

– Запропоновано використовувати ефект “псевдокольорів”, що дає змогу чіткіше виявляти кадастрові об’єкти на основі максимального контрасту об’єкта з оточуючою поверхнею.

– Основними радіометричними характеристиками під час візуального розглядання та оцінювання зображень є контраст, яскравість, баланс кольорів та насиченість кольорів. Для підсилення їхнього впливу на інтерпретаційні властивості зображень їх доцільно змінювати в межах  $\pm 10$  одиниць. Більші зміни призводять до візуальної деформації зображень і погіршують інтерпретаційні можливості зображень.

1. Дорожжінський О.Л., Тукай Р. *Фотограмметрія*. – Львів: Вид-во Нац. ун-ту “Львівське політехніка”. – 2008. – С. 330. 2. Тайц А.А., Тайц А.М., Петров М.Н. *Эффективная работа: Photoshop 3*. – СПб.: Питер, 2004. – 765 с. 3. Шлихт Г.Ю. *Цифровая обработка цветных изображений*. – М.: Изд-во ЭКОММ, 1997. – 336 с. 4. Ciolkosz A., Miszalski J., Oledzki i. *Interpretacja zdjec lotniczych*. – Warszawa: Wyd-wo naukowe PWN, 1999. – S. 459. 5. Gonzalez R.C., Wintz P. *Digital Image Processing // Second Edition*. – Addi. 6. Kurczynsky Zd. *Lotnicze i satelitarne obrazowanie Ziemi.cz.1 i cz.2*. – Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2006. – 582 с. 7. Wolniewicz W. *Geometrical Capacity of the VHRS Images Collected with Significant off-nadir Angle. ISPRS. – Hannover Workshop 2005: High-Resolution Earth Imaging for Geospatial Information. Hannover, Germany, 17–20 May, 2005. Vo9l.2, N03/– S. 10–15*. 8. *Geosystem: www.vingeo.com*

УДК 528.952:644/645

**А.В. Орещенко**

Державне підприємство “Українське державне аерогеодезичне підприємство”

## **СПОСОБИ ПРОГРАМНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ТРИВИМІРНИХ РЕАЛІСТИЧНИХ КАРТОГРАФІЧНИХ МОДЕЛЕЙ**

© Орещенко А. В., 2009

*Рассмотрено пять групп программного обеспечения, которое можно использовать для создания трёхмерных реалистических картографических моделей. В пределах каждой группы кратко описаны доступные в Украине реализации. Для обеспечения скорости работы моделей рекомендуется использовать программы, созданные для разработки компьютерных игр.*

*5 groups of the software which can be used for creation of three-dimensional realistic cartographical models are considered. Accessible realizations in Ukraine are described briefly within each group. For speed suppling of model functioning it is recommended to use the programs created for working out of computer games.*

**Вступ.** Тривимірні реалістичні картографічні моделі – новітній продукт у сфері відображення дійсності, який може надати картографія. Ці моделі поєднують властивості традиційних карт і тривимірних моделей, що робить їх придатними для вирішення більшого кола прикладних задач. Кінематограф, дизайн, архітектура, реклама – це ті галузі, що вже давно потребують якісних картографічних моделей. Єдиною вимогою є виведення якісного зображення, що ні за оптичним спектром (100%-й діапазон RGB), ні за структурою графіки не поступається зображенню реального світу, отриманого способом фотографії. Це, безумовно, складне питання, яке можна розглядати як таке, що складається з кількох, набагато простіших, проблем. Інакше кажучи, вирішення полягає не в універсальному програмному комплексі чи у використанні якогось одного з існуючих, а в

поєднанні кількох, абсолютно різних і не пов'язаних між собою, на перший погляд, засобів. Кожен із останніх легко виконує своє завдання, для якого він був створений, а саме ту невелику проблему, яка є частиною глобальнішого питання. Тобто питання побудови тривимірної моделі, яка генеруватиме зображення, що не поступається реальній дійсності.

**Терміни й визначення.** *Рендеринг* – процес візуалізації, тобто прорисовування на екрані тривимірної моделі [4].

*Платформа (комп'ютерна)* – сукупність комп'ютерів, так чи інакше сумісних між собою [6].

*САПР* (система автоматизованого проектування) – це програмний комплекс, призначений для конструювання і технічного креслення за допомогою комп'ютера [8].

*Тривимірна реалістична картографічна модель* – це картографічний твір, одною з головних властивостей якого є майже повна відповідність зображення моделі вигляду ландшафту. Тобто на екрані носія моделі користувач може отримати вигляд місцевості згори або під довільним кутом (збоку). Зображення, що містить тематичне навантаження, накладається на місцевість або взаємодіє з останньою, змінюючи його інформаційні характеристики. Далі по тексту словосполучення “тривимірна реалістична картографічна модель” та слово “модель” вважатимуться тотожними.

*DirectX* – набір API функцій, розроблених для розв'язання задач, пов'язаних з ігровим і програмуванням графіки під Microsoft Windows. На час виходу публікації останньою версією DirectX була 11 [1].

*OpenGL* (від Open Graphics Library – відкрита графічна бібліотека) – специфікація, що визначає незалежний від мови програмування, кросплатформенний інтерфейс для написання програм, що використовують двовимірну і тривимірну графіку. Включає близько 250 функцій для прорисовки складних тривимірних зображень із простих геометричних фігур. Використовується і для візуалізації в наукових дослідженнях [5].

**Аналіз останніх публікацій на цю тему.** У [2] дано детальні відомості щодо створення реалістичних моделей ландшафтів. Описані проблеми, з якими може зіткнутися дизайнер. Більшість із них легко вирішують за методами картографії.

Термінологію тривимірного моделювання добре викладено в [7].

Тривимірні моделі мають працювати на комп'ютерах користувачів, які не завжди є сучасними і потужними. Підготовка графіки для роботи на комп'ютерах користувачів викладена в [1, 3, 5]. Підготовка інтерактивних комп'ютерних моделей описана в [9].

На сайті [13] наведений вичерпний опис програм групи Ландшафтні дизайнери і Генератори ландшафтів. Проте наявні численні неточності і повтори у викладенні матеріалу. На офіційних сайтах виробників геосистем [11, 15, 16, 17] і офіційних дистриб'юторів [12, 14] є описи можливостей програм. Для отримання вичерпної інформації щодо роботи в геосистемах автор звертався до довідки (Help), яка постачається разом з демонстраційною версією кожної програми.

**Постановка проблеми.** Сьогодні відома велика кількість програмного забезпечення, котре може бути використано для побудови тривимірних реалістичних картографічних моделей. У розділі статті “Виклад матеріалу дослідження” йтиметься переважно про комп'ютерні програми, що забезпечують *напівавтоматизоване* створення тривимірних моделей, яке передбачає якомога менше маніпуляцій оператора. Як відомо, виготовлення цифрових карт відрізняється високою трудомісткістю і цей вид робіт складно прискорити. Можна лише на певну величину знизити затрати праці, застосовуючи ЕОМ, однак повністю автоматизувати збір інформації неможливо. Нині кожну одиницю інформації (положення чи то атрибут об'єкта) має ввести оператор вручну. Виготовлення моделі “з чистого аркуша” автор вважає недоцільним; ще на початку досліджень цей напрямок був відкинутий як економічно необґрунтований. Лише у окремих випадках, більше для дизайну, ніж для картографії, може було виготовлено стилізована тривимірна модель.

Застосування моделей дає економічну вигоду порівняно із засобами традиційної картографії, бо сьогодні є поза конкуренцією, тільки потрібно знати, які ми маємо програмні інструменти і котрий з них краще застосувати в кожному конкретному випадку. Тому **метою** статті є огляд всіх

доступних в Україні програмних засобів, що мають безпосереднє значення для створення і редагування тривимірних реалістичних картографічних моделей.

**Виклад матеріалу дослідження.** Весь час “життя” тривимірних картографічних моделей можна поділити на чотири частини.

1. Створення. Полягає у виготовленні моделі “з чистого аркуша” або перетворення (напівавтоматичну конвертацію) закінченої цифрової карти в тривимірну модель.

2. Редагування. Редакторський перегляд і виправлення помилок виконавця і неточностей конвертації.

3. Підготовка до публікації та публікація. Перенесення оригінальної моделі в загальнодоступний формат, що підтримується платформою і програмним забезпеченням (прошивкою) пристрою виведення.

4. Використання. Споживання корисних властивостей моделі.

У комп'ютерній науці все програмне забезпечення можна класифікувати за кількома ознаками (вартістю на ринку, фірмою-виробником, вимогами до системних ресурсів, платформою). Але найважливішою ознакою програмного забезпечення, на думку автора, є мета, тобто перелік операцій, для виконання яких створено програму. Автору ще не відомі програми для побудови тривимірних реалістичних картографічних моделей (в крайньому разі, в технічній документації до розглянутих нижче програм немає навіть схожих понять).

Створення програми, що за своїми характеристиками конкуруватиме з відомими сьогодні комплексами і основною функцією якої буде побудова картографічних моделей – справа економічно неприйнятна. Тому виходом із ситуації, що склалася, є пристосування наявного програмного забезпечення для потреб тривимірної картографії. Цікаво, що подібним шляхом розвивалась така галузь людської діяльності, як архітектура, де спочатку використовували програми, призначені для креслення і конструювання (САПР типу AutoCAD). Пізніше на базі САПР-систем були створені архітектурні програми (типу CINEMA 4D версії 10, Autodesk Autocad Architecture 2008). Ще через деякий час з'явилося програмне забезпечення, написане власне для архітектурних потреб (типу ArchiCAD, Punch Home Design Architectural Series 4000 10, Nemetschek Allplan).

Можна виділити п'ять груп програм, що тою чи іншою мірою можуть задовольнити потреби картографії у реалістичному відображенні дійсності. Кожна така група має назву, що закріпилася за нею під час виникнення конкурентів, що мали подібні властивості до програм-флагманів (перших у своєму класі). Всередині групи вони мають схожий інтерфейс (подібно взаємодіють з користувачем) і майже однаковий принцип роботи. Але можливості (тобто набір функцій) різняться більш ніж у кілька разів, що своєю чергою впливає на ціну.

**ГІС.** Перша група існує ось уже майже 50 років (починаючи з Canada GIS) і називається геоінформаційні системи (ГІС). ГІС – це інформаційна система, що забезпечує збір, зберігання, обробку, відображення, аналіз, моделювання і поширення географічних даних [10]. ГІС відомі майже кожному картографу і переважній більшості фахівців, що мають справу з просторовими даними. Це програмне забезпечення розвивалось паралельно із збільшенням потужності обчислювальних систем і в кінці ХХ ст. найпотужніші з ГІС отримали можливості тривимірної візуалізації у вигляді окремого модуля розширення (IMAGINE VirtualGIS для ERDAS, ArcGIS 3D Analyst для ArcInfo).

Автору відомі тільки 3 ГІС, що мають можливості для побудови повноцінних тривимірних моделей. До них належать InterGraph GeoMedia, ERDAS Imagine та ESRI ArcInfo (перше слово у назві продукту означає аббревіатуру фірми-виробника, друге – назву продукту). Інші ГІС мають тільки окремі засоби для роботи з тривимірними моделями (MapInfo, Panorama Map) або дуже обмежені можливості (Autodesk Map 3D, gvGIS, GRASS, MapXtreme, K-MINE, STAR-APIC, Tekla Xpower, Zulu, Дубль-ГІС, Manifold, IndorGIS, CityCom).

3D модулі GeoMedia, Imagine і ArcInfo мають візуалізатор, що для роботи використовує набір інструкцій відеокарти OpenGL версії 1.1 (аналогічний DirectX, але кросплатформний). Цей набір інструкцій дозволяє швидко (до 30 раз за секунду) отримувати зображення, проте сама графіка є невисокої якості, на відміну від таких груп програм, як тривимірні редактори та генератори ландшафтів,

візуалізатори яких використовують кілька методів побудови зображення. Процесори сучасних відеокарт підтримують OpenGL 2.1, що дає змогу формувати більш-менш якісну картину. Цей недолік обмежує застосування ГІС для побудови тривимірних моделей (рис. 1). Невеликий перелік умовних позначень, що можуть візуалізуватись як тривимірні об'єкти, накладає додаткові обмеження. Наприклад, всі житлові будинки під час візуалізації інтерпретуються як паралелепіпеди, а шляхи сполучення є текстурою (растровим зображенням, що накладається на каркас рельєфу), тобто плоскими.

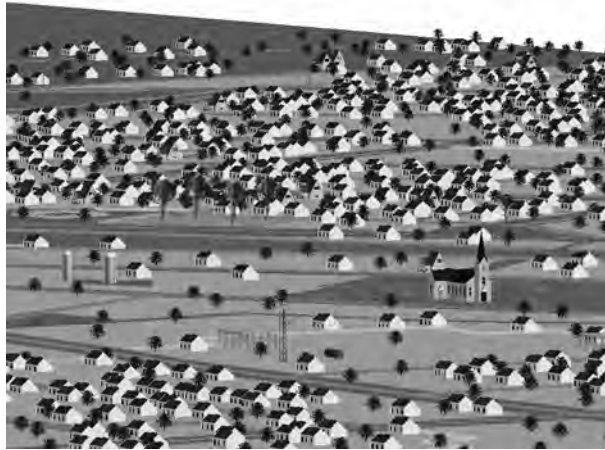


Рис. 1. Вигляд тривимірної моделі, створеної за допомогою ArcGIS 3D Analyst [10]

Але саме за допомогою геосистем можна збирати і накопичувати ті дані, які так необхідні для побудови тривимірних моделей. Адже найбільшою проблемою, з якою стикається виконавець під час створення тривимірної моделі, є відсутність і складність введення даних. До цифрової карти (зокрема і до цифрової топографічної карти, ЦТК) ставляться ті самі вимоги, що й до паперової. Тобто ЦТК більш-менш досконало характеризує місцевість, чого достатньо для побудови каркасу 3D моделі. Подальше покращання художніх характеристик можна виконати зовнішніми засобами, зокрема в наведених нижче тривимірних редакторах.

Конвертована з геосистем тривимірна модель, повно характеризуючи місцевість, з практичного боку, значно поступається ландшафту, з художнього боку. Природна місцевість несе значно більше інформації, яка не є критичною і була втрачена під час картографування. Це мікрорельєф, наявність атмосфери, ґрунти тощо). За допомогою внесення незначних локальних змін за випадковим законом, можемо отримати той самий мікрорельєф, неоднакову рослинність, ілюзію руху води, хмари на небі тощо).

Далі коротко перераховані найпоширеніші на території України геосистеми і їхні можливості тривимірного моделювання.

*ArcGIS* – сукупність програмних продуктів американської компанії ESRI (Environmental Systems Research Institute – Інститут досліджень систем навколишнього середовища) з 1982 р. Остання версія – 9.3. Програма дає змогу обробляти великі обсяги статистичної інформації, що має географічну прив'язку. До ArcGIS входить окремий модуль (*ArcGIS 3D Analyst*), що здійснює просторовий аналіз даних у форматі триангуляційної нерегулярної сітки. 3D Analyst також надає засоби тривимірної візуалізації.

*Intergraph* – організація, що працює в сфері комп'ютерної графіки і апаратних прискорювачів для неї, геоінформаційних систем, створення повноцінного середовища для проектування і твердотільного моделювання (не плутати з CAD – простим викреслюванням). Заснована в 1969 р. в США, Intergraph на багато років за технологіями випереджає сучасне загальнодоступне програмне забезпечення. На жаль, Intergraph є основним постачальником для керівництва США, тому не всі продукти є загальнодоступними. Її продукт називається GeoMedia.

*ERDAS* – аббревіатура від Earth Resources Data Analysis System – Система аналізу даних про ресурси Землі. Має схожі можливості попередніх геосистем. Модуль для 3D-аналізу – VirtualGIS

Пакет *MapInfo* фірми Mapping Information Systems Corp. (1987) є найпопулярнішим в Україні за кількістю встановлених версій. Модуль розширення *Vertical Mapper* (остання версія, відома автору: 3.1) забезпечує перетворення ізоліній в регулярну сітку і подання статистичних даних у тривимірному вигляді (рис. 2). Модуль *Fly 3D* має будувати тривимірну модель з рельєфу і будівель, але під час випробувань не вдалося його завантажити (рис. 3).

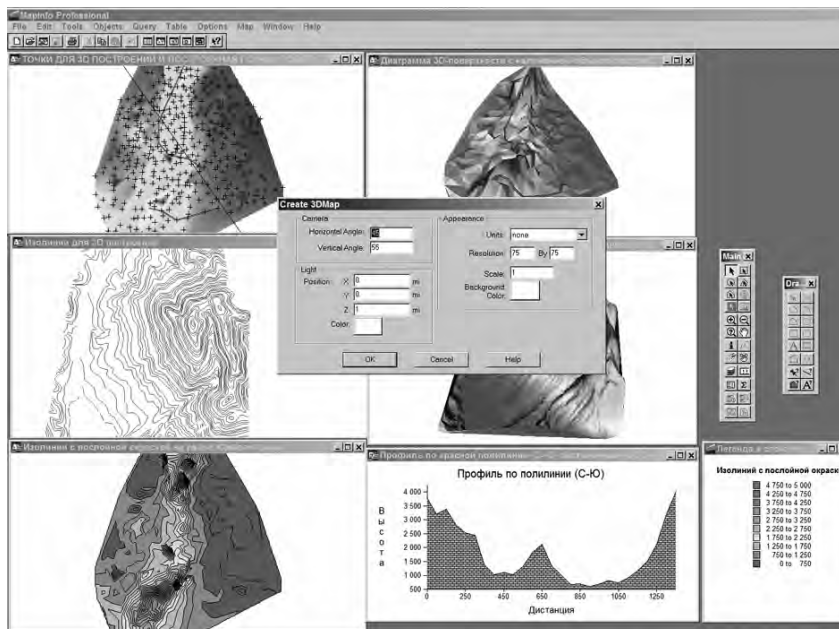


Рис. 2. Вікно модуля *Vertical Mapper*

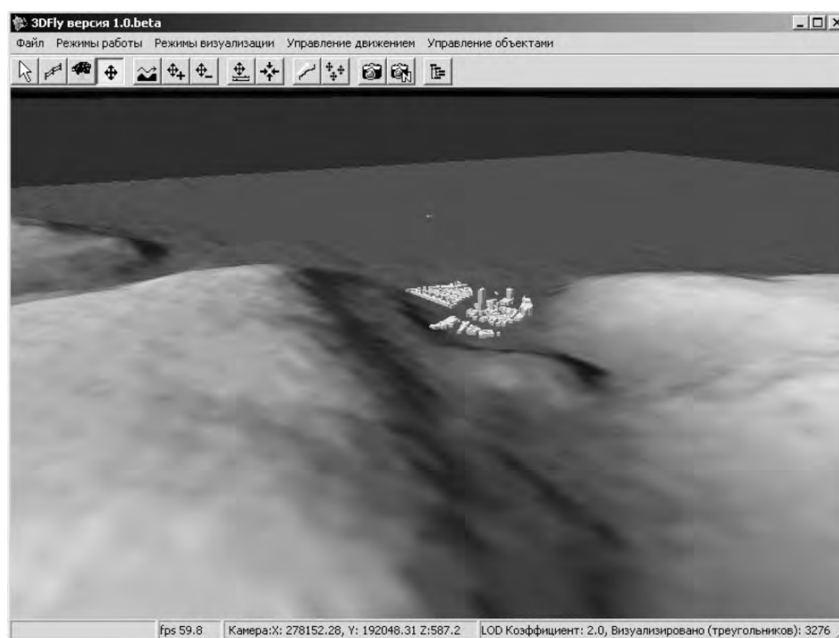


Рис. 3. Вікно модуля *Fly 3D*

*Панорама Карта* версії 2005 відображає растрово-векторну плоску модель у перспективі. Присутня можливість навігації по моделі шляхом вибору точки на карті, яка стає видимою у вікні 3D навігатора. Можна здійснювати обліт карти за траєкторією, що подібна до вісімки. Програма використовує для візуалізації режим *DirectX* (рис. 4).

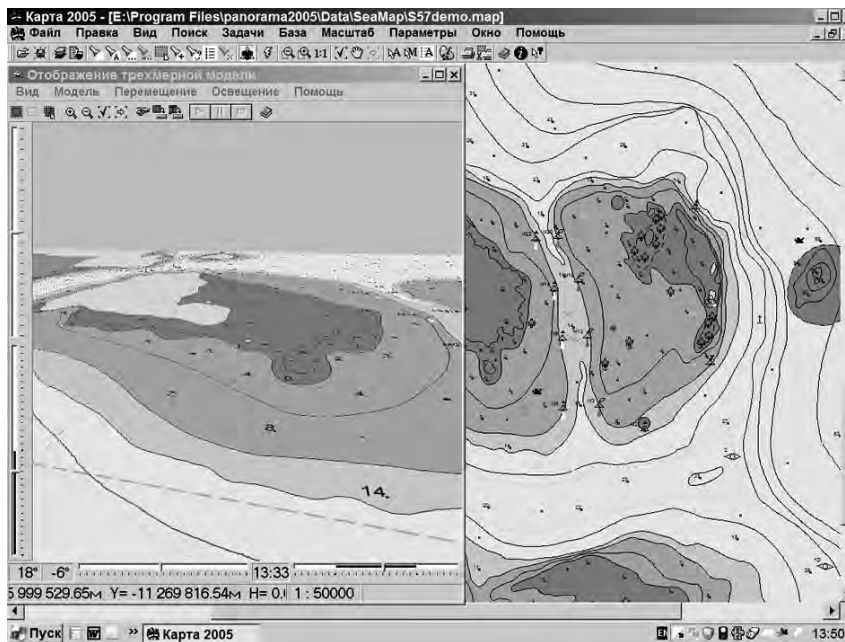


Рис. 4. Режим 3D в програмі Панорама Карта 2005

Розглядаючи ГІС, зауважимо, що їх можна використовувати для демонстрації моделей, отриманих у реальному часі, або якщо не вимагається надання якісного зображення (для технічних цілей). Взагалі якість зображення має бути вказана замовником.

Тому значення ГІС полягає у забезпеченні інформацією засобів побудови тривимірних моделей.

**Редактори тривимірної графіки.** До цієї групи належать такі відомі програми, як 3D Studio Max (остання версія 2009) і Maya 2008 фірми Autodesk, LightWave 9 фірми NewTek, Cinema 4D 10 (виробник Maxon). Також є нескінченний перелік значно менших за потужністю редакторів тривимірної графіки, побудованих на базі ядра 3D Studio Max або самостійних розробок невеликих фірм (3D Geometrical Objects 1.4, Alteros 3D Version 2.1, Atlast Software Sketchup 3.0.102, CtrlView 2.80, Mootools 3D Photo Browser 8.31, Okino Polytrans 2.2.30, Quest3D Professional 2.5, Serif Impact Plus v4.0).

Основними функціями останніх є побудова 3D моделей, але не місцевості, а окремих об'єктів реального світу. Сьогодні випущено велику кількість збірників таких тривимірних моделей на оптичних дисках, де популярними є персонажі фільмів, транспортні засоби, тваринний світ. Автор не бачив ні одного збірника тривимірних моделей ландшафтів, які найскладніше моделювати, що свідчить про вільшу нішу на ринку електронної продукції. Автор переглянув значну кількість фільмів, де використовувались тривимірні моделі ландшафтів (Planetary Traveller – Міжпланетний мандрівник, Star Wars – Зоряні війни) і помітив, що кінематографи мали ту саму проблему, про яку було наведено вище. Йдеться про недостатність інформації, тому ландшафт здавався неприродним, занадто спрощеним.

Ця група програмного забезпечення найкраще підходить для створення тривимірних моделей на основі топографічних карт, де мінімально використовуються художні засоби. Тривимірні редактори цього класу оптимізовані для оброблення та збереження великої кількості даних, швидко перерисовують модель у каркасному вигляді, добре налагоджені, тому рідко аварійно закінчують роботу із втратою даних.

Створення тривимірної моделі полягає у пошаровому імпорті даних, підготованих за допомогою ГІС або сторонніх засобів, редагування моделі відповідно до вимог замовника і виправлення помилок, що виникли через несумісність форматів. Далі модель готується до експорту, наприклад, для суміщення з базою даних, якщо планується створення 3D карт для портативних пристроїв: спрощуються контури, видаляються допоміжні об'єкти тощо. Також тривимірні редактори здійснюють рендеринг моделі з метою отримання зображень і надання їх користувачам.

*C4D* – скорочення від Cinema 4D фірми MAXON (Німеччина) є комплексною програмою для створення і редагування тривимірних об'єктів і ефектів. Перша версія випущена в 1993 р. на

платформі Amiga. Четверта версія, що вийшла в 1996 р., могла працювати під Microsoft Windows і Mac OS. Сьогодні остання доступна версія – CINEMA 4D R10.5 [10].

*Maya* – стандарт тривимірної графіки для кіно і телебачення. Спочатку була розроблена під ОС Irix (платформа SGI), пізніше портована під ОС GNU/Linux, Microsoft Windows и Mac OS. Тепер є версії як для 32, так і 64-бітних систем. Maya була розроблена Alias Systems Corporation. У 2005 р. компанію Alias було придбано Autodesk. Важлива особливість Maya – її відкритість для сторонніх розробників, що дозволяє власноруч написати код потрібної функції [10].

*Newtek Lightwave 3D* – програмний пакет, випробуваний в телебаченні, кіноіндустрії, промисловому та веб-дизайні, який має набір операцій, стандартних для промислових тривимірних редакторів.

*3DS Max* – скорочення від 3-Dimensional Studio Max – тривимірний редактор компанії Autodesk, найпоширеніший на території СНД.

**Ландшафтні дизайнери.** Це група програм, що тільки останнім часом набула значного розвитку у зв'язку з поширенням індивідуального будівництва. Продукт, який створюють ці програми, складно назвати реалістичною моделлю через низьку якість зображення, обмеженість території моделі, невелику кількість підтримуваних для імпорту форматів і, як наслідок, бідний набір умовних позначень. Та самі умовні позначення є не тривимірними, а плоскими, розміщеними на площині ландшафту.

До групи входять такі продукти, як Autodesk Land Desktop 2007, Chief Architect 10.0 (мал. 5), Landscaping and Deck Designer 7.0, Total 3D Landscape Deluxe 8.0, Alpha Complete Landscape Deluxe 3.0. Єдиною причиною, яка може виправдати застосування цих програм, є вимога замовника.

**Генератори ландшафтів.** Сферою діяльності людини, в якій задіяні генератори ландшафтів і для якої розроблені, є дизайн. Сучасні пакети більше пристосовані для побудови природних ландшафтів ніж моделей населених пунктів. Більшість програм підтримують експорт та імпорт з провідними 3D пакетами. Сюди входять: а) Bryce; б) World Builder; в) Terragen; г) MojoWorld; д) VistaPro; е) Vue d'Esprit; ж) GenesisIV; з) GeoFrac 2000; к) Kashmir 3D;

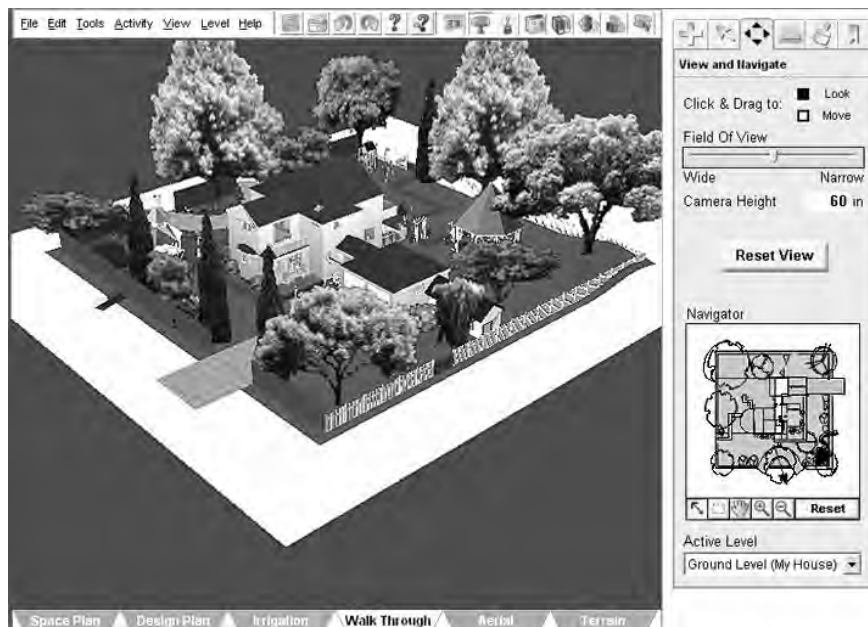


Рис. 5. Вигляд вікна типового ландшафтного дизайнера

Генератори ландшафтів, на відміну від інших груп, мають попередньо заданий математичний апарат і вихідні умови створення моделі. Інакше кажучи, завантаживши програму, ми вже маємо принаймні небо і землю, які не так просто створити в тривимірному редакторі. Далі по тексту коротко охарактеризовані генератори ландшафтів, оптимізовані для побудови дрібномасштабних карт і моделей природних ландшафтів.

*Bryce (3D)*. Розроблювач: DAZ, Meta Creations. Інтерфейс програми дуже зручний, всі елементи створеної моделі проєктуються в одне вікно. Отримане зображення складається з “вокселів” – тривимірних точок, що найбільше відповідає будові реального простору. Отже, ландшафт складається не з полігонів, а із дрібних часток. Ця технологія виділяє Bryce серед всіх інших тривимірних графічних додатків.

Існує можливість візуалізувати модель, використовуючи процесорні потужності комп'ютерів, об'єднаних у мережу. Движок пакета здатний виконувати складні розрахунки, наприклад, розмиття відбиття, м'які тіні. Він використовує доволі складний метод трасуючих променів. Тому саме якість візуалізації зображень виділяє цю програму з ряду подібних їй. Підтримується створення анімації географічних явищ та процесів у форматах AVI, MOV, серії BMP [2]. Сьогодні Bryce є лідером у класі програм для генерації ландшафтів на території України. Автор вважає цю програму найкращою, тому і виділив на її повне освоєння близько півроку вільного часу.

*Vue d'Esprit*. Розроблювач: e-on Software ([www.e-onsoftware.com](http://www.e-onsoftware.com)). Vue d'Esprit – один з головних конкурентів Bryce, крім ринку СНД, куди Vue не постачається. Програма вкрай вимоглива до системних ресурсів. Як у будь-якому 3D-редакторі, можна створювати всі основні примітиви – сферу, циліндр, куб, піраміду, тор, площину тощо. Ландшафт, атмосферні явища, рослинний покрив можна задати власноруч або скористатись бібліотекою. Окремі інструменти накладають на рельєф імітацію дії екзогенних явищ. Крім того, є можливість використати як рельєф карти G2H. Програма побудує рельєф, грунтуючись на принципі: чим світліша ділянка, тим більша його висота. Програма підтримує урізноманітнення вигляду рослин і їх автоматичне поширення на площі. Тільки в цій програмі є підтримка анімованих текстур для імітації проточної води, руху хмар тощо. Для рендерингу доступні такі функції, як об'ємні ефекти, розмиття під час руху, м'які тіні, глибина фокусу, розмиті відблиски й каустика. Програма підтримує повноцінну анімацію камери і об'єктів.

*World Builder*. Розроблювач: Animatec Int. Підтримується мережний рендеринг. Програма дає змогу створювати реалістичні ландшафти, воду, атмосферу, рослинність, анімацію природних явищ і процесів. Інтерфейс нагадує 3D Studio MAX. Існує можливість анімації кожної окремої рослини, можна “змусити” коливатися на вітрі поля трави, розбиватися об скелі морські хвилі. У програмі є можливість створення на готовому ландшафті доріг.

*Terragen*. Розроблювач: Planetside. Розмір: 1,6 Мб. Програма безкоштовна. Існує чотири шари, що розташовані кожний на своїй висоті – земля, небо, вода, атмосфера. Рис. 58). У версії, що відома сьогодні, обмеження на розмір вихідного зображення – 4096x4096 пікселів, що відповідає вимогам поліграфічного друку, а для виводу на кіноплівку підходить навіть для кінотеатрів: приблизно за такої самої роздільної здатності прораховують ефекти в сучасних фільмах. Імпорт не підтримується.

*MojoWorld*. Розроблювач: Pandromeda. Незважаючи на значну деталізацію, розмір файла, у якому зберігаються всі дані, рідко виходить за межі сотні кілобайт. Підтримується анімація камери. Вікно рендерингу в реальному часі дає доволі низькоякісне зображення.

*VistaPro*. Розроблювач: Monkeybyte. До програми входять готові приклади ландшафтів.

Побудова тривимірних реалістичних моделей нагадує проєктування планів і топографічних карт місцевості. У комплект VistaPro входить модуль, що дає змогу проєктувати форми рельєфу і зберігати їх у форматі DEM-файла.

*KASHMIR 3D*. Розроблювач: Sugimoto Tomohiko. Програма безкоштовна. Kashmir 3D – програма для створення, насамперед, карт на гірську територію. Спочатку програма призначалася для складання графічних карт, надалі в програму було додано можливість коригування ландшафту з висоти пташиного польоту, створення анімаційних роликів, а також перегляду сцени в тривимірному вигляді. Програма працює з Netscape Navigator або Internet Explorer.

Для максимальної реалістичності враховуються такі фактори, як кругла поверхня Землі й переміщення повітряних потоків повітря. Окремо можна створити карту поверхні з позначеннями висот. Для невеликих областей (не більше 200–300 км) можна використати карту, прикладену до програми. Існує функція переміщення в реальному часі у вікні попередньо перегляду. На карту можна помістити значки-іконки, що відсилають нас до документів, графічних файлів або Інтернет-сторінок.



*GenesisIV*. Розроблювач: Geomantics Ltd. Інтерфейс програми GenesisII простий. Програма не так поширена, як аналогічний Terragen, що пов'язано з слабкою інформаційною підтримкою. За допомогою горизонталей і точок висот задається рельєф. Існує можливість імпорту .bmp файла для його подальшого перетворення в bump-map поверхню. Підтримуються імітація явищ атмосфери. Існує можливість вибору шаруватості й ступеня хмарності, прозорості хмар і їх конфігурації.

*GeoFrac2000*. Розроблювач: GeoFrac2000. GeoFrac2000 – програма для створення, а не для рендерингу тривимірних моделей. Рендеринг далі здійснюється експортом створеної карти в програми Rhino, 3DS Max або Terragen. Набір інструментів Mesh Generators створює ландшафт по координатах. Є можливість імпорту в програму DEM-файлів (Digital Elevation Maps – цифрових карт висот). На жаль, до програми не додається посібник з користування.

П'ята група – **програми для створення комп'ютерних ігор** типу Game Maker, 3D GameMaker, Gmax, Reality factory, Multimedia Fusion, MilkShape 3D Modeler та ін. Дають змогу будувати тривимірні моделі, орієнтовані на орієнтування в просторі та пізнавальні цілі. Тривимірні реалістичні моделі, що можуть бути створеними за їх допомогою найкраще оптимізовані з погляду ресурсів обчислювальної системи. Для порівняння: робота з ГІС потребує швидкісного процесора не нижче 2,0 ГГц, і не менше 512 Мб оперативної пам'яті. І все ж забезпечити плавність руху по моделі важко. Для моделей на основі комп'ютерних ігор – офісна система забезпечує значно краще зображення. Візуалізатор моделі використовує набір функцій OpenGL 2.1, що забезпечує плавність руху і оперативність переміщення в довільну точку карти.

**Висновки.** Описано основні програмні засоби, які можна використати для створення тривимірних реалістичних картографічних моделей. Всі програми доступні в Україні, і автор особисто перевіряв у роботі кілька із перерахованих в кожній групі. Однак існують складні серверні рішення, що дозволяють будувати одну тривимірну модель силами всього підприємства, що має забезпечити оперативність виконання замовлення. Вартість їх сягає порядку кількох сотень тисяч доларів і питання їх придбання в умовах України нині не є економічно виправданим рішенням.

**Перспективи дослідження.** Сьогодні тривимірні реалістичні карти значно поступаються за якістю моделям, створеним для кінематографа і комп'ютерним іграм, не зважаючи на те, що останні створили програмісти і дизайнери. Однак побудова їх вимагає багато часу, бо всі елементи змісту задаються вручну, у той час як картографи мають вже готові двовимірні карти на велику територію. Надалі необхідно приділити увагу створенню тривимірних моделей на основі топографічних карт.

1. Адамс Д. *DirectX: продвинутая анимация. Комплект: Пер. с англ.* – М.: Кудиц-пресс, 2004. – 22 с.
2. Китченс С., Гавенда В. *Врусе для дизайнера: Пер. с англ.* – СПб.: ООО ДиаСофтЮП, 2001. – 374 с.
3. Кундерт-Гиббс Дж., Ларкинс М., Деракшани Д., Кунзендорф Э. *Освоение Maya 8.5: Пер. с англ.* – М.: Диалектика, 2007. – С. 3–12.
4. Мараффи К. *Создание персонажей в Maya: моделирование и анимация: Пер. с англ.* – М.: Вильямс, 2004. – С. 28-29.
5. Райт Р., Липчак Б. *OpenGL. Суперкнига: Пер. с англ.* – 3 изд. – М.: Вильямс, 2006. – 1011 с.
6. Херн Д., Бейкер П. *Компьютерная графика и стандарт OpenGL: Пер. с англ.* – 3-е изд. – М.: Вильямс, 2005. – 45 с.
7. Цыцын С. *Понимая MAYA.* – М.: Арт Хаус медиа, 2007. – С. 1028.
8. Финкельштейн, Э. *AutoCAD 2002. Библия пользователя: Пер с англ.* – М.: Вильямс, 2004. – 34 с.
9. Энджел Э. *Интерактивная компьютерная графика. Вводный курс на базе OpenGL: Пер. с англ.* – 2-е изд. – М.: Вильямс, 2001. – 532 с.
10. [ru.wikipedia.org](http://ru.wikipedia.org).
11. [www.autodesk.ru](http://www.autodesk.ru).
12. [www.dataplus.ru/Soft/ESRI/ArcGIS/ArcGIS.htm](http://www.dataplus.ru/Soft/ESRI/ArcGIS/ArcGIS.htm).
13. [www.gardener.ru](http://www.gardener.ru).
14. [www.gisinfo.ru](http://www.gisinfo.ru).
15. [www.esri.com/software/arcgis/index.html](http://www.esri.com/software/arcgis/index.html).
16. [www.intergraph.com](http://www.intergraph.com).
17. [www.mapinfo.com](http://www.mapinfo.com).