

МЕТОДИ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОГО ВПЛИВУ НА ФОРМАЛЬНЕ ТРАНСФОРМАЦІЙНЕ ВИРАЖЕННЯ АРХІТЕКТУРНИХ СТИЛІВ

М. Кулік, к. т. н.

ORCID ID: 0000-0002-4880-5217

Л. Чуприна, к. т. н.

ORCID ID: 0000-0002-4807-1479

Д. Іваненко, аспірант

ORCID ID: 0000-0002-1635-1214

Є. Сасенко, магістрант

ORCID ID: 0000-0001-6183-6774

Національний університет «Запорізька політехніка»

<https://doi.org/10.31734/architecture2023.24.113>

Кулік М., Чуприна Л., Іваненко Д., Сасенко Є. Методи нейромережевого впливу на формальне трансформаційне вираження архітектурних стилів

Неможливо переоцінити перспективи впливу нейронних мереж за умови їх розвитку для оптимізації процесів проектування в будівельному виробництві. Проаналізовано використання нейронних мереж для створення й обробки деталей та рис архітектурно-будівельних стилів, зокрема функціонального й хай-тек, шляхом трансформаційного вираження за допомогою нейромереж.

Нейронні мережі (далі – НМ) мають потенціал для революції в галузі будівництва та архітектури, забезпечуючи у майбутньому швидші, ефективніші та точніші процеси зі створення ідей архітектурних елементів будівель, концепт-артів. Наявна можливість їх використання для оптимізації проектування, покращення дизайнерських пропозицій, планування та будівництва за допомогою аналізу великих обсягів даних і визначення найбільш економічно доцільних інженерних рішень.

Використання нейронних мереж може покращити продуктивність будівельного виробництва. НМ можна застосовувати для аналізу різних архітектурних стилів, використовуючи зображення і створюючи на їхній основі дизайн. Ідеться про коректні пропорції будівельних елементів, використання орнаментів і розташування просторів. Цей аналіз може допомогти інженерам-конструкторам, архітекторам і дизайнерам краще зрозуміти визначальні риси різних стилів і використовувати їх у власних проєктах. Використання нейромереж у процесі оптимізації проектування дає змогу значно збільшити продуктивність та точність процесу. Наведені можливості допомагають знижувати витрати на проектування та додаткові дизайнерські послуги.

Взаємодія НМ з інформаційним моделюванням відкриває нові можливості для вдосконалення процесів планування, координації та управління будівництвом. Ці переваги сприяють зменшенню кількості помилок, збільшенню точності та зниженню ризиків виконання проєктів, що є критичним для успішної реалізації будівельних завдань у сучасному світі.

Ключові слова: новітнє будівництво, нейронні мережі, штучний інтелект у будівництві, архітектурний стиль, дизайн, гібридизація архітектурних стилів, вплив нейронних мереж на будівництво.

Kulik M., Chupryna L., Ivanenko D., Saienko Ye. Methods of the neural network influence on the formal transformative expression of architectural styles

The potential impact of neural networks on optimizing the design processes in the construction industry cannot be exaggerated. The article analyzes the use of neural networks for creating and processing details and features of architectural and construction styles, particularly functional and hi-tech styles, through the transformative expression by using neural networks.

Neural networks (hereafter NNs) have the potential to revolutionize the industry of construction and architecture by providing faster, more efficient, and more accurate processes in generating architectural elements and concept art. The NNs can be used for design optimization, enhancing design proposals, planning and construction by analyzing large volumes of data and determining the most economically viable engineering solutions.

The use of neural networks can result in improved productivity in the construction industry. Today, NNs can be applied to analyze various architectural styles using images, generating design iterations based on them. This analysis can help engineers, architects, and designers to better understand the defining characteristics of different styles and apply them in their own projects. Incorporating neural networks in the design optimization process significantly enhances productivity and accuracy. These options can reduce costs of the design and additional design services.

The interaction between NNs and information modeling opens new possibilities for improving planning, coordination, and construction management processes. These advantages contribute to error reduction, enhanced accuracy, and decreased project execution risks, which are crucial for successful implementation of construction tasks in the modern world. The continuous advancements in neural networks and their application in construction hold the promise of transforming the industry, fostering innovation, and shaping the future of architectural design and construction practices.

Key words: innovative construction, neural networks, artificial intelligence in construction, architectural style, design, hybridization of architectural styles, impact of neural networks on construction.

Постановка проблеми. Сьогодні можна спостерігати різноманіття альтернативного нейромережового створення архітектурних стилів, зокрема для генерації дизайнерських рішень будівель, які можна використовувати для реалізації нових проєктів. Використання таких систем та їх інструментів, на перший погляд, є альтернативою залучення фахівців, що мають потрібні компетентності для створення концепцій дизайну будівель та споруд, але ці системи потребують усебічного аналізу для оптимізації роботи з ними.

Раніше архітектор мав володіти навичками досконалого уявлення зображення для реалізації будь-яких фантазій, щоб із повною відповідністю, виключивши помилки, створити потрібне замовлення на окремі елементи або будівлі в цілому. Із розвитком комп'ютерних технологій фахівці-інженери (насамперед у дотичних до будівництва сферах) почали використовувати автоматизовані програмні комплекси як інструментарій для покращання якості та зменшення витрат на реалізацію будівельних проєктів та їх окремих процесів.

Сьогодні технології НМ є найбільш прогресивними для генерації архітектурних форм споруд для дизайн-проєктів [1]. Нейромережеві системи та їх інструменти характерні новаторськими концептуальними підходами. Це дає змогу фахівцю, який не має потрібної підготовки, реалізовувати свої художньо-образні вподобання та безпосереднє вираження предметно-просторового середовища шляхом поєднання історичних стилів, ретроспективних стильових течій та напрямів із сучасними. Тому доцільно проаналізувати декілька архітектурних стилів, дані нейромережових систем, а також загальні комп'ютерні підходи з уведення, здійснення та отримання результатів у вигляді зображень у контексті генезису нових стильових напрямів. Ці тенденції можуть слугувати основою для створення модифікацій та оптимізації взаємодії з робочою документацією.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Протягом останніх десятиліть ХХ

століття штучний інтелект плавно еволюціонував до інтелектуальних машин і алгоритмів, які можуть адаптуватися щодо встановлених завдань на основі правил та середовища, яке може деякою мірою імітувати людський інтелект [2]. Сучасний світ переживає трансформацію – її каталізаторами є експоненціальне зростання обчислювальної продуктивності комп'ютерів, зростаючий обсяг віртуальної пам'яті, Інтернет речей (ІР) і розвиток штучного інтелекту (ШІ). Ці зміни впливають на процес проєктування та зведення будівель. Найпотужніша сучасна тенденція – параметрична архітектура, яка виникла в результаті надання дизайнерам програмного забезпечення для моделювання, створення прототипів та оптимізації структур, незабаром може поступитися місцем новій, котра є результатом іншої автоматизації – в результаті впровадження в творчий процес інструментів на основі розширених генеративних сценаріїв, підтриманих технологією штучного інтелекту.

Ця технологія істотно змінює природу творчих процесів, і комп'ютери вже виконують ключову роль у незліченних галузях науки та мистецтва, зокрема в будівництві та архітектурі [3]. Останні так звані платформи штучного інтелекту на основі дифузії здатні створювати вражаючі зображення з простих текстових описів. Це робить їх потужними інструментами для концептуального дизайну в будь-якій дисципліні, яка вимагає творчого підходу до вирішення завдань зі створення візуального дизайну. Це також стосується ранніх етапів проєктування з кількома етапами ідей, ескізу та моделювання [4]. Проблематиці особливостей роботи нейромережових систем із обробки зображень та впливу їх роботи на стилізацію архітектурних форм будівель присвячені праці вчених Великої Британії, Польщі, США та ін. [1–12].

Постановка завдання. Наше завдання – аналіз поточних можливостей технології дифузної здатності ШІ створювати зображення з простих текстових описів для їх подальшого

втілення у будівельні проєкти та практичного використання. Це здійснюється на основі характерних деталей і рис архітектурно-будівельних стилів (а саме: функціонального та інтернаціонального). Основою є поєднання авангарду та модернізму за допомогою трансформаційної виразності й можливостей нейромереж. Використання цих стилів допоможе створювати нові архітектурно-будівельні рішення у відбудові українських міст. Завдяки аналізу даних та використанню нейромереж штучний інтелект може сприяти створенню оптимальних конструкцій та планів будівельних об'єктів. Це зменшить ризики помилок і зайвих витрат на будівництво. Аналіз сформованих цифрових зображень є основою для міркувань щодо перспектив упровадження інструменту в архітектурно-будівельну практику [5], а також у процес створення будівельних проєктів на цій основі.

Виклад основного матеріалу. Потенційні переваги наявних сервісів ШІ для творчої роботи та створення дизайн-проєктів у будівництві складно переоцінити. Сучасні мистецькі платформи ШІ використовують генеративні моделі машинного навчання, зокрема генеративні моделі тексту в зображення. Незважаючи на свою спеціалізацію зі створення зображення, вони засновані на моделі природної мови GPT-3 [6]. GPT-3 навчений передбачати такі можливі комбінації слів у вхідному тексті. Конкретні моделі зображень GPT-3, які використовуються мистецькими платформами штучного інтелекту, перенавчаються, щоб натомість передбачати наступний кластер пікселів у зображенні для певного вхідного тексту.

Останнє покоління генеративних моделей поєднує природну мову та так звані дифузійні моделі. Ідея дифузійних моделей вперше запропонована в [7], у яких структурована інформація про зображення повільно руйнується через процес прямої дифузії, який вносить шум у дані зображення, а потім заново генерується через процес зворотної дифузії. Цей зворотній процес створює абсолютно нові дані зображення, оскільки вихідна інформація була повністю знищена шумом. Зазначений підхід постійно вдосконалювався протягом багатьох років зі значним акцентом на оптимізації базової архітектури нейронної мережі [8].

У контексті будівництва зазначені алгоритми можуть ефективно аналізувати структуровану інформацію та генерувати інноваційні

дизайнерські рішення шляхом включення процесу прямої дифузії, впроваджуючи нові ідеї та варіації. Завдяки оптимізації архітектури нейронних мереж ШІ може постійно вдосконалювати та покращувати процес проєктування, враховуючи різні фактори, як-от функціональність, естетика та стійкість. Такий підхід дає змогу створювати нові й ефективні проєкти, які інакше неможливо було б дослідити, удосконалюючи будівельну галузь, пропонуючи новітні й оптимізовані рішення.

Експерименти із ШІ, або нейромережевими технологіями, сьогодні поширилися на мистецтво, зокрема на архітектурні стилі та трансформаційні підходи до них, що утворюють так звані *AI-Art*, який опосередковано впливає на творчі аспекти. *AI-Art* уже можна називати штучним інтелектом, який використовується для цифрового створення мистецтва та художніх виразів. Еволюція *AI-Art* неабияк вразила мистецтво та художників, викликавши хвилі різноманітних змін у творчій послідовній сталій діяльності в дизайні. Одна з таких еволюцій починає фактичний перегляд до творчого процесу у мистецтві, особливо процесів, які пов'язані з архітектурним проєктуванням. Це зазвичай актуально для архітекторів, які формулюють концепції в процесі проєктування [1].

Із появою загальнодоступних платформ дифузійних моделей, як-от *DALL-E*, *Midjourney* або *StableDiffusion*, які поєднують *txt2img*, *img2img*, *inpainting* і масштабування, що перетворило генерування зображень у легші робочі процеси, концепція генеративного мистецтва з дослідницької галузі почала сприйматися суспільством як можлива база для оптимізаційних процесів у різних галузях діяльності, зокрема створення дизайн-проєктів будівель [8].

Моделі генерування зображень конкурують не лише за технічним рівнем або рівнем якості, а й за зручністю для користувачів. *Midjourney* взаємодіє зі своєю спільнотою, ділячись запитами через публічні (або приватні) канали в додатку для обміну повідомленнями (*Discord*). Навпаки, *DALL-E* доступний лише окремим особам через спеціальний веб-інтерфейс із інструментами для створення та редагування. З іншого боку, *StableDiffusion* випущено як відкритий вихідний код, який підтримує безліч інструментів, створених спільнотою, які використовує більше, ніж офіційний веб-інтерфейс.

Внутрішня архітектура, а також парадигма інтерфейсу, впливає на те, як можна використовувати ці моделі. На рис. 1 показано деякі подібності та відмінності між *DALL-E 2*, *StableDiffusion* і *Midjourney*. Основні блоки

фундаментальних технологій, виділені сірим кольором, подібні між технологіями, як зазначено. Відмінності полягають у робочих процесах, які вони забезпечують, що часто є результатом різних підходів до інтерфейсу

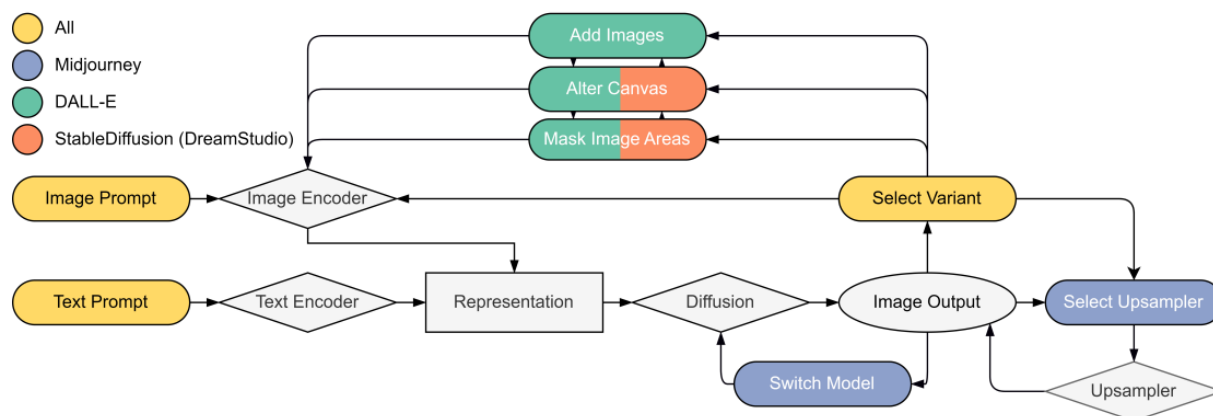


Рис. 1. Архітектура моделі та процес генерації зображень у різних моделях [8]

На рис. 1 сірі елементи позначають загальні етапи архітектури моделі, кольорові елементи – точки взаємодії користувача.

Різні підходи до інтерфейсу показано на рис. 1, основний робочий процес загалом схожий, він позначений сірим, водночас способи вдосконалення їхніх результатів генерування зображень значно відрізняються. Лише *Midjourney* пропонує послідовне підвищення роздільної здатності з кількома різними розмірами. Отже, робочі процеси *Midjourney* зосереджені на створенні та порівнянні варіантів зображень із різних моделей *txt2img*, а відтак – підвищенні дискретизації найкращого з обмеженими можливостями реміксування текстової підказки.

Аналізуючи використання сильних сторін моделей, задіяних для генерації, потрібно вивчити терміни та параметри, якими вони послуговуються, а також те, який стиль зображення вони мають правильно створити. Одним із перших натяків, які *DALL-E* показує новим користувачам, є інформація про те, що ключове слово «цифрове мистецтво» може значно покращити за допомогою багатьох підказок, що глибоко пов'язані із даними, на яких цю неймережу (або ШІ) навчали.

У випадку з *Midjourney* уточнення починається як процес включення та видалення певних фраз у підказку, щоб максимально наб-

лизитися до бажаного стилю. Ці фрази можуть бути дуже заплутаними. Часто допомагає, якщо включити в підказку програмне забезпечення для моделювання, яке створило б потрібний вид зображення (наприклад, «octane render» або «cinema3D»), або навіть позначки якості, наприклад, «top-10 on artstation». Більш спрямованим способом впливу на запити є використання вагових слів, посилань на зображення та параметри, які надають додаткових властивостей системі підказок.

Для *DALL-E* та *StableDiffusion* ітерація за варіантами зображень зазвичай є коротшим і точнішим процесом, оскільки ітерації вимагають прямого втручання в дані зображення у формі замальовування/зафарбовування [9].

У таких робочих процесах створення ідей дослідники, котрі розглядали проблематику правильної послідовності вводу інформації, починали з підказки *Midjourney*, щоб створити бажану сцену (вона підходила для ідей вільної форми), яку потім удосконалювали за допомогою внутрішнього/вихідного малювання в *DALL-E* та *StableDiffusion* для досягнення конкретних результатів, натхненного оригінальним результатом, що було створено на базі *Midjourney*. Огляд робочого процесу зображено на рис. 2.

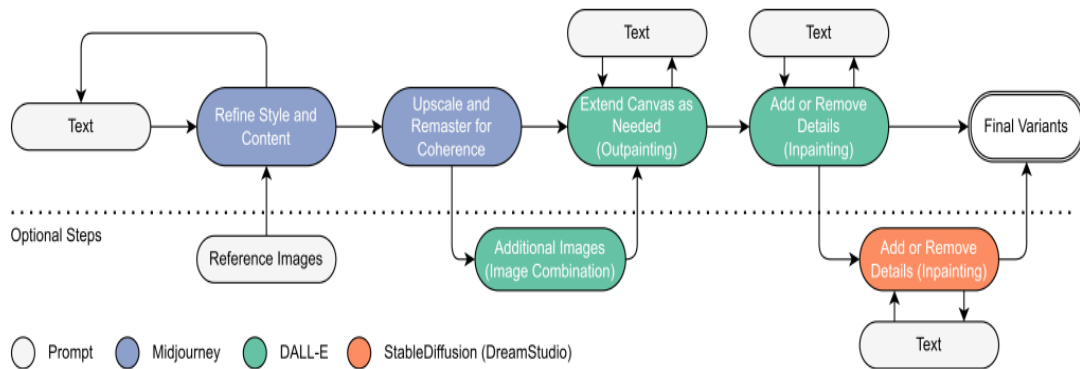


Рис. 2. Пропонований комбінований робочий процес через Midjourney, DALL-E та (опціонально) StableDiffusion [8]

Варто зауважити загальний поріг складності початку роботи у *MidJourney*: і як найпростішу, і на різних прикладах [6; 10], представлено можливість використовувати нові інструменти генеративного створення зображень на базі *MidJourney* у контексті дослідження творчого процесу створення архітектурних форм будівель та їх елементів. Інструментарій *MidJourney* зручний тим, що здатний створювати візуально привабливі цифрові зображення на основі лише рядка ключових слів, уведених користувачем [5].

Інструментарій *MidJourney* в повному обсязі задіяний у створенні концепцій будівель.

Прикладом цього може слугувати зображення на рис. 3. Це – павільйон кіно в Ісландії, який був предметом міжнародного архітектурного конкурсу, оголошеного на платформі *Buildner* [5]. Наведене зображення у *MidJourney* створене на основі введення команд / imagine та послідовності ключових слів англійською мовою, які були офіційною тематикою конкурсу на платформі *Buildner*: *Iceland movie pavilion*. Подібні інноваційні проекти у майбутньому можуть стати «нормою» в будівельній галузі.



Рис. 3. Візуалізація створена на основі ключових слів: бетонний сучасний ісландський кінопавільйон, спроектований Місом ван дер Роє [5]

Зауважено [5], що для досягнення завдання та отримання потрібного зображення при введенні текстової інформаційної складової для генерування результату часто потрібно до ключових слів додавати різні словосполучення, що конкретизують задану тематику. Наприклад, для уточнення зображення та отримання результату, представленого на рис. 3, додано слово «concrete» (бетонний). Це означало «будівельний матеріал», а також дописано слово «modern» (сучасний) – прикметник, який означає очікуваний архітектурний стиль». Такі дії допомогли отримати при генерації зображення більш деталізований результат. Для деталізації зображення можна використовувати примусові варіації на основі початково створеного зображення. Якщо жодна з пропозицій не підходить, користувач завжди може вирішити створити інший набір пропозицій генерації зображень на основі того самого набору ключових слів. Важливо, що введення фраз у незмінному вигляді та порядку щоразу давало інший результат – програма випадково вибирає доступні в інтернеті зображення, які відповідають уведеним підказкам, додатково змінюючи їх відсоток у згенерованому зображенні. Це свідчить про неможливість отримання того самого результату знову. У ситуації, коли ефект від роботи знову не виправдовував очікувань, розглядалося питання про доповнення або зміну послідовності слів.

Щоб отримати стилізацію результату під роботу зазначеного творця, до ключових слів додавали фразу «designed by», за якою йшло ім'я обраного архітектора. Доповнення послідовності ключових слів іменем конкретної людини призводило до примусової стилізації за її ознаками.

Висновки. Введені фрази слід розуміти як підказки, які, якщо їх правильно ввести, допомагають інструменту створювати зображення, що відповідає очікуваному результату. Можливості практично безмежні; завдяки словам можна вказати як параметри будівлі, так і навколишнє оточення, зокрема час доби, погодні умови та місце розташування [11]. Штучний інтелект уже почав змінювати різні галузі та сфери зайнятості, впливаючи як на характер роботи, так і на навички, необхідні для процвітання робочої сили.

Завдяки алгоритмам параметричного моделювання та інструментам комп'ютерного проектування архітектори можуть створювати

складні та заплутані форми, яких раніше було не просто досягти вручну. Відкриваються можливості для архітектурного самовираження, що відповідають сучасним прагненням дизайну. З'являється можливість інтеграції методів створення архітектурних стилів між архітекторами, інженерами та іншими учасниками будівельних процесів для створення цілісних проектних рішень, котре має узгоджуватись з технічними вимогами та обмеженнями.

Сьогодні методи чисельної реалізації та мистецтво штучного інтелекту дають змогу архітекторам досліджувати та розширювати межі архітектурної естетики. Використовуючи обчислювальні інструменти та алгоритми, архітектори можуть створювати складні та інноваційні концепції дизайну, які раніше було складно реалізувати вручну. Ці методи дозволяють генерувати складні геометрії та параметричні конструкції, відкриваючи нові можливості для архітектурного самовираження та творчості.

У перспективі інтеграція онлайн AI-Art у будівельну практику здатна оптимізувати будівельні процеси та підвищити їхню ефективність. Завдяки використанню алгоритмів штучного інтелекту та обчислювального аналізу архітектори можуть моделювати та оцінювати проектні рішення з кута зору структурних характеристик, енергоефективності та візуальної складової. Цей підхід, заснований на даних, дає архітекторам можливість ухвалювати обґрунтовані рішення, відтак створюються візуально вражаючі, функціональні та стійкі будівлі.

Із розвитком технологій будівельники матимуть дедалі більше можливостей переходити від концептуальних проектів до практичної реалізації, використовуючи дані в реальному часі, специфічні параметри ділянки та будівельні обмеження для втілення своїх цифрових творінь у життя.

Результати показують, що платформи генеративного мистецтва на основі штучного інтелекту дають змогу дизайнерам та архітекторам легко генерувати нові та інноваційні дизайнерські ідеї, покращуючи процес ухвалення рішень і сприяючи співпраці між зацікавленими сторонами. Однак для повної реалізації потенціалу ШІ в проєктному дизайні необхідно вирішити проблеми, пов'язані з доступністю даних, алгоритмічними упередженнями та взаємодією між людиною і ШІ.

Бібліографічний список

1. Radhakrishnan M. Is Midjourney-Ai the New Anti-Hero of Architectural Imagery & Creativity? *Global Scientific journals*. 2023. No 11. No 94–104. DOI: 10.11216-/gsj.2023.01.102270.
2. Davy Tsz Kit Ng, Jac Ka Lok Leung, Kai Wah Samuel Chu, Maggie Shen Qiao. *AI Literacy: Definition, Teaching, Evaluation and Ethical Issues*. 84th Annual Meeting of the Association for Information Science & Technology. 2021. No 58. P. 504–509. DOI:10.1002/pr2.487.
3. Barandy K. Interview with Kory Bieg on text-to-image generators & the future of AI in design. URL: <https://www.designboom.com/design/interview-kory-bieg-text-to-image-generators-future-ai-design-08-17-2022/> (Last accessed 06 April 2023).
4. Ballenger G. What Happens When an A.I. Program Tries to Write Poetry? *Slate*. 2017. URL: <https://slate.com/technology/2017/07/what-happens-when-an-a-i-program-tries-to-write-poetry.html> (Last accessed 01 April 2023).
5. Jaruga-Rozdolska A. Architektura 4.0: proces projektowania wspierany przez sztuczną inteligencję. Potencjał wykorzystania skryptu generatywnego MidJourney w procesie tworzenia koncepcji architektonicznej. *BUILDER*. 2022. No 303. P. 66–69. DOI:10.5604/01.3001.0015-.9893.
6. Brown T. B., Mann B. et al. Language models are few-shot learners. *NIPS*. 2020. No 33. P. 1877–1901.
7. Architects can rest easy that AI isn't coming for their jobs just yet. (2022, November 16). *Dezeen*. URL: <https://www.dezeen.com/2022/11/16/architects-ai-dall-e-midjourney-opinion/> (Last accessed 01 April 2023).
8. Ploennigsb J., Bergerb M. AI Art in Architecture. *Computer Science*. ArXiv. 2022. DOI:10.48550/arXiv.2212.09399.
9. Ng T. K., Leung J. K. L., Chu K. W. S., Qiao M. S. AI literacy: Definition, teaching, evaluation and ethical issues. *Proceedings of the Association for Information Science and Technology*. 2021. No 58 (1). P. 504–509. DOI:10.1002/pr2.487.
10. Jaruga-Rozdolska A. Artificial intelligence as part of future practices in the architect's work: MidJourney generative tool as part of a process of creating an architectural form. *Architectus*. 2022. No 3 (71). P. 95–104. DOI:10.37190/arc220310.
11. Goodfellow I. J., Pouget-Abadie J., Mirza M., Xu B., Warde-Farley D., Ozair S., Bengio Y. Generative adversarial nets. *Advances in Neural Information Processing Systems*. 2014. No 3 (January). P. 2672–2680. DOI:10.3156/jsoft.29.5_177_2.
12. Florian M. C. Can Artificial Intelligence Systems like DALL-E or Midjourney Perform Creative Tasks? *|ArchDaily*. 2022. URL: <https://www.archdaily.com/987228/can-artificial-intelligencesystems-like-dall-e-or-midjourney-perform-creative-tasks> (Last accessed 20 April 2023).
13. Berg N. AI tools like DALL-E 2 and Midjourney are helping architects - and their. 2022. URL: <https://www.fastcompany.com/90780871/ai-tools-like-dall-e-2-and-midjourney-are-helping-architects-and-their-clients-design-new-buildings> (Last accessed 20 April 2023).

Стаття надійшла 22.06.2023