+(!)	+	+
Самостійна робота	+	+(!)	+	+(!)	+
Пізнавальні ігри	+	+	+	+(!)	+
Навчальні дискусії	+(!)	–	+(!)	+(!)	+(!)
Усний контроль	+(!)	–	+(!)	+	+(!)
Письмовий контроль	+	–	+	+	+
Лабораторний контроль	–	+(!)	–	+(!)	–

**Умовні позначення:** «+(!)» – з використанням запропонованого методу розв'язується задача успішніше у порівнянні з іншими методами даної групи; «+» – з використанням запропонованого методу в основному розв'язується задача у порівнянні з іншими методами даної групи; «–» – з використанням запропонованого методу розв'язується задача менш успішніше у порівнянні з іншими методами даної групи.

Конфіденційність учнів потрібно враховувати не лише під час ведення записів у системі IVR, але й для забезпечення даних задля уникнення накопичення біометричних даних виробниками обладнання і програмного забезпечення віртуальної реальності. Біометричні дані – це автоматизоване розпізнавання на накопичення даних про біологічні та поведінкові характеристики людей, що можуть піддаватися модифікації (наприклад, розпізнавання обличчя, відстежування руху очей, рухи верхніх і нижніх кінцівок тощо). Інтеграція біометрії в імерсивні технології створюватиме проблеми щодо питань згоди й конфіденційного зберігання даних людини.

**Завдання:** попередньо порівнявши форму наночастинки на поверхні з геометричною фігурою можна обчислити об'єм нанокластеру, кількість атомів, з яких він складається, обчислити кути нахилу граней і т.д. Процес дослідження зводиться до розв'язування геометричної задачі.



**Рис. 6. Зображення пірамідальних кластерів вісмуту (в центрі)**

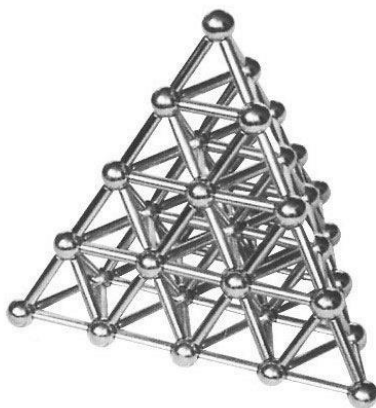
На рис. 6 пропонується зображення модифікованої поверхні кристалу вісмуту. Обчислити кількість атомів в одному із нанокластерів, довжина основи якого становить від 5 до 200 нм, а кут нахилу грані  $56^\circ$ . Параметри кристалічної решітки вісмуту становлять  $\sim 0.2$  нм. Йдеться про актуальний напрям альтернативної енергетики. Вісмут широко використовується в термоелектриці. Зростання ефективності використання вісмуту як термоелектрика пов'язується з наноструктуруванням

**Примітка:** 1. Очевидно, що нановиступи можна порівняти з правильними тригранними пірамідами. Міжатомна відстань в напрямку вершини піраміди вісмуту становить  $\sim 0.2$  нм, розмір атому –  $0.2$  нм.

2. Обговоріть в групі та запропонуйте хід розв'язування.

3. На основі даних квантово-хімічних обчислень можна стверджувати, що для кластерів вісмуту перехід в напівпровідниковий стан відбувається з використанням напівемпіричних методів обчислень з параметризацією  $N=4980$ , отриманою методом Хартлі-Фока з врахуванням кореляційної поправки  $N=1220$  та для методу функціоналу густини з врахуванням кореляції  $N=650$  (Рис. 7).

*Основні переваги використання імерсивних технологій у процесі дослідницького навчання учнів:* 1) ефективність пояснення навчального матеріалу завдяки обмеженому використанню інформаційного шуму через занурення, досвід і емоції; 2) можливість створення міждисциплінарних дослідницьких проєктів через ефективне залучення фахівців з різних галузей знань; 3) розширення креативних можливостей для створення дослідницьких проєктів завдяки технологічності MR/VR/AR.



**Рис. 7. Модель піраміди**

## **ВИСНОВКИ**

Серед особливостей IVR КОМСДН доцільно виокремити наступні: з використанням логіко-лінгвістичного моделювання суттєво розширилось використання комп'ютера за рахунок неформалізованих раніше галузей знань і сфер діяльності (медицина, біологія, геологія, управління гнучким роботизованим виробництвом і т.д.); з використанням спеціальних формалізмів (логіко-лінгвістичних моделей) декларативних і процедурних знань, представлених в електронній формі, розв'язування задач з використанням комп'ютера здійснюється ефективніше; галузевим фахівцям надається прямий (безпосередній) доступ до комп'ютера в діалоговому режимі з метою розв'язання професійних задач, які при цьому послугуються професійною мовою та програмно-апаратними засобами ШІ<sup>38</sup>.

У дослідженні пропонується класифікація систем штучного інтелекту: інтелектуальні інформаційно-пошукові; обчислювально-логічні системи; експертні системи, з використанням яких надає можливість здійснювати ефективну комп'ютеризацію галузей, де знання можуть бути представлені в експертній описовій формі, однак використання математичних моделей, що використовуються в точних

---

<sup>38</sup> Грїб'юк О.О. *Дослідницьке навчання учнів предметів природничо-математичного циклу з використанням комп'ютерно орієнтованих методичних систем* / О. О. Грїб'юк. Монографія. Київ: НПУ імені М. П. Драгоманова, 2019.

науках, сумнівне і часто неможливе<sup>39</sup>. Завдяки педагогічно виваженому використанню КОМСДН з'являється можливість, із врахуванням математичних рівнянь, варіативних моделей і ТЗР, обчислити та прогнозувати поведінку досліджуваної системи за різноманітних умов існування.

Із врахуванням результатів експериментального дослідження можливе прогнозування сучасної ситуації. Перед батьками і вчителями стоїть складний (непосильний) виклик – з метою подолання комп'ютерної залежності у дітей необхідно утримувати розумний баланс між проведенням дозвілля і такими заняттями, як виконання домашнього завдання, різноманітних домашніх обов'язків дітьми, допомога батькам і т.д. Адже діти втрачають відчуття реальності, проводячи багато часу в мережі Інтернет. Роботу щодо профілактики комп'ютерної залежності необхідно розпочинати батьків. Чим більше часу дитина проводитиме, спілкуючись у сім'ї, тим менша спокуса сісти за комп'ютер. Особливу увагу необхідно звернути на розроблення окремих компонентів та уточнення методичної системи дослідницького навчання (КОМСДН) з педагогічно виваженим використанням імерсивних технологій у навчально-виховному процесі<sup>40</sup>. Безперечно, необхідне різнобічне забезпечення підтримки дослідницького навчання з використанням імерсивних технологій, зокрема, йдеться про використання механізмів контролю прогресу роботи учнів, налаштування різних форм подання матеріалу з урахуванням психологічного та фізичного стану учнів.

## АНОТАЦІЯ

У дослідженні наводяться психофізіологічні аспекти у віртуальному середовищі в процесі дослідницького навчання учнів, аналізуються відповідні фактори і показники впливу. Мета експериментального дослідження полягає у розробленні, обґрунтуванні та експеримен-

---

<sup>39</sup> 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: КПУ, Випуск 22: Дидактичні механізми дієвого формування компетентнісних якостей майбутніх фахівців фізико-технологічних спеціальностей*. 2016. С. 184–190; 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.

<sup>40</sup> 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 плус», 2021. Вип.62. С. 138–162. ISBN 978-966-2337-01-3

тальній перевірці варіативних моделей використання комп'ютерно орієнтованих методичних систем дослідницького навчання учнів предметів природничо-математичного циклу з педагогічно виваженим і методично вмотивованим використанням імерсивних технологій. Здійснено апробацію курсу з розроблення програмних засобів віртуальної та доповненої реальності та ґрунтовний аналіз переваги та особливості використання методики оптимальної організації дослідницького навчання учнів предметів природничо-математичного циклу. Особлива увага приділяється експериментальному дослідженню впливу IVR на психофізіологічний стан і розвиток інтелекту дітей в процесі дослідницького навчання. Досліджено існування кореляційних зв'язків між перевагами у ставленні дітей до використання компонентів КОМСДН, в тому числі імерсивних технологій і рівнями інтелектуального розвитку дітей. Встановлено необхідність здійснення добору інформаційних ресурсів для підвищення креативності, мотивації і рівня інтелектуального розвитку дітей, що призводить до підвищення ефективності дослідницького навчання. Результати виявилися значущими на рівні достовірності  $p \leq 0,05$ . Показники переваги у ставленні дітей до використання IVR розглядаються як характеристики популярності окремого інформаційного ресурсу. Виокремлено два параметри щодо необхідності певних обмежень на практичне використання IVR та популярності їх використання: значення середнього балу, отриманого в процесі анкетування респондентів і кількість значущих кореляцій. Отримані в процесі експериментального дослідження дані використовувалися для здійснення аналізу найбільш актуальних в процесі дослідницького навчання учнів предметів природничо-математичного циклу інформаційних ресурсів КОМСДН.

### Література

1. Demitriadou, E., Stavroulia, KE. & Lanitis, A. Comparative evaluation of virtual and augmented reality for teaching mathematics in primary education. *Educ Inf Technol* 25, 381–401 (2020). <https://doi.org/10.1007/s10639-019-09973-5>

2. Гриб'юк О.О. Психофізіологічні підходи щодо проектування 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. 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 № 79, Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej (WPP), 2019. P. 101–119.*

4. 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.*

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.: ПВВ 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. 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>

14. Гриб'юк О.О. Дослідницьке навчання учнів з використанням імерсивних 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. Імерсивні 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>

16. 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](https://doi.org/10.1007/978-3-031-09385-2_20)

17. Ozcakir B., Cakiroglu E. An Augmented Reality Learning Toolkit for Fostering Spatial Ability in Mathematics Lesson: Design and Development. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 9(4). 2021. P. 145–167. <https://doi.org/10.30935/scimath/11204>

18. Schutera S.; Schnierle M.; Wu M.; Pertzel T.; Seybold J.; Bauer P.; Teutscher D.; Raedle M.; Heß-Mohr N.; Röck S.; et al. On the Potential of Augmented Reality for Mathematics Teaching with the Application cleARmaths. *Educ. Sci.* 2021, 11, 368. <https://doi.org/10.3390/educsci11080368>

19. Kaufmann H. *Geometry education with augmented reality* [Doctoral dissertation, Vienna University of Technology]. Vienna, Austria. 2004. <https://doi.org/10.1145/1242073.1242086>

20. Matcha W., Rambli D. R. A. Preliminary investigation on the use of augmented reality in collaborative learning. *International Conference on Informatics Engineering and Information Science*, Berlin, Heidelberg. 2011. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-25483-3\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-642-25483-3_15)

21. Sack J. Developing the spatial operational capacity of young children using wooden cubes and dynamic simulation software. In T. Craine & R. Rubenstein (Eds.), *Understanding geometry for a changing world: Seventy-first yearbook*. P. 141–154. National Council of Teachers of Mathematics. 2009.

22. Wu H.-K., Lee S. W.-Y., Chang H.-Y., Liang, J.-C. Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers and Education*, 62(3). P. 41–49. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.024>

**Information about the autor:**

**Dr. Hrybiuk Olena Oleksandrivna,**

[orcid.org/0000-0003-3402-0520](https://orcid.org/0000-0003-3402-0520)

Associate Professor, Leading Researcher,

Institute for Digitalisation of Education

of the National Academy of Sciences of Ukraine

9, Maksyma Berlinskogo str., Kyiv, 04060, Ukraine