

DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2025.71.197-211>

УДК 72.01

Обухов Володимир Русланович,

*студент кафедри інформаційних технологій в архітектурі
Київського національного університету будівництва і архітектури*

obukhov_vr@knuba.edu.ua

<http://orcid.org/0009-0007-7932-9632>

Товбич Валерій Васильович,

*доктор архітектури, професор,
завідувач кафедри інформаційних технологій в архітектурі
Київського національного університету будівництва і архітектури*

tovbych.vv@knuba.edu.ua

<http://orcid.org/0000-0002-4794-4944>

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ АРХІТЕКТУРНОГО ПРОЄКТУВАННЯ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Анотація: стаття присвячена дослідженню можливостей застосування технологій штучного інтелекту (ШІ) в архітектурному проєктуванні в контексті трансформації класичних підходів до створення архітектурних об'єктів. Авторами було сформовано та структуровано низка гіпотез, що охоплюють різні рівні використання ШІ у проєктних практиках — від фундаментально-соціального рівня до конкретних прикладних ситуацій, безпосередньо пов'язаних з поетапним архітектурним проєктуванням. Дослідження ґрунтується на аналізі наукових джерел, практичного спостереження за кейсами та практикою зарубіжних і вітчизняних архітектурних компаній. Також проведено порівняльну апробацію ефективності проєктування із залученням ШІ та без нього, розглянуто такі аспекти, як швидкість прийняття рішень, генерація варіантів, точність, адаптивність та оптимізація ресурсів. Особливу увагу приділено методам генеративного дизайну, параметричного моделювання, прогностично-аналітичних механізмів та цифрового контролю за створенням документації. Розкрито потенціал використання штучного інтелекту на кожному етапі архітектурного проєкту — від передпроєктного аналізу до реалізації. Визначено ступінь придатності сучасних ШІ-технологій до реальної інтеграції в архітектурний процес, з урахуванням людського фактору, рівня автоматизації та специфіки архітектурної діяльності. Це дозволяє проводити адаптивне моделювання будівель з використанням штучного інтелекту AI ABM (Artificial Intelligence Adaptive Building Modeling), що системно поєднує інструменти ШІ для створення багатофункціональних архітектурних об'єктів. Запропонована

модель знаходиться на завершальному етапі верифікації та подальшого впровадження в експериментальне проєктування.

Ключові слова: штучний інтелект; архітектурне проєктування; адаптивність; генеративний дизайн; цифрове моделювання; автоматизація; алгоритмічні системи.

Постановка проблеми: У сучасному архітектурному проєктуванні спостерігається зростаючий інтерес до автоматизації рутинних процесів та підвищення варіативності архітектурних рішень. Попри розвиток цифрових технологій та інструментарію, багато етапів досі залишаються трудомісткими та залежать від людського фактору. Проблема полягає в недостатній кількості досліджень, які б порівнювали ефективність застосування ШІ в архітектурній галузі з традиційними підходами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій: Починаючи з 20-х років ХХІ сторіччя залучення технологій штучного інтелекту (ШІ) до процесів архітектурного проєктування стало актуальним напрямком досліджень у світовій та вітчизняній практиці. Це обумовлено значним потенціалом ШІ для підвищення точності, швидкості та варіативності проєктних рішень, а також його здатністю оптимізувати ресурси на всіх етапах проєктування. У світі вже існують кейси успішної імплементації ШІ в архітектурну практику. Провідні компанії експериментують із новими підходами, що дозволяють автоматизувати рутинні процеси та підвищити якість проєктних рішень.

Дистриб'ютори архітектурного технічного забезпечення змагаються між собою, хто швидше та результативніше інтегрує алгоритми ШІ в свої продукти [2]. Світовий досвід свідчить, що ШІ активно використовується на різних стадіях архітектурного проєктування, від передпроєктного аналізу до реалізації та експлуатації будівлі [3]. Однак найбільш перспективними залишаються дослідження в галузі генеративного дизайну, параметричного моделювання та інформаційної аналітики. Архітектурне бюро Foster + Partners застосовує параметричне проєктування та генеративні фасади, що адаптуються до зовнішніх умов. Euan Mills використовує ШІ для аналізу міського середовища та прогнозування розвитку територій. Китайська компанія Xkool створила програмне забезпечення для автоматичної генерації містобудівних концепцій за заданими параметрами. Французьке бюро Patriarche зосереджує увагу на аналізі BIM-моделей і цифрових двійниках, моделюючи «поведінку» будівлі ще до її зведення.

Теоретичні дослідження проводяться Нілом Лічем, який аналізує трансформацію архітектурних процесів під впливом ШІ [1], Брайаном Келлі та Френком Якобуса, які акцентують увагу на автоматизації рутинних завдань та

параметричному моделюванні. Цікавою є праця колективу авторів Federico Cugurullo та ін., що розглядає взаємодію ІІІ з урбаністичними системами та при прогнозуванні розвитку міст. Вітчизняні архітектурні компанії та бюро, такі як Archimatika, DIMDOM, Dmytro Aranchii Architects та ін., демонструють перші практичні кейси використання ІІІ у параметричному моделюванні та генеративному дизайні.

Також заслуговують на увагу дослідження вітчизняних науковців Київської К. І., Цюцюри С. В. [4, 5], які присвячені розвитку інформаційного моделювання будівель, методам контролю якості та прогнозування конструктивних рішень з елементами ІІІ. Ці праці теоретично обґрунтовують перспективність використання інтелектуальних алгоритмів в оптимізації архітектурних рішень, управлінні ресурсами та формуванні адаптивних проєктів.

Метою публікації є: формування та теоретична апробація гіпотез ефективності використання ІІІ в архітектурному проєктуванні та порівнянні показників продуктивності з класичними методами проєктування.

Основна частина. Перед тим, як сформулювати гіпотези ефективності застосування штучного інтелекту в архітектурному проєктуванні, авторами було проведено всебічний аналіз теоретичних джерел, опрацьовано закордонні та українські публікації, досліджено кейси впровадження ІІІ у реальні проєктні процеси. Додатково було проаналізовано програмне забезпечення, алгоритмічні моделі, а також фактори впливу, які перешкоджають або сприяють імплементації ІІІ в архітектурну діяльність. Дослідження цих питань дозволило систематизувати напрацьовані знання та перейти до формування гіпотетичної бази, яка складається з 13 позицій, від загального до конкретного, що охоплюють ключові етапи архітектурного проєктування та будівництва.

№ 1. Загальна гіпотеза (фундаментально-соціальний рівень)

Обґрунтовано подолати поширений міф про штучний інтелект, як про щось абстрактне, хаотичне і потенційно небезпечне для людини та змінити усталене суспільне та професійне ставлення, демонструючи, що ІІІ є інструментом із значними можливостями для розвитку архітектурного проєктування в Україні, яке не повинне стримуватися страхами чи упередженнями.

№ 2. Прикладна гіпотеза (узагальнено-практичний рівень)

Ґрунтується на матеріалах проєктно-дослідницької роботи та підтверджується апробаційними результатами. Вона полягає в тому, що за допомогою сучасних ІІІ-технологій можливо розробити проєкт поліфункціональної будівлі з адаптивною та трансформованою функцією. І що перевага застосування таких технологій полягає у швидкому аналізі та моделюванні рішень, які дозволяють створювати гнучкі планувальні структури та просторово-функціональні сценарії, які відповідають сучасним потребам.

№№ 3-13. Поетапні гіпотези (елементно-практичний рівень)

Ці гіпотези прив'язані до конкретних етапів архітектурного проектування та будівництва, а саме: передпроектного аналізу, ескізного проектування, розробки проектної та робочої документації, будівництва та експлуатації.

№ 3. III дозволяє значно швидше і ефективніше дослідити необхідну документацію та аналізувати вихідні дані, що знижує витрати часу на початкових етапах проектування.

№ 4. Програмне забезпечення на основі математичних моделей III дозволяє отримувати швидкі та точні дані про ділянку проектування з мінімальними вхідними даними, що підвищує ефективність передпроектного аналізу.

№ 5. III здатен проаналізувати ділянку проектування і запропонувати оптимальне розміщення будівлі з урахуванням обмежень та параметрів, що сприяє кращій інтеграції об'єкта у середовище.

№ 6. Технології III дозволяють значно збільшити варіативність об'ємно-розпланувальних рішень, надаючи архітекторам широкі можливості для експериментів із функцією та формою.

№ 7. III забезпечує можливість створення великої кількості варіантів концептуальних рішень за короткий час, що дозволяє досліджувати різноманітні підходи в проектуванні.

№ 8. Завдяки III можна розробляти концептуальний проєкт на декількох стадіях одночасно, що сприяє інтеграції різних етапів проектування в єдиний процес.

№ 9. III здатен надавати допомогу у формуванні концептуального конструктивного рішення, яке відповідатиме основним вимогам до міцності та стійкості об'єкта.

№ 10. Використання параметричних моделей на основі III дозволяє охопити весь процес концептуального проектування від аналізу до створення передпроектної моделі в одному запрограмованому просторі.

№ 11. Окремі технології III можуть частково виконувати технічні завдання, зокрема автоматичне генерування певних креслень, що полегшує роботу архітекторів і знижує ризик технічних помилок.

№ 12. За допомогою III можна прискорити та оптимізувати робочі процеси, не тільки для окремих структурних підрозділів, але й для всієї команди, що працює над проєктом, забезпечуючи синхронізацію і ефективність.

№ 13. Параметричні моделі III здатні підтримувати етапи розробки проектної та робочої документації, що дозволяє централізовано контролювати процеси в одному або декількох програмованих просторах.

Сформульовані гіпотези дали змогу виявити прийоми та створити методи, які пов'язані із застосуванням технологій ІІІ в архітектурному проєктуванні. На основі визначених прийомів та методів, а також дослідження теоретичного і практичного досвіду їх застосування, проведено порівняльний аналіз традиційного метода проєктування, з таким, що залучає технології ІІІ. В якості підґрунтя апробації також виступали попередні дані з проєкту одного з авторів статті, а також було залучено досвід моделювання.

Цей етап передбачав розробку методики порівняльного аналізу, в межах якої було запроваджено експериментальне тестування кожної гіпотези на прикладі моделювання окремих архітектурних процесів. Результати цієї апробації стали основою для порівняння ефективності традиційних та ІІІ-орієнтованих підходів у архітектурному проєктуванні.(див. Рис. 1)

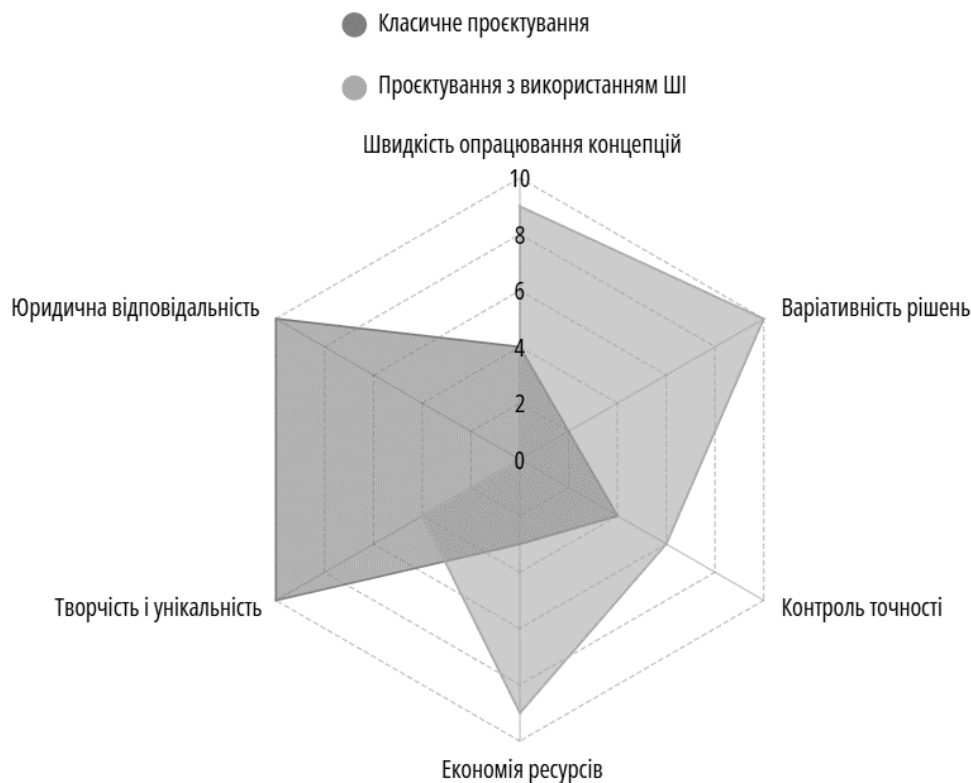
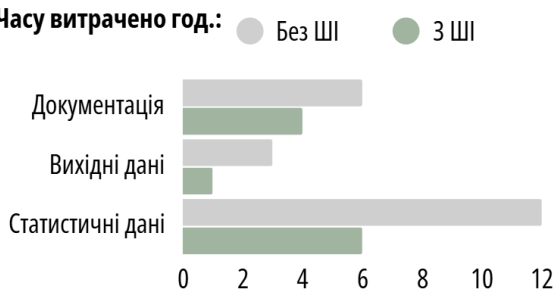


Рис. 1. Діаграма-порівняння традиційного проєктування та такого, що передбачає використання технологій ІІІ. (Автор Обухов Володимир).

В межах порівняння традиційного підходу проєктування, з такими де застосовуються алгоритми ІІІ, були з'ясовані деякі питання, а саме: на яких стадіях технології ІІІ демонструють найвищу ефективність?, де роль людини залишається критично важливою?, а які завдання не можуть бути повністю, або частково автоматизовані? Систематизоване представлення апробації низки

гіпотез ефективності використання ІІІ на всіх етапах архітектурного проектування наведено у табл. 1.

Таблиця 1.

	1	2												
	Текстові висновки апробації	Аналітичні висновки апробації												
№1: “Технології ІІІ і похідні від них технічні засоби, мають значну перспективність у залученні в сферу архітектурного проектування в Україні, і не мають бути підкріплені загально укладеними страхами та пропагандою культурного простору.”														
1	Гіпотезу підтверджено. Таким чином, культурно-соціальний бар’єр поступово долається, а ІІІ-технології визнаються перспективними і затребуваними серед архітекторів України.	Опитування про ставлення до ІІІ:  <table><tr><th>Категорія</th><th>Відсоток</th></tr><tr><td>Користуються</td><td>16.7%</td></tr><tr><td>Страх</td><td>33.3%</td></tr><tr><td>Зайнявлені</td><td>33.3%</td></tr><tr><td>Не зайнявлені</td><td>16.7%</td></tr></table>	Категорія	Відсоток	Користуються	16.7%	Страх	33.3%	Зайнявлені	33.3%	Не зайнявлені	16.7%		
Категорія	Відсоток													
Користуються	16.7%													
Страх	33.3%													
Зайнявлені	33.3%													
Не зайнявлені	16.7%													
№2: “За допомогою технологій ІІІ, доступних на сьогоднішній день, можна спроектувати поліфункціональну будівлю з адаптивною трансформованою функцією.”														
2	Підтвердженням гіпотези виступить апробація в межах практичної частини подальшого дослідження, де були використані інструменти ІІІ для формування варіативних розпланувальних рішень, адаптивного зонування та симуляції функціональних сценаріїв													
№3: «ІІІ дозволяє значно швидше й ефективніше дослідити необхідну документацію та аналізувати вихідні дані»														
3	Гіпотеза підтверджена. Залучення ІІІ у процесі підготовки вихідних даних та документації дозволяє мінімізувати рутинні етапи та концентрувати зусилля архітектора на творчих та концептуальних завданнях.	Часу витрачено год.:  <table><tr><th>Категорія</th><th>Без ІІІ (год.)</th><th>з ІІІ (год.)</th></tr><tr><td>Документація</td><td>6</td><td>4</td></tr><tr><td>Вихідні дані</td><td>3</td><td>1</td></tr><tr><td>Статистичні дані</td><td>12</td><td>6</td></tr></table>	Категорія	Без ІІІ (год.)	з ІІІ (год.)	Документація	6	4	Вихідні дані	3	1	Статистичні дані	12	6
Категорія	Без ІІІ (год.)	з ІІІ (год.)												
Документація	6	4												
Вихідні дані	3	1												
Статистичні дані	12	6												
№4: «Софт, заснований на математичних моделях ІІІ, дозволяє отримати швидкі та точні дані з ділянки проектування з мінімальними вхідними даними» №5: «ІІІ здатен проаналізувати ділянку проектування, запропонувавши найбільш вдале розміщення будівлі з урахуванням обмежень та параметрів»														

4	Гіпотеза підтверджена. Використання ІІІ на початкових етапах, дозволяє отримати коректні дані для продовження процесу проєктування. Однак дані мають бути перевірені користувачем.	Часу витрачено год.: <table><thead><tr><th>Етап</th><th>Без ІІІ</th><th>3 ІІІ</th></tr></thead><tbody><tr><td>Аналіз оточення</td><td>22</td><td>5</td></tr><tr><td>Ділянка</td><td>5</td><td>3</td></tr><tr><td>ТЕПи</td><td>20</td><td>6</td></tr></tbody></table>	Етап	Без ІІІ	3 ІІІ	Аналіз оточення	22	5	Ділянка	5	3	ТЕПи	20	6
Етап	Без ІІІ		3 ІІІ											
Аналіз оточення	22	5												
Ділянка	5	3												
ТЕПи	20	6												
5	Гіпотеза підтверджена. На основі отриманих даних Інтерфейс ІІІ пропонує найбільш розміщення будівлі на ділянці. Однак ці рішення, варто перевіряти, особливо що стосується нормативних вимог та обмежень.													

№6: «ІІІ дозволяє значно збільшити варіативність можливих планувальних рішень.»

№7: «За допомогою ІІІ можна одночасно розробляти концептуальний проєкт в декількох стадіях»

№8: «За допомогою ІІІ можна досягти значної кількості пошукових варіантів задовільної якості»

6	Гіпотеза підтверджена. Використання варіативної генерації розпланувальних рішень швидко дозволяє отримати багато варіантів зонувань та конфігурацій приміщень.	Варіантів за годину: <table><thead><tr><th>Етап</th><th>Без ІІІ</th><th>3 ІІІ</th></tr></thead><tbody><tr><td>Планування</td><td>2</td><td>8</td></tr><tr><td>Генплан</td><td>1</td><td>4</td></tr><tr><td>Дизайн</td><td>1</td><td>10</td></tr></tbody></table>	Етап	Без ІІІ	3 ІІІ	Планування	2	8	Генплан	1	4	Дизайн	1	10
Етап	Без ІІІ		3 ІІІ											
Планування	2		8											
Генплан	1	4												
Дизайн	1	10												
7	Гіпотезу підтверджено. Робота ІІІ у кількох напрямках одночасно дозволяє інтегрувати роботу над генеральним планом, концептуальним та розпланувальним рішенням в єдиний, взаємопов'язаний процес.													
8	Однак всі рішення підлягають «ручному» доопрацюванню та потребують перевірки нормативним вимогам													

№9: “Технології ШІ здатні в достатній мірі дослідити та отримати концептуальне конструктивне рішення»																							
№10: “Використання параметричних моделей на основі ШІ дозволяє охопити весь процес концептуального проектування від аналізу до створення передпроектної моделі в одному запрограмованому просторі»																							
9	Гіпотеза спростована. ШІ здатний генерувати форми та надавати конструктивні пропозиції на концептуальному рівні, однак глибина опрацювання виявляється недостатньою.	Часу витрачено год.: ● Без ШІ ● З ШІ <table border="1"><caption>Часу витрачено год.</caption><thead><tr><th>Задача</th><th>Без ШІ</th><th>З ШІ</th></tr></thead><tbody><tr><td>Проектування конструкцій</td><td>10</td><td>8</td></tr><tr><td>Розрахунок конструкцій</td><td>12</td><td>3</td></tr></tbody></table>	Задача	Без ШІ	З ШІ	Проектування конструкцій	10	8	Розрахунок конструкцій	12	3												
Задача	Без ШІ		З ШІ																				
Проектування конструкцій	10	8																					
Розрахунок конструкцій	12	3																					
10	Гіпотезу підтверджено. Штучний інтелект дозволяє в рамках одного цифрового середовища отримати концептуальне структуроване рішення																						
№11: “Деякі технології ШІ здатні частково виконувати певні технічні задачі та навіть певні окремі креслення.”																							
№12: “За допомогою технологій параметричних моделей ШІ можна досягнути певні процеси етапу розробки проектної та робочої документації, в одному або декількох запрограмованих просторах.”																							
11	Гіпотеза підтверджена частково. ШІ може брати на себе рутинну частину роботи. Проте оригінальні інженерні та конструктивні рішення, індивідуальні креслення не піддаються повній автоматизації.	Здатність до: ● Без ШІ ● ШІ <table border="1"><caption>Здатність до:</caption><thead><tr><th>Задача</th><th>Без ШІ</th><th>ШІ</th></tr></thead><tbody><tr><td>Моделювання</td><td>8</td><td>8</td></tr><tr><td>Образмірювання</td><td>8</td><td>8</td></tr><tr><td>Вузли</td><td>8</td><td>1</td></tr><tr><td>Інженерні креслення</td><td>8</td><td>3</td></tr><tr><td>Інженерні розрахунки</td><td>8</td><td>4</td></tr><tr><td>Перевірка</td><td>8</td><td>2</td></tr></tbody></table>	Задача	Без ШІ	ШІ	Моделювання	8	8	Образмірювання	8	8	Вузли	8	1	Інженерні креслення	8	3	Інженерні розрахунки	8	4	Перевірка	8	2
Задача	Без ШІ		ШІ																				
Моделювання	8	8																					
Образмірювання	8	8																					
Вузли	8	1																					
Інженерні креслення	8	3																					
Інженерні розрахунки	8	4																					
Перевірка	8	2																					
12	Гіпотеза спростована. Повністю перенести на ШІ процес створення робочої документації поки що неможливо. Деякі системи, значно полегшують роботу завдяки параметричним зв'язкам, проте остаточна компоновка креслень, формування специфікацій і																						

	контроль помилок залишаються виключно під контролем-користувача																
№13: “За допомогою технологій ШІ можна значно пришвидшити та оптимізувати робочі процеси не тільки одного структурного підрозділу, а всієї команди, що працює над об’єктом.”																	
13	Гіпотезу підтверджено. Використання ШІ значно підвищує ефективність роботи команди на всіх етапах проєктування. Інтелектуальні інструменти стають каталізатором підвищення колективної продуктивності, звільняючи фахівців від рутинних завдань і дозволяючи зосередитися на ключових архітектурних ідеях.	Ефективність роботи: <table border="1"> <thead> <tr> <th>Категорія</th> <th>Без ШІ</th> <th>З ШІ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Зосередження</td> <td>~5</td> <td>~10</td> </tr> <tr> <td>Пошук інформації</td> <td>~4</td> <td>~12</td> </tr> <tr> <td>Організація робочих процесів</td> <td>~6</td> <td>~14</td> </tr> <tr> <td>Сортування інформації</td> <td>~4</td> <td>~16</td> </tr> </tbody> </table>	Категорія	Без ШІ	З ШІ	Зосередження	~5	~10	Пошук інформації	~4	~12	Організація робочих процесів	~6	~14	Сортування інформації	~4	~16
Категорія	Без ШІ	З ШІ															
Зосередження	~5	~10															
Пошук інформації	~4	~12															
Організація робочих процесів	~6	~14															
Сортування інформації	~4	~16															

Порівняльний аналіз демонструє, що застосування ШІ дає найкращі результати під час опрацювання вихідної інформації, генерації концептуальних рішень, аналізу та порівняння варіантів, а також у технічних завданнях з формування документації. При цьому, ідея, творче бачення та остаточне створення проєктної концепції залишаються за архітектором.

Висновок: Використання технологій штучного інтелекту в архітектурному проєктуванні дозволяє швидко та ефективно опрацьовувати великі масиви даних, генерувати значні об’єми концептуальних рішень і автоматизувати рутинні завдання, не руйнуючи традиційних методів проєктування, а лише доповнюючи їх. Творчий задум, авторське бачення та контроль залишаються виключною сферою архітектора.

Сучасні технології ШІ вже можуть застосовуватися в проєктних процесах, за умови фахового нагляду. Сучасні методи проєктування все більше орієнтуються на цифрові технології, однак через великі масиви даних, які потребують обробки, цей процес відбувається не систематизовано або навіть хаотично. А оскільки інтеграція технології штучного інтелекту в сферу архітектурного проєктування відкриває новий рівень організації, систематизації

та підвищення ефективності процесів, тоді поява нових моделей цілком стає логічною. Тому кульмінацією проведеного авторами дослідження, апробації гіпотез та вивчення реальних можливостей нейромереж і алгоритмів ІІІ стане запропонована авторами модель AI ABM (Artificial Intelligence Adaptive Building Modelling) — система адаптивного моделювання архітектурного проєктування з інтеграцією методів та прийомів роботи з ІІІ.

Модель містить п'ять основних етапів, кожен з яких логічно пов'язаний між собою та може бути використаний у комплексі повністю або частково залежно від завдань проєктування. Кожен з етапів підтримується набором методів та прийомів, спрямованих на автоматизацію, підвищення точності, ефективності та адаптивності архітектурних рішень.

Треба зазначити, що використання сучасних комп'ютерних технологій та штучного інтелекту в архітектурному проєктуванні вражає, але цей шлях розпочався більше ніж 40 років тому. В кандидатській дисертаційній роботі, одного з авторів статті, Товбича В.В. [18] «Інтерактивне графічне моделювання архітектурного середовища з урахуванням його візуального сприйняття» (1986), де в третьому розділі представлена підсистема INTPRA, описані можливості і методика автоматизованої експертної оцінки якості архітектурного середовища (підсистема INTPRA.EST); автоматизована побудова маршруту і зон найкращого сприйняття (підсистема INTPRA.ITI); автоматизоване формування об'єктів на основі експертних оцінок (INTPRA.FOR).

Застосування системи INTPRA в автоматизованому проєктуванні дозволяло включити в цей процес новий етап, який в ті часи не міг реалізуватися у зв'язку із складністю і відсутністю відповідного комп'ютерного інструментарію. Цей етап автоматизованого проєктування суттєво підвищував естетичні якості архітектурних і дизайнерських рішень. На базі теоретичних і практичних розробок експертної системи оцінки якості INTPRA.EST могла бути створена єдина система якості, яка би регулярно збирала, обробляла, аналізувала інформацію про кращі зразки продукції, періодично здійснювала би комплексну оцінку рівня по всім її видам [17]). Це, на думку авторів, була одна з найперших розробок в галузі ІІІ. Є впевненість, що ідея і перші напрацювання ІІІ, в такому, ще у початковому вигляді, були створені в далеких 1983-1986 роках і тільки зараз набувають того робочого вигляду для можливості використання в архітектурній діяльності.

Зараз проблематиці ІІІ присвячені багато наукових досліджень, він застосовується в архітектурному учбовому проєктуванні на кафедрі інформаційних технологій в архітектурі КНУБА, але цьому передувала багаторічна науково-методична праця фахівців кафедри, яка була заснована більше ніж 20 років, де під керівництвом Товбича В.В. була розпочата

цілеспрямована робота по розв'язанню проблем, що з'являються в архітектурній діяльності і які постійно вимагають залучення знань з різних наукових галузей, особливо тих, що пов'язані зі системно-синергетичними методами і комп'ютерними технологіями. Автором статті та його однодумцями стало зрозуміло, що швидкість та непередбачуваність процесів актуалізують перед архітектурною наукою завдання, які не можливо розв'язати за допомогою традиційних методів, а потребує нових підходів зі застосуванням комп'ютерних технологій для з'ясування процесів і явищ, що відбуваються в архітектурній діяльності, як такої.

Обраний напрямок «Моделювання та прогнозування процесів і явищ в архітектурі» руйнував встановлені бар'єри вузької спеціалізації, традиційних підходів архітектурної науки та освіти. Для того, щоб рухатись уперед, треба бути «в тренді» сучасних методів комп'ютерного проєктування, оновлювати та вдосконалювати методологічні засади, залучати механізми й інструментарій з інших дисциплін і наукових напрямків, адаптувати їх до архітектурних проблем і завдань. «Більшість досліджень, які проводяться науковцями кафедри, пов'язані зі створенням моделей складних проблем і з залученням методик і інструментарію з різних галузей. Такі дослідження потребують обґрунтування нової термінології, створення наукової «мови», нетрадиційних точок зору, розширення професійних інтересів за межі архітектури, постійного моніторингу процесів, що відбуваються в архітектурній теорії і практиці, формуванні гіпотез та ін.» [6, с. 126].

Автором статті, Товбичем В.В., було проведене багаторічне дослідження процесів і явищ, що відбуваються в архітектурній діяльності, що дало йому змогу розробити методику і побудувати її структурно-логічну модель. Результатом цієї праці стала дисертаційна робота [7], метою якої було обґрунтування та розробка нового напрямку архітектурно-теоретичних досліджень - методологічних основ архітектурної діяльності, як цілісної системи здатної розвиватися, видозмінюватися, самоорганізовуватися та цілеспрямовано управлятися [6].

В цій роботі були виявлені основні принципи архітектурної діяльності і розроблена стимуляційна модель її формування і розвитку. В основі її лежить підтверджена гіпотеза про системний зв'язок та взаємопов'язаність чотирьох складових архітектурної діяльності, а саме: проєктування та реалізації проєкту; координації дій учасників проєкту; науково-дослідної діяльності учасників проєкту; професійної освіти. Це дослідження згодом було підкріплено і розвинене в багатьох наукових роботах учнів і колег Товбича В.В.

В рамках вибору теми та обґрунтування дослідження штучного інтелекту в архітектурі були враховані здобутки наукових робіт попередників –

співробітників та аспірантів кафедри, які фрагментарно наближались і інформаційно наповнювали «простір» ІІІ. [8-17].

Список літератури:

1. Ніл Л. Архітектура в добу штучного інтелекту: Вступ до ІІІ для архітекторів. Київ: ArtHuss, 2024. 320 с.
2. Марко Я., Карім Л. Конкуренція за доби штучного інтелекту. Київ: BookChef, 2021. 304 с.
3. Мустафа С. Наступна хвиля: технології, влада і найбільша дилема ХХІ століття. Лондон : Penguin Random House Audio Publishing Group, 2023.
4. Київська К., Цюцюра С., Кулеба М. Аналіз застосування штучного інтелекту в BIM-технологіях. *Управління розвитком складних систем*. 2020. Т.43. С. 97–103. URL: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2020.43.97-103>.
5. Київська К. МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В БУДІВЕЛЬНІЙ ГАЛУЗІ. InterConf. 2021. №93. С.531-536. DOI: <https://doi.org/10.51582/interconf.21-22.12.2021.056>
6. Товбич В.В., Яблонська Г.Д. Інформаційні процеси в архітектурній науково педагогічній діяльності. Формування наукової школи. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*. Київ: КНУБА, 2024. Вип. 70. С.124-135. DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2024.70.124-135>
7. Товбич В. В. Методологічні основи формування і розвитку архітектурної діяльності. Дис ... д-ра архітектури: 18.00.01, КНУБА. Київ, 2014. 390 с.
8. Літошенко Г. В. Стандартизація і оцінка комфортності житла. Дис... канд. архітектури: 18.00.01, КНУБА. Київ, 2004.200 с.
9. Лисенька Ю.В. Методика формування і оцінки функціонально-планувальної організації готельних комплексів на ранніх стадіях проектування. Дис ... канд. архітектури: 18.00.01, КНУБА. Київ, 2007. 197 с
10. Козак Н.Ф. Система прийняття рішень при формуванні колористики предметно-просторового середовища. Дис. ... канд. техн. наук: 05.01.03, КНУБА. Київ. 2015. 230 с.
11. Стецюк І.І. Соціокультурні принципи гармонійної трансформації міського середовища. Автореф. дис ... канд. архітектури : 18.00.01, КНУБА. Київ, 2016. 20 с.
12. В'язовська А. В. Методичні засади планувальної організації водно-зелених територій міста. Автореф. дис. ... канд. архітектури: 18.00.04, КНУБА. Київ. 2021. 25 с.
13. Ватаманюк Наталія Принципи трансформації внутрішньо кварталних просторів історичних міст (на прикладі міста Чернівці). Дис...д-ра філософії КНУБА. Київ. 2022. 227 с.
14. Герич К.І. Принципи формування архітектури інноваційних центрів зайнятості населення. Дис...д-ра філософії. 191;19, КНУБА.Київ, 2022. 221 с.

15. Лещенко Н. А. Методологічні основи реставраційно-реконструктивних трансформацій історичних центрів малих міст. Автореф. дис. ... д-ра архітектури: 18.00.01, КНУБА.Київ, 2020. 47 с.
16. Марковський А. І. Генезис архітектури Києва першої половини XX століття у світовому контексті: автореф.дис....д-ра арх.: 18.00.01, КНУБА . Київ. 2021. 40 с.
17. Ковальчук К.К. Еволюція функціонально-просторової організації масових типів будівель громадського призначення. автореф. дис... канд. наук: 18.00.02, КНУБА. Київ, 2015. 21 с.
18. Товбич В.В. Інтерактивне графічне моделювання архітектурного середовища з урахуванням його візуального сприйняття. Автореф. дис ... канд.технічних наук: 05.01.01, КІБІ. Київ, 1987. 18с.

References

1. Leach, N. (2024). Architecture in the Age of Artificial Intelligence. An introduction to AI for architects. Kyiv: ArtHuss, 320 p. (in Ukrainian)
2. Iansiti, M., & Lakhani, K. (2021). Competing in the Age of AI. Kyiv: BookChef, 304 p. (in Ukrainian)
3. Suleyman, M. (2023). The Coming Wave: Technology, Power and the Twenty-First Century's Greatest Dilemma. (in English)
4. Kyivska, K.I., Tsyutsyura, S.V., & Kuleba, M.B. (2020). Analiz zastosuvannya shtuchnoho intelektu v BIM-tekhnologiiakh. Upravlinnia rozvytkom skladnykh system. [Analysis of application of artificial intelligence in BIM-technology. Management of Development of Complex Systems]. Vol. 43. P. 97–103. URL: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2020.43.97-103> (in Ukrainian)
5. Kyivska, K. (2021). Modeli ta metody shtuchnoho intelektu v budivelnii haluzi. [Models and methods of artificial intelligence in the construction industry] InterConf (93), 531-536. <https://doi.org/10.51582/interconf.21-22.12.2021.056> (in Ukrainian)
6. Tovbych, V., & Yablonska, H. (2024). Information processes in architectural and pedagogical activities. Formation of a scientific school. Current Problems of Architecture and Urban Planning, (70), 124–135. <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2024.70.124-135> (in Ukrainian)
7. Tovbych, V. V. (2014). Metodolohichni osnovy formuvannia i rozvytku arkhitekturoi diialnosti. [Methodological foundations of the formation and development of architectural activity]. Dys d-ra arkhitektury: 18.00.01, KNUCA. Kyiv. P.390 (in Ukrainian)
8. Litoshenko, H. V. (2004). Standartyzatsiia i otsinka komfortnosti zhytla. [Standardization and assessment of housing comfort]. Dys.... kand. arkhitektury: 18.00.01, KNUCA. Kyiv. P.200. (in Ukrainian)

9. Lysenka, Yu. V. (2007). *Metodyka formuvannia i otsinky funktsionalno-planuvalnoi orhanizatsii hotelnykh kompleksiv na rannikh stadiiakh proektuvannia*. [The method of forming and evaluating the functional and planning organization of hotel complexes in the early stages of design]. *Dys.... kand. arkhitektury: 18.00.01, KNUCA. Kyiv. P.197.* (in Ukrainian)
10. Kozak, N. F. (2015). *Systema pryiniattia rishen pry formuvanni kolorystyky predmetno-prostorovoho seredovyscha*. [The system of decision-making in the formation of coloristics of the subject-spatial environment]. *Dys.... kand. tekhn. nauk: 05.01.03, KNUBA. Kyiv. P.230.* (in Ukrainian)
11. Stetsiuk, I. I. (2016). *Sotsiokulturni pryntsyipy harmoniinoi transformatsii miskoho seredovyscha*. [Sociocultural principles of harmonious transformation of the urban environment]. *Avtoref. dys.... kand. arkhitektury: 18.00.01, KNUCA. Kyiv. P.20.* (in Ukrainian)
12. Viazovska, A. V. (2021). *Metodychni zasady planuvalnoi orhanizatsii vodno-zelenykh terytorii mista: avtoref*. [Methodical principles of the planning organization of water and green areas of the city]. *Dys....kand. arkhitektury:18.00.04, KNUCA. Kyiv. P.25.* (in Ukrainian)
13. Vatamaniuk, N. Yu. (2022). *Pryntsyipy transformatsii vnutrishno kvartalnykh prostoriv istorychnykh mist (na prykladi mista Chernivtsi)*. [Principles of transformation of inner quarter spaces of historical cities (on the example of the city of Chernivtsi)]. *Dys....d-ra filosofii:191;19. KNUCA. Kyiv. P. 227.* (in Ukrainian)
14. Herych, K. I. (2022). *Pryntsyipy formuvannia arkhitektury innovatsiinykh tsentriv zainiatosti naselennia*. [Principles of forming the architecture of innovative employment centers of the population]. *Dys....d-ra filosofii:191;19. KNUCA. Kyiv. P.221.* (in Ukrainian)
15. Leshchenko, N. A. (2021). *Metodolohichni osnovy restavratsiino-rekonstruktyvnykh transformatsii istorychnykh tsentriv malykh mist*. [Methodological foundations of restoration of reconstructive transformations of historical centers of small towns]. *Avtoref. dys. ... d-ra arkhitektury: 18.00.01, KNUCA. Kyiv. P.47.* (in Ukrainian)
16. Markovskiy, A. I. (2021). *Henezys arkhitektury Kyieva pershoi polovyny XXh stolittia u svitovomu konteksti*. [The genesis of Kyiv architecture of the first half of the 20th century in the world context]. *Avtoref. dys...d-ra arkhitektury:18.00.01, KNUCA. Kyiv. P.40.* (in Ukrainian)
17. Kovalchuk, K. K. (2015). *Evoliutsiia funktsionalno-prostorovoi orhanizatsii masovykh typiv budivel hromadskoho pryznachennia*. [Evolution of the functional-spatial organization of mass types of public buildings]. *Avtoref. dys....kand. arkhitektury: 18.00.02, KNUCA. Kyiv. P.21.* (in Ukrainian)
18. Tovbuch, V.V. (1987). *Interaktyvne hrafichne modeliuvannia arkhitekturnoho seredovyscha z urakhuvanniam yoho vizualnogo spryiniattia*. [Interactive graphic modeling

of the architectural environment taking into account its visual perception.] Avtoref. dys....kand.technical sciences: 05.01.01, KIBI. Kyiv, P.18. (in Ukrainian)

Abstract

Volodymyr Obukhov, Bachelor of Architecture, Graduate student of the Department of Information Technologies in Architecture, Kyiv National University of Construction and Architecture.

Valerii Tovbych, Doctor of Architecture, Professor of the Department of Information Technologies in Architecture, Kyiv National University of Construction and Architecture.

Modelling of architectural design processes by means of artificial intelligence technologies

The article is devoted to studying the possibilities of applying artificial intelligence (AI) technologies in architectural design, in the context of transforming classical approaches to creating architectural objects. Based on the author's approach, 13 hypotheses were formulated and structured, covering various levels of AI use in design practice — from fundamental social aspects to specific applied cases directly related to step-by-step architectural development. The material is based on a combination of theoretical analysis of scientific literature and practical observations of case studies from international architectural firms and Ukrainian practices. A comparative testing of the effectiveness of design processes with and without AI was conducted, taking into account the speed of decision-making, variant generation, accuracy, adaptability, and resource optimization.

Particular attention is given to generative design methods, parametric modeling, predictive-analytical mechanisms, and digital control over documentation development. The potential of AI integration at every stage of the architectural process — from pre-design analysis to implementation — is examined. As a result, the degree of readiness of modern AI technologies for real integration into architectural workflows has been determined, considering the human factor, the level of automation, and the specifics of architectural practice. The culmination of the research is the development of the AI ABM (Artificial Intelligence Adaptive Building Modeling) system — a comprehensive modeling framework aimed at supporting adaptive, multifunctional architecture. The model is currently at the final stage of verification and is being prepared for implementation within the master's thesis.

Keywords: artificial intelligence; architectural design; adaptability; generative design; digital modeling; automation; hypotheses; algorithmic systems.