

DOI: 10.32347/2076-815X.2025.89.286-301

УДК 711.16

д.арх., професор **Шебек Н.М.**,

shebek.nm@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0001-6038-3945,

Майєр В.Р.,

E-mail maiier_vr@knuba.edu.ua, ORCID: 0009-0003-8260-8078,

Київського національного університету будівництва і архітектури,

ТЕХНОЛОГІЇ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРОСТОРОВИХ ОБ'ЄКТІВ

Дослідженню можливостей передових інформаційних технологій, які наразі застосовуються в містобудівному проєктуванні. Розглянуто технології геоінформаційного моделювання просторових об'єктів, а саме: роль геоінформаційних систем (ГІС) в містобудівному проєктуванні, функції ГІС як інструменту проєктанта та загальну будову баз даних ГІС, поширені файлові формати ГІС та екосистему програм ESRI для містобудівного проєктування.

Ключові слова: інформаційні технології, геоінформаційне моделювання, геоінформаційні системи, містобудівне проєктування.

Постановка проблеми.

Містобудівні об'єкти є складними системами, а містобудівне проєктування вимагає оперування значною кількістю картографічних і статистичних даних, особливо на етапі передпроєктного аналізу. Використання цифрових інтегрованих моделей містобудівних об'єктів здатні значно спростити роботу містобудівників. Такі моделі акумулюють повні та різносторонні дані про об'єкт дослідження чи розробки і надають можливості оперувати цією інформацією: фіксувати, представляти, демонструвати, перевіряти, обговорювати та аналізувати її [1]. Найпоширенішою інформаційною технологією, що забезпечує інтегровані моделі містобудівних об'єктів, є Геоінформаційна система (ГІС).

Використання ГІС-технологій в містобудівному проєктуванні практикується в усьому світі. Ця тенденція, окрім збільшення кількості проєктів, розроблених з використанням ГІС, проявляється в розвитку наявних та розробці все нових програмних засобів та в постійних зусиллях урядових установ щодо створення повних і точних цифрових моделей місцевості з обов'язковістю їх подальшого використання в проєктній діяльності. Аналогічним є стан справ і в Україні. Основними нормативно-правовими актами, що регламентують цей процес є Закон України "Про регулювання містобудівної діяльності" (ним, зокрема, передбачено створення 3-рівневої

системи містобудівного кадастру), Закон України “Про національну інфраструктуру геопросторових даних” і постанова Кабінету Міністрів України “Про містобудівний кадастр”.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Технології геоінформаційного моделювання є об’єктом наукових досліджень від моменту їх появи і до сьогодні. Загальні принципи і потенціал ГІС в містобудуванні розглянуто в статті “Urban planning and GIS” авторства A G-O YEH [2]. Роль ГІС в процесі проектування розглянуто в статті “Geographic Information Systems (GIS) in Urban Planning” авторства Sonila Sinjari, Albana Kosovrasti [3]. Можливості ГІС в якості платформи для візуалізації просторових та статистичних даних розглянуто в статті “In search of visualization challenges: The development and implementation of visualization tools for supporting dialogue in urban planning processes” Monica Billger, Liane Thuvander, Beata Stahre Wästberg [4] та проєкті “Towards an Optimal Web-based Visualization Tool for Planning” авторства Pouriya Parsanezhad [5].

Значний інтерес до ГІС спостерігається і серед українських дослідників. Проблеми вибору, застосування та інтеграції сучасних інформаційних технологій (ІТ) для моделювання міського середовища та створення цифрових двійників міських об’єктів розглянуто в статті Т.А. Гончаренко «Сучасні інформаційні технології для моделювання міського середовища та розробки цифрових двійників міських об’єктів» [6]. Інформаційні моделі міського середовища досліджено в дисертації М.С. Успенського «Моделювання міського середовища як системи в інформаційному забезпеченні архітектурного проектування» [1]. В статті «Створення муніципальної інформаційної системи міста за допомогою ГІС-технологій» розглядається ідея єдиного, доступного громадянам і організаціям, інформаційного простору міста [7].

Історії та досвіду впровадження ГІС-технологій в практику ДП «Український державний науково-дослідний інститут проектування міст «Діпромісто» імені Ю.М. Білоконя» присвячена стаття Ю.М. Білоконя «Геоінформаційні технології в містобудівному проєктуванні на сучасному етапі» [8]. Забезпеченню міського кадастру ГІС присвячено статті Ю.М. Палехи «Застосування геоінформаційних технологій у міському кадастрі» [9] та Кузьменко Г.Є., Білецького Б.О., Липського В.Т. і Хомініч В.С. «Основні напрями створення геоінформаційної системи містобудівного кадастру державного рівня як складової електронного урядування» [10]. Обґрунтування архітектури системи інтеграції геопросторових даних з різних джерел в сховищі даних ГІС містобудівного кадастру виконано в статті А. А. Лященко і А.Г. Черіної «Базові моделі та методи інтеграції геопросторових даних в ГІС містобудівного кадастру» [11].

Аналіз містобудівних об'єктів є надзвичайно важливим і ресурсозатратним. Це зумовлює поширення ГІС-технологій на аналітичному етапі проєктної роботи. Інструменти ГІС, які доречно застосовувати з цією метою, описані в статті О.С. Чуєва та С.В. Кострікова «Використання електронного довідника 2ГІС та ГІС-платформи ARCGIS для дослідження інфраструктури міста» [12].

Оскільки сучасність пропонує архітекторам широкий спектр технологій геоінформаційного моделювання просторових об'єктів, автори ставлять перед собою амбітну ціль – провести порівняльний аналіз технологій та методів геоінформаційного моделювання урбанізованих утворень, які застосовують для створення так званих цифрових близнюків містобудівних об'єктів. У серії статей планується розглянути можливості і обмеження різних програмних продуктів, які доречно використовувати в процесі передпроєктного аналізу, на етапі розробки та оцінки проєктних пропозицій, а також для прогнозування майбутніх станів досліджуваних об'єктів. Особлива увага буде приділена дослідженню потенціалу зазначених технологій та особливостям їх практичного використання в контексті повоєнної відбудови України.

Мета публікації полягає в дослідженні потенціалу геоінформаційного моделювання просторових об'єктів для вирішення типових містобудівних задач. Досягнення цієї мети передбачає ознайомлення із загальною будовою геоінформаційних баз даних, систематизацією файлових форматів та підходами формування екосистеми програмних продуктів, які піднімають роботу містобудівників на якісно новий рівень.

Основна частина.

Роль геоінформаційної системи в містобудівному проєктуванні

Оскільки дотримання просторової точності в містобудівному проєктуванні є обов'язковою вимогою, міські моделі створюються за принципом Геоінформаційних систем (ГІС), тобто за принципом зберігання та зв'язування просторових та текстових даних за допомогою єдиної моделі. Сучасні ГІС підтримують ефективний пошук даних, запити та картографування [2]. Такі системи в основному використовуються в плануванні землекористування, управлінні послугами, моделюванні екосистем, оцінці та плануванні ландшафту, плануванні транспорту та інфраструктури, аналізі ринку, оцінці нерухомості тощо (рис. 1) [3].

Перевагами від використання ГІС у містобудуванні є покращена картографія (більша доступність картографічних матеріалів, перманентна актуальність даних, ефективність їх систематизації – тематичного поділу, зменшення вартості зберігання), оперативніший пошук відомостей, швидкий доступ до географічної інформації, що необхідна для роботи, можливість

дослідження різних сценаріїв подальших змін, збільшення точності аналізу, зручніша комунікація між проєктувальниками та громадськістю, загальне підвищення якості планувальних рішень [2]. ГІС також лежать в основі таких спеціалізованих інструментів для просторового планування та діалогу між зацікавленими сторонами, як: (1) Системи підтримки планування (PSS – Planning support systems), (2) Системи партисипативного планування (PPS – Participatory planning systems), (3) Системи підтримки просторових рішень (SDSS – Spatial decision support systems), (4) Географічні інформаційні системи за участі громадськості (PPGS – Public participation geographic information systems) [4].

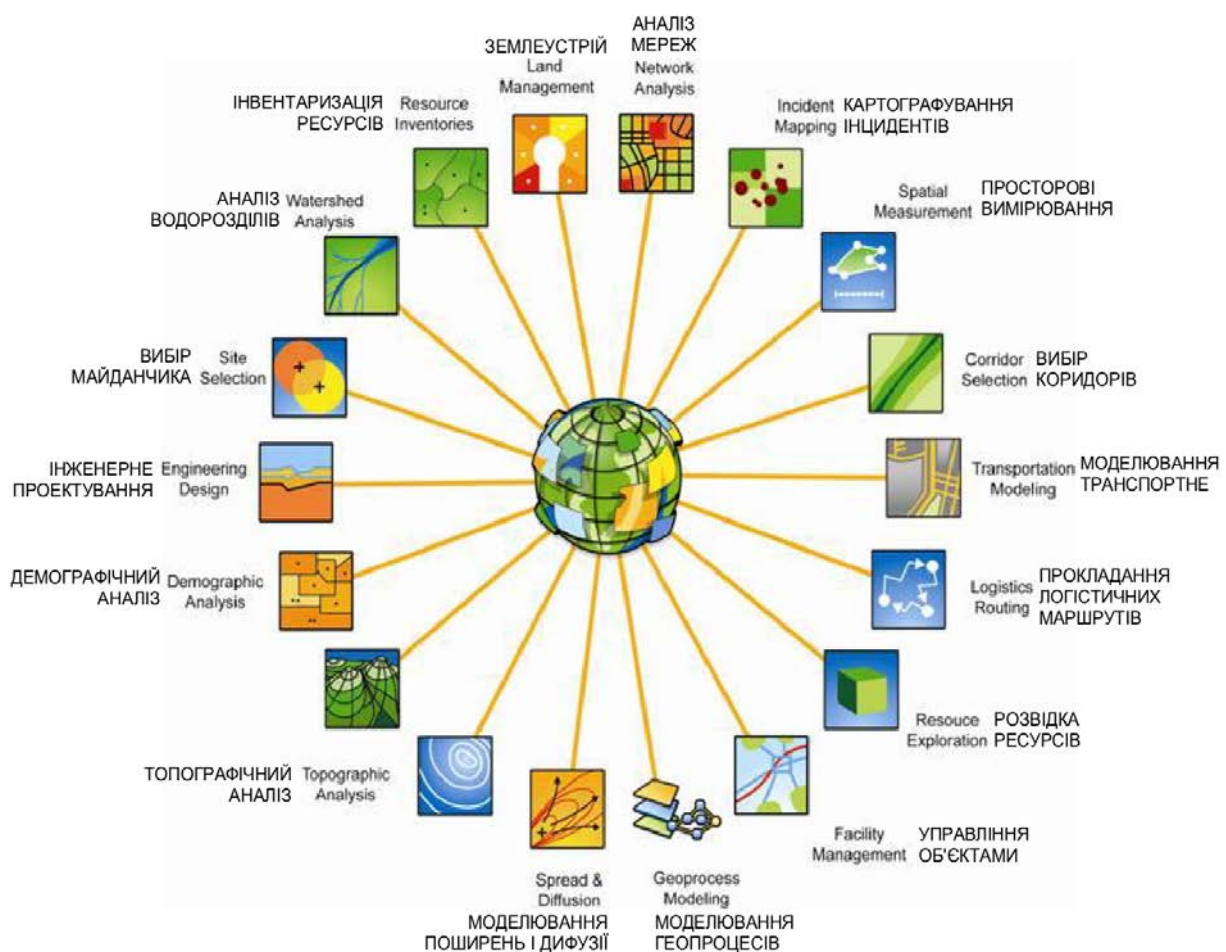


Рис. 1. Розмаїття сценаріїв використання ГІС-технології [3]

Функції ГІС як інструменту проєктанта, будова бази даних ГІС

В точки зору організації процесу проєктування, ГІС є інструментом, здатним виконувати наступні функції: архівування та інвентаризації даних, моніторингу та менеджменту стану інфраструктури громади, аналізу містобудівних об'єктів, прийняття проєктних рішень.

ГІС забезпечує архівування об'ємних та різних за тематикою даних з географічною прив'язкою за допомогою службових компонент конкретних програм. Такі тематичні просторові дані позначаються як геобазис даних і функціонують за допомогою різних програмних продуктів, таких як Excel, Access, SQL, ORACLE тощо. В базах даних зберігається три типи інформації: відомості про розташування об'єктів, визначені через референсну систему координат; пов'язані з об'єктами атрибути; зв'язки, які виникають через просторову прив'язку та особливості взаємозв'язку одного чи кількох об'єктів з іншими об'єктами.

ГІС є потужним інструментом для здійснення комплексного аналізу існуючого стану і тенденцій трансформацій проєктованих містобудівних об'єктів у досліджуваній громаді (головним чином завдяки статистиці та моделюванню). ГІС полегшує моніторинг та менеджмент соціальної інфраструктури територіальної громади для найкращого її забезпечення, в тому числі шляхом створення прогнозних планів управління відповідно до потреб тощо.

ГІС дозволяє бачити, розуміти, інтерпретувати та візуалізувати дані в різних формах. Це дозволяє виявити тенденції у трансформаціях просторових об'єктів, завдяки чому можна оцінити альтернативі проєктні рішення та спрогнозувати майбутній розвиток певних територій, передбачити зміни кількості населення, динаміку економічних процесів тощо. Ці дані можна використовувати для розробки проєктних пропозицій щодо землекористування, планування та забудови міських територій [3].

Просторові (картографічні) дані є ключовим елементом бази даних ГІС і може відноситися до двох способів зберігання інформації – векторного або растрового (рис. 2, 3). У векторному застосовуються три типи елементів: точка (point, проста координата), лінія (line, відстань) та багатокутник (polygon). Векторні дані можуть бути отримані через оцифровку растрових зображень. Термін “Растр” позначає регулярну сітку, складену з рядків і стовпців пікселів. Растри можуть бути дискретними (де кожна чарунка є незалежною) та безшовними (наприклад, рельєф) [13]. За типом растрові дані можуть бути: тематичними, спектральними та зображеннями [14]. Растри можуть бути складені по графічним матеріалам, супутниковим фото, відсканованим картам, а також на основі атрибутивної (статистичної, непросторової) інформації. Існують різні методи, що можуть бути використані для збору робочої бази даних ГІС, зокрема такі як: дані натурного обстеження, дані дистанційного зондування, ортофотозображення та вторинні дані (сканована карта, креслення тощо) [13].

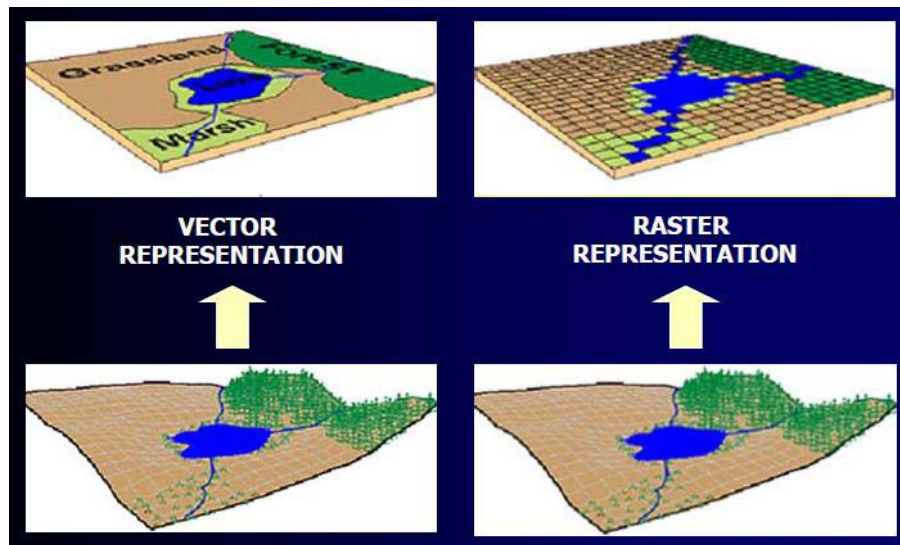


Рис. 2. Порівняння характеру та представлення векторних і растрових просторових моделей [13]

Model \ Feature Type	Point	Line	Polygon
1) Vector			
2) Raster			

Рис. 3. Порівняння векторних та растрових способів зберігання інформації: точка, лінія та багатогранник [13]

Таким чином, незважаючи на певну взаємозамінність, різні формати краще підходять для різних містобудівних задач, залежно від їх специфіки. До прикладу, векторні формати є більш зручними для роботи з географічною підосною, дорожньо-вуличною мережею, інженерним забезпеченням території та іншим. Растрові ж формати більш зручні для роботи з функціональним зонуванням та відображенням статистичних даних з геоприв'язкою.

Формати файлів ГІС

В 1990-х моделювання міст переважно базувалося на стандарті Систем автоматизованого проектування (САПР), англійською (CAD - computer-aided design), втім пізніше здійснився перехід на принципи ГІС. В роботі Пурія Парсанежада «На шляху до оптимального веб-інструменту візуалізації для планування» (2010) здійснено аналітичне порівняння стандартів САПР та ГІС (табл. 1) [5].

Таблиця 1.

Аналітичне порівняння особливостей додатків САПР та ГІС – **переваги, недоліки** (за П. Парсанежад) [5]

КРИТЕРІЇ	САПР	ГІС
Загальне використання в плануванні та дизайні	Архітектура, Міський дизайн	Містобудування, громадське планування, регіональне планування
Масштабування до потреб	<i>Не має масштабу (занадто геометричний)</i>	Добре масштабується (географія до геометрії)
Можливості планування та проектування	<i>Обмежена гнучкість і можливість дизайну</i>	Відповідні інструменти для планування
Домінуючий режим візуалізації	Високі можливості реалістичної візуалізації	Можливості схематичної візуалізації
Аналітичні переваги	<i>Мало аналітичних можливостей</i>	Аналітичні функції для моделювання систем
Домінуючий вміст	Фізична форма	Соціально-економічні явища
Домінуючі можливості презентації	Високі можливості віртуальної реальності	Можливості тематичної репрезентації
Кількість альтернатив	Збільшення кількості альтернатив	Збільшення кількості альтернатив
Автоматизоване моделювання	<i>Потреба в ручному моделюванні</i>	Напіваавтоматизоване моделювання
Точність	Висока точність завдяки геометричній основі	<i>Обмежена точність</i>
3D візуалізація	Працездатне 3D середовище	<i>Переважно 2D</i>

Сьогодні ГІС активно використовується в містобудівному проектуванні в усьому світі. Існує значна кількість розробників програмного забезпечення, котрі пропонують власні, оптимізовані для окремих сфер діяльності (включаючи містобудування), програмні пакети (для різноманітної проектної роботи і обслуговування баз даних) та формати файлів. Що, в свою чергу, призводить до ускладнення обміну файлами та обмежень в обслуговуванні моделей. На сьогодні найпоширенішим форматом файлів ГІС є Shapefile (*.shp), що був розроблений Environmental Systems Research Institute, Inc (ESRI) у 1990-х роках [14]. Інші розповсюджені файлів ГІС коротко охарактеризовані в таблиці 2.

Таблиця 2.

Формати файлів ГІС [14, 15]

Найпоширеніші файлові формати векторного типу	Найпоширеніші файлові формати растрового типу
1	2
Shapefile (*.shp)(основний файл) (в тому числі складові *.shx (асоційовані файли), *.dbf (атрибутивні дані); Geodatabase (*.gdb) (формат ESRI ArcGIS для зберігання векторних і растрових даних з інформацією про атрибути); FlatGeobuf; GeoJSON (*.json) (оптимізовано для веб-переглядачів); Keyhole Markup Language (*.kml) (на основі XML, використовується Google Earth та ін.); KMZ (*.kmz) (оптимізований kml-формат, заміна *.kml); MapInfo (*.tab), DAT-file (*.dat) (універсальний формат для атрибутивних даних); ID-file format (*.id) (програмне забезпечення для Autodesk Infrastructure Map Server, має індексацію просторових даних і ефективний в керуванні ними, працює з *.shp); MAP-file format (*.map) (Не містять фактичних даних, файли з інформацією про документ карти, включаючи шари, символи, налаштування позначок і просторову прив'язку, посилання на джерела даних TAB або інші); *.dxf, *.dwg (поширені CAD-формати); WKT/WKB (використовується базами даних і програмним забезпеченням ГІС для обміну просторовими даними); *.vtk (для 3D-графіки, обробки зображень і візуалізації); *.stl (корисний для моделювання та візуалізації місцевості); *.gpkg (відкритий, незалежний від платформи, портативний, компактний формат для передачі геоданих); GeoParquet (формат даних, орієнтований на стовпці, альтернатива файлам CSV)	GeoTIFF (зображення з геоприв'язкою, для космо- та аерозйомки); JPEG (універсальний формат зображень, який часто використовується веб-переглядачами); PNG (високоякісні зображення); BMP (нестиснуті зображення); GIF (універсальний формат графічних матеріалів); MrSID (призначений для ефективного зберігання та відображення великих наборів растрових даних); ECW (дозволяє ефективно зберігати та передавати великі набори растрових даних, активно використовується); IMG/HFA (зберігає багатоспектральні та багатоканальні дані разом із метаданими та інформацією про просторову прив'язку); ASC (растровий формат на основі тексту, зазвичай використовується для представлення даних про висоту); BIL, BIP, BSQ (для дистанційного зондування); DEM: Digital Elevation Model (запис інформації про висоти); PCX: PC Paintbrush Exchange (графічний формат); SDTS - Spatial Data Transfer Standard (загального призначення, для передачі географічної інформації); TIFF: Tagged Image File Format (поширений растровий формат графічних програм і сканерів); CSV (прості текстові файли, які можуть зберігати табличні дані); GML (Geography Markup Language, вираження географічних об'єктів, для обміну даними між ГІС); GPX (призначений для передачі даних GPS); *.sqlite (розширення реляційної бази даних); *.nc (бібліотеки програмного забезпечення та машинно-незалежні формати даних для орієнтованих на масив наукових даних. використовується в кліматології, метеорології); *.hdf (призначений для зберігання та організації великих обсягів числових даних); *.las (зберігання даних LIDAR)

1	2
Менш поширені файлові формати векторного типу	Менш поширені файлові формати растрового типу
IND-file extension (*.ind); OpenStreetMap (*.osm); Spatial Data Transfer Standard (*.sdts); GPS Exchange Format (*.gpx), Geography Markup Language (*.gml); Digital Line Graphs (DLG, відображає інформацію паперових карт); MicroStation Design Files (DGN, внутрішній формат програми САПР MicroStation, може використовуватись як стандарт для передачі).	Relational Database Management System (RDBMS) Enterprise; LiDAR File Formats; CAD File Formats; Elevation File Formats, Multitemporal File Formats; GIS Software Project File Formats (Esri ArcGIS Project (*.aprx) and QGIS Project (*.qgs)); Cartographic File Format; 3D File Formats.

ГІС є загальним середовищем опрацювання даних, в той час як окремі формати файлів можуть бути зручними для виконання окремих завдань (наприклад, передачі картографічної основи, збереження атрибутивної інформації, веб-перегляду, оцифровки паперових карт, передачі зображень та іншого).

Екосистема програм ESRI для містобудівного проєктування

В світовій практиці містобудування використовуються програмні комплекси і стандарти від багатьох виробників програмного забезпечення. Втім, найбільш повні можливості надає екосистема програм, розроблених транснаціональною компанією, створеною на базі Інституту дослідження систем навколишнього середовища, ESRI (англ. Environmental Systems Research Institute), що має велику кількість спеціалізованих інструментів для аналізу та проєктування міських утворень. Основним програмним забезпеченням є ArcGIS Pro, ArcGIS Urban, ArcGIS City Engine. Серед рішень також програми ArcGIS StoryMaps та ArcGIS Living Atlas of the World. ArcGIS Pro є базовим програмним засобом ГІС, який використовується, в першу чергу, для аналізу (має відповідні розширені можливості) та візуалізації, пластичний в деталізації (ефективний від локального до глобального рівня), має значний перелік підтримуваних для імпорту-експорту форматів файлів [16]. Дозволяє архітекторам і проєктувальникам зрозуміти тонкощі географії, звертаючись до різноманітних факторів навколишнього середовища, топографічних особливостей місцевості, нюансів рельєфу та існуючої інфраструктури [17].

ArcGIS Urban є основним робочим інструментом при підготовці містобудівної пропозиції. Він призначений для прийняття рішень та тестування сценаріїв міського розвитку, оцінки впливів, моделювання (проєктування) міст

(через моделі і схеми), зручний в аналітиці та зонуванні, взаємодії зацікавлених в проекті сторін, підтримує імпорт BIM.

ArcGIS CityEngine спрямований на максимально детальну візуалізацію невеликої ділянки міського середовища. Підходить для просторового аналізу, в тому числі з інструментами віртуальної реальності, дозволяє моделювати міське середовище в 3D [16]. Разом з тим, він полегшує інтеграцію просторових даних, щоб отримати уявлення про потенційні екологічні, соціально-економічні та управлінські наслідки запропонованих ініціатив [17]. CityEngine – програмне забезпечення міського моделювання на основі правил, що пропонує гнучкий конвеєр для перетворення 2D-даних у 3D-моделі будь-якого розміру (обробку ГІС для створення 3D-моделі міста, візуалізації запропонованої забудови, дослідження простору потенційного проекту) (рис. 4).

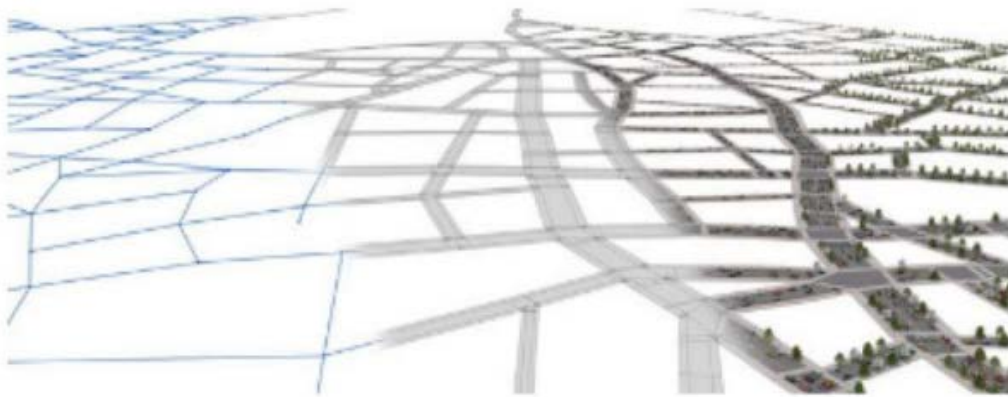


Рис. 4. Ліворуч: блакитна сітка середніх ліній вулиць; посередині: окреслені межі вулиць; справа: 3D-модель, створена шляхом автоматичної генерації [18]

Програма також дозволяє унаочнити процес проектування міст завдяки системі інструментів для створення та зміни реалістичних просторових моделей. Автоматизація ж дозволяє не моделювати вручну, а скористатись згенерованою підказкою (рис. 5). Підхід, заснований на правилах, означає, що проекти досліджуються швидко, інтерактивно та аналітично порівнюються [18].

ArcGIS StoryMaps – інструмент для сприяння взаємодії між міськими планувальниками, розробниками та зацікавленими представниками спільноти. Він працює за допомогою інтерактивних карт і візуального представлення даних. ArcGIS Living Atlas of the World від Esri збагачує процес прийняття рішень, надаючи доступ до великої кількості авторитетних просторових даних (комплексні набори даних і великі моделі навчання) [17].

Отже, екосистема програм ESRI для містобудування надає проєктанту різноманітні інструменти аналізу та проєктування містобудівних об'єктів. Разом з тим, створення єдиного комплексу програмного забезпечення дозволить уникнути незручностей, пов'язаних з перенесенням файлів між

різними програмними інтерфейсами. При наявності в такому програмному комплексі можливостей екосистеми програм ESRI він буде надзвичайно цінним інструментом при повоєнному відновленні України.

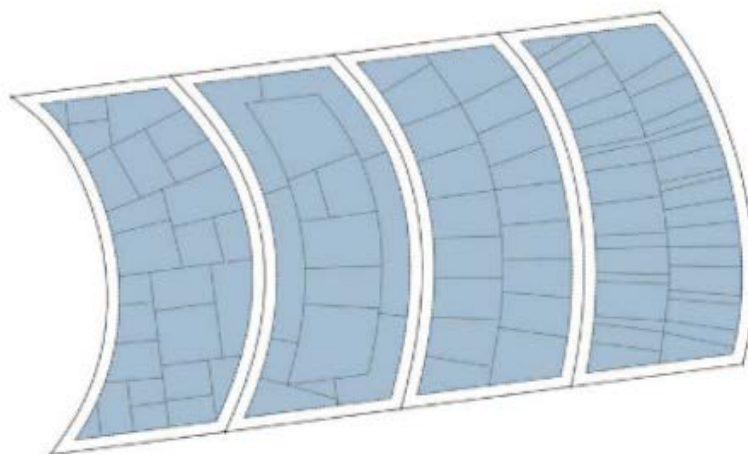


Рис. 5. Алгоритми автоматичного поділу блоків, які використовуються для створення земельних ділянок [18]

Висновки.

Геоінформаційні системи здатні надати містобудівнику необхідні для розробки проєктної пропозиції просторові та атрибутивні дані через єдину інтегровану модель, що значно підвищує ефективність формування та реалізації проєктних рішень. ГІС виконує роль системного інструменту архівування, моніторингу, аналізу та прийняття рішень. База даних ГІС утворена об'єктами з просторовими координатами, пов'язаними з ними атрибутами та зв'язками. Залежно від формату, просторові дані можуть бути векторними або растровими. Існує значна кількість ГІС-форматів, та найпоширенішим є векторний Shapefile (*.shp). Екосистема програм ESRI для містобудівного проєктування, утворена таким програмним забезпеченням: ArcGIS Pro, ArcGIS Urban, ArcGIS CityEngine, ArcGIS StoryMaps та ArcGIS Living Atlas of the World, надає проєктувальнику широкий спектр можливостей для аналізу урбанізованих утворень.

Список джерел

1. Успенський М.С. Моделювання міського середовища як системи в інформаційному забезпеченні архітектурного проєктування: автореф. дис ... канд. архітектури: 18.00.01, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, Дніпро, 2019. 24 с. 0419U003570. URL: <https://nrat.ukrintei.ua/searchdoc/0419U003570/> (дата звернення: 26.02.2025).
2. YEH A G-O. Urban planning and GIS. *Geographical Information Systems*. 1999. 2, 877-888. URL: https://www.geos.ed.ac.uk/~gisteac/gis_book_abridged/files/ch62.pdf. (дата звернення: 26.02.2025).

звернення: 26.02.2025).

3. Sinjari S., Kosovrasti A. Geographic Information Systems (GIS) in Urban Planning. *European Journal of Interdisciplinary Studies*. April, 2015 1(1): 85. <https://doi.org/10.26417/ejis.v1i1.p.85-92>.

4. Billger M., Thuvander L., Wästberg B. S. In search of visualization challenges: The development and implementation of visualization tools for supporting dialogue in urban planning processes. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*. 2017. 44 (6). 1012-1035. <https://doi.org/10.1177/0265813516657341>.

5. Parsanezhad P. Towards an Optimal Web-based Visualization Tool for Planning, A Comparative Analytical Survey over Visualization Techniques for Enhancing Stakeholders' Participation in Planning: Master Degree Project, Kungliga Tekniska högskolan, Stockholm, 2010. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Towards-an-Optimal-Web-based-Visualization-Tool-for-Parsanezhad/b36d6051ec439025528097f35587ada4781ff0e8>. (дата звернення: 26.02.2025).

6. Гончаренко Т.А. Сучасні інформаційні технології для моделювання міського середовища та розробки цифрових двійників міських об'єктів. *Управління розвитком складних систем*. 2022. (51). С. 87–93. <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2022.51.87-93>.

7. Ясінецька І.А., Кушнірук Т.М., Лобанова О.П. Створення муніципальної інформаційної системи міста за допомогою ГІС-технологій. *Науковий вісник Ужгородського національного університету: серія: Міжнародні економічні відносини та світове господарство*; голов. ред. М.М. Палінчак. Ужгород: Гельветика, 2018. Вип. 17. Ч. 2. С. 158–161. URL: http://www.visnyk-econom.uzhnu.uz.ua/archive/17_2_2018ua/37.pdf. (дата звернення: 26.02.2025).

8. Білоконь Ю.М. Геоінформаційні технології в містобудівному проектуванні на сучасному етапі. *Геоінформаційні системи і муніципальне управління: Збірник наукових праць до міжнародної науково-практичної конференції, Секція 1. ГІС і містобудівне проектування*. 2000. ISBN 966-7458-20-2. URL: <https://lib.chmnu.edu.ua/pdf/zbirnuku/6/2.pdf>. (дата звернення: 26.02.2025).

9. Палеха ЮМ. Застосування геоінформаційних технологій у міському кадастрі. *ISTCGCAP*. 1997. Вип. 58, № 58: 51-53. <https://doi.org/10.23939/istcgcap>.

10. Кузьменко Г.Є., Білецький Б.О., Липський В.Т., Хомініч В.С. Основні напрями створення геоінформаційної системи містобудівного кадастру державного рівня як складової електронного урядування. *Математичні машини і системи*. 2013. № 3. С. 87-96. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/MMS_2013_3_9 (дата звернення: 26.02.2025)

11. Лященко А.А., Черін А.Г. Базові моделі та методи інтеграції геопросторових даних в ГІС містобудівного кадастру. *Містобудування та територіальне планування*. 2019. (70). С. 351–365 <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2019.70.351-365>

12. Чуєв О.С., Костріков С.В. Використання електронного довідника 2ГІС та ГІС-платформи ARCGIS для дослідження інфраструктури міста. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія географічні науки*. 2017. Вип. 7. С. 110-116. URL:

<https://gj.journal.kspu.edu/index.php/gj/article/view/53>. (дата звернення: 26.02.2025).

13. Saiful Bahri M.A., Abdul Maulud K.N., Rahman M.A., Ridzuan Oon A.O., Che Ani A.I., Che Hashim C.H., Karim H., Hasbullah M.S. and Aziz M.Z.: Development of gis database and facility management system: asset and space in UKM, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.* 2019. XLII-4/W16. 563–571. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-W16-563-2019>.

14. Pajorska Z. The Only List of GIS File Formats You Need. *Stratoflow*. May 16, 2023. URL: <https://stratoflow.com/gis-file-formats/>. (дата звернення: 26.02.2025)

15. Limeira F. World of GIS: 24 Essential File Formats You Should Know. *Medium*. 2024. URL: <https://medium.com/@limeira.felipe94/world-of-gis-16-essential-file-formats-you-should-know-5a91b9623055>. (дата звернення: 26.02.2025).

16. Webinar “3D Urban Modelling with CityEngine”. Esri Canada GIS Centres of Excellence. 06.05.2024 р. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=GKiFg57QCnw>. (дата звернення: 26.02.2025).

17. Goldman Marc. Architecture and Urban Planning: Empowering Design with Esri's GIS Solutions. *Architecture, Engineering, and Construction. Industry Blog. Esri*. URL: <https://www.esri.com/en-us/industries/blog/articles/architecture-and-urban-planning-empowering-design-with-esris-gis-solutions/>. (дата звернення: 26.02.2025).

18. Kelly T. CityEngine: An Introduction to Rule-Based Modeling. *Urban Informatics*. 2021. 637-662. P. 941. <https://doi.org/10.1007/978-981-15-8983-6>.

Doctor of Architecture, Professor **Nadiia Shebek**,
PhD. Student **Valerii Mayer**,
Kyiv National University of Construction and Architecture.

TECHNOLOGIES OF GEOINFORMATIC MODELLING FOR SPATIAL OBJECTS

This article is dedicated to the study of the capabilities of advanced information technologies currently used in urban planning. Cities are complex systems, and the development of proposals for their development or documentation (master plans or individual plans of urban districts) requires the designer to operate with a significant amount of cartographic and statistical data, which is why information technology has become widespread in urban planning. The article reviews the most important information technology for urban planners nowadays - the technology of geoinformation modelling of spatial objects. The article provides an analysis of the main scientific works devoted to GIS, describes the history and peculiarities of GIS implementation in Ukraine, and the relevant regulatory and legal acts. The wide functionality of GIS technology makes it the main tool of a designer

for performing such tasks as archiving, data monitoring, analysis of urbanised areas and making balanced design solutions. The article also discusses the general structure of GIS databases (the main types of data and programmes that ensure the functioning of the database); vector and raster types of cartographic data storage (special tasks for which each type is more suitable), as well as methods of developing a working GIS database. A comparison of the specific features of CAD principles and GIS as a digital visualisation tool for urban planning is presented. The most common GIS file format is named, an overview of other commonly used formats of vector and raster type is given, and a brief description of them is provided. The article describes the ecosystem of ESRI (Environmental Systems Research Institute) software for urban planning, the functionality and scenarios for the use of certain software tools of this ecosystem (ArcGIS Pro, ArcGIS Urban, ArcGIS CityEngine, ArcGIS StoryMaps and ArcGIS Living Atlas of the World).

Keywords: informational technologies; geoinformation modelling; geoinformation systems; urban planning.

REFERENCES

1. Uspenskyi, M.S. (2019). Modeliuvannia miskoho seredovyscha yak systemy v informatsiinomu zabezpechenni arkhitekturnoho proektuvannia [Modeling the urban environment as a system in information support for architectural design]: PhD thesis: 18.00.01, Prydniprovska derzhavna akademiia budivnytstva ta arkhitektury, Dnipro. P. 24. URL: <https://nrat.ukrintei.ua/searchdoc/0419U003570/> (application date: 26.02.2025). {in Ukrainian}.
2. YEH, A G-O. (1999). Urban planning and GIS. Geographical Information Systems. 2. 877-888. URL: https://www.geos.ed.ac.uk/~gisteac/gis_book_abridged/files/ch62.pdf (application date: 26.02.2025). {in English}.
3. Sinjari, S., Kosovrasti, A. (2015). Geographic Information Systems (GIS) in Urban Planning. European Journal of Interdisciplinary Studies. 1(1): 85. <https://doi.org/10.26417/ejis.v1i1.p85-92> {in English}.
4. Billger, M., Thuvander, L., Wästberg, B. S. (2017). In search of visualization challenges: The development and implementation of visualization tools for supporting dialogue in urban planning processes. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*. 44 (6). 1012-1035. <https://doi.org/10.1177/0265813516657341> {in English}.
5. Parsanezhad P. (2010). Towards an Optimal Web-based Visualization Tool for Planning, A Comparative Analytical Survey over Visualization Techniques for Enhancing Stakeholders' Participation in Planning: Master Degree Project, Kungliga Tekniska högskolan, Stockholm. URL:

<https://www.semanticscholar.org/paper/Towards-an-Optimal-Web-based-Visualization-Tool-for-Parsanezhad/b36d6051ec439025528097f35587ada4781ff0e8> (application date: 26.02.2025). {in English}.

6. Honcharenko, T. (2022). Suchasni informatsiini tekhnolohii dlia modeliuvannia miskoho seredovyscha ta rozrobky tsyfrovyykh dviinykiv miskyykh ob'ektiv. [Modern information technologies for modeling the urban environment and developing digital twins of urban objects]. *Upravlinnia rozvytkom skladnykh system*, (51), S. 87–93. <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2022.51.87-93> {in Ukrainian}.

7. Yasinetska, I.A. (2018). Stvorennia munitsypalnoi informatsiinoi systemy mista za dopomohoiu HIS-tekhnolohii [Creation of a municipal information system of the city using GIS technologies]. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho natsionalnoho universytetu: seriia: Mizhnarodni ekonomichni vidnosyny ta svitove hospodarstvo / holov. red. M. M. Palinchak. Uzhhorod: Helvetyka.*, Vyp. 17. Ch. 2. S. 158–161. URL: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/22336> (application date: 26.02.2025). {in Ukrainian}.

8. Bilokon, Yu.M. (2000). Heoinformatsiini tekhnolohii v mistobudivnomu proektuvanni na suchasnomu etapi [Geoinformation technologies in urban planning at the current stage]. *Heoinformatsiini systemy i munitsypalne upravlinnia: Zbirnyk naukovykh prats do mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii, Sektsiia 1. HIS i mistobudivne proektuvannia*. ISBN 966-7458-20-2. URL: <https://lib.chmnu.edu.ua/pdf/zbirnuku/6/2.pdf> (application date: 26.02.2025). {in Ukrainian}.

9. Palekha, Yu.M. (1997). Zastosuvannia heoinformatsiinykh tekhnolohii u miskomu kadastrі [Application of geoinformation technologies in urban cadastre]. *ISTCGCAP*. Vyp. 58, № 58. S. 51-53. <https://doi.org/10.23939/istcgcap> {in Ukrainian}.

10. Kuzmenko, H.Ye., Biletskyi, B.O., Lypskyi, V.T., Khominich, V.S. (2013). Osnovni napriamy stvorennia heoinformatsiinoi systemy mistobudivnoho kadastru derzhavnoho rivnia yak skladovoi elektronnoho uriaduvannia [Main directions of creating a geoinformation system of the state-level urban planning cadastre as a component of e-governance]. *Matematychni mashyny i systemy*. № 3. S. 87-96. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/MMS_2013_3_9 (application date: 26.02.2025). {in Ukrainian}.

11. Lyashchenko, A., & Cherin, A. (2019). Bazovi modeli ta metody intehratsii heoprostorovykh danykh v his mistobudivnoho kadastru [Basic models and methods of integration of geospatial data into gis of urban planning cadastre]. *Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia*. (70). S. 351–365. DOI: <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2019.70.351-365> (application date: 26.02.2025). {in Ukrainian}.

12. Chuiev, O.S., Kostrikov, S.V. (2017). Vykorystannia elektronnoho dovidnyka 2HIS ta HIS-platfomy ARCGIS dlia doslidzhennia infrastruktury mista [Using the 2GIS electronic directory and the ARCGIS GIS platform to study the city's infrastructure]. *Naukovyi visnyk Khersonskoho derzhavnoho universytetu, Seriia heohrafichni nauky*. Vyp 7. S. 110-116. URL: <https://gj.journal.kspu.edu/index.php/gj/article/view/53> (application date: 26.02.2025). {in Ukrainian}.
13. Saiful Bahri, M.A., Abdul Maulud, K.N., Rahman, M.A., Ridzuan Oon, A.O., Che Ani, A.I., Che Hashim, C.H., Karim, H., Hasbullah, M.S. and Aziz, M.Z. (2019). Development of gis database and facility management system: asset and space in UKM, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*. XLII-4/W16. 563–571. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-W16-563-2019> {in English}.
14. Pajorska, Z. (2023). The Only List of GIS File Formats You Need. *Stratoflow*. May 16. URL: <https://stratoflow.com/gis-file-formats/> (application date: 26.02.2025). {in English}.
15. Limeira, F. (2024). World of GIS: 24 Essential File Formats You Should Know. *Medium*. URL: <https://medium.com/@limeira.felipe94/world-of-gis-16-essential-file-formats-you-should-know-5a91b9623055> (application date: 26.02.2025). {in English}.
16. Webinar “3D Urban Modelling with CityEngine”. Esri Canada GIS Centres of Excellence. (2024). 06.05.2024. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=GKiFg57QCnw> (application date: 26.02.2025). {in English}.
17. Goldman Marc. Architecture and Urban Planning: Empowering Design with Esri's GIS Solutions. *Architecture, Engineering, and Construction. Industry Blog*. Esri. URL: <https://www.esri.com/en-us/industries/blog/articles/architecture-and-urban-planning-empowering-design-with-esris-gis-solutions/> (application date: 26.02.2025). {in English}.
18. Kelly, T. (2021). CityEngine: An Introduction to Rule-Based Modeling. *Urban Informatics*. 637-662. P. 941. <https://doi.org/10.1007/978-981-15-8983-6> {in English}.