

АНАЛІЗ ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ ПРИ СТВОРЕННІ 3D КАДАСТРУ

Проведено аналіз методики та програмного забезпечення, що можна використовувати для створення тривимірних моделей кадастру. В статті поетапно розглянуті такі програмні продукти як: GeoMedia 3D, мова CityGML для 3D моделювання, програмний продукт DIGITALS та пакет програм MicroStation. На підставі аналізу можливостей програмних продуктів виявлено їх переваги та недоліки.

Ключові слова: 3D моделювання, 3D кадастр, GeoMedia 3D, кадастрова база даних, CityGML, Digitals, MicroStation.

Постановка проблеми

Використання тривимірних моделей значно зросло за останнє десятиліття в різних областях, таких як анімація, ГІС, кадастрові системи, системи прийняття рішень тощо. Щодо кадастрових систем, то визначена багатопланова тривимірна кадастрова модель дозволить відображати розподіл права і статус власності в межах фактичної 3D реальності. Інженерні комунікації, автомобільні дороги, метрополітени, а також житлові та адміністративні будівлі, можуть перебувати на різних висотних відмітках одної земельної ділянки (як над, так і під землею), а це вимагає від кадастрових систем підтримку 3D геометричних і топологічних моделей.

3D моделювання потребує витонченого програмного забезпечення. Одним з найбільш важливих аспектів таких пакетів є їх взаємодія і сумісність з іншими додатками і файлами.

Тому для ведення 3D кадастру потрібно підібрати програмний продукт, який буде частково або повністю задовольняти користувача.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Сучасне міське середовище відрізняє структурна складність і багаторазове використання простору, в якому діапазон різних прав, обмежень і обтяжень перетинається з відповідними земельними ділянками. Через це існуючі 2D кадастрові моделі не адекватно відображають/управляють шари розподілу 3D прав, обмежень і обтяжень. Такий

діапазон земельних прав, обмежень (обтяжень) вимагає належної 3D реєстрації, відповідності кожної правової структури, а також систематичного кодування і моделювання, повністю використовуючи технічні можливості 3D представлення. Аналіз сучасних кадастрових даних являє собою складний процес з урахуванням всіх параметрів, які необхідно брати до уваги: культурні, правові, економічні, соціальні та екологічні фактори. Чим більший набір можливих операцій, тим складнішими будуть кадастрові системи та процес аналізу. На щастя, системи управління земельними ресурсами були збагачені ІТ-інструментами, тим самим покращуючи весь процес отримання даних та їх аналіз. В [6] наведений перелік програмних пакетів, що містять 3D-функції. Більшість з них взаємодіють з різними операційними системами (наприклад, Windows, Macintosh, Linux, Win32), а також з іншими програмним забезпеченням. В роботі використано програмне забезпечення CityEngine, яка є спеціалізованим програмним продуктом у 3D міському середовищі, перетворюючи 2D дані ГІС в Smart 3D City Models. У [5] розглядається сімейство програмних продуктів Bentley Systems для реєстрації та візуалізації складної 3D реальності. В праці інженера І. Рогачева «Тривимірний кадастр Санкт-Петербурга» за основу була взята існуюча 2D модель Санкт-Петербурга формату MapInfo, використовуючи AutoCAD Map 3D дані були перетворені і відфільтровані для завантаження в Autodesk InfraWorks, за

допомогою якого була автоматично отримана тривимірна модель міської забудови з збереженням всіх атрибутів.

Постановка завдання

Метою даної роботи є аналіз основних методик створення тривимірних моделей та програмних продуктів, які можна використовувати при веденні 3D кадастру в Україні.

Виклад основного матеріалу

Сфера застосування геоінформаційних технологій включає велике коло завдань в різних сферах діяльності. Технології тривимірного моделювання за свою відносно коротку історію пережили бурхливий розвиток. Стрімкий розвиток цього напрямку пов'язаний, в першу чергу, з появою і початком широкого використання цифрових аерофотокамер, повітряних та наземних лазерних сканерів.

В загальному існує три методики створення тривимірних моделей [1]:

- Ручне створення моделей в програмах тривимірного моделювання
- Повністю автоматична генерація 3D моделей
- Напівавтоматичне створення 3D моделей

Ручне створення моделей в програмах тривимірного моделювання -це самим трудоемким процес. Моделювання геометрії і текстурування моделей проводяться вручну. Для спрощення процесу в міській забудові виділяються набори типових будівель. Моделі створюються для кожного типу будівель і потім множаться потрібну кількість разів при розміщенні на карті.

Плюси даного методу:

1. Можливість створення моделей з дуже високою геометричною деталізацією.
2. Для кожного типу будівель створюється тільки одна модель. Дана модель раз завантажується при візуалізації, і використовується для всіх будівель заданого типу. Це дозволяє значно економити пам'ять і зменшує розмір тривимірної моделі міста на диску.

3. Текстура не містить зображення сторонніх об'єктів, спроектованих на стіни будівель.

4. Тривимірні будівлі є окремими об'єктами, з якими може бути асоційована будь-яка атрибутивна інформація.

Недоліки:

1. Дуже висока трудомісткість. Незважаючи на те, що сучасні 3D редактори дозволяють прискорити деякі етапи моделювання, все одно всі вони виконуються вручну.
2. Потенційно низька метрична точність. Джерелом розмірів для моделі будівлі зазвичай служать фотографії фасадів, поверховий план або відбиток будівлі на плані міста.
3. Недостатня фотореалістичність.

Повністю автоматична генерація 3D моделей – це найновіша і перспективна технологія. Використовує алгоритми відновлення геометричної форми об'єктів за їх стереозображенням. Ці ж зображення використовуються як джерело текстур фасадів будівель. Для уточнення геометрії будівель і отримання моделі рельєфу може використовуватися повітряний лазерний сканер.

Плюси даного методу:

1. Висока швидкість створення моделей міст.
2. Висока фотореалістичність.
3. Низька вартість створення моделі за рахунок виключення ручної праці операторів.

Недоліки:

1. Недостатня геометрична точність моделі.
2. Неможливість відокремити об'єкти будівель від поверхні рельєфу або один від одного.
3. Низька якість текстур.

Напівавтоматичне створення 3D моделей

Дана методика виключає слабкі сторони повністю автоматичного процесу генерації тривимірних моделей. Геометричні моделі будівель тут створюються операторами по аерознімкам. Цей підхід застосовується в Delta / Digitals і CyberCity-Modeler. Для побудови

моделей будівель CyberCity-Modeler дозволяє також використовувати дані лазерного сканування.

Створення тривимірної моделі будівлі складається з вимірювання оператором характерних точок контуру даху. Вимірювання проводяться стереоскопічним методом. Для прискорення процесу застосовуються шаблони, розроблені для основних типів дахів. Складні форми утворюються шляхом комбінації простих геометричних фігур. Висота стін будинків не вимірюється. Стіни утворюються проектуванням точок підставки даху на поверхню рельєфу [1].

Плюси даного методу:

1. Висока продуктивність.
2. Висока геометрична точність
3. Будинки є окремими об'єктами, яким можуть бути призначені будь-які атрибути: адреса, рік побудови, тип будівлі, матеріал стін.
4. Висока фотореалістичність.

Недоліки:

1. У порівнянні з повністю автоматичною генерацією моделей в даному методі наявна ручна праця операторів.
2. Низька якість текстур.

Серед великої кількості поширених, запатентованих, з відкритим вихідним кодом та безкоштовних програмних пакетів, що містять 3D-функції, розглянемо наступні:

Програмний продукт GeoMedia 3D

Корпорація Intergraph в 2010 р. анонсувала вихід офіційної версії нового продукту на ринку ГІС - GeoMedia 3D. Лінія продуктів GeoMedia - це набір інтегрованих програм, які надають широкий діапазон можливостей в області аналізу і просторової обробки даних. ГІС GeoMedia використовується в різних галузях, включаючи рішення для військових відомств, урядових структур, транспортних підприємств, інженерних та комунікаційних компаній, оперативних служб та ін.

GeoMedia 3D повністю інтегрує розвиток можливості просторового аналізу і збору даних, які властиві GeoMedia, але

вже з тривимірною візуалізацією, що є популярним на сьогодні в середовищі користувальницьких картографічних додатків. Ця комбінація гарантує більш точну візуалізацію поверхні і характеристик просторового оточення, що полегшує оцінку і розпізнавання обстановки при введенні і аналізі даних, а також підвищує загальну продуктивність роботи з ГІС. Нова функціональність дозволяє посилити контролюємість інфраструктурою, земельно-майновим комплексом, підвищити якість виробництва, оцінки і використання даних дистанційного зондування і карто-матеріалів [2].

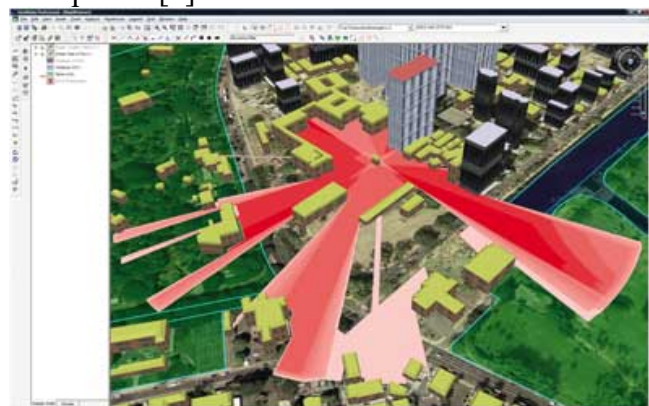


Рис. 1 Візуалізація результату просторового аналізу міської території в GeoMedia 3D

Одним з переваг, пропонуємих GeoMedia 3D, є візуалізація проектних даних. Прикладом може служити план розвитку центральної частини міста, «обліт» якого в тривимірному просторі може бути продемонстрований на громадських слуханнях чиновникам місцевого уряду, що дозволить жителям уявити, як буде виглядати проект після завершення. На відміну від паперових листочків або плакатів, укладення кошторису дозволяють уникнути плутанини або непорозуміння, формуючи чітке сприйняття мети і результатів робіт.

Переваги даного програмного продукту:

- 1) GeoMedia 3D повністю інтегрує розвиток можливості просторового аналізу і збору даних з тривимірною візуалізацією.
- 2) Забезпечує точну візуалізацію поверхні і характеристик просторового оточення, що полегшує оцінку і

розпізнавання обстановки при введенні та аналізі даних.

3) Можливість візуалізації проектних даних.

Недоліки:

1) GeoMedia 3D не локалізована, тобто не перекладена на українську та навіть на російську мови.

2) В мережі мало інформації та довідок про даний програмний продукт.

3) Нема наявної професійної підтримки.

3D представлення будівель, а також інших об'єктів інфраструктури ЦМР в даний час розвивається через *CityGML* - відкриту стандартну модель даних на основі Geography Markup Language 3 і підтримується консорціумом Open Geospatial (OGC).

CityGML – це загальна інформаційна модель на основі XML для презентації, зберігання і обміну віртуальними 3D-моделями. *CityGML* забезпечує стандартну модель і механізм для опису 3D-об'єктів з урахуванням їх геометрії, топології, семантики і зовнішнього вигляду, і визначає п'ять різних рівнів деталізації (Рис. 2). Включені також узагальнення ієрархій між тематичними класами, зв'язки між об'єктами і їх просторовими властивостями. *CityGML* відрізняється високою масштабованістю і набори даних можуть включати в себе різні міські об'єкти, що підтримують загальну тенденцію до моделювання не тільки окремих будівель, а й цілих районів, міст, регіонів і країн.

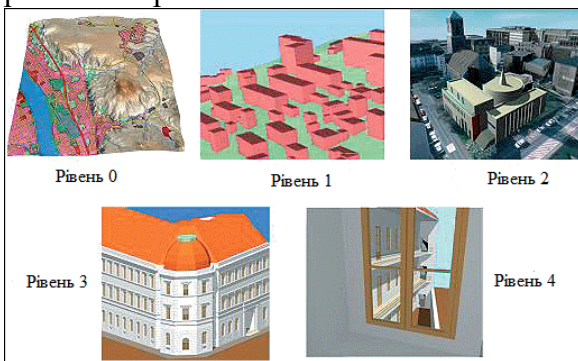


Рис. 2 Рівні деталізації в *CityGML*

CityGML надає набагато більше можливостей, ніж 3D продукт для візуалізації міст, через допомогу різних додатків. Це дозволяє користувачам

спільно використовувати віртуальні 3D моделі міст і ландшафтів для складних завдань аналізу і відображення в областях застосування, таких як екологічне моделювання, управління життєвим циклом міста, керування міським центром, оцінка нерухомості, управління надзвичайними ситуаціями, використання як пішохідної навігації, інтелектуального аналізу міських даних, а також розташування будівель на основі маркетингу [3].

CityGML була реалізована в багатьох програмних рішеннях і використовується в багатьох проектах по всьому світу. У програмах Національної інфраструктури просторових даних (National Spatial Data Infrastructure) в Нідерландах, Німеччині, Франції, Малайзії, Абу-Дабі та інших країнах, *CityGML* забезпечує важливу платформу для переходу від 2D до 3D-даних.

Переваги даного програмного продукту:

- 1) Можливість роботи у мережевому режимі.
- 2) Підтримка програмними продуктами наприкладі – AutoCAD.
- 3) Широкий спектр застосування.
- 4) Забезпечує високу деталізацію, але при цьому не великий розмір файлів.

Недоліки:

- 1) Мова *CityGML* вимагає спеціалістів-програмістів зі знанням англійської мови.

Програмний продукт DIGITALS

Потужне картографічне ядро, що дозволяє використовувати в одній карті тисячі растрових зображень і сотні тисяч векторних об'єктів в умовних знаках. Підтримка повного технологічного ланцюжка від обробки геодезичних вимірювань до друку техдокументації. Запис і читання файлів у форматах популярних ГІС. Невимогливість до ресурсів і простота в освоєнні. Кваліфікована підтримка розробників. Ось основні чинники, що забезпечили поширення програми в Україні та за її межами. Кілька тисяч організацій, від невеликих геодезичних фірм до обласних

центрів ДЗК, інститутів землеустрою та аерогеодезичних підприємств обрали програму своїм робочим інструментом.

Ми звикли бачити плоскі карти, як на папері, так і на екрані комп'ютера. Такі карти несуть достатньо інформації для цілей землеустрою, проте мало придатні для інженерних цілей, екологічного моніторингу, водного господарства, гірничої справи та багатьох інших застосувань. Традиційно рельєф виражають у вигляді горизонталей, однак набагато наочніше він може бути представлений у вигляді тривимірної моделі.

Карти в Digital, завжди є тривимірними, в тому сенсі, що кожна точка містить значення висоти. Щоб побачити карту в обсязі досить включити відповідний вигляд (Рис. 3.). Модель рельєфу може бути представлена у вигляді регулярної сітки або суцільної поверхні. На поверхню можна накласти зображення місцевості. Це дозволяє виявити помилки в моделі рельєфу і уявити, як дана місцевість виглядає в реальності.

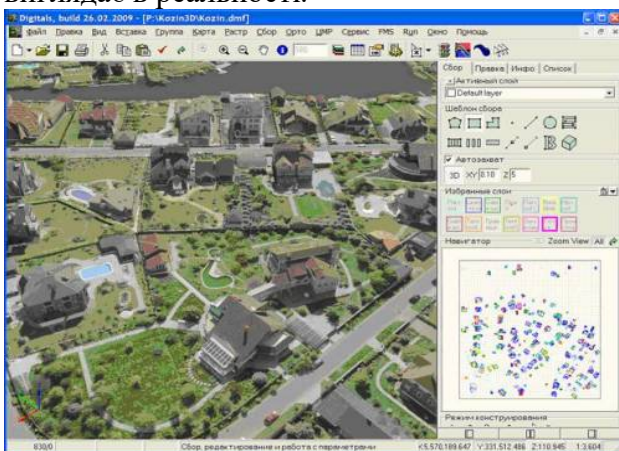


Рис. 3 Робоче вікно програми Digital, з відображеними в ньому 3D об'єктами

3D можливості Digital не обмежуються тільки тривимірним переглядом карти. Програма володіє повноцінним набором інструментів для збору, редагування і підготовки до онлайн-публікації карт з фотореалістичним відображенням рельєфу місцевості і моделей будівель. Ось складові для створення такої карти [4]:

- Цифрова модель рельєфу. Вона використовується при створенні ортофотопланів та для "посадки" моделей будівель на поверхню.
- Ортофотоплан. Використовується в якості текстури поверхні.
- Будинки. Збір об'єктів будівель відбувається в режимі стерео з використанням спеціальних шаблонів Будівлель (3D). Також можливе перетворення з "плоских" полігонів.
- Інструментарій. Для "доведення" будівель і генерації текстур стін з аерознімків в Digital використовується спеціальний інструментарій, реалізований у вигляді команд Digital Script.
- Експорт. Кінцевий результат можна переглядати в Digital, використовуючи тривимірний вигляд, або експортувати в формат Google Earth KML / KMZ.

Переваги даного програмного продукту:

- 1) Зручний інтерфейс.
- 2) Повністю локалізована.
- 3) Достатньо інформації як на українській так і російській мовах.
- 4) Підтримка повного технологічного ланцюжка від обробки геодезичних вимірювань до друку техдокументації.
- 5) Зручний 3D редактор.
- 6) Запис і читання файлів у форматах популярних ГІС.

Недоліки:

- 1) Важко справляється з великим масивом 3D даних.

Програмний продукт MicroStation

Сімейство MicroStation складається з багатьох програмних продуктів, об'єднаних єдиним концептуальним підходом і інтегрованих з базовим програмним продуктом — MicroStation. MicroStation є багатофункціональним, високопродуктивним пакетом автоматизованого проектування, який забезпечує функції креслення, візуалізації, аналізу, моделювання і керування базами даних (Рис. 4).

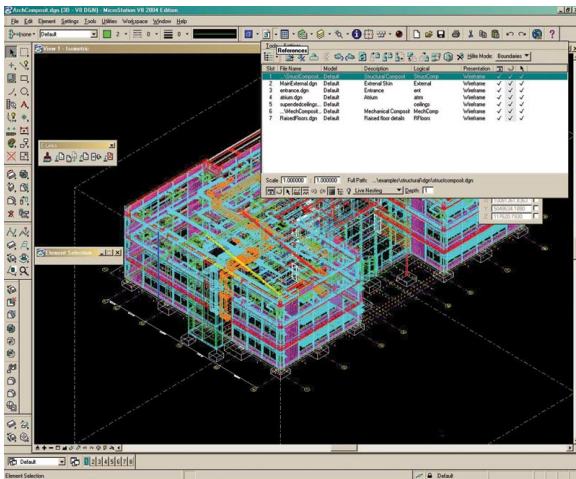


Рис. 4 Робоче вікно програми MicroStation

У цього пакета сильний інтерфейс, що однаково функціонує на всіх підтримуваних платформах. Пакет особливо корисний для груп розробників і користувачів, що працюють у мережевому режимі. Застосовуваний у MicroStation багатокористувальницький підхід забезпечує ефективну спільну роботу групи проєктувальників незалежно від типу комп'ютерних платформ. Внутрішня архітектура пакета дозволяє використовувати макроси і створювати нові додатки. Користувачі можуть створювати різні тематичні карти, використовуючи атрибутику бази даних для керування ресимволізацією елементів і заповненням площ, функції для автоматичної класифікації даних і генерації легенд. Оверлейні операції, як,

Висновки

Під час проведених досліджень було виявлено, що найкращою методикою для створення тривимірних моделей являється напівавтоматичний метод через високу продуктивність та точність. В рамках дослідження авторами проаналізовано можливості програмних продуктів GeoMedia 3D, CityGML,

наприклад, перетинання або об'єднання багатокутників, дозволяють користувачам виявляти просторовий зв'язок між шарами даних. MicroStation надає користувачам можливість створювати віртуальні шари топології. Ці топологічні шари використовуються для виконання різних просторових операцій. У MicroStation доступні функції не тільки 3D моделювання, але і створення фотореалістичних зображень [5]. Програмний продукт визнаний у багатьох країнах світу основним, або одним з основних в області земельного кадастру (Швейцарія, США, Іспанія і т.д.).

Переваги даного програмного продукту:

- 1) Підтримка різних координатних систем для зручного відображення просторових даних;
- 2) Можливість працювати в мережевому режимі.
- 3) Можливість використовувати макроси і створювати нові додатки.
- 4) Достатньо інформації на російській мові.

Недоліки:

- 1) Важкість в освоєнні інтерфейсу.
- 2) Не є популярним продуктом на теренах України.

DIGITALS та MicroStation. Найкращим вибором для створення тривимірного кадастру слугуватиме пакет програм MicroStation, який з використанням напівавтоматичного методу дозволяє створювати нові додатки, віртуальні шари топології і т.д.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Александр Бондарец. «Основные стратегии создания 3D моделей городов». www.gis-lab.info
2. Р.Е. Глуховский, К.А. Зернов. «Intergraph: Новый

геоинформационный продукт» - Выпуск №2, Зима – 2010;

3. Thomas H. Kolbe. «What is CityGML». www.citygml.org;

4. Дмитрий Федоров. «Digitals Использование в геодезии, картографии и землеустройстве». Аналитика – 2015;

5. О.О. Світличний, С.В. Плотницький. «Основи Геоінформатики». Університетська книга, Суми – 2006

6. E. Tsiliakou, T. Labropoulos, E. Dimopoulou TRANSFORMING 2D CADASTRAL DATA INTO A DYNAMIC SMART 3D MODEL 8th 3DGeoInfo Conference & WG II/2 Workshop, 27 – 29 November 2013, Istanbul, Turkey

M. Nychvyd, A. Sheidyk

Uzhhorod national university, department of Land Management and Cadastre

ANALYSIS SOFTWARE FOR CREATION OF 3D CADASTRE

The analysis methods and software that can be used to create three-dimensional models of cadastre are done. Such software as GeoMedia 3D, it CityGML for 3D modeling software package DIGITALS and MicroStation are considered. Based on the analysis of software's capabilities were identified their advantages and disadvantages.

Keywords: 3D modeling, 3D cadastre, GeoMedia 3D, cadastral database, CityGML, Digitals, MicroStation.

М. Р. Ничвид, А. А. Шейдик

Ужгородский национальный университет, кафедра Землеустройства и Кадастра, ул. Народная 3, Ужгород, 88000

АНАЛИЗ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ ПРИ СОЗДАНИИ 3D КАДАСТРА

Проведен анализ методики и программного обеспечения, которое можно использовать для создания трехмерных моделей кадастра. В статье поэтапно рассмотрены такие программные продукты как: GeoMedia 3D, CityGML для 3D моделирования, программный продукт DIGITALS и пакет программ MicroStation. На основании анализа возможностей программных продуктов выявлены их преимущества и недостатки. Ключевые слова: 3D моделирование, 3D кадастр, GeoMedia 3D, кадастровая база данных, CityGML, Digitals, MicroStation.