

Розділ II. Імерсивні технології та цифрове навчання: вплив, можливості та пом'якшення ризику

Буров О.Ю., Пінчук О.П., Литвинова С.Г.

Згідно до висновків Всесвітнього економічного форуму 2024, імерсивні технології входять до перших 10 проривних технологій року, вони захоплюють, керуються штучним інтелектом і змінюють наш підхід до створення прототипів і симуляції базової інфраструктури, будівель і міських просторів (<https://intelligence.weforum.org/topics/a1GTG000000DUDDB2A4>). «Доповнена реальність» для побудованого світу дозволяє інженерам, архітекторам і дизайнерам взаємодіяти в метавсесвіті через аватари, у цифрових просторах, які імітують реальне середовище, і співпрацювати способами, які можуть бути навіть ефективнішими за фізичну присутність. Очікується, що до кінця цього десятиліття ця технологія буде широко поширена так, що стане галузевою нормою.

Фахівці вважають, що захоплення імерсивними технологіями (ІмТ) близьке до такого, яке спостерігалось на початку 80-х по відношенню до персональних комп'ютерів, а потім на початку 2000-х у зв'язку з появою та поширенням смартфонів (<https://www.pwc.com/us/en/tech-effect/emerging-tech/immersive-technology-trends-in-2024.html>). Просторові обчислення, метавсесвіт і спектр змішаної реальності — від доповненої до віртуальної та розширеної — кваліфікуються як імерсивні технології.

Серед головних трендів 2024 р. у цьому напрямку виділяють такі: продовження та прискорення їх інтеграції в функціонал підприємств; стимулювання та адаптація до нових способів праці; імерсивність стане основним шляхом комерції, у т.ч. B2B; імерсивні технології знаходяться напередодні широкого масштабування та подальшого поширення; GenAI може допомогти створити імерсивність для кожного користувача; імерсивні

технології можуть допомогти переосмислити бізнес-моделі та підвищити довіру до них.

Слід зазначити, що глобальна цифровізація та відповідні трансформаційні ефекти, створювані інформаційно-комунікаційними технологіями (ІКТ) у різних сферах діяльності, привертають увагу дослідників через зміни необхідних навичок [1]. Динаміка цього сектора залежить від глобальних викликів і ширших тенденцій, які визначають довгострокові пріоритети науки і техніки в 4-й промисловій революції [2]. Можна виділити сучасні тенденції в таких напрямках: (1) технології - розробка інструментів 3D моделювання для біомедичної інженерії як технології життєзабезпечення; створення ефективних форм візуалізації інформації, контенту та знань як технологій інженерії знань; (2) індустрія контенту - поява додаткових медіа-продуктів у формі ігор, віртуальної реальності (VR) та їх інтеграція з іншими медіа-продуктами та соціальними мережами через створення спільних історій як конвергенція моделей доставки контенту [3]. Зазначимо, що конвергентні нано-, біо-, інфо- та когнітивні технології створюють якісно нове середовище для життя людини [4]. Таким чином, завдяки розробці прогресивних алгоритмів і програм обробки, зберігання та передачі зображень різної природи в найближчому майбутньому очікується підвищення ефективності технологій віртуальної та доповненої реальності (AR), тривимірного (3D) моделювання, зокрема для біомедичної інженерії [5]. В результаті технологічної еволюції AR (від VR-шоломів у 1970-х роках, дисплеїв AR і перших мобільних додатків AR у 1990-х роках до «розумних» AR-окулярів сьогодні), виникли передумови для використання технологій AR для віртуального навчання та праці лікарів і хірургів [6]. Усю необхідну для операцій інформацію – довідкову та отриману в процесі моніторингу стану (від датчиків, відеокамер) – AR-технологія «збере» в єдине зображення, адаптоване до швидкого сприйняття та навчання [7]. Це створило умови для суттєвого підвищення якості професійної діяльності на найближчу перспективу, в тому числі мобільної [8]. Однак основною перешкодою, яку прогнозують експерти, буде брак спеціалістів, як відповідних професійних

навичок, зокрема, так і відповідних цифрових компетенцій загалом [9]. Іншим недоліком технологій розширеної реальності є недостатнє розуміння психофізіологічної «вартості» діяльності у віртуальному середовищі [10] через недостатнє знання особливостей людської свідомості в синтетичному середовищі [11] та можливе кіберзахворювання [12]. Останнє досліджувалось та характеризувалося VR протягом десятиліть, але ми не знаємо так багато про ступінь його впливу на користувачів технологій AR/VR/MR/XR. Як правило, користувачі VR відчують більше симптомів на кінці шкали від дезорієнтації до нудоти, тоді як користувачі AR частіше відчують головний біль і втому очей [13]. Хоча ці симптоми можуть не здаватися виснажливими, якщо AR-гарнітури використовуються протягом тривалого періоду часу, ці симптоми можуть мати значний вплив і, як показало нещодавнє дослідження, бути такими ж серйозними, як і ті, пов'язані з впливом VR.

Ми мали на меті розробити модель ризиків, пов'язаних із технологіями AR/VR/MR/XR у навчанні, а також структуру та техніку ІКТ для вивчення впливу цих технологій на продуктивність учня та кіберзахворюваність.

Методологія. Життєвий цикл технологій, інноваційних технологічних продуктів і послуг буде тільки прискорюватися. У таких умовах природно, що науковці пов'язують свої надії на створення позитивної інтегрованої реальності за умов конвергенції фізичного та віртуального навчальних середовищ. У цих умовах надзвичайно важливою залишається роль досліджень і розробок у сфері освітнього застосування ІКТ, зокрема в загальній середній освіті. Корпоративне навчання стало піонером таких додатків, спираючись на передовий досвід у VR та AR, штучний інтелект, включаючи використання чат-ботів, бази знань, включаючи створення відеоконтенту, мікронавчання та мобільне навчання. Ці процеси спонукають до еволюції засобів, форм і методів навчання і в загальній освіті.

Ми дотримуємося думки, що потенціал інформаційно-освітнього середовища, насиченого цифровими технологіями, насамперед слід розглядати з позиції розвитку пізнавальної діяльності суб'єктів навчання. Якщо учні

вивчають інформаційні образи, в тому числі реальні природні явища та процеси шляхом експериментування з різними цифровими інструментами та технологіями (моделювання, комп'ютерне моделювання, віртуальна та доповнена реальність тощо), це забезпечить творчу діяльність в інтегрованому (реальному та віртуальному) навчанні, вплине на пізнавальну мотивацію учнів, сприятиме формуванню відповідних цифрових компетентностей [14].

Важливу роль у визначенні сфер можливої трансформації системи освіти відіграє спільний доступ до нових цифрових технологій. За оцінками світових експертів, найвищими темпами розвиваються інструменти віртуальної реальності VR, доповненої реальності AR і доповненої віртуальності AV, змішаної MR і розширеної реальності XR (до останнього входять і всі попередні). Четверта промислова революція супроводжується переходом виробництва і, відповідно, освіти в синтетичне середовище діяльності (як виробництва, так і навчання). Реформа освіти вимагає прискореного впровадження засобів доповненої реальності в навчальний процес, а також підготовки майбутніх працівників до взаємодії з системами штучного інтелекту, а також роботизованими системами. Різниця між цими термінами та засобами полягає в тому, що вони є різними комбінаціями реальної (RR) та віртуальної (VR) реальності, утворюючи варіанти імерсивного навчального середовища, у якому сприйняття є результатом синтезу свідомості та відчуття [15, с. 16]. Найбільш поширеними з часом з цього спектру є доповнена (AR), віртуальна (VR), змішана (MR) і розширена (XR) реальності, для яких виділяють наступні типи:

- *доповнена* - ринково-орієнтована AR, AR на основі розташування, AR на основі накладання, AR на основі проєкції; усі ці типи можна використовувати в навчальному процесі [16];

- *віртуальна* – VR без занурення, VR з повним зануренням, спільна VR, веб-VR;

- *змішана* - варіанти поєднання реальної, доповненої реальності, доповненої віртуальності та віртуальної реальності.

Доповнена реальність включає весь спектр, від «повної реальної» до «повної віртуальної» у концепції континууму реальність-віртуальність, запропонованій Полом Мілграмом. З розвитком технічних засобів віртуалізації реальності та засобів реєстрації показників сенсорних систем людини та впливу на них відбувається спеціалізація та виділення нових типів імерсивних середовищ. Наприклад, SR (замісна реальність), 360 віртуальна реальність (або 360 VR, що дозволяє спостерігати об'єкт під будь-яким кутом) тощо. Можна очікувати, що діапазон синтетичних «реальностей» буде розширюватися, враховуючи можливі взаємозв'язки сенсорних систем людини, когнітивних моделей діяльності та реальної дійсності [9].

Водночас слід зазначити, що імерсивні технології, як і будь-які інструменти науково-технічного процесу, потребують певної адаптації до можливостей людини та навпаки – можливостей людини до них. Порушення такої адаптації може приводити до появи функціональних відхилень та порушень здоров'я людини [16]. Така взаємна адаптація потребує урахування як зовнішніх і внутрішніх факторів навчання, так і особливостей когнітивної діяльності учня.

Фактори, що впливають на кіберзахворювання учня в AR/VR/MR/XR

Важливо, що синтетичне середовище не є природним для людини, і її вплив на її психічні та фізіологічні процеси залишається недостатньо вивченим. До теперішнього часу серед факторів впливу синтетичного середовища з різними формами віртуалізації на людину та її здоров'я пропонується виділяти наступні.:

1) *особистісні: внутрішні* (властиві людині) - спадкові, статеві, вікові, етнічні; *фізіологічні* - міжзінична відстань, поріг частоти мерехтіння, постуральна стійкість, сила і рухливість нервових процесів, пластичність, серцево-судинна система, вестибулярний апарат; *психічні* – свідомість, когнітивні особливості, просторові операції, мислення; *здоров'я* - хвороби, розлади зорової системи;

2) *технологічні*: оптичні фактори; фактори відображення; фактори, пов'язані з просторовим відстеженням; звукові фактори; фактори, пов'язані з форм-фактором;

3) *операційні*: адаптація, ступінь контролю, рухи голови, загальний зоровий (інші датчики, крім того) потік, швидкість лінійного та обертального прискорення, швидкість самопереміщення, щільність і висота видимої сцени над місцевістю, рівень яскравості, вектор (ілюзія самостійного руху), тривалість, когнітивні навантаження.

Модель факторів впливу демонструє їх системний характер (Рис.1).

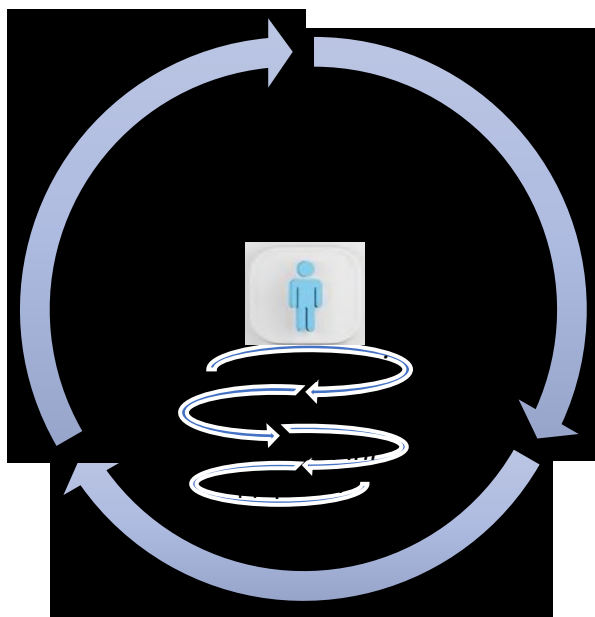


Рис.1. Фактори, що впливають на синтетичне середовище

Слід відмітити, що для навчання найбільш значущими є фактори, що стосуються властивостей/здібностей людини та операційні.

Зростає інтерес до визначення будь-яких ризиків використання такої технології та будь-яких наслідків впливу. Але тривалість наслідків впливу віртуального середовища (VE) на сьогоднішній день недостатньо вивчена навіть після 20-річного досвіду таких досліджень [17]. Виробники наголовних дисплеїв надають загальні вказівки щодо використання, але це поодинокі випадки і є обмежені нещодавні дані щодо порівняння ранніх досліджень віртуального середовища з досвідом використання сучасних наголовних

дисплеїв. Основною метою дослідження [18] було дослідити активацію та гальмування реакції після того, як учасники відчували типове віртуальне середовище на дисплеї, встановленому на голові. Було виявлено докази втоми учасників у тестах на час реакції. Ця робота підтверджує безпечно використання досвіду віртуальної реальності в сучасних наголовних дисплеях для короткочасної експозиції (15 хвилин) і визначає проблеми з тестуванням часу реакції, які потребують подальшого дослідження. Тривалість VR активності в багатьох дослідженнях обмежена 15-45 хвилинами. У сучасних пристроях (наприклад, окулярах Oculus) рекомендовано кожні 30 хвилин робити принаймні 10-15-хвилинну перерву, незалежно від віку, статі, рівня психічного здоров'я тощо.

Існує лише кілька досліджень, які мали на меті оцінити фізіологічну «вартість» когнітивної роботи у VR, у тому числі дослідження наслідків, спричинених віртуальною реальністю, на різні базові когнітивні здібності та їх зв'язок із кіберзахворюванням. Попередні дослідження свідчать про несприятливий вплив VR на простий час реакції. Вплив на інші основні когнітивні здібності рідко вивчався. Автори пропонують загальну модель наслідків впливу віртуальної реальності на час реакції, яка лише трохи пов'язана із суб'єктивним ступенем кіберхвороби. Проте разом узяті використання систем VR, навіть якщо викликає помірний рівень кіберхвороби, призводить лише до незначного зниження когнітивної продуктивності [19]. Питання, яке постало щодо повсякденної стабільності-нестабільності виконання когнітивних завдань: ця характеристика властива лише обраним професіоналам чи висновки мали більш загальний характер для людей, які працюють з цифровими технологіями? Майбутні психофізіологічні наслідки, викликані VR, необхідно вивчати у зв'язку з віком, досвідом, індивідуальними психофізіологічними особливостями та тривалим (кумулятивним) використанням навчання/роботи з VR.

Як відомо, технології віртуальної реальності роблять навчання більш наочним, дозволяють активізувати слухачів і повніше залучати їх до процесу

навчання. Ці технології полегшують і спрощують співпрацю людей, які знаходяться на відстані, які можуть зустрічатися за допомогою доповненої реальності, готувати спільні документи, керувати проектами і виконувати багато інших робіт майже так само ефективно, як і при особистому контакті в реальному світі. Викладачі та учні мають можливість використовувати віртуальні лабораторії для вивчення навколишнього світу, розвитку навичок, а також для демонстрації свого розвитку та автоматизованого оцінювання [20].

Пізнавальна діяльність у VR є найяскравішим проявом імерсивного середовища для навчання/підготовки. Окуляри віртуальної реальності, шоломи, 360° панорамні камери та екрани, а також CAVE дають нові можливості для навчання та мають деякі особливості в порівнянні з більш традиційними цифровими пристроями:

- Якщо в реальному світі користувач взаємодіє з цифровим світом через «вікно» (комп'ютери, планшети та мобільні гаджети), спостерігаючи за тим, що відбувається «ззовні», тоді «занурення» – це стан, у якому користувач втрачає усвідомлення факти, які насправді відбуваються в штучному світі.

- Якщо в реальному світі користувач використовує майже лише зір (інші сенсори не задіяні або вони надають інформацію, не пов'язану зі спостереженнями), у «зануренні» користувач відчуває віртуальний світ за допомогою своїх органів чуття та може взаємодіяти з віртуальним середовищем.

- Сенсорне корисне (цільове) навантаження наближається до 100% і вимагає 100% уваги та зосередженості, незалежно від значущості завдання. Сенсорний «голод» (при монотонній діяльності оператора) може змінюватися сенсорним виснаженням.

Питання полягає в тому, які взагалі можуть бути наслідки VR/AR/MR для здоров'я? Наскільки технології віртуальної реальності безпечні для здоров'я людини? Віддалені наслідки використання цих технічних засобів поки що не ясні. Але вже очевидно, що вони вторгаються в роботу людського організму. І мова йде не тільки про викривлення хребта через тривале носіння важкого

пристрою на голові, а й про вплив на очі користувача. Гарнітура формує широке поле зображення; це досить складний пристрій, який заважає нормальній роботі зорового апарату. Системне дослідження впливу занурень у віртуальну реальність на здоров'я людини в цілому та на її психічне здоров'я поки залишається відкритим [21]. Медико-фізіологічні дослідження за останні чверть століття показали [22], що занурення людини в спеціально розроблену віртуальну реальність може істотно вплинути на її психічне здоров'я (лікування депресії, усунення алкогольної залежності та інших психічних розладів). Проте дослідження все ще досить фрагментовані, а запропоновані методи вимагають кваліфікованого психотерапевта, що не застосовується в освіті/тренінгу [23].

Подальші дослідження проблеми мають бути спрямовані на детальну розробку видів загроз учасникам навчально-виховного процесу, а також методів протидії. Окремо варто відзначити стійкість до кібербезпеки, яка може використовувати досвід навчання операторів нових галузей, перш за все, діагностики поточного стану людини та необхідних коригувань для оптимізації її діяльності.

Модель пізнавальної діяльності в синтетичному навчальному середовищі

Як було зазначено [24], VR/AR/MR/XR є найяскравішим проявом імерсивного середовища для навчання/тренування та мають певні особливості порівняно з більш традиційними мережами/пристроями, а об'єкт діяльності (ментальний) є не зовнішнім по відношенню до людини, а внутрішнім. Модель когнітивної роботи (модель функціональної системи діяльності П. Анохіна, розроблена авторами для когнітивної діяльності) може бути конкретизована для випадку VR/AR, де активація сенсорних (афекторних) входів (рис. 2) відбуваються не так із зовнішнього середовища, як із віртуальної програми дії без активації механізму програми дії (у порівнянні з фізичною діяльністю). Іншими словами, ланцюжок *«Акцептор дії – Програма дії – Дія – Об'єкт – Результат»* у традиційній діяльності трансформується в ланцюжок *«Акцептор дії – Програма віртуальної дії – Когнітивний об'єкт – Когнітивний результат»*. Найважливішою особливістю такого процесу є те, що всі елементи

системи та їх взаємодія є частиною організму людини, тобто його внутрішнього середовища, на відміну від фізичної (або змішаної) діяльності, де її об'єкт знаходиться поза організмом, а діяльність займає місце повністю або частково в зовнішньому середовищі. Ми вважаємо, що ця модель може пояснити, чому така регуляція може виснажувати та дисбалансувати організм: *Програма дії* працює в координації з *Акцептором дії* та *Субстратами*, необхідними для нормального життя та діяльності. Але відсутність сигналів від *Програми дії* може не активувати загальний зворотний зв'язок від діяльності, лише імітуючи її на неврологічному рівні, що може не запускати достатні механізми фізіологічної компенсації [24, с.352].

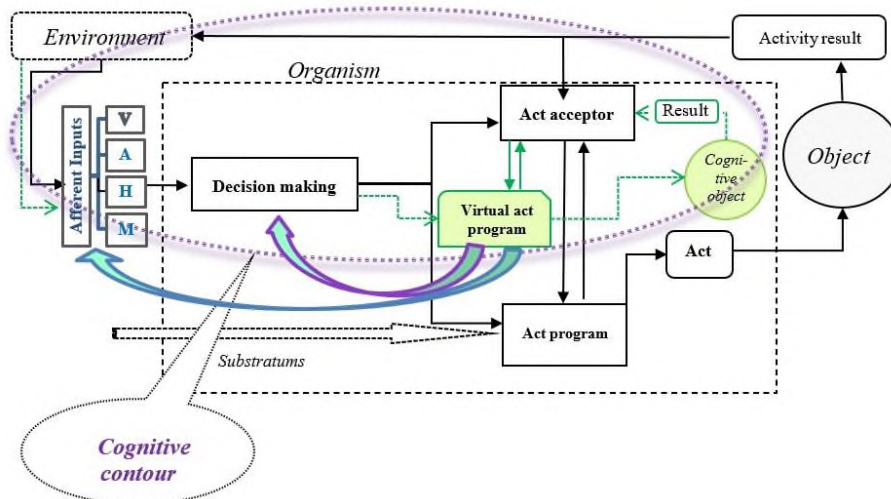


Рис.2. Теоретична схема функціональної системи навчальної діяльності у VR/AR/MR, де когнітивний контур пов'язаний із «внутрішньою» діяльністю (модифікована порівняно з [25]). Примітка: "Afferent Inputs" позначають: V - візуальний, A - аудіальний, H – тактильний, M – рушійний.

Іншою відмінністю є вплив програми віртуальних дій на блок прийняття рішень, оскільки і блоки, і когнітивні об'єкти є частинами одного когнітивного процесу. Крім того, програма *Віртуальна дія* може впливати на аферентні

входи, активуючи сенсори, що беруть участь у певній когнітивній діяльності відповідно до робочого завдання.

У результаті всі нейрофізіологічні підсистеми (блоки на схемі) тим активніші, що більш заглибленим є виконання завдання. Ось чому контроль робочих параметрів у AR/VR/MR/XR є таким важливим для пом'якшення кіберзахворювання, особливо в процесі навчання, яке може в цілому займати години діяльності учня [25].

Результати та обговорення

На сьогоднішній день підтверджено, що зміни в ефективності імерсивної пізнавальної діяльності з цифровими об'єктами мають різко індивідуальний характер у повсякденному виконанні такої ж складності, що можна пояснити внутрішніми (фізіологічними) і зовнішніми впливами на людину. Уявлення було підтверджено високим зв'язком між показниками виконання тесту (швидкість і надійність розв'язування задач) і фізіологічними показниками. Лише одночасна активація обох шляхів (енергетичного та інформаційного) забезпечує вищий рівень оптимізації навчального/тренувального потенціалу – якісну освіту [9]. Незбалансованість шляху, а отже, напруження регуляторних механізмів адаптації може бути причиною функціональних порушень, а згодом і порушень здоров'я студентів. Було встановлено, що:

- Робота з комп'ютером в «класі» може розмити увагу через низьке навантаження на неактивні сенсори та їх здатність піддаватися впливу незапланованих зовнішніх сигналів.

- Більше навантаження на всі або більшість сенсорів може супроводжуватися більш значним посиленням несприятливих змін у фізіологічному забезпеченні діяльності.

- Оскільки залученість користувача у VR-діяльність дуже висока (мотивація, навантаження на датчики), інформаційне середовище збігається з когнітивним, але останнє є значно індивідуальним.

Слід зазначити, що психологічні/психофізіологічні аспекти кібербезпеки, притаманні людському чиннику в системах «людина-машина», можуть бути

значно посилені в синтетичному середовищі, яке наразі є недослідженою сферою загалом і в освіті зокрема [26]. З іншого боку, використання моделей прогнозування ефективності навчання (зокрема в адаптивних системах) дозволяє оцінювати та прогнозувати ефективність доповненої та віртуальної реальності для синтетичного навчального середовища [27]. Для реалізації такого підходу необхідно застосувати відповідні ІКТ, які забезпечують методичну підтримку вимірювання та оцінки ризиків кіберзахворювання, формування та контроль тестів, зберігання даних, аналіз даних та необхідні послуги для дослідників.

Методика

У нашому попередньому дослідженні чинники можливого кіберзахворювання моделювалися в експериментальному вивченні когнітивної діяльності з вимірюванням її психофізіологічної реакції на виконання когнітивного тесту людиною (високо мотивованою, без зовнішніх перешкод) з і без «тиску часу» [24]. Крім того, методика включала вимірювання індексів електропунктурної діагностики за Накатані (24 звичайних точки бали та 3 точки стресу), а також вимірювання ліпідного обміну за допомогою збору поту до та після сеансу тестування для кожного суб'єкта (обстежуваного). Суб'єкти включали 28 чоловіків віком 18-40 років.

Експерименти відрізнялися тестом (перестановка випадкових цифр, що не повторюються від 0 до 9 у порядку зростання) та навантаженням: тренувальний E1 (60 хв); E6 – вільний темп («автотемп»), а E5 – фіксований темп, розрахований як середній за результатами виконання відповідного тесту в E1. E5 можна оцінити як модель виконання когнітивного тесту з ефектом занурення (висока мотивація та часовий «тиск», тому що, згідно з нашим попереднім дослідженням, індивідуальна «середня» швидкість виконання завдань була складнішою, більше ніж вдвічі повільнішою або швидшою). Тривалість виконання тесту становила 3 години.

В якості показників фізіологічної «вартості» активності та стану людини реєстрували частоту серцевих скорочень HR та артеріальний тиск (систоличний

ВРs, діастолічний ВРd) за допомогою кардіомонітора «Сольвейг». Показники HR, ВРs і ВРd реєстрували протягом 10 хв до початку тестів (індекс «0») і через 10 хв після закінчення (розслаблення), а також кожні 5 хв під час тестової діяльності [24, с.352]. Виявились чіткі зміни у фізіологічній реакції: підвищення рівня ліпідів низької щільності, енергетичного балансу (електропунктура), частоти серцевих скорочень (індекс напруги міокарда за Р. Баєвським) та артеріального тиску. Отримані дані продемонстрували досить індивідуальний характер змін у часі.

З метою вивчення зазначеного ефекту, були проведені аналогічні експерименти, але з іншим аналізом збережених даних. Метод комп'ютерної обробки даних був спрямований на аналіз фізіологічних змін на різних етапах виконання тесту, які б відповідали фазам працездатності людини за Єгоровим і Загрядським. Оскільки діастолічний артеріальний тиск був виявлений як найбільш інформативний (чутливий до когнітивного навантаження) фізіологічний індекс, ВРd був усереднений для послідовних 20-хвилинних інтервалів і був представлений на «фазовій площині» (векторна діаграма, де одна точка відповідала одному 20-хвилинному інтервалу). Візуалізація фізіологічних змін на фазовій площині (рис. 3) підтвердила, що перші 20...40 хвилин виконання тестів супроводжуються підвищенням систолічного тиску та/або в кінці виконання (це відповідає фазі «кінця», «ефект кінцевого пориву» за Єгоровим і Загрядським). Але перша фаза може мати індивідуальні особливості з точки зору структури часу, якщо проаналізувати її більш детально (наприклад, щохвилини або з 5-хвилинними інтервалами), які можуть бути суттєвими, враховуючи, що активність VR/AR, яка перевищує 40 хвилин, не вивчалися, а «нормальна» академічна година становить 45 хв.

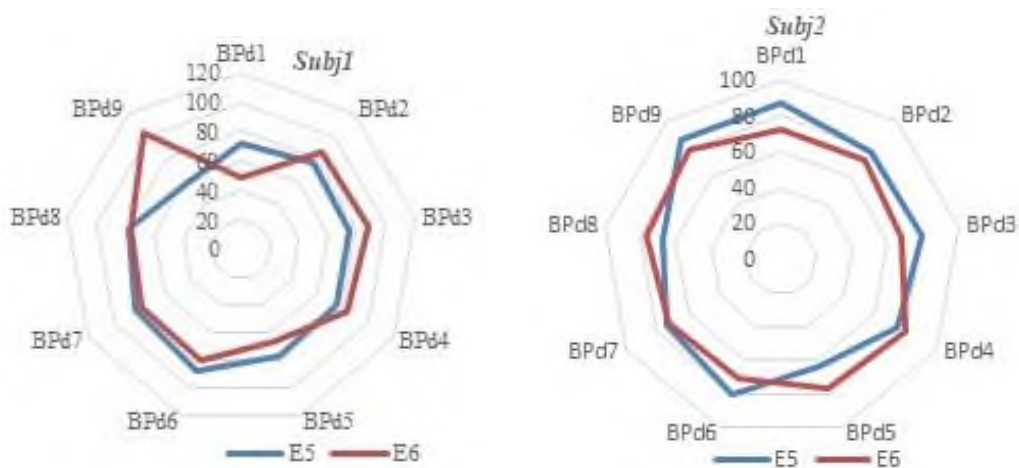


Рис.3. Фізіологічні (артеріальний тиск) зміни на фазовій площині (2 обстежених).

Наступним етапом аналізу було вивчення варіації індексу напруги міокарда (за Р. Баєвським) на 1-му 45-хвилинному інтервалі виконання тесту (що можна вважати еквівалентом академічної години) з 5-хвилинними послідовними фазами. Ми знову порівняли фізіологічне навантаження в експериментах Е5 і Е6. Якщо в попередньому аналізі з 20-хвилинними фазами були зареєстровані деякі індивідуальні відмінності, в цьому дослідженні виявлено чітку тенденцію в нарузі міокарда випробовуваних між експериментами Е5 і Е6: більш високий рівень напруги за «важчих» умов (експеримент з «тиском часу») протягом перших 20 хвилин (чотири фази) виконання тесту (рис.4).

Іншими словами, зниження індексу напруги міокарда в умовах когнітивної діяльності в імерсивних умовах протягом часу спостереження було більш значущим, і цей факт можна потрібно врахувати при вимірюванні впливу синтетичного середовища на студентів.

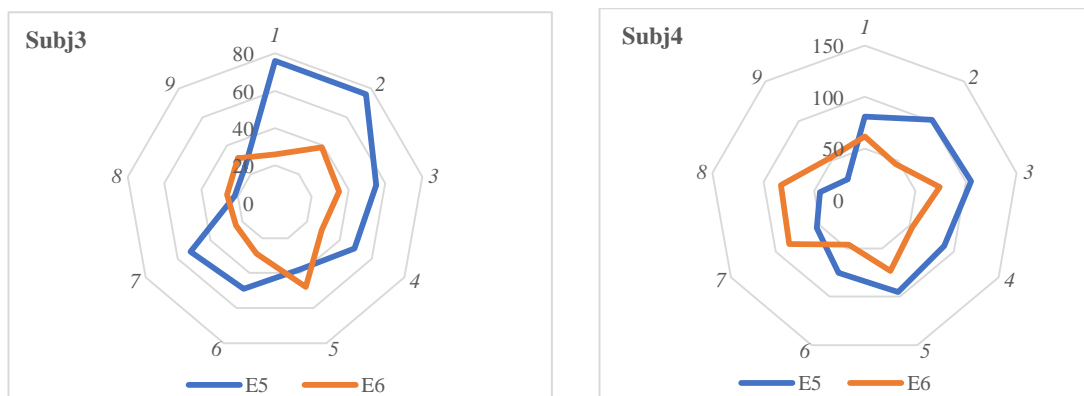


Рис.4. Фізіологічні (індекс напруги міокарда) зміни на фазовій площині протягом 45 хвилин діяльності у двох обстежених.

Методика вимірювання впливу AR/VR/MR

Основна складність у вимірюванні впливу AR/VR/MR/XR на когнітивну продуктивність людини полягає в диференціації психофізіологічних ефектів звичайного когнітивного навантаження та синтетичних «реальностей», особливо в навчальному процесі. Це загальна проблема оцінки зв'язків між залученням цифрових технологій і проблемами психічного здоров'я/ефективності. Навіть більше, згідно з дослідженням [28], немає жодних доказів того, що зв'язок між підлітками, які займаються цифровими технологіями, та проблемами психічного здоров'я молодих людей збільшився. Ці результати ґрунтуються на спостереженнях за 430 561 учасником (підлітком) протягом 1991-2019 років у Сполучених Штатах і Великобританії. Але в цьому дослідженні не враховано, що повсякденне середовище сучасної молоді є цифровим із пов'язаною з цим специфікою. Тому вимірювання можливого впливу синтетичного середовища має забезпечуватися такими ж або подібними цифровими засобами.

Запропонована авторами статті методика базується на модифікованих ІКТ, описаних вище та використаних у нашому дослідженні [29]. Але ми плануємо оцінити вплив AR/VR/MR/XR як зміни коротких когнітивних/перцептивних тестів (за 3 хвилини до роботи та після неї) з

реєстрацією інформативних у нашому дослідженні фізіологічних показників. Виконання тесту має контролюватися відповідною ІКТ в режимах on-line або off-line.

Заключні зауваження та майбутні дослідження

Доповнена (AR), віртуальна (VR), змішана (MR) і розширена (XR) реальності стають частиною повсякденного життя людини в усіх сферах життя та діяльності. Важливо, що синтетичне середовище не є природним для людини та його вплив на її психічні та фізіологічні процеси залишається недостатньо вивченим. Фактори, що впливають на кіберзахворювання учнів в AR/VR/MR/XR, можна розглядати як: особистісні (внутрішні, притаманні людині; фізіологічні; психічні; здоров'я); технологічні (технічні засоби, ергономічні); операційні (адаптація, ступінь контролю, рухи голови, загальний зоровий потік, лінійне та обертальне прискорення, швидкість саморуху, рівень яскравості, векція (ілюзія саморуху, тривалість, когнітивне навантаження).

Було розроблено теоретичну схему функціональної системи (ФС) навчальної діяльності як подальший розвиток моделі ФС діяльності П. Анохіна для навчання. Було підкреслено, що всі нейрофізіологічні підсистеми тим активніші, чим більш заглибленим є виконання завдання. Ось чому контроль робочих параметрів у AR/VR/MR/XR був таким важливим для пом'якшення кіберхвороби, особливо в процесі навчання, який загалом міг займати години людської діяльності.

В імерсивній діяльності за час спостереження виявлено зниження фізіологічних показників (індексу напруги міокарда та артеріального тиску) в умовах когнітивної діяльності, причому воно було більш значним, ніж у «нормальних» умовах. Ці результати були підтвержені використанням запропонованої авторами методики «фазової площини».

Цей факт слід врахувати при вимірюванні впливу синтетичного середовища на учнів. Застосування розробленої ІКТ забезпечує методичне забезпечення вимірювання та оцінки ризиків кіберхвороби, створення та контроль тестів, зберігання даних, аналіз даних та необхідні сервіси для

дослідників. Відповідно, розроблено методику оцінки впливу AR/VR/MR/XR як змін коротких когнітивних/перцептивних тестів (за 3 хвилини до роботи та після неї) з реєстрацією інформативних фізіологічних показників. Майбутня робота планується для розширення доказової бази ефективності такої техніки для навчання.

Список використаних джерел

1. Gratton L. An Emerging Landscape of Skills for All. *MIT Sloan Management Review*. March 08, 2021. URL: <https://sloanreview.mit.edu/article/an-emerging-landscape-of-skills-for-all/>
2. Shaping the Future of Learning: The Role of AI in Education 4.0. Insight Report. *World Economic Forum*. URL: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Shaping_the_Future_of_Learning_2024.pdf (2024).
3. Kolo K. Nextech AR Goes Live with Enhanced 3D Google and Functionality with Launch of Web XR. URL: <https://www.thevrara.com/blog2/2021/8/17/nextech-ar-goes-live-with-enhanced-3d-google-ad-functionality-with-launch-of-web-xr>.
4. Kozák S., Ružický E., Štefanovič J., & Schindler F. Research and education for industry 4.0: Present development. *Cybernetics & Informatics (K&I)*. 2018. P.1-8.
5. Kim Jinyoung and Park Cyn-Young. Education, Skill Training, and Lifelong Learning in the Era of Technological Revolution. *Asian Development Bank Economics Working Paper Series*. January 2020. # 606. URL: <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/559616/ewp-606-education-skill-training.pdf>.
6. Developing a hands-on activity using virtual reality to help students learn by doing / Chen Jyun-Chen et al. *Journal of Computer Assisted Learning*. 2020. Volume 3, Iss. .1P. 46-60.
7. Bernhardt M. Conversational & Experiential: The New Duality of Learning. *The Learning Guild*. 2024. URL: https://www.learningguild.com/articles/conversational--experiential-the-new-duality-of-learning/?utm_medium=email&utm_source=ls-update&utm_campaign=lspub241111&&_hstc=753710.b939b6e7033698828ee8140b457afb7.1731608245688.1731608245688.1731608245688.1&_hssc=753710.1.1731608245688&_hsfp=3666065685.
8. Westley Heagy. VR Training 2021: The Year of Mobile. December 17, 2020. URL: <https://foundry45.com/vr-training-2021-the-year-of-mobile/>.
9. Pinchuk O., Burov O., Lytvynova S. Learning as a Systemic Activity. *Advances in Human Factors in Training, Education, and Learning Sciences. AHFE 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing / Karwowski W., Ahram T., Nazir S. (eds). Springer: Cham. 2019. Vol 963. P. 335-342. DOI : https://doi.org/10.1007/978-3-030-20135-7_33*.
10. Qian J., McDonough D. J., Gao Z. The Effectiveness of Virtual Reality Exercise on Individual's Physiological, Psychological and Rehabilitative Outcomes: A Systematic

- Review. *International journal of environmental research and public health*. 2020. 17(11), 4133. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph17114133>.
11. Riva G. Virtual Reality. *The Palgrave Encyclopedia of the Possible* / Glăveanu V. (Ed.) Palgrave Macmillan. P.1-10.
 12. Lawson Ben, Stanney Kay. Editorial: Cybersickness in Virtual Reality and Augmented Reality. *Frontiers in Virtual Reality*. 2021. Vol. 2. 759682. URL: <https://doi.org/10.3389/frvir.2021.759682>.
 13. Claire Hughes. Overcoming Cybersickness in Virtual and Augmented Reality. February 23, 2021. URL: <https://www.thevrara.com/blog2/2021/2/23/overcoming-cybersickness-in-virtual-and-augmented-reality-dinteract-cyber? ga=2.44264868.1869920840.1620848427-2093675034.1620848427>.
 14. Conceptual fundamentals for the digitalisation of the educational environment in general secondary education institutions / Liashenko O. et.al. *ITLT*. 2024. Vol. 102. No. 4. P. 1–25. DOI: 10.33407/itlt.v102i4.5829.
 15. Bykov V. Yu., Burov O. Yu. Digital learning environment: new technologies and requirements for knowledge seekers. *Modern information technologies and innovative teaching methods in education: methodology, theory, experience, problems: Collection of scientific papers*. Kyiv-Vinnitsia: LLC firm "Planer". 2020. Issue 55. P.11-21.
 16. Factors Impacting Cybersickness. *Guidelines for Mitigating Cybersickness in Virtual Reality Systems*. Peer-Reviewed Final Report of the Human Factors and Medicine Panel/Modeling & Simulations Group / Lawson B. D. et al. Activity Number 323. 2021. STO-TR-HFM-MSG-323, chap. 5.
 17. Pinchuk O. P., Lytvynova S. G., Burov O. Yu. Synthetic educational environment – a footpace to new education. *ITLT*. 2017. Vol. 4. # 60. P. 28-45. URL: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/1831>.
 18. Stanney K. M., Kennedy R. S. Aftereffects from Virtual Environment Exposure: How Long do They Last? *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*. 1998. 42(21). 1476–1480. DOI: <https://doi.org/10.1177/154193129804202103>.
 19. Chang E., Kim H. T., Yoo B. Virtual reality sickness: a review of causes and measurements. *International Journal of Human-Computer Interaction*. 2020. Vol. 36. No. 17. Pp. 1658-1682. DOI: <https://doi.org/10.1080/10447318.2020.1778351>.
 20. Oh H., Son W. Cybersickness and its severity arising from virtual reality content: a comprehensive study. *Sensors*. 2022. 22(4), 1314. DOI: <https://doi.org/10.3390/s22041314>.
 21. Travaglini A., Brand E., Meier P., Christ O. Job relevance or perceived usefulness? What features of immersive virtual reality software predict intention to use in a future project-based-learning scenario: a mixed method approach. *Front. Virtual Real.* 2023. 4:1286877. DOI: 10.3389/frvir.2023.1286877.
 22. Close A., Field S., Teather R. Visual thinking in virtual environments: evaluating multidisciplinary interaction through drawing ideation in real-time remote co-design. *Front. Virtual Real.* 2024. 4:1304795. DOI: 10.3389/frvir.2023.1304795.
 23. Freeman D., Reeve S., Robinson A., Ehlers A. Virtual reality in the assessment, understanding, and treatment of mental health disorders. *Psychological Medicine*. 2017. Vol. 47. Iss. 14. P. 2393-2400. DOI: <https://doi.org/10.1017/S003329171700040X>.

24. Brain and virtual reality: What do they have in common and how to exploit their potential / Riva G. et al. 2018. *Annual Review of Cybertherapy and Telemedicine*. 16. P. 3–7.
25. VR in Education: Ergonomic Features and Cybersickness. *International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics* / Pinchuk O. et al. 2020. Springer: Cham. P.350-355.
26. Tsakiris M. My body in the brain: a neurocognitive model of bodyownership. *Neuropsychologia*. 2010. 48(3):703-12.
27. Bykov V. Y., Burov O. Y., Dementievska N. P. Cybersecurity in digital educational environment. *Inf. Technol. Learn. Tools*. 2019. 70(2). P.313-331.
28. Vuorre M., Orben A., Przybylski Andrew K. There Is No Evidence That Associations Between Adolescents' Digital Technology Engagement and Mental Health Problems Have Increased. *Clinical Psychological Science*. First Published 3 May 2021. DOI: <https://doi.org/10.1177/2167702621994549>.
29. Burov O. Y., Pinchuk O. P. Extended reality in digital learning: influence, opportunities and risks' mitigation. *Person-oriented Approach (3L-Person 2021 co-located with 17th International Conference on ICT in Education, Research, and Industrial Applications: Integration, Harmonization, and Knowledge Transfer ICTERI 2021)*. Kherson, Ukraine, October 1, 2021. *CEUR-WS*. 2022. Pp. 119-128.