

УДК 72.01

DOI <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2025.37.4>

БІОМОРФНА ТА ПАРАМЕТРИЧНА АРХІТЕКТУРА ТІНЬОВИХ НАВІСІВ

Гелла Олена Іванівна¹, Діденко Катерина Володимирівна²,
Снітко Ірина Анатоліївна³, Махонько Світлана Олександрівна⁴,
Плотнікова Наталя Володимирівна⁵

¹ кандидат архітектури, доцент, доцент кафедри основ архітектурного проектування, Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, Харків, Україна, e-mail: Olena.Hella@kname.edu.ua, orcid: 0000-0001-5659-6411

² кандидат архітектури, доцент, доцент кафедри основ архітектурного проектування, Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, Харків, Україна, e-mail: yekaterina.didenko@gmail.com, orcid: 0000-0003-2567-686X

³ кандидат архітектури, доцент, доцент кафедри реконструкції, реставрації архітектурних об'єктів, Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, Харків, Україна, e-mail: Iryna.Snitko@kname.edu.ua, orcid: 0000-0002-8473-3353

⁴ кандидат філологічних наук, доцент, доцент кафедри іноземних мов та перекладу, Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, Харків, Україна, e-mail: Svitlana.Makhonko@kname.edu.ua, orcid: 0009-0008-6657-7255

⁵ кандидат філологічних наук, доцент, доцент кафедри іноземних мов та перекладу, Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, Харків, Україна, e-mail: Natalia.Plotnikova@kname.edu.ua

Анотація. У статті досліджується поєднання біоморфної та параметричної архітектури на прикладі тіньових навісів у публічному просторі. Аналізуються ролі природних форм і алгоритмічних методів у створенні адаптивних, екологічно ефективних малих архітектурних форм.

Метою є з'ясування ролі поєднання природних аналогів з алгоритмічними інструментами у створенні адаптивних, екологічно ефективних малих архітектурних форм.

Методологія. У дослідженні застосовано міждисциплінарний підхід, що поєднує аналіз теоретичних праць із сучасної архітектурної практики, огляд прикладів реалізованих об'єктів та порівняльний аналіз формотворчих принципів. Особливу увагу приділено технікам цифрового моделювання, біоінспірованим джерелам форм та адаптивним технологіям виробництва.

Результати. Установлено, що біоморфна архітектура формує естетичний та асоціативний складники тіньових навісів, тоді як параметричне моделювання забезпечує їх адаптивність, оптимізацію та контекстуальну відповідність. Проаналізовані об'єкти демонструють можливість ефективного поєднання цих підходів у створенні складних, але функціональних структур. Виявлено тенденцію до синтезу природної морфології, алгоритмічного формотворення та цифрової фабрикації у публічному просторі.

Наукова новизна. Запропоновано типологізацію взаємодії біоморфних і параметричних стратегій у дизайні тіньових навісів. Уперше здійснено порівняльний аналіз реалізованих об'єктів, що репрезентують нову якість адаптивного середовища.

Практична значущість. Результати можуть бути використані під час проектування малих форм, що враховують кліматичні умови та потреби користувачів. Показано потенціал для інтеграції інтелектуальних матеріалів, автоматизованих систем і екологічно орієнтованих рішень.

Ключові слова: біоморфна архітектура, параметричне моделювання, формоутворення, тіньові навіси, сонцезахисні павільйони, адаптивне проектування, малі архітектурні форми, природна морфологія, цифрове моделювання і виготовлення, інтелектуальні матеріали.

ВСТУП

У сучасній архітектурі зростає потреба у створенні адаптивних, екологічно ефективних і візуально виразних рішень, які б відповідали на виклики кліматичних змін, урбаністичної щільності та пошуку комфортного середовища в містах. Особливо це стосується малих архітектурних форм, зокрема тінювих навісів, які відіграють не лише утилітарну роль, а й формують соціально значущі простори взаємодії, відпочинку та культурної репрезентації.

Актуальності набувають підходи, що поєднують природо-орієнтоване формотворення із цифровими інструментами моделювання. Біоморфна архітектура сприяє гармонізації архітектури з навколишнім середовищем. Параметричне проєктування забезпечує гнучке реагування на контекст за допомогою алгоритмічних сценаріїв і моделювання складних форм з урахуванням кліматичних, функціональних та інженерних параметрів.

Доцільно систематизувати знання про потенціал і обмеження цих підходів у проєктуванні тінювих навісів, що виступають інструментом кліматичної адаптації в умовах зростаючого теплового навантаження на міське середовище. Актуальним є також аналіз реалізацій, що демонструють інтеграцію біоміметики, параметричного моделювання та цифрових технологій виробництва у створенні стійких і функціонально гнучких малих архітектурних форм.

Таким чином, дослідження є частиною ширшого наукового завдання – формування методологічної основи для екологічно орієнтованого архітектурного проєктування, що враховує не лише естетичні чи інженерні параметри, а й поведінкові, кліматичні та соціальні аспекти використання публічного простору.

АНАЛІЗ ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Історичний розвиток параметричної архітектури від ранніх експериментів до сучасних адаптивних цифрових систем простежено в огляді Д. Девіса [8]. Теоретичні основи формотворення на базі змінних параметрів і цифрових алгоритмів викладено у роботі Б. Коларевича та співавторів [2]. Концепцію параметризму як нового стилю й методології з акцентом на взаємозв'язок архітектури, технологій і соціального контексту розвинув П. Шумахер [19]. Біоміметичний підхід, заснований на принципах природної самоорганізації, досліджує Х. Лалвані [14], який розглядає архітектуру як систему, що «проєктує себе». Теоретичні аспекти параметричної

архітектури та її моделювання висвітлено також у працях українських дослідників [1], де описано інструменти параметризації та особливості формотворення.

Експериментальні проєкти слугують лабораторіями для вивчення біоморфної геометрії та цифрового виробництва, поєднуючи біоінспіровані форми, параметричне моделювання і роботизовані технології, що демонструють можливості складних адаптивних структур [3; 9–13; 16; 18].

Сучасні дослідження відображено в журналах *Sustainability* і *Buildings*, де аналізують біоміметичні навіси [21], параметричну оптимізацію тінювих конструкцій [6; 20] та ефективність вільноформних оболонки [21]. Усі праці підкреслюють актуальність інтеграції цифрових інструментів, кліматичних симуляцій і біоморфної логіки у створенні екологічних архітектурних рішень.

Зростаючий інтерес до інноваційного формотворення підкреслює важливість поєднання біоміметики, параметричного моделювання та цифрового виробництва у створенні адаптивних і естетичних тінювих навісів.

МЕТА

Метою статті є з'ясування потенціалу поєднання біоморфної та параметричної архітектури у проєктуванні тінювих навісів як адаптивних, екологічно ефективних та естетично виразних елементів публічного простору.

Досягнення цієї мети передбачає: (1) систематизацію ключових теоретичних підходів до біоморфного та параметричного формотворення; (2) порівняльний аналіз їх методологічних засад та принципів формотворення; (3) вивчення реалізованих архітектурних кейсів тінювих павільйонів; (4) виявлення типології взаємодії біоінспірованих стратегій та параметричного моделювання тінювих навісів; (5) визначення перспективи використання цих підходів у створенні кліматично адаптивних архітектурних рішень.

Очікуваний результат – створення концептуальної основи для подальших досліджень у сфері архітектурного формотворення, цифрової архітектури та інженерної оптимізації тінювих навісів у контексті змінних кліматичних умов.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Біоморфна та параметрична архітектура – два ключові підходи, що формують сучасну мову проєктування малих архітектурних форм, зокрема тінювих навісів. Їх поєднання дає змогу створювати інноваційні, адаптивні та екологічно ефективні рішення,

які враховують кліматичний контекст, технологічні можливості та естетичні запити публічного простору.

Біоморфна архітектура наслідує форми, структури і процеси живої природи, прагне гармонізувати об'єкт із довкіллям. Їй притаманні пластичність, асиметрія, нелінійність і тектонічна інтеграція в ландшафт. Натхненням слугують не лише природні форми, а й біологічні процеси зростання, адаптації, регенерації [3; 14]. У дизайні тіньових конструкцій це проявляється в образах, що нагадують листя, панцири, корали або мікроструктури рослин, поєднуючи естетику з функцією захисту від сонця [6; 21].

Параметрична архітектура формує структури на основі алгоритмів, що дають змогу враховувати численні змінні – від положення сонця до поведінкових сценаріїв користувачів; забезпечує гнучке налаштування форми під контекст, дає змогу оптимізувати розподіл тіні, матеріальне споживання та енергетичну ефективність [2; 19]. Завдяки цифровим платформам та симуляційним інструментам параметричне проектування забезпечує високий ступінь адаптивності до кліматичних умов, що особливо цінне у створенні навісів [17].

Для систематизації ознак обох підходів і виявлення точок перетину наведено порівняльну таблицю (табл. 1), яка відображає специфіку формотворення в біоморфній та параметричній архітектурі.

Ця систематизація свідчить, що біоморфна архітектура переважно формує візуальну метафору, тоді як параметрична виступає засобом інженерної адаптації та технологічної реалізації. Їх поєднання дає змогу створити емоційно насичені, конструктивно ефективні та екологічно обґрунтовані архітектурні рішення. Сьогодні такі підходи дедалі активніше інтегруються в дизайн публічних просторів, виводячи малі архітектурні форми на новий рівень складності.

Практичне втілення цих принципів ілюструють такі кейси:

Metropol Parasol (Севілья, Іспанія, арх. Юрген Маєр) (2004–2011) [7] є прикладом біоморфної пластики у великому масштабі: її форма навіює образ гігантських грибів. Споруда виконує утилітарну функцію навісу, створюючи тінь і забезпечуючи простір для відпочинку, соціальних подій та функціональний мультипростір із ринковою зоною, музеєм та оглядовою терасою. Складна гратчаста структура з клеєної деревини стала можливою завдяки параметричному моделюванню [2; 8].

ICD/ITKE Research Pavilion (Університет Штутгарта, Німеччина) [12] – серія експериментальних павільйонів, розроблених Інститутом обчислювального дизайну (ICD) та Інститутом структурного проектування (ITKE). Вони поєднують біоморфні принципи, натхненні природними структурами (екзоскелети комах, павутиння, волокна деревини), із параметричним моделюванням і роботизованим виробництвом. За допомогою цифрових алгоритмів форми павільйонів оптимізуються з урахуванням матеріальної ефективності, конструктивної міцності та адаптації до навантажень. Використання композитних матеріалів дає змогу створювати легкі, але міцні структури складної геометрії. Ці проекти слугують не лише архітектурними експериментами, а й демонструють практичний потенціал інтеграції природних закономірностей та цифрових технологій у створенні малих архітектурних форм, що відповідають сучасним екологічним і технологічним вимогам [3; 9–13; 16; 18].

BUGA Wood Pavilion (2019) [18] є прикладом інтеграції біоморфної архітектури та параметричного дизайну із цифровим виробництвом. Натхненна формою морського їжака, конструкція поєднує органічну геометрію з точністю CNC-фрезерованих дерев'яних панелей, створених на основі

Таблиця 1

Біоморфне та параметричне формотворення тіньових навісів

Критерій порівняння	Біоморфна архітектура	Параметрична архітектура
Джерело форми	Природні об'єкти, біологічні аналоги, біоміметрика	Алгоритми, зовнішні параметри, функціональні змінні
Формотворення	Морфологічна інтерпретація природних структур, візуальна метафора	Генерація форми на основі цифрових сценаріїв, варіативність
Мета	Естетична органічність, емоційна виразність, біофільність	Функціональна адаптація, ефективність, оптимізація середовища
Інструменти	Аналогове або цифрове моделювання з орієнтацією на природні форми	Параметричні платформи цифрового моделювання та симуляції
Матеріалізація	Залежна від складності форм, реалізується за допомогою новітніх технологій	Орієнтована на цифрове виробництво: CNC, 3D-друк, роботизоване складання
Типові образи	Органічні, асоціативні, природоподібні структури	Геометрично складні, адаптивні, алгоритмічно керовані оболонки

параметричних моделей. Це забезпечило одночасно легкість, міцність і матеріальну оптимізацію. Павільйон виконує функцію тінювого навісу, демонструючи синтез екологічності, інноваційних технологій та естетики, що підтверджує потенціал поєднання природних зразків із цифровим дизайном для створення адаптивних і ефективних малих архітектурних форм [18].

LivMatS Pavilion (2021) [13; 16] – біоморфна конструкція, натхненна сітчастими деревними структурами кактусів сагуаро та опунції, легка і міцна. У проєкті поєднано екологічність матеріалів, біологічну концепцію та цифрову інженерію, що реалізована через параметричне моделювання й роботизоване виробництво. *LivMatS Pavilion* ілюструє сучасний підхід до стійкої архітектури, яка інтегрує природні процеси в конструктивні рішення [13; 16].

HygroShell (2023) – інноваційний тінювий павільйон, що демонструє синтез біоморфної естетики та параметричних алгоритмів на основі використання гігроскопічних матеріалів. Його конструкція сформована з тонких панелей, які розкриваються або звужуються залежно від рівня вологості повітря, забезпечуючи динамічну тінюву адаптацію без застосування механічних приводів або електронних систем [9]. Принципи природної адаптації переосмислюються завдяки поєднанню біоінспірованих стратегій та цифрового моделювання. Параметричні інструменти забезпечують точне прогнозування поведінки матеріалів у реальному часі, що дає змогу не лише підвищити кліматичну ефективність, а й сформувану пластичну, органічну архітектурну форму, здатну взаємодіяти із середовищем.

ITECH-Forschungspavillon (2024) [11] – експериментальна тінюва конструкція, що поєднує біоморфне натхнення та параметричну логіку. Павільйон має гібридну систему: просторові панелі й волоконну сітку, яка наслідує морфологію природних оболонок – кісткових чи коміркових структур. За допомогою параметричного моделювання визначено оптимальні конфігурації перетинів, розташування й взаємодії компонентів, що забезпечує рівномірний розподіл навантажень, стабільність і органічну пластичність форми [11].

Формоутворення павільйону водночас асоціюється з природною логікою росту та адаптації, що характерно для біоморфного підходу, і демонструє алгоритмічну складність, притаманну параметричній архітектурі. Це дає змогу створити не просто навіс,

а просторову структуру, що візуально інтегрується з навколишнім середовищем, виконує кліматичну функцію захисту та втілює інноваційні архітектурно-інженерні стратегії.

SOMBRA Pavilion (MVRDV, Венеція, 2025) [5; 15] – це експериментальна тінюва структура, натхненна природними процесами пасивної адаптації. Павільйон складається з шести аркових рам, на які кріпляться перфоровані панелі, що автоматично обертаються залежно від положення сонця. Механізм не потребує електроніки або механічних приводів: його функціонування забезпечується фізичними властивостями матеріалів подібно до біологічних систем. Поєднуючи біоморфну морфологію з параметричним проєктуванням, *SOMBRA* демонструє можливість створення тінювих навісів, які функціонують як частина природного середовища, забезпечуючи комфорт без енергетичних втрат. Павільйон є прикладом кліматично чутливої архітектури, що поєднує естетику й екологічну ефективність [5; 15].

Поєднання біоміметики, цифрових технологій і параметричного моделювання відкриває нові горизонти у створенні адаптивних, естетично виразних та екологічно орієнтованих архітектурних рішень. Біоморфна логіка задає образність, органічну пластичність і емоційне сприйняття форми, а параметричні інструменти забезпечують її технічну реалізацію, адаптацію до кліматичного та просторового контексту, оптимізацію ресурсів і матеріалів.

Тінюві павільйони, розглянуті в дослідженні, вже не обмежуються функцією захисту від сонця – вони перетворюються на складні архітектурні артефакти, які поєднують природну метафору з алгоритмічною точністю. Такі об'єкти виступають експериментальними платформами для апробації нових матеріалів, цифрових методів проєктування, роботизованого монтажу, способів досягнення кліматичної адаптивності без застосування енергозатратних систем.

Аналіз об'єктів, зокрема *BUGA Wood Pavilion*, *HygroShell*, *SOMBRA* чи *ITECH-Forschungspavillon*, доводить, що біоморфна та параметрична архітектура не є альтернативними, а, навпаки, синергійними підходами. Їх поєднання формує складну взаємодію між візуальною метафорою та алгоритмічною оптимізацією, де естетика органічних форм поєднується з високоточними цифровими інструментами, що дає змогу реалізовувати складні оболонки навіть у малих архітектурних формах. Типологію таких взаємодій наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Типологія взаємодії біоморфних і параметричних стратегій у дизайні тіньових навісів

Тип взаємодії	Опис	Характерні ознаки / приклади
Біоестетичний із параметричною підтримкою	Біоморфна форма є провідною; параметричні інструменти застосовуються для аналізу структури або кліматичної ефективності	Форми, що імітують природні об'єкти, оптимізовані для сонцезахисту або аерації (<i>Metropol Parasol, BUGA Wood Pavilion, LivMatS Pavilion</i>)
Параметричний каркас із біоінспірованою логікою	Параметричне генерування форми з використанням біологічних принципів організації або росту	Структури, згенеровані на основі алгоритмів L-system, swarm intelligence або фрактальної морфогенетики (<i>ICD/ITKE Research Pavilion, ITECH-Forschungspavillon</i>)
Інтегрований біо-параметризм	Комплексна інтеграція біоморфного об'єкту та параметричних сценаріїв функціональної адаптації	Адаптивна біоінспірована морфологія, що змінює конфігурацію залежно від сонячного руху, температури та вітру (<i>HygroShell, SOMBRA Pavilion</i>)

ВИСНОВКИ

Поєднання біоморфної та параметричної архітектури відкриває нові можливості для створення адаптивних, функціональних і естетично насичених малих архітектурних форм. Біоморфна логіка формує природну виразність та емоційну образність об'єктів, тоді як параметричні інструменти забезпечують оптимізацію конструктивних і кліматичних характеристик, сприяючи екологічній ефективності.

Аналіз кейсів демонструє потенціал синтезу біоінспірованих форм та цифрових технологій. Тіньові павільйони виступають не лише як функціональні об'єкти, а й як інтерактивні архітектурні артефакти, що трансформують публічний простір. Поєднання біоморфної естетики із цифровими технологіями сприяє формуванню адаптивних, енергоефективних та емоційно виразних архітектурних форм у сталому міському середовищі.

Подальші дослідження доцільно зосередити на розвитку концептуальних засад біоінспірованого проектування тіньових навісів у контексті цифрової трансформації міського середовища.

ЛІТЕРАТУРА

[1] Благовестова О., Печерцев О. Характерні риси параметричної архітектури та особливості її моделювання. *Науковий вісник будівництва*. 2021. Т. 104. № 2. С. 14–20. URL: <https://svc.kname.edu.ua/index.php/svc/article/view/67> (дата звернення: 06.07.2025).

[2] Architecture in the digital age / ed. by V. Kolarevic. Taylor & Francis, 2004. URL: <https://doi.org/10.4324/9780203634561> (date of access: 29.06.2025).

[3] Baldwin E. Building the future: the university of Stuttgart's stunning research pavilions – architect journal. *Architizer*. URL: <https://architizer.com/blog/inspiration/collections/building-the-future-icd-pavilions/> (date of access: 29.06.2025).

[4] Benjamin D. The intersection of design, culture and technology: exploring new frontiers in computing and the built environment. *Autodesk News*. URL: <https://adsknews.autodesk.com/en/news/>

the-intersection-of-design-culture-and-technology-exploring-new-frontiers-in-computing-and-the-built-environment/?us_oa=dotcom-us&us_si=c67e2dca-89e0-426f-aa79-303dae2e17a7&us_st=Urban%20Shade (date of access: 29.06.2025).

[5] Caballero P. SOMBRA Pavilion / MVRDV. *ArchDaily*. URL: <https://www.archdaily.com/1029913/sombra-pavilion-mvrdv> (date of access: 29.06.2025).

[6] Chi, D.A., González M.E., Valdivia, R., & Gutiérrez J.E. Parametric design and comfort optimization of dynamic shading structures. *Sustainability*. 2021. Vol. 13, no. 14. 7670. URL: <https://doi.org/10.3390/su13147670> (date of access: 29.06.2025).

[7] Cilento K. Metropol parasol / J. mayer H + arup. *ArchDaily*. URL: https://www.archdaily.com/201961/metropol-parasol-j-mayer-h-arup?utm_source=chatgpt.com (date of access: 29.06.2025).

[8] Davis D. A history of parametric. *Daniel Davis*. URL: <https://www.danieldavis.com/a-history-of-parametric/> (date of access: 07.07.2025).

[9] HygroShell ITECH-Forschungspavillon, Chicago Architecture Biennial 2023 | Institut für Tragkonstruktionen und konstruktives Entwerfen | Universität Stuttgart. *Institute of Building Structures and Structural Design | University of Stuttgart*. URL: <https://www.itke.uni-stuttgart.de/de/forschung/icd-itke-forschungspavillons/hygroshell-itech-forschungspavillon-2023/> (date of access: 06.07.2025).

[10] ICD/ITKE-Forschungspavillons | Institut für Tragkonstruktionen und konstruktives Entwerfen | Universität Stuttgart. *Institute of Building Structures and Structural Design | University of Stuttgart*. URL: <https://www.itke.uni-stuttgart.de/de/forschung/icd-itke-forschungspavillons/> (date of access: 02.07.2025).

[11] ITECH-Forschungspavillon 2024 | Institut für Tragkonstruktionen und konstruktives Entwerfen | Universität Stuttgart. *Institute of Building Structures and Structural Design | University of Stuttgart*. URL: <https://www.itke.uni-stuttgart.de/de/forschung/icd-itke-forschungspavillons/itech-forschungspavillon-2024/> (date of access: 06.07.2025).

[12] Knippers J., Menges A. ICD/ITKE research pavilion 2012 | institute for computational design and construction | university of stuttgart. *Institute for Computational Design and Construction | University of Stuttgart*. URL: <https://www.icd.uni-stuttgart.de/projects/icditke-research-pavilion-2012/> (date of access: 29.06.2025).

[13] Menges A., Knippers J. LivMatS pavilion 2020–21 | institute of building structures and structural design | university of stuttgart. *Institute of Building*

Structures and Structural Design | University of Stuttgart. URL: <https://www.itke.uni-stuttgart.de/research/icd-itke-research-pavilions/livMatS-pavilion-2020-21/> (date of access: 29.06.2025).

[14] Mortice Z. Haresh Lalvani on biomimicry and architecture that designs itself. *Access Denied*. URL: <https://www.autodesk.com/design-make/articles/haresh-lalvani> (date of access: 02.07.2025).

[15] MVRDV's SOMBRA pavilion showcases dynamic shading at venice time space existence exhibition. *PA | Architecture & Technology*. URL: https://parametric-architecture.com/mvrdvs-sombra-pavilion-venice/?utm_source=chatgpt.com (date of access: 29.06.2025).

[16] Ranjit J. LivMatS pavilion by ICD/ITKE university of stuttgart. *PA | Architecture & Technology*. URL: <https://parametric-architecture.com/livmats-pavilion-by-icd-itke-university-of-stuttgart/> (date of access: 29.06.2025).

[17] Rosenfield K. Students of ball state construct parametric tensegrity structure for local art fair. *ArchDaily*. URL: https://www.archdaily.com/553311/students-of-ball-state-construct-parametric-tensegrity-structure-for-local-art-fair?utm_source=chatgpt.com (date of access: 29.06.2025).

[18] Say A. Buga wood pavilion by ICD/ITKE. *PA | Architecture & Technology*. URL: <https://parametric-architecture.com/buga-wood-pavilion-by-icd-itke/> (date of access: 29.06.2025).

[19] Schumacher P., 2010 (a modified/edited version of this article was published in: *AJ The Architects' Journal* Nंबर 16 Volumue 231. The london parametricist epoch: let the style wars begin. *The architects' journal*. 2010. Vol. 16, no. 231. URL: <https://patrikschumacher.com/the-parametricist-epoch-let-the-style-wars-begin/>.

[20] Stefańska A., Rokicki W. Architectural design optimisation in reticulated free-form canopies. *Buildings*. 2022. Vol. 12, no. 8. P. 1068. URL: <https://doi.org/10.3390/buildings12081068> (date of access: 29.06.2025).

[21] Urban microclimate canopy: design, manufacture, installation, and growth simulation of a living architecture prototype / Q. Shu et al. *Sustainability*. 2020. Vol. 12, no. 15. P. 6004. URL: <https://doi.org/10.3390/su12156004> (date of access: 29.06.2025).

REFERENCES

[1] Blahovestova, O., & Pechertsev, O. (2021). Kharakterni rysy parametrychnoi arkhitektury ta osoblyvosti yii modeliuвання [Characteristic properties of parametric architecture and features of its modeling]. *Scientific bulletin of construction*, 104(2), 14–20. Retrieved from: <https://svc.kname.edu.ua/index.php/svc/article/view/67> [in Ukrainian].

[2] Kolarevic, B. (Ed.). (2004). *Architecture in the digital age*. Taylor & Francis. <https://doi.org/10.4324/9780203634561> [in English].

[3] Baldwin, E. (n.d.). *Building the future: The university of stuttgart's stunning research pavilions - Architizer journal*. Architizer. Retrieved from: <https://architizer.com/blog/inspiration/collections/building-the-future-icd-pavilions/> [in English].

[4] Benjamin, D. (2014, June 24). *The intersection of design, culture and technology: Exploring new frontiers in computing and the built environment*. Autodesk News. Retrieved from: https://adsknews.autodesk.com/en/news/the-intersection-of-design-culture-and-technology-exploring-new-frontiers-in-computing-and-the-built-environment/?us_oa=dotcom-us&us_si=c67e2dca

89e0-426f-aa79-303dae2e17a7&us_st=Urban%20Shade [in English].

[5] Caballero, P. (2025, May 9). *SOMBRA Pavilion / MVRDV*. ArchDaily. Retrieved from: <https://www.archdaily.com/1029913/sombra-pavilion-mvrdv> [in English].

[6] Chi, D.A., González, E.M., Valdivia, R., & Gutiérrez, E.J. (2021). Parametric design and comfort optimization of dynamic shading structures. *Sustainability*, 13(14), 7670. <https://doi.org/10.3390/su13147670> [in English].

[7] Cilento, K. (2012, January 24). *Metropol parasol / J. mayer H + arup*. ArchDaily. Retrieved from: https://www.archdaily.com/201961/metropol-parasol-j-mayer-h-arup?utm_source=chatgpt.com [in English].

[8] Davis, D. (2013, August 6). *A history of parametric*. Daniel Davis. Retrieved from: <https://www.danieldavis.com/a-history-of-parametric/> [in English].

[9] *HygroShell ITECH-Forschungspavillon, Chicago Architecture Biennial 2023 | Institut für Tragkonstruktionen und konstruktives Entwerfen | Universität Stuttgart*. (2023). Institute of Building Structures and Structural Design | University of Stuttgart. Retrieved from: <https://www.itke.uni-stuttgart.de/de/forschung/icd-itke-forschungspavillons/hygroshell-itech-forschungspavillon-2023/> [in English].

[10] *ITECH-Forschungspavillon 2024 | Institut für Tragkonstruktionen und konstruktives Entwerfen | Universität Stuttgart*. (2024). Institute of Building Structures and Structural Design | University of Stuttgart. Retrieved from: <https://www.itke.uni-stuttgart.de/de/forschung/icd-itke-forschungspavillons/itech--forschungspavillon-2024/> [in English].

[11] *ITECH-Forschungspavillon 2024 | Institut für Tragkonstruktionen und konstruktives Entwerfen | Universität Stuttgart*. (2024). Institute of Building Structures and Structural Design | University of Stuttgart. Retrieved from: <https://www.itke.uni-stuttgart.de/de/forschung/icd-itke-forschungspavillons/itech--forschungspavillon-2024/> [in English].

[12] Knippers, J., & Menges, A. (2012). *ICD/ITKE research pavilion 2012 | institute for computational design and construction | university of stuttgart*. Institute for Computational Design and Construction | University of Stuttgart. Retrieved from: <https://www.icd.uni-stuttgart.de/projects/icditke-research-pavilion-2012/> [in English].

[13] Menges, A., & Knippers, J. (n.d.). *LivMatS pavilion 2020-21 | institute of building structures and structural design | university of stuttgart*. Institute of Building Structures and Structural Design | University of Stuttgart. Retrieved from: <https://www.itke.uni-stuttgart.de/research/icd-itke-research-pavilions/livMatS-pavilion-2020-21/> [in English].

[14] Mortice, Z. (2017). *Haresh Lalvani on biomimicry and architecture that designs itself*. Autodesk | Design & Make. Retrieved from: <https://www.autodesk.com/design-make/articles/haresh-lalvani> [in English].

[15] *MVRDV's SOMBRA pavilion showcases dynamic shading at venice time space existence exhibition*. (2025, May 8). *PA | Architecture & Technology*. Retrieved from: https://parametric-architecture.com/mvrdvs-sombra-pavilion-venice/?utm_source=chatgpt.com [in English].

[16] Ranjit, J. (2021, September 14). *LivMatS pavilion by ICD/ITKE university of stuttgart*. *PA | Architecture & Technology*. Retrieved from: <https://parametric-architecture.com/livmats-pavilion-by-icd-itke-university-of-stuttgart/> [in English].

[17] Rosenfield, K. (2014, October 4). *Students of ball state construct parametric tensegrity structure for*

local art fair. ArchDaily. Retrieved from: https://www.archdaily.com/553311/students-of-ball-state-construct-parametric-tensegrity-structure-for-local-art-fair?utm_source=chatgpt.com [in English].

[18] Say, A. (2019, May 3). *Buga wood pavilion by ICD/ITKE*. PA | Architecture & Technology. Retrieved from: <https://parametric-architecture.com/buga-wood-pavilion-by-icd-itke/> [in English].

[19] Schumacher, P., & 2010 (a modified/edited version of this article was published in: AJ The Architects' Journal Number 16 Volumue 231. (2010). The london parametricist epoch: Let the style wars begin. *The*

Architects' Journal, 16(231). Retrieved from: <https://patrikschumacher.com/the-parametricist-epoch-let-the-style-wars-begin/> [in English].

[20] Stefańska, A., & Rokicki, W. (2022). Architectural design optimisation in reticulated free-form canopies. *Buildings*, 12(8), 1068. <https://doi.org/10.3390/buildings12081068> [in English].

[21] Shu, Q., Middleton, W., Dörstelmann, M., Santucci, D., & Ludwig, F. (2020). Urban microclimate canopy: Design, manufacture, installation, and growth simulation of a living architecture prototype. *Sustainability*, 12(15), 6004. <https://doi.org/10.3390/su12156004> [in English].

ABSTRACT

Gella O., Didenko K., Snitko I., Makhonko S., Plotnikova N. Biomorphie and parametric architecture of shade structures.

The article explores the combination of biomorphie and parametric architecture through the example of shade structures in public spaces. It analyzes the roles of natural forms and algorithmic methods in creating adaptive, environmentally efficient small architectural structures.

Purpose. The aim is to clarify the role of combining natural analogues with algorithmic tools in the creation of adaptive and environmentally efficient small architectural forms.

Methodology. The study uses an interdisciplinary approach that combines the analysis of theoretical works on contemporary architectural practice, a review of implemented projects, and a comparative analysis of form-making principles. Particular attention is paid to digital modeling techniques, bioinspired form sources, and adaptive manufacturing technologies.

Results. It was established that biomorphie architecture shapes the aesthetic and associative components of shading structures, while parametric modeling ensures their adaptability, optimization, and contextual relevance. The analyzed projects demonstrate the effective integration of these approaches to create complex yet functional structures. A trend toward the synthesis of natural morphology, algorithmic form generation, and digital fabrication in public spaces was identified.

Scientific novelty. This study proposes a typology of the interaction between biomorphie and parametric strategies in the design of shade canopies. For the first time, a comparative analysis of built examples representing a new quality of adaptive environments is presented.

Practical relevance. The findings can be applied in the design of small-scale architectural forms that respond to climatic conditions and user needs. The study highlights the potential for integrating intelligent materials, automated systems, and environmentally responsive solutions.

Keywords: biomorphie architecture, parametric modeling, form-finding, shading structures, sun-protective pavilions, adaptive design, small architectural forms, natural morphology, digital modeling and fabrication, smart materials.

AUTHOR'S NOTE:

Gella Olena, Candidate of Architecture, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Fundamentals of Architectural Design, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, Ukraine, e-mail: Olena.Hella@kname.edu.ua, orcid: 0000-0001-5659-6411.

Didenko Kateryna, Candidate of Architecture, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Fundamentals of Architectural Design, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, Ukraine, e-mail: yekaterina.didenko@gmail.com, orcid: 0000-0003-2567-686X.

Snitko Iryna, Candidate of Architecture, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Reconstruction and Restoration of Architectural Objects, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, Ukraine, e-mail: Iryna.Snitko@kname.edu.ua, orcid: 0000-0002-8473-3353.

Makhonko Svitlana, Candidate of Philological Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Foreign Languages and Translation, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, Ukraine, e-mail: Svitlana.Makhonko@kname.edu.ua, orcid: 0009-0008-6657-7255.

Plotnikova Natalia, Candidate of Philological Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Foreign Languages and Translation, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, Ukraine, e-mail: Natalia.Plotnikova@kname.edu.ua.

Стаття подана до редакції 28.07.2025 р.
Стаття прийнята до опублікування 29.08.2025 р.
Стаття опублікована 30.10.2025 р.