

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка,  
географічний факультет*

## **СПЕЦИФІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТРИВИМІРНИХ РЕАЛІСТИЧНИХ КАРТОГРАФІЧНИХ МОДЕЛЕЙ**

**Вступ.** Тривимірні реалістичні моделі – це вид картографічної продукції, який відтворює наближений до реального вигляд природного ландшафту чи забудованої території. Оскільки це словосполучення є складним, далі по тексту використовуватиметься простіше – тривимірна реалістична модель або тривимірний модель; ці словосполучення і слово „модель” вважатимуться тотожними. Тривимірні моделі належать до одного з видів віртуальних геообразень.

Найважливішою ознакою картографічного зображення з традиційної, а не наукової, точки зору є умовні знаки і підписи [1]. Саме тому автор обрав термін "модель", а не карта, для позначення цього виду картографічних творів.

**Аналіз останніх публікацій на цю тему.** В [1] викладено властивості віртуальних геообразень, сфери їх застосування, перспективи розвитку геоінформаційного картографування.

В [2] розглядаються сутність і трактування карт як моделей. Генералізація карт найповніше описана в [12]. Джерело [4] перераховує всі властивості карти як моделі місцевості. [6] є вичерпним джерелом про програму тривимірного моделювання Вгусе, в якому добре викладена сама теорія побудови геообразень, проте з точки зору не картографа, а художника. В книзі [5] розглянуті різні форми графічної наочності і розроблена методика їх складання. Висновки мають бути враховані під час створення тривимірних моделей для навчальних цілей. Подібні рекомендації даються і в [8].

В [9] розроблені методи і шляхи створення динамічних картографічних моделей проблемно-практичної орієнтації. Автор [14] розглядає застосування геообразень в різних сферах виробництва.

**Вихідні передумови.** На сьогодні тривимірні моделі місцевості частіше використовуються для потреб дизайну, в кінематографі й рекламі. В цих галузях вони вважаються продуктами графічного дизайну, але не картографії. Хоча характеризуються всіма властивостями, які притаманні картам. Такі властивості широковідомі і наводяться в будь-якому постібнику з картографії, наприклад [4]. Разом з тим для тривимірних моделей характерні деякі специфічні властивості, які обумовлені технологією їх створення.

**Постановка завдання** – визначити специфічні властивості тривимірних моделей як

картографічних творів.

**Терміни й визначення.** *Віртуальне геозображення* – це особлива просторово-часова модель реальних чи абстрактних об'єктів і ситуацій, що формується й існує в програмно-керованому середовищі і створює можливість для інтерактивної взаємодії з користувачем [1]. До цього виду картографічних творів належать всі картографічні анімації, інтерактивні карти, тривимірні моделі та блок-діаграми.

*Текстура* – растрове зображення, що накладається на поверхню полігонів тривимірних моделей для надання їх кольору, зафарбування чи рельєфу [15].

**Виклад основного матеріалу.** Віртуальні геозображення відтворюють реальні й абстрактні об'єкти і ситуації і забезпечують інтерактивну взаємодію з користувачем. Вони поєднують у собі властивості карт, космічних знімків, блок-діаграм і комп'ютерних анімацій. Занурюючись у віртуальне середовище, користувач отримує повну ілюзію польових спостережень і безпосереднього доступу до об'єктів різного розміру – від невеликих ділянок місцевості до всієї планети [1]. Тривимірні реалістичні картографічні моделі є частиною цих продуктів. Вони мають низку спільних властивостей і такі, які вирізняють їх з-поміж всіх інших картографічних творів, тобто нові специфічні. Вони винесені в табл. 1.

Таблиця 1.

**Спільні властивості віртуальних геозображень і тривимірних реалістичних моделей**

Властивість	Віртуальне геозображення	Тривимірна реалістична картографічна модель
Реалістичність	Тривимірність і перспективність зображення	Повна відповідність ландшафту
Інтерактивність	зміна параметрів і зовнішнього вигляду моделі в інтерактивному режимі за допомогою команд меню	
Багатовимірність	Три просторових виміри і один часовий	
Мультимедійність	Робота переважно на вихідній платформі в програмованому середовищі або експорт у вигляді зображення чи відеопослідовності	Можливість роботи на багатьох апаратних платформах, окремо від програмованого середовища (програми, в якій було створено модель)
Мультимасштабність і багаторівнева генералізація	Перехід з одного масштабного рівня на інший за рахунок зміни рівня деталізації і текстур зображення	
Анімованість	рух і зміна всього зображення в цілому, окремих його елементів чи	

	положення камери в автоматичному чи інтерактивному режимах [1]	
Оновлюваність	оперативне відображення нових даних, в тому числі в режимі реального часу	швидкість оновлення зображення залежить від алгоритму візуалізації і лежить в межах 0,1-30 кадрів за секунду

**Реалістичність** – основна властивість тривимірних моделей, яка вирізняє їх з-поміж віртуальних геозображень та й усіх інших картографічних творів. Реалістичність не ставиться вище змісту моделей, але має підтримуватись доступними засобами побудови. Вона означає відповідність зображення моделі вигляду картографованої території та забезпечується:

- повнотою даних. З результатів досліджень, проведених автором, для задовільного відображення ландшафту достатньо в середньому 200 компонентів. Це різні типи будівель, рослинності, ґрунтів, шляхи сполучення та ін. Ще варто додати близько 30 параметрів оточуючого середовища.

- тривимірними об'єктами, що відіграють роль умовних позначень. Кожен елемент змісту є зменшеною копією відповідного йому об'єкта на місцевості. Як правило, під час побудови тривимірних знаків за мету ставиться лише оптична подібність, тому немає потреби відображати складну структуру картографованого об'єкта, якщо це мінімально впливає на зовнішній вигляд і не є ключовим для показу його характерних рис. Тобто під час побудови тривимірних знаків застосовуються спрощення і генералізація;

- характеристиками камери. Камера – це програмний інструмент, який формує зображення моделі. Для забезпечення правильності сприйняття потрібно достовірно визначити її параметри. До основних із них належать фокусна відділь (кут огляду), формат кадру, положення в просторі і проекція. Ці параметри виставляються таким чином, щоб забезпечити формування наближеного до звичного людині зображення: кут огляду – 90°, формат кадру – 3×4 або 9×16, положення в просторі – горизонтальне, проекція – перспективна.

- реалістичними характеристиками простору моделі (рис. 1). До них належать наявність атмосфери (неба) і горизонту, прямокутна система координат і повітряна перспектива. Повітряна перспектива має 2 складові – атмосферну перспективу, яка означає зміну контрастності на відстані і кольорову перспективу, що означає зміщення відтінку кольору віддалених предметів [7];



Рис. 1 – Простір моделі

**Інтерактивність** – можливість реакції і відповіді програмної оболонки геозображення на дії користувача. Її можна реалізувати тільки за допомогою інструментального програмного забезпечення, до якого належать системи програмування таких мов: Borland C++ Builder – C++; Borland Delphi – Delphi; MapInfo – MapBasic; ArcInfo – Avenue і Basic; Adobe Flash – Action Script, Adobe Dreamweaver – HTML 4.0 та ін. [13]. Будь-яка інша група програмного забезпечення реалізує тільки обмежені її елементи, тому інтерактивність і програмування пов'язані нерозривно.

Теорія інтерактивності порівняно проста. Певна дія користувача генерує системну подію Windows і, якщо для цієї події прописана відповідна процедура-обробник в тілі програмної оболонки, її движок виконує цю процедуру. З точки зору користувача на натиснення ним "мишкою" по певній кнопці в меню модель показує нові властивості об'єктів.

Сама по собі тривимірна реалістична модель – це файл даних, де містяться тільки геометрія й атрибути структурних елементів. Ні одного рядка програмного коду в файлі немає. Тому реалізувати всі свої властивості модель безпосередньо у середовищі Windows не може. Вони реалізуються за допомогою зовнішнього програмного забезпечення, яке звертається до файлу моделі під час завантаження, візуалізації й обробки запитів користувача. Це програмне забезпечення ділиться на:

- базове, в середовищі якого ця модель була створена. Це тривимірні редактори, генератори ландшафтів, ГІС. Інтерактивність реалізується тільки вбудованими функціями цих програм. Можливості створити нові функції немає або вони дуже обмежені. Для комерційного поширення моделей непридатне;
- графічні движки. Забезпечують розширені функції інтерактивності. Відкриті движки постачаються з вихідними кодами;
- програми-оглядачі. Це спрощені версії тривимірних редакторів, геосистем чи оглядачі html-файлів. Після виготовлення тривимірна модель конвертується в файл, який підтримується оглядачем. Користувач може відкрити модель за допомогою нього. Функції інтерактивності – тільки вбудовані в ці

оглядачі;

- програмне забезпечення, написане за допомогою інструментальних засобів. Тільки так можна реалізувати всі функції інтерактивності, які необхідні для даної моделі. Це найбільш трудомісткий, але і найпотужніший спосіб реалізації інтерактивності. Всі карти, що завантажуються в GPS-навігаторах і їх комп'ютерні версії створені саме так.

Інтерактивність розширює сферу застосування моделей, роблячи їх придатними для навчання, досліджень, навігації та інших галузей, де необхідне динамічне, "живе" зображення території.

**Багатовимірність.** Дана ознака закладена вже в назві цього новітнього картографічного продукту. Насправді не всі віртуальні геозображення є тривимірними. З точки зору математики повноцінний вимір означає можливість набуття величиною будь-якого безперервного значення. Якщо величина може набувати тільки дискретних значень, виникає поняття "дробового виміру" [6]. Як правило, віртуальні геозображення мають 2 повноцінних виміри, які відповідають плановим осям координат. Третій параметр – положення по висоті – є дробовим. Встановлення точної розмірності картографічних творів не є завданням теорії картографії, тому в статті це питання не розглядається. Наприклад, в генераторі ландшафтів Vguse 5.5 рельєф будується з так званої "карти висот", або карти G2H. Планове положення точок рельєфу задається позицією пікселя в матриці зображення, а висота – світлотою пікселя. Таким чином, чим вище точка, тим яскравіше відповідна ділянка зображення, а чим більший контраст, тим більш пересічений рельєф ми маємо. Зображення підтримується тільки 8-бітне і, як наслідок, значень висот може бути максимум 256. Тому такі тривимірні моделі можна строго визначити як 2,5-мірні. Дробові вимірювання мають також блок-діаграми.

Повноцінними тривимірними моделями можна назвати такі, геометрія і положення об'єктів яких описуються числами однакової розмірності як для планових, так і для висотних координат. Внутрішній формат збереження їх повинен запобігати втрачати інформації внаслідок огрублення даних. Як правило, в сучасному програмному забезпеченні не стоїть так гостро потреба економії пам'яті. Наприклад, в ArcInfo можна вибирати, з якою точністю зберігати дані.

Четвертий вимір моделей – час, як правило, вважається повноцінним [3]. Більшість програм рахують час у форматі SMPTE з точністю до 1/30 секунди (до кадра).

Третій вимір збільшує інформативність моделей і наближає їх до інформативності природного середовища. Додаткове тематичне навантаження допомагає розуміти зміст карти по-новому, що складно було відтворити, застосовуючи карти на матеріальних носіях.

**Мультимедійність** – можливість поєднання віртуальних геозображень із альтернативними форматами даних, такими як фотографії, анімації, відео- і звукозапис. Це допускає передачу всіх форм

інформації. Ця властивість однаково реалізується як для віртуальних геозображень, так і для тривимірних реалістичних моделей.

Відеозапис чи фотографії виводяться у спеціальному діалоговому вікні програмної оболонки моделі (рис. 2). Вони зберігаються у вигляді окремих файлів у папці установки.

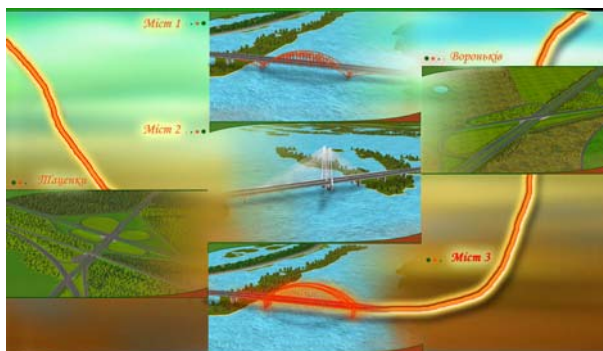


Рисунок 2 – Виведення зображень-кнопок у головному вікні моделі

Для тривимірних реалістичних картографічних моделей мультимедійність не є такою необхідною, як для решти віртуальних геозображень, оскільки саме зображення моделі близьке до природного.

Попередня властивість перекликається із поняттям **мультиплатформеність (кросплатформність)** – здатність електронних геозображень працювати на різних обчислювальних платформах. Кросплатформність зберігається на рівні вихідних кодів і оригінальних файлів тривимірних моделей. Це означає, що перед завантаженням на обчислювальну платформу (комп'ютер, навігатор, КПК чи смартфон) вихідний код програмної оболонки компілюється, а геодані адаптуються (спрощуються). Тільки після цього модель зможе завантажитись. Проте модель з навігатора на персональному комп'ютері не відкриється. Це характерно для всіх кросплатформених програм [13].

**Мультимасштабність і багаторівнева генералізація.** Тривимірна реалістична модель може переглядатися при різних масштабах, кожному з яких відповідає свій рівень детальності. Зміна деталізації виступає не як наслідок зміни масштабу, а як доповнення, що дозволяє керувати завантаженістю карти і системними ресурсами.

Наприклад, на значній віддалі будівлі показуються із суцільною заливкою стін, при наближенні до них на віддаль кількох десятків метрів суцільний колір замінюється текстурою або фотографією фасаду. В ГІС багаторівнева генералізація реалізується визначенням двох масштабів, за яких об'єкти шару показуються на карті. Якщо масштаб менший, об'єкти не показуються взагалі. Більшому масштабу, як правило, відповідає показ другого шару, що за змістом дублює попередній, але з більш деталізованими елементами.

**Анімованість.** Означає рух і зміну всього зображення в цілому, окремих його елементів чи точок огляду в автоматичному чи інтерактивному режимі. Таку властивість мають тільки векторні геозображення. Автоматичний режим добре викладений в [10]. Анімованість в ручному режимі – це інтерактивність.

**Оновлюваність.** Тривимірні реалістичні моделі можуть оперативно відображати дані, які змінюються. Це стосується тільки моделей, створених за допомогою ГІС. Всі інші, побудовані в тривимірних редакторах чи генераторах ландшафтів, такої властивості не мають. Це тому, що файли ГІС не містять самих просторових даних, а тільки посилання на них. Файли інших моделей містять всю інформацію (наприклад, DAZ Bryce 5.5), або тільки векторні дані в одному файлі (3DS Max, Cinema 4D, Lightwave). Текстури, файли відеоряду і фонові зображення містяться окремо.

ГІС генерують зображення моделі за допомогою інструкцій візуалізації відеокарти комп'ютера, тобто за допомогою апаратних алгоритмів. Ці інструкції для платформи Windows називаються DirectX (остання версія 11.0), для всіх інших платформ – OpenGL (2.1). Вони дозволяють прорисовувати зображення з високою швидкістю (30 кадрів за секунду). Такими ж засобами користуються ігрові та прикладні графічні движки (від англ. engine – двигун). Якщо тривимірну модель підключити до такого движка, можна забезпечити її відмінною динамікою та інтерактивністю. Це робиться за допомогою процедури експорту з тривимірного редактора за допомогою плагіна (зовнішньої програми, що підключається до програми-хосту) [11]. Плагін постачається в комплекті з самим движком. Як правило, якість зображення, яку генерують ГІС, невисока, оскільки їх движки використовують набори інструкцій відеокарти однієї з перших версій (OpenGL 1.1 або DirectX 7). Ігрові та прикладні зовнішні движки взаємодіють з найновішими версіями наборів інструкцій, тому якість зображення набагато вища. Якість означає наявність згладжування, м'яких тіней, якіснішої прорисовки текстур, плавність руху по моделі.

Кінцева візуалізація за допомогою тривимірних редакторів та генераторів ландшафтів займає значно більше часу. Для побудови зображення ці програми використовують складні математичні алгоритми, що потребують значно більшої кількості обчислень (приблизно на порядок) і працюють з арифметичним сопроцесором, швидкість обчислень якого менше від відеокарти в середньому в 4 рази. Таким чином, один кадр моделі генерується в кращому випадку за кілька секунд, чого недостатньо для інтерактивної взаємодії з нею. Проте зображення, отримане такими методами, має включну якість, повний спектр RGB і не поступається природному зображенню, отриманому методом фотографії.

Таким чином, для динамічного оновлення необхідно забезпечити перезапис у БД і вказати період оновлення у ГІС.

**Висновки.** Таким чином, тривимірні реалістичні картографічні моделі можуть вважатися одним з

видів новітніх картографічних творів. Їх властивості повністю відповідають новим напрямкам розвитку географічних наук.

**Перспективи подальших досліджень.** З точки зору виробництва картографія вирізняється високою трудомісткістю. Для створення тривимірної моделі потрібно виконати ще більшу кількість рутинної роботи. Без автоматизації виготовлення моделей в більшості випадків буде занадто дорогим і нерентабельним.

Досі не розроблені тривимірні позначення природних об'єктів, способи зображення на реалістичних моделях, в тому числі й динамічних показників. Взагалі теорія тривимірних геозображень поступається практичним напрацюванням.

### Список літератури

1. Берлянт А. М. Виртуальные геоизображения. – М.: Научный мир, 2001. – 0 с.
2. Берлянт А. М. Картография. Учебник для вузов. – М.: Фспект Пресс, 2002. – 0 с.
3. Беручашвили Н. Л. Четыре измерения ландшафта. – М.: Мысль, 1986. – 3 с.
4. Божок А. П., Осауленко Л. Е., Пастух В. В. Картография. Підручник. – К.: Фітосоціоцентр, 1999. – С. 8 - 12.
5. Заездный Н. А. Графическая наглядность в преподавании географии. – М.: Просвещение, 1986. – С. 26-29.
6. Китченс С., Гавенда В. Вгусе для дизайнера: Пер. с англ. – СПб.: ООО ДиаСофтЮП, 2001. – 20 с.
7. Китченс С., Гавенда В. Вгусе для дизайнера: Пер. с англ. – СПб.: ООО ДиаСофтЮП, 2001. – 391 с.
8. Корнеев В. П. Методи навчання географії в школі // Український географічний журнал. – 1997. – № 4. – С. 52-57.
9. Курач. Т. М. Картографічне дослідження динаміки демографічних процесів в Україні. – К.: ЗАТ "Інститут передових технологій", 2004. – С. 12-24.
10. Орещенко А. В. Створення анімаційних карт із заданими переходами між ключовими точками // Вісник геодезії та картографії. – 2008. - № 2 (53). – С. 21-27.
11. Петелин Р. Ю., Петелин Ю. В. Sakewalk SONAR 4 Producer Edition. Секреты мастерства. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 157 с.
12. Салищев К. А. Картоведение: Учебник. – 3-е изд. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 52-55
13. Фаронов В. В. Система программирования Delphi. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 3 с.
14. Шевченко В. О. Дивосвіт геозображень. – К.: Ніка-Центр, 2007. – С. 5-7.



15. <http://ru.wikipedia.org>.

---

*А. В. Орещенко*

### **ВЛАСТИВОСТІ ТРИВИМІРНИХ РЕАЛІСТИЧНИХ КАРТОГРАФІЧНИХ МОДЕЛЕЙ**

Резюме

Описані нові властивості тривимірних моделей, які обумовлені технологією їх створення. В дослідженні враховується економіка картографічного виробництва. Дається порівняння моделей з віртуальними геоображеннями.

*А. В. Орещенко*

### **СВОЙСТВА ТРЕХМЕРНЫХ РЕАЛИСТИЧЕСКИХ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ**

Резюме

Описаны новые свойства трехмерных моделей, которые обусловлены технологией их создания. В исследовании учитывается экономика картографического производства. Дается сравнение моделей с виртуальными геоизображениями.

*A. Oreshchenko*

### **THE PROPERTIES OF THREE-DIMENCIONAL REALISTIC CARTOGRAPHIC MODELS**

Summary

The new properties of three-dimencional models which are defined of the cartografical production technology. In the investigation the economy of cartografical production is taken into account. The comparison of 3D models with virtual geoimages is given.

**Ключові слова:** Тривимірна модель, інтерактивна карта, анімація, мультимедійність.