



Юрченко А., Момот Р., Семеніхіна О. Про розвиток інформаційно-цифрової культури вчителів з використанням комп'ютерної візуалізації. *Освіта. Інноватика. Практика*, 2024. Том 12, № 6. С. 93-99. <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol12i6-014>.

Yurchenko A., Momot R., Semenikhina O. Pro rozvytok informatsiino-tsyfrovoi kultury vchyteliv z vykorystanniam kompiuternoї vizualizatsii [On the development of teachers' information and digital culture using computer visualization]. *Osvita. Innovatyka. Praktyka – Education. Innovation. Practice*, 2024. Vol. 12, No 6. S. 93-99. <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol12i6-014>.

DOI: 10.31110/2616-650X-vol12i6-014

Артем ЮРЧЕНКО¹, Роман МОМОТ², Олена СЕМЕНІХІНА³

Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка, Україна

¹ <https://orcid.org/0000-0002-6770-186X>

a.yurchenko@fizmatsspu.sumy.ua

² <https://orcid.org/0000-0003-0861-1925>

roman.bo95@gmail.com

³ <https://orcid.org/0000-0002-3896-8151>

e.semenikhina@fizmatsspu.sumy.ua

ПРО РОЗВИТОК ІНФОРМАЦІЙНО-ЦИФРОВОЇ КУЛЬТУРИ ВЧИТЕЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ КОМП'ЮТЕРНОЇ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ

Анотація. Сучасні вчителі повинні бути готові до ефективного використання широкого спектру цифрових інструментів і ресурсів для підтримки навчання та розвитку своїх учнів. Також учителі повинні мати можливість створювати освітнє середовище, в якому цінуються цифрова грамотність і заохочується відповідальна та етична взаємодія, а також використовуються візуальні освітні матеріали та засоби комп'ютерної візуалізації. Такі потреби обумовлюють низку вимог до підготовки вчителів, зокрема розвитку інформаційно-цифрової культури вчителів як їх особистісної якості. Стаття присвячена проблемі розвитку інформаційно-цифрової культури вчителів через використання комп'ютерної візуалізації. Обґрунтовано, що засоби комп'ютерної візуалізації є потужним інструментом, який може значно покращити практику навчання, роблячи складні концепції більш доступними та привабливими для учнів. Визначено переваги використання комп'ютерної візуалізації. З'ясовано, що розвиток інформаційно-цифрової культури вчителів відбувається під різним впливом: широке використання мобільних технологій; розвиток платформ онлайн-навчання; поява штучного інтелекту в освіті; розвиток цифрового громадянства. Виявлено типові теоретичні моделі, що підтримують інтеграцію технологій КВ у викладання: знання технологій, педагогіки та предметного змісту (модель ТРАСК); модель SAMR; модель ТРАСК-SAMR; соціальний конструктивізм як модель навчання; конективістська модель. Доведено використання різного дизайну досліджень у публікаціях: поширеність кейс-стаді; опитувань; глибинних інтерв'ю. Розглянуто поширені проблеми, з якими стикаються вчителі при впровадженні технологій та цифрових інструментів. Досліджено стратегії подолання проблем. Надано рекомендації для підвищення рівня розвитку інформаційно-цифрової культури вчителів.

Ключові слова: інформаційно-цифрова культура; розвиток; комп'ютерна візуалізація; вчителі; освітній процес; професійна підготовка; освіта.

Artem YURCHENKO¹, Roman MOMOT², Olena SEMENIKHINA³

Sumy State Pedagogical University named after A.S. Makarenko, Ukraine

¹ <https://orcid.org/0000-0002-6770-186X>

a.yurchenko@fizmatsspu.sumy.ua

² <https://orcid.org/0000-0003-0861-1925>

roman.bo95@gmail.com

³ <https://orcid.org/0000-0002-3896-8151>

e.semenikhina@fizmatsspu.sumy.ua

ON THE DEVELOPMENT OF TEACHERS' INFORMATION AND DIGITAL CULTURE USING COMPUTER VISUALIZATION

Abstract. Modern teachers must be prepared to effectively use digital tools and resources to support their students' learning and development. Teachers also need to create an educational environment that values digital literacy, encourages responsible and ethical interaction, and use visual educational materials and computer visualization tools to create the learning environment. Such needs determine several requirements for teacher training, including developing teachers' information and digital culture. The article is devoted to the problem of developing teachers' information and digital culture through the use of computer visualization. It is substantiated that computer visualization tools are powerful tools that can significantly improve teaching practice by making complex concepts more accessible and attractive to students. The advantages of using computer visualization are determined. It is clarified that the development of teachers' information and digital culture is influenced by various factors: the widespread use of mobile technologies, the development of online learning platforms, the emergence of artificial intelligence, and the development of digital citizenship. Typical theoretical models that support computer visualization integrating technologies into teaching are identified: knowledge of technology, pedagogy, and subject content (TPACK model); SAMR model; TPACK-SAMR model; social constructivism as a learning model; connectivism model. Different research designs in publications are proven, such as the prevalence of case studies, surveys, and in-depth interviews. The common problems teachers face in implementing technologies and digital tools are considered. The strategies for overcoming the issues are investigated. Recommendations are provided to improve teachers' information and digital culture development.

Keywords: information and digital culture; development; computer visualization; teachers; educational process; professional training; education.

Постановка проблеми. Швидкий розвиток технологій суттєво вплинув на сферу освіти, особливо з точки зору того, як вчителі взаємодіють зі своїми учнями та надають їм навчальні матеріали. Це зумовило посилення уваги до розвитку інформаційно-цифрової культури (ІЦК) вчителів як культури, що охоплює їхнє розуміння та використання інформаційних технологій та цифрових інструментів і ресурсів для вдосконалення професійної практики. Інформаційна культура – це цінності, переконання та практики, пов'язані зі створенням, поширенням та використанням інформації в межах певної спільноти. У контексті освіти інформаційна культура охоплює те, як вчителі та учні взаємодіють з інформацією, технології, які вони використовують для доступу до неї та обробки, а також норми та очікування, пов'язані з обміном інформацією [5]. Цифрова культура, як підмножина інформаційної культури, виникає в результаті повсюдного використання цифрових технологій у різних аспектах життя. Вона охоплює цінності, норми та практики, пов'язані з цифровими технологіями, включаючи Інтернет, соціальні мережі та мобільні пристрої [23]. Ключовим компонентом цифрової культури є розвиток навичок цифрової грамотності, яка передбачає здатність критично оцінювати та використовувати цифрові додатки, розуміти етичні наслідки цифрових технологій, а також ефективно спілкуватися та співпрацювати в цифровому просторі. Цей набір навичок є важливим для вчителів, оскільки вони орієнтуються у все більш цифровому освітньому ландшафті [6]. З іншого боку, в сучасному освітньому просторі набула поширення комп'ютерна візуалізація – вона стала потужним інструментом для сприяння ефективній інтеграції технологій та створенню більш цікавого та інтерактивного навчального контенту [18].

Аналіз актуальних досліджень. У цифрову епоху володіння методами роботи з інформацією вже не опція, а необхідність для вчителів, а тому у науковому дискурсі активно розглядається категорія ІЦК вчителя. Вчителі повинні бути готові до ефективного використання широкого спектру цифрових інструментів і ресурсів для підтримки навчання та розвитку своїх учнів [23]. Вони повинні мати можливість використовувати цифрові інструменти для створення різноманітного навчального досвіду, покращення співпраці учнів та персоналізації їх навчання, що передбачає розуміння педагогічних переваг та обмежень у використанні різних технологій та вибір найбільш відповідних цифрових інструментів для конкретних цілей професійної діяльності. Також учителі повинні мати можливість створювати освітнє середовище, в якому цінуються цифрова грамотність і заохочується відповідальна та етична взаємодія.

Засоби комп'ютерної візуалізації є потужним інструментом, який може значно покращити практику навчання, роблячи складні концепції більш доступними та привабливими для студентів. [24]. Комп'ютерна візуалізація дає кілька переваг у навчанні учнів: покращене розуміння навчального матеріалу (візуальні матеріали можуть зробити абстрактні концепції більш конкретними та легшими для сприйняття, що обумовлює підвищення залученості та мотивації учнів), розвиток навичок вирішення проблем (візуалізуючи процеси, можна отримати краще розуміння того, як підходити до вирішення складних проблем; це додатково сприятиме розвитку критичного мислення та здатності застосовувати теоретичні знання в реальних ситуаціях); підвищена доступність у інклюзивному освітньому просторі (візуальні уявлення можуть бути особливо корисними для учнів, які мають труднощі з абстрактними поняттями, комп'ютерна візуалізація може зробити навчання більш інклюзивним), розвиток цифрових навичок (використовуючи інструменти комп'ютерної візуалізації, розвиваються цифрові навички, такі як аналіз даних, цифровий сторітелінг та створення інтерактивних медіа тощо).

Аналіз наукових публікацій дає підстави припустити, що розвиток ІЦК вчителя і технології комп'ютерної візуалізації є пов'язаними, а тому актуальним буде дослідження розвитку ІЦК вчителів з використанням комп'ютерної візуалізації – це і є метою статті.

Виклад основного матеріалу. Сфера цифрової освіти постійно розвивається, регулярно з'являються нові технології та підходи. Тому розвиток інформаційної та цифрової культури вчителів відбувається під різним впливом:

Широке використання мобільних технологій. Мобільні пристрої стають все більш поширеними в шкільних аудиторіях. Це надає вчителям нові можливості для залучення учнів у процес навчання та ознайомлення їх із різноманітним навчальним контентом. Розвиток ІЦК пов'язується з навичками використання мобільних додатків, створення зручного для мобільних пристроїв контенту та інтеграції мобільних пристроїв у свою викладацьку практику [11].

Розвиток платформ онлайн-навчання. Платформи онлайн-навчання, такі як Edmodo, надають вчителям простір для обміну ресурсами, співпраці з колегами та залучення учнів до онлайн-навчання. Вчителі повинні бути ознайомлені з цими платформами та з тим, як їх ефективно використовувати для підтримки своїх практик викладання, чим розвивати власну ІЦК [9].

Поява штучного інтелекту в освіті. Технології штучного інтелекту використовуються для персоналізації навчання, надання учням індивідуального зворотного зв'язку та генерування різноманітних завдань. Вчителі повинні розуміти потенційні переваги та етичні норми застосування

штучного інтелекту в освіті, а також навчитися інтегрувати інструменти штучного інтелекту у свою професійну діяльність, чим розвинути ІЦК [3].

Розвиток цифрового громадянства. Оскільки учні проводять більше часу в Інтернеті, важливо, щоб вчителі навчали їх бути відповідальними громадянами у цифровому суспільстві [6]. Це включає навчання студентів безпеці в Інтернеті, конфіденційності та етичному використанню технологій.

Перелічені впливи мають відображатися в ІЦК вчителів, а тому надалі прослідкуємо теоретичні засади, що лежать в основі її розвитку з використанням комп'ютерної візуалізації.

Комп'ютерна візуалізація (КВ) передбачає використання візуальних уявлень для передачі складної інформації цифровими засобами. Цей підхід особливо корисний у природничо-математичній освіті, де абстрактні поняття можуть бути складними для розуміння учнями. Наприклад, інструменти візуалізації можуть бути використані для демонстрації геометричних доведень у математиці [10] або моделювання природних явищ у фізиці [16].

У наукових розвідках обґрунтовано потенціал КВ для трансформації процесу викладання та навчання [14]: візуальні образи можуть допомогти учням уявити абстрактні поняття та встановити зв'язки між різними процесами, цифрові інструменти візуалізації можуть зробити навчання більш цікавим та інтерактивним, інструменти візуалізації можна використовувати для підтримки спільної навчальної діяльності, коли учні працюють разом над створенням та інтерпретацією візуальних образів. Цифрові інструменти візуалізації можуть дати учням можливість виразити своє сприйняття абстрактних понять творчими способами, що може сприяти інноваційному мисленню та заохочувати учнів до активного навчання.

Інша група досліджень описує теоретичні моделі, що підтримують інтеграцію технологій КВ у викладання. Ці моделі наголошують на важливості розуміння того, як ІТ можуть покращити досвід навчання та сприяти розвитку учнів.

1. Знання технологій, педагогіки та предметного змісту (модель ТРАСК). Модель визнана як структура, яка підкреслює важливість усвідомлення вчителями взаємодії між технологіями, педагогікою та знаннями про предмет. Модель наголошує на необхідності того, щоб вчителі могли вибирати відповідні технології, розробляти ефективні навчальні матеріали та безперешкодно інтегрувати технології у свою викладацьку практику [6].

2. Модель SAMR як практична основа для інтеграції технологій у викладання, зосереджена на чотирьох рівнях інтеграції технологій: заміна, доповнення, модифікація та перевизначення. Ця модель заохочує вчителів вийти за рамки простого використання ІТ як заміни традиційних інструментів і дослідити, як технології можуть трансформувати освітній процес та результати навчання [4].

3. Модель ТРАСК-SAMR є розширенням двох попередніх моделей і забезпечує більш комплексний підхід до інтеграції ІТ. Ця модель наголошує на необхідності врахування вчителями як педагогічних, так і змістовних наслідків інтеграції технологій, а також різних рівнів такої інтеграції [6].

4. Соціальний конструктивізм як концепція наголошує на важливості соціальної взаємодії та співпраці в навчанні. Ця модель підтримує використання засобів комп'ютерної візуалізації для полегшення спільної навчальної діяльності, де учні можуть працювати разом над конструюванням знань і власним розвитком [12].

5. Коннективістська модель як нова теорія навчання наголошує на важливості мереж і зв'язків у навчанні. Ця модель підтримує використання технологій для зв'язку учнів один з одним та з інформаційними ресурсами. Комп'ютерна візуалізація може бути використана для створення візуальних уявлень про мережі і зв'язки, що може допомогти учням зрозуміти складні концепції та встановлювати зв'язки між різними ідеями. [23].

Узагальнення досліджень, пов'язаних з моделями підготовки вчителів, свідчить про три їх ключові аспекти: дизайн дослідження, учасники та методи збору даних, а також методи аналізу для оцінки впливу комп'ютерної візуалізації.

У розглянутих публікаціях використовується різний дизайн досліджень. Відзначаємо поширеність кейс-стаді, як у [18]. Такі дослідження вивчають конкретні випадки, такі як конкретна школа чи освітня програма, щоб отримати уявлення про розвиток ІЦК культури вчителів в конкретних умовах. Тематичні дослідження дозволяють збирати якісні дані, включаючи інтерв'ю, спостереження та аналіз документів, вони надають детальне уявлення про складнощі розвитку ІЦК вчителів.

Іншим поширеним дизайном є опитування (наприклад, [5]), які дозволяють збирати кількісні дані від великої вибірки вчителів, що полегшує оцінку поглядів, переконань і практик, пов'язаних із цифровізацією. Цей підхід дає інформацію про тенденції та виклики, з якими стикаються вчителі для розвитку ІЦК.

У дослідженнях беруть участь різні групи учасників, зокрема вчителі різних рівнів освіти (початкової, середньої та вищої освіти), а також вчителі дошкільної освіти. Включення до дослідження вчителів дошкільної освіти [5] підкреслює важливість розвитку ІЦК з ранніх етапів підготовки вчителів.

Інструменти, що використовуються для збору даних, включають: глибинні інтерв'ю [18] (використовуються для усвідомлення і аналізу досвіду та проблем вчителів, які пов'язані з використанням КВ у своїй професійній практиці); опитування ([5]) використовуються для збору кількісних даних про ставлення, переконання та практику використання КВ вчителями; спостереження [21] дозволяють дослідникам безпосередньо спостерігати за практикою вчителів у класі та взаємодією з учнями, отримуючи інформацію про те, як комп'ютерна візуалізація насправді інтегрована в навчальне середовище; аналіз документів (освітні матеріали, політика освітніх установ, інші документи) для розуміння аспектів розвитку ІЦК вчителів та ролі в ньому КВ; тестування ([20]) для оцінки впливу КВ на результати навчання студентів; педагогічні експерименти [7] використовуються для дослідження ефективності конкретних втручань, спрямованих на розвиток ІЦК.

Аналіз даних, зібраних у цих дослідженнях, передбачає поєднання якісних і кількісних методів. Якісні дані, такі як стенограми інтерв'ю та нотатки, часто аналізуються за допомогою тематичного аналізу [18], виявляючи повторювані теми та закономірності в даних. Такий підхід дозволяє дослідникам отримати більш глибоке розуміння досвіду та перспектив розвитку ІЦК вчителів. Кількісні дані, такі як відповіді на опитування та результати тестів, аналізуються за допомогою описової статистики [8] для узагальнення даних та виявлення тенденцій. Дослідники також використовують статистику висновків для перевірки гіпотез про взаємозв'язки між змінними. Для оцінки впливу КВ в дослідженнях часто використовуються змішані методи [17], які поєднують як кількісні, так і якісні дані. Це дозволяє більш повно зрозуміти складну взаємодію між ІТ, педагогікою та розвитком ІЦК вчителів.

Надалі представимо результати аналізу праць, пов'язаних з впливом КВ на ефективність навчання учнів. КВ стала потужним інструментом для підвищення ефективності навчання. Дослідження показують, що використання інструментів візуалізації може значно покращити досвід навчання студентів. Цей позитивний вплив пояснюється сприянням інструментів візуалізації спрощувати складні поняття/ процес/ явища і робити їх більш доступними та зрозумілими. Візуально представляючи абстрактні поняття, інструменти КВ дозволяють учням ефективніше розуміти логіку, що лежить в їх основі, сприяти створенню інтерактивного навчального середовища, що призводить до підвищення мотивації та інтересу учнів до предмета [1].

Одним із досліджень, яке підкреслює позитивний вплив КВ на ефективність викладання, є [16]. Автори описують програму, яка використовує КВ для ознайомлення з основними поняттями хімії учнів К-12. Програма використовує наративні дискусії, освітню анімацію та практичні майстер-класи з використанням художніх матеріалів, щоб зробити складні наукові концепції більш доступними.

Кілька досліджень продемонстрували ефективність інтеграції комп'ютерної візуалізації в програми підготовки вчителів. Ці програми мають на меті надати вчителям необхідні навички та знання для ефективного використання інструментів візуалізації [13].

Інтеграція КВ в практику викладання представляє як можливості, так і виклики для освітян. У той час як КВ може покращити навчання [15], її ефективне впровадження вимагає врахування кількох перешкод.

Однією з основних проблем є відсутність належної підготовки та підтримки вчителів у ефективному використанні засобів комп'ютерної візуалізації [13]. Вчителям часто не вистачає необхідних педагогічних знань і технічних навичок для ефективної інтеграції засобів візуалізації в свої уроки. Цей брак знань може призвести до того, що вчителі почуватимуться перевантаженими та неготовими впроваджувати КВ у професійній діяльності. Швидкі темпи технологічного прогресу можуть створити відчуття постійної потреби в оновленні навичок і знань. Вчителям може бути важко йти в ногу з розвитком ІТ, що призводить до відчуття застарілості та неможливості повною мірою використовувати потенціал КВ [25]. Доступ до ІТ та цифрових ресурсів також може бути значним бар'єром. Школам може не вистачати необхідного обладнання, програмного забезпечення або підключення до Інтернету. Брак ресурсів може обмежити здатність вчителів впроваджувати ці інструменти та створювати рівні можливості навчання для всіх [16].

Щоб подолати ці виклики, можна реалізувати кілька стратегій. Однією з них є надання вчителям можливостей професійного розвитку [22]. Програми підвищення кваліфікації повинні бути практично орієнтовані, що дозволить вчителям навчитися ефективно використовувати інструменти КВ у своїх предметних областях. У програмах підвищення кваліфікації слід акцентувати увагу на педагогічних наслідках КВ. Вчителі повинні розуміти, як інтегрувати ці інструменти у свою професійну діяльність таким чином, щоб сприяти навчанню учнів.

Іншою стратегією може стати формування культури інновацій та співпраці серед вчителів [23]. Цього можна досягти за допомогою наставництва за принципом «рівний-рівному», онлайн-спільнот та загальноосвітніх ініціатив, які сприяють обміну найкращими практиками та ресурсами. Заохочуючи вчителів вчитися один в одного, школи можуть створити більш сприятливе та спільне середовище для інтеграції технологій [9].

Вирішення питання доступу до технологій і ресурсів вимагає системного підходу [2]. Школи мають приділяти увагу інвестиціям у технологічну інфраструктуру та забезпечувати доступ до цифрових інструментів та ресурсів, необхідних для досягнення успіху. Також школи можуть досліджувати інноваційні моделі фінансування та партнерства для отримання необхідних ресурсів. Це може включати пошук грантів, співпрацю з технологічними компаніями або встановлення партнерських відносин з університетами чи науковими установами.

Програми професійного розвитку вчителів мають охоплювати питання, спрямовані на підвищення цифрової компетентності вчителів, а також: педагогічні основи використання педагогічних принципів КВ (вчителі повинні навчитися вибирати відповідні інструменти, розробляти цікаві заняття та ефективно оцінювати навчання учнів у цифровому середовищі); технічні навички володіння різноманітними засобами комп'ютерної візуалізації, що включає вивчення основних функцій інструментів, розуміння того, як створювати візуалізації та маніпулювати ними, а також вивчення розширених функцій [19]; інтеграцію КВ в конкретні предметні області [16], спільне навчання в цифровому середовищі, коли вчителів вчать проведенню групових дискусій, взаємодії між однолітками та використанню інструментів КВ для вироблення спільних рішень [23].

Звертаючись до цих сфер, програми професійного розвитку можуть надати вчителям можливість ефективно інтегрувати КВ у свою професійну практику та забезпечувати ефективний результат професійної діяльності.

Висновки. Отже, аналіз публікацій засвідчив розвиток ІЦК вчителів при трансформаційному потенціалі комп'ютерної візуалізації. Проте, незважаючи на досягнутий значний прогрес, розвиток ІЦК вчителів залишається актуальною проблемою професійної освіти. Майбутні дослідження та практика в галузі освітніх технологій мають бути зосереджені на вирішенні таких напрямів як: індивідуальне навчання та індивідуальні стилі навчання; інтеграція комп'ютерної візуалізації в різні предметні області; забезпечення рівного доступу до цифрових ресурсів; сприяння культурі інновацій та експериментального навчання.

Список використаних джерел

1. Altinay F., Beyatli O., Dagli G., Altinay Z. The Role of Edmodo Model for Professional Development: The Uses of Blockchain in School Management. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 2020. Vol. 15(12). pp. 256–270. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i12.13571>.
2. Dai D. Information Literacy of Primary and Secondary School Teachers in the Era of 'Internet +' and Its Promotion Strategies. *Science Insights Education Frontiers*, 2023. vol. 15, no. S1. p. 3. <https://doi.org/10.15354/sief.23.s1.ab003>.
3. Drushlyak M., Lukashova T., Shamonia V., Semenikhina O. ChatGPT-Based Simulation Helps to Develop the Pre-Service Mathematics Teachers' Critical Thinking *International Journal of Instruction* January, 2025. Vol.18, No.1. pp. 153-172. https://www.e-iji.net/dosyalar/iji_2025_1_9.pdf
4. Drushlyak, M., Semenikhina, O., Kharchenko, I., Mulesa, P., & Shamonia, V. (2023). Effectiveness of Digital Technologies in Inclusive Learning for Teacher Preparation. *Journal of Learning for Development*, 10(2), 177–195. <https://doi.org/10.56059/jl4d.v10i2.777>.
5. Kekeeva Z., Darzhinova S., Abdiraimova E. Development of the reading culture in pre-service teachers amid digitalization of education. *E3S Web Conf.*, 2020. No 210, 18083. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021018083>.
6. Langset I. D., Jacobsen D. Y., Haugsbakken H. Digital professional development: towards a collaborative learning approach for taking higher education into the digitalized age. *Nordic Journal of Digital Literacy*, 2018. Vol.13, Iss.1. pp 24–39. <https://doi.org/10.18261/issn.1891-943x-2018-01-03>.
7. Mulesa P., Yurchenko A., Semenikhina O. Diagnostic apparatus of researching the results of preparing teachers to use virtual visibility tools in professional activities. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: «Педагогіка. Соціальна робота»*, 2023. Вип. 2(53). С. 94-99. <https://doi.org/10.24144/2524-0609.2023.53.94-99>.
8. Petruk V., Rudenko Yu., Yurchenko A., Kharchenko I., Kharchenko S., Semenikhina O. Analysis of the Results of the Pedagogical Experiment on the Integrated Analysis of the Average and Dispersions. *International Journal of Modern Education and Computer Science (IJMECS)*, 2022. Vol.14, No.6. pp. 25-34. <https://doi.org/10.5815/ijmecs.2022.06.03>.
9. Rasdiana, Wiyono B.B., Imron A., Rahma L., Arifah N., Azhari R., Elfira, Sibula I., Maharmawan M.A. Elevating Teachers' Professional Digital Competence: Synergies of Principals' Instructional E-Supervision, Technology Leadership and Digital Culture for Educational Excellence in Digital-Savvy Era. *Education Sciences*. 2024.vol. 14(3), 266. <https://doi.org/10.3390/educsci14030266>.
10. Rozumenko A., Rozumenko A., Stotskyi I., Loboda S. Semenikhina O. Computer Visualization of Geometry Educational Material in Developing Students' Research Skills. 2024 47th MIPRO ICT and Electronics Convention (MIPRO), Opatija, Croatia, 2024. pp. 317-322. <https://doi.org/10.1109/MIPRO60963.2024.10569559>.
11. Rudenko Yu., Naboka O., Korolova L., Kozhukhova K., Kazakevych O., Semenikhina O.. Online Learning With the Eyes of Teachers and Students in Educational Institutions of Ukraine. *TEM Journal*, 2021. Vol. 10, Is. 2. Pp. 922-931. <https://doi.org/10.18421/TEM102-55>.
12. Semenikhina O. V., Drushlyak M. G., Shishenko I. V. STEM project as a means of learning modeling for pre-service mathematics and computer science teachers. *Information Technologies and Learning Tools*, 2022. Vol. 90(4). Pp. 46–56. <https://doi.org/10.33407/itlt.v90i4.4946>.

13. Semenikhina O., Kudrina O., Koriakin O., Ponomarenko L., Korinna H., Krasilov A. The Formation of Skills to Visualize by the Tools of Computer Visualization. *TEM Journal*, 2020. Volume 9(4). P. 1704-1710. <https://doi.org/10.18421/TEM94-51>.
14. Semenikhina, O., Yurchenko, A., Udovychenko, O., Petruk, V., Boroznets, N., & Nekyslykh, K. Formation Of Skills To Visualize Of Future Physics Teacher: Results Of The Pedagogical Experiment. *Revista Romaneasca Pentru Educatie Multidimensionala*, 2021, 13(2), 476-497. <https://doi.org/10.18662/rrem/13.2/432>
15. Shamonina V., Semenikhina O., Drushlyak M., Lynnyk S. Computer visualization of logic elements of the information system based on Proteus. 15th International Conference on ICT in Education, Research, and Industrial Applications (ICTERI 2019). Kherson, June 12-15, 2019. P.459-463.
16. Stephen M., Franklin W., Patrick O., Anselmo P., Abenga E. Classifying Program Visualization Tools to Facilitate Informed Choices: Teaching and Learning Computer Programming. *International Journal of Computer Science and Telecommunications*, 2012. Vol. 3. Pp. 42-48.
17. Temirkhanova M., Abildinova G., Karaca C. Enhancing digital literacy skills among teachers for effective integration of computer science and design education: a case study at Astana International School, Kazakhstan. *Frontiers in Education*, 2024. Vol. 9. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1408512>.
18. Yujeong J., EunRyung H. Development Case Study of Convergence Education Program for Enhancing Teaching-Learning Effect of Classical Literature Using Information Visualization Design. *The Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 2023. vol. 23, no. 5. P. 285-306. <https://doi.org/10.22251/jlcci.2023.23.5.285>.
19. Yurchenko A., Drushlyak M., Sapozhnykov S., Teplytska S., Koroliova L., Semenikhina O. Using online IT-industry courses in the computer sciences specialists' training. *International Journal of Computer Science and Network Security*. 2021. Vol. 21 No. 11 pp. 97-104.
20. Yurchenko A., Proshkin V., Naboka O., Shamonina V., Semenikhina O. The use of digital technologies in education: the case of physics learning. *International Journal of Research in E-learning*, 2023. Vol. 9 (2). Pp. 1-25. <https://doi.org/10.31261/IJREL.2023.9.2.02>.
21. Yurchenko A., Shamonina V., Burtovy R., Bohoslavskyi S., Semenikhina O. Detection of Existing Practices and Forecasting of Future Research in the Field of Cloud Technologies in Education. 2024 47th MIPRO ICT and Electronics Convention (MIPRO), Opatija, Croatia, 2024. pp. 369-374. <https://doi.org/10.1109/MIPRO60963.2024.10569612>.
22. Yurchenko A., Shamonina V., Udovychenko O., Momot R., Semenikhina O. Improvement of Teacher Qualification in the Field of Computer Animation: Training or Master Class? Proceedings of 44 International convention on information and communication technology, electronics and microelectronics "MIPRO 2021", Opatija (Croatia), 28 September – 1 October, 2021. P. 683-687. <https://doi.org/10.23919/MIPRO52101.2021.9596946>.
23. Барліт О. О., Могілевська В. М., Сібіль О. І. Інформаційно-цифрова компетентність як інструмент вибудовування індивідуальної траєкторії професійного розвитку. Електронне наукове фахове видання "Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету", 2022. №13. С. 62-74. <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2022.135>.
24. Семеніхіна О.В. Професійна готовність майбутнього вчителя математики до використання програм динамічної математики: теоретико-методичні аспекти : монографія. Суми : ВВП «Мрія», 2016. 268 с.
25. Семеніхіна О.В., Юрченко А.О., Удовиченко О.М. Формування умінь візуалізувати початковий матеріал у майбутніх учителів фізики: результати педагогічного експерименту. *Фізико-математична освіта*. 2020. Випуск 1(23). С. 122-128. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2020-023-1-020>.

References

1. Altinay F., Beyatli O., Dagli G., Altinay Z. The Role of Edmodo Model for Professional Development: The Uses of Blockchain in School Management. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (ijET)*, 2020. Vol. 15(12). pp. 256-270. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i12.13571>.
2. Dai D. Information Literacy of Primary and Secondary School Teachers in the Era of 'Internet + and Its Promotion Strategies. *Science Insights Education Frontiers*, 2023. vol. 15, no. S1. p. 3. <https://doi.org/10.15354/sief.23.s1.ab003>.
3. Drushlyak M., Lukashova T., Shamonina V., Semenikhina O. ChatGPT-Based Simulation Helps to Develop the Pre-Service Mathematics Teachers Critical Thinking *International Journal of Instruction* January, 2025. Vol.18, No.1. pp. 153-172. https://www.e-iji.net/dosyalar/iji_2025_1_9.pdf.
4. Drushlyak, M., Semenikhina, O., Kharchenko, I., Mulesa, P., & Shamonina, V. (2023). Effectiveness of Digital Technologies in Inclusive Learning for Teacher Preparation. *Journal of Learning for Development*, 10(2), 177-195. <https://doi.org/10.56059/jl4d.v10i2.777>.
5. Kekeeva Z., Darzhinova S., Abdiraimova E. Development of the reading culture in pre-service teachers amid digitalization of education. *E3S Web Conf.*, 2020. No 210, 18083. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021018083>.
6. Langset I. D., Jacobsen D. Y., Haugsbakken H. Digital professional development: towards a collaborative learning approach for taking higher education into the digitalized age. *Nordic Journal of Digital Literacy*, 2018. Vol.13, Iss.1. pp 24-39. <https://doi.org/10.18261/issn.1891-943x-2018-01-03>.
7. Mulesa P., Yurchenko A., Semenikhina O. Diagnostic apparatus of researching the results of preparing teachers to use virtual visibility tools in professional activities. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Seriya: «Pedahohika. Sotsialna robota»*, 2023. Vyp. 2(53). S. 94-99. <https://doi.org/10.24144/2524-0609.2023.53.94-99>.
8. Petruk V., Rudenko Yu., Yurchenko A., Kharchenko I., Kharchenko S., Semenikhina O. Analysis of the Results of the Pedagogical Experiment on the Integrated Analysis of the Average and Dispersions. *International Journal of Modern Education and Computer Science (IJMECS)*, 2022. Vol.14, No.6. pp. 25-34. <https://doi.org/10.5815/ijmecs.2022.06.03>.
9. Rasdiana, Wiyono B.B., Imron A., Rahma L., Arifah N., Azhari R., Elfira, Sibula I., Maharmawan M.A. Elevating Teachers Professional Digital Competence: Synergies of Principals Instructional E-Supervision, Technology Leadership and Digital Culture for Educational Excellence in Digital-Savvy Era. *Education Sciences*. 2024.vol. 14(3), 266. <https://doi.org/10.3390/educsci14030266>.

10. Rozumenko A., Rozumenko A., Stotskyi I., Loboda S. Semenikhina O. Computer Visualization of Geometry Educational Material in Developing Students Research Skills. 2024 47th MIPRO ICT and Electronics Convention (MIPRO), Opatija, Croatia, 2024. pp. 317-322. <https://doi.org/10.1109/MIPRO60963.2024.10569559>.
11. Rudenko Yu., Naboka O., Korolova L., Kozhukhova K., Kazakevych O., Semenikhina O.. Online Learning With the Eyes of Teachers and Students in Educational Institutions of Ukraine. TEM Journal, 2021. Vol. 10, Is. 2. Pp. 922-931. <https://doi.org/10.18421/TEM102-55>.
12. Semenikhina O. V., Drushlyak M. G., Shishenko I. V. STEM project as a means of learning modeling for pre-service mathematics and computer science teachers. Information Technologies and Learning Tools, 2022. Vol. 90(4). Pp. 46–56. <https://doi.org/10.33407/itlt.v90i4.4946>.
13. Semenikhina O., Kudrina O., Koriakin O., Ponomarenko L., Korinna H., Krasilov A. The Formation of Skills to Visualize by the Tools of Computer Visualization. TEM Journal, 2020. Volume 9(4). P. 1704-1710. <https://doi.org/10.18421/TEM94-51>.
14. Semenikhina, O., Yurchenko, A., Udovychenko, O., Petruk, V., Borozenets, N., & Nekyslykh, K. Formation Of Skills To Visualize Of Future Physics Teacher: Results Of The Pedagogical Experiment. Revista Romaneasca Pentru Educatie Multidimensionala, 2021, 13(2), 476-497. <https://doi.org/10.18662/rrem/13.2/432>
15. Shamonia V., Semenikhina O., Drushlyak M., Lynnyk S. Computer visualization of logic elements of the information system based on Proteus. 15th International Conference on ICT in Education, Research, and Industrial Applications (ICTERI 2019). Kherson, June 12-15, 2019. R.459-463.
16. Stephen M., Franklin W., Patrick O., Anselmo P., Abenga E. Classifying Program Visualization Tools to Facilitate Informed Choices: Teaching and Learning Computer Programming. International Journal of Computer Science and Telecommunications, 2012. Vol. 3. Pp. 42-48.
17. Temirkhanova M., Abildinova G., Karaca C. Enhancing digital literacy skills among teachers for effective integration of computer science and design education: a case study at Astana International School, Kazakhstan. Frontiers in Education, 2024. Vol. 9. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1408512>.
18. Yujeong J., EunRyung H. Development Case Study of Convergence Education Program for Enhancing Teaching-Learning Effect of Classical Literature Using Information Visualization Design. The Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction, 2023. vol. 23, no. 5. P. 285-306. <https://doi.org/10.22251/jlcci.2023.23.5.285>.
19. Yurchenko A., Drushlyak M., Sapozhnykov S., Teplytska S., Korolova L., Semenikhina O. Using online IT-industry courses in the computer sciences specialists training. International Journal of Computer Science and Network Security. 2021. Vol. 21 No. 11 pp. 97-104.
20. Yurchenko A., Proshkin V., Naboka O., Shamonia V., Semenikhina O. The use of digital technologies in education: the case of physics learning. International Journal of Research in E-learning, 2023. Vol. 9 (2). Pp. 1–25. <https://doi.org/10.31261/IJREL.2023.9.2.02>.
21. Yurchenko A., Shamonia V., Burtovy R., Bohoslavskyi S., Semenikhina O. Detection of Existing Practices and Forecasting of Future Research in the Field of Cloud Technologies in Education. 2024 47th MIPRO ICT and Electronics Convention (MIPRO), Opatija, Croatia, 2024. pp. 369-374. <https://doi.org/10.1109/MIPRO60963.2024.10569612>.
22. Yurchenko A., Shamonia V., Udovychenko O., Momot R., Semenikhina O. Improvement of Teacher Qualification in the Field of Computer Animation: Training or Master Class? Proceedings of 44 International convention on information and communication technology, electronics and microelectronics "MIPRO 2021", Opatija (Croatia), 28 September – 1 October, 2021. R. 683-687. <https://doi.org/10.23919/MIPRO52101.2021.9596946>.
23. Barlit O. O., Mohilevska V. M., Sibil O. I. Informatsiino-tsyfrova kompetentnist yak instrument vybudovuvannia indyvidualnoi traiektorii profesiinoho rozvytku. Elektronne naukovе fakhove vydannia "Vidkryte osvितnie e-seredovyshe suchasnoho universytetu", 2022. №13. S. 62–74. <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2022.135>.
24. Semenikhina O.V. Profesiina hotovnist maibutnoho vchytelia matematyky do vykorystannia prohram dynamichnoi matematyky: teoretyko-metodychni aspekty : monohrafiia. Sumy : VVP «Mriia», 2016. 268 s.
25. Semenikhina O.V., Yurchenko A.O., Udovychenko O.M. Formuvannia umin vizualizuvaty nachalniy material u maibutnikh uchyteliv fizyky: rezultaty pedahohichnoho eksperymentu. Fizyko-matematychna osvita. 2020. Vypusk 1(23). S. 122-128. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2020-023-1-020>.