

УДК 528.912.644/645

А. В. Орещенко

МОДЕЛЮВАННЯ ХМАРНОГО ПОКРИВУ ДЛЯ ТРИВИМІРНИХ РЕАЛІСТИЧНИХ КАРТОГРАФІЧНИХ МОДЕЛЕЙ

АНОТАЦІЯ

Визначено роль хмарного покриву для тривимірних реалістичних моделей. Дається геометричний спосіб імітації хмар за допомогою ЕОМ. Наводяться рекомендації щодо покращення сприйняття користувачем тривимірної карти.

Вступ. Тривимірні реалістичні моделі ландшафтів є найбільш очевидним засобом відбиття навколишнього середовища з-поміж усіх картографічних творів. Вони відтворюють окремі ділянки місцевості з усіма оптичними характеристиками того зображення, яке бачить користувач, дивлячись на природну місцевість чи техногенний ландшафт. До цього зображення входять відповідні ділянки неба з атмосферними явищами, які можуть займати до половини площі екрану. Відповідно до того, як буде використовуватись тривимірна модель, роль атмосфери можемо розглядати з двох позицій. З позиції картографії (демонстрації населених пунктів, промислових об'єктів), де роль неба не є визначальною, атмосфера не повинна привертати увагу і відбирати ресурси обчислювальної системи. Протилежною є ситуація, коли маємо справу з реалістичними моделями ландшафтів, які застосовуються для потреб освіти, мистецтва, в рекламі. Не кажучи вже про те, що сюжет тривимірної моделі може бути присвяченим виключно демонстрації атмосферних явищ, тоді роль атмосфери на перерахованих продуктах є аж ніяк не другорядною. Реалістичний вигляд неба та атмосферних явищ сприяє цілісному розумінню сюжету моделі, правильному прочитанню її змісту.

На тривимірній реалістичній моделі користувач може не мати безпосередніх засобів визначення розмірів і відстаней до об'єктів, тому такі атмосферні явища, як серпанок і повітряна перспектива дають можливість правильно представити масштаб моделі, оцінити відстань до об'єктів. Деякі атмосферні явища можуть бути безпосередньо пов'язаними із сюжетом моделі. Наприклад, демонстрацію зсуву ґрунту доцільно проводити за дощової погоди, бо за сонячної процес зсуву буде здаватися нелогічним. Можемо сказати, що атмосферні явища є бажаним компонентом тривимірних картографічних моделей.

Аналіз останніх публікацій на цю тему. Фахівці виділяють два типи класифікації хмар: морфологічну (за зовнішнім виглядом) і генетичну (за умовами утворення) [5]. Морфологічна класифікація певною мірою відображає і генетику хмар, тому вона визнана Всесвітньою метеорологічною організацією (ВМО) як міжнародна. За міжнародною класифікацією хмар виділено 10 форм хмар, представлено також короткі описи їх зовнішнього вигляду. Детально описано фізичні характеристики хмар і особливості їх будови та динаміки [6]. Згідно Міжнародної класифікації хмар та керуючись електронним атласом хмар, викладеним на сайті [10], для моделювання було обрано хмари середнього ярусу – висококупчасті (Ac), а саме їх різновид *Altostratus floccus* (Ac flocc.).

На сайті [9] викладено найпопулярніші програмні продукти для створення тривимірних моделей ландшафтів. Для дослідження використовувався програмний пакет Bryce 5.5. Його перевагами є потужність (перша версія випущена в 1995 р.) та наявність вичерпної літератури [2]. Конкуруюча програма *Vue d'Esprit 6* в СНД не продається.

Основні правила побудови перспективних зображень викладені у [3].

Постановка проблеми. На сьогодні запропонувати нове рішення щодо тривимірних моделей складно, бо існує чимала кількість програмних реалізацій для отримання реалістичного вигляду неба. Але сучасні реалізації типу 3DS Max, Maya, LightWave, Cinema 4D є економічно неефективними, оскільки коштують кілька десятків тисяч доларів. Та й вибір дорогої і складної програми зовсім не означає ефективного вирішення поставленого завдання. Тому потрібно шукати більш економічно ефективні варіанти. На даний момент існують альтернативні засоби, що забезпечують кращий результат і дають можливість уникнути перевитрат на виробництві (наприклад Bryce, Vista Pro, Terragen, WorldBuilder вартістю до тисячі доларів).

Метою публікації є представлення алгоритму задання реалістичного вигляду неба для тривимірних моделей за умови, що атмосферні явища не є визначальними.

Терміни й визначення. *Візуалізація* – комп'ютерна процедура прорисовки на екрані зображення із заданими параметрами виведення (методами взаємодії між шарами, згладжуванням і т. п.).

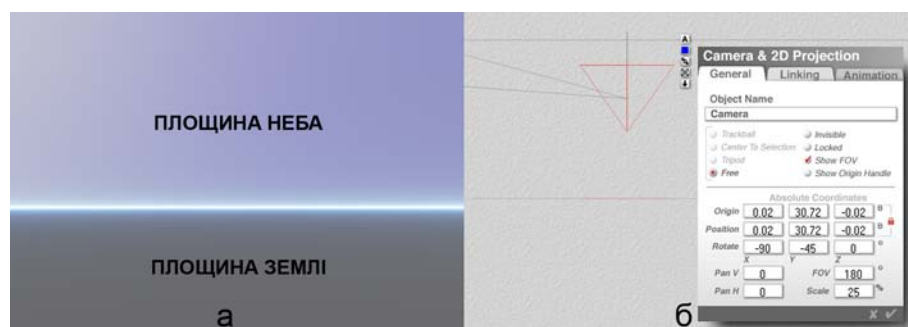
Камера – це програмний засіб формування електронного представлення картографічної тривимірної моделі, подібного за характеристиками зображенню, створеного оком людини. Зображення є перспективним, на відміну від ортогонального, і має такі структурні елементи, як точка сходу, лінія горизонту, картинна площина [3].

Сюжет тривимірної моделі – те ж саме, що й тема карти, але стосується тривимірних анімацій. Оскільки двовимірне картографічне зображення (також до цієї групи належать тривимірне статичне зображення та інтерактивна картографічна модель) характеризується насамперед темою, котру розкривають, то для анімації, на думку автора, доцільним є вживання кінематографічного терміну «сюжет».

Текстура – особливість будови поверхні матеріалу, зумовлена орієнтуванням і просторовим розміщенням його складових частин.

Виклад матеріалу дослідження. Для проведення експерименту необхідно обрати різновид хмар, котрий має регулярну структуру і часто зустрічається у помірних широтах. Перша ознака забезпечить економію ресурсів обчислювальної системи, бо окремий елемент (базову текстуру) можна повторити безліч разів для покриття всього горизонту. Друга характеристика забезпечить природний вигляд неба.

Проміжні результати дослідження демонструватимуться за допомогою рисунків. Дано пояснення вихідних умов отримання рисунків. Була створена камера в Bryce 5.5. Все поле зору її поділено щодо простору моделі на частини, відповідно до того як середньостатистична людина дивиться на небо (мал. 1, а) – у співвідношенні 2/3 (67% неба, 33% поверхні землі). Для дослідження використовувалась також модель, де камера спрямована вертикально догори. Параметри її орієнтування в просторі показані на мал. 1, б. Площина землі та площина атмосфери є паралельними; лінія горизонту є прямою, для малих віддалей кривину Земної поверхні не враховуємо.



Мал. 1. Площина неба і площина атмосфери в Bryce (а) та характеристики вертикальної камери (б).

Хмари вертикального розвитку було виключено (в цьому експерименті) через складну їх структуру (мал. 2). Для моделювання зовнішнього вигляду цих хмар необхідно застосовувати ресурсоемні об'ємні матеріали.



Мал. 2. Хмари вертикального розвитку *Cumulonimbus calvus arcus* (Cb calv. arc.). [10]

Хмари нижнього ярусу, як правило, насичені вологою і мають переважно сірий відтінок, тому не є придатними з точки зору художньої виразності.

Хмари верхнього ярусу – перисто-купчасті (Сс): їх різновид *Cirrocumulus floccus* (Сс flocc.) (мал. 3, а); середнього ярусу – висококупчасті (Ас), а саме їх різновид *Alto cumulus floccus* (Ас flocc.) (мал. 3, б) мають оптимальну структуру для програмної реалізації.



Мал. 3 – *Cirrocumulus floccus* (а) і *Alto cumulus floccus* (б)

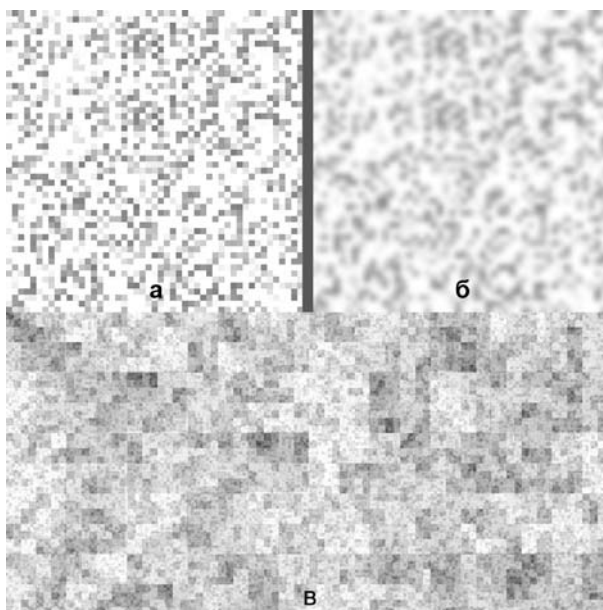
Хмари даного виду приймемо за загальний стандартний вигляд неба для тривимірних моделей. Переглянувши велику кількість фотографій, можна сказати, що небо зі значною кількістю

хмарності має нерівномірну структуру, хоч і не зовсім хаотичну. В першому наближенні для формування двовимірних хмар потрібна певна функція, яка є комбінацією шумової та інтерполяційної функцій. Отримаємо графічну інтерпретацію шумової функції (мал. 4, а), потім застосуємо бікубічну інтерполяцію (мал. 4, б).

На мал. 4 представлено один із найкращих результатів, однак він не є досконалим. Проблема полягає в тому, що застосована функція має тільки один порядок, тобто єдиний масштабний коефіцієнт. Тобто хмари на малюнку мають приблизно однаковий розмір. Тому функція для генерації реалістичного вигляду неба має включати кілька комбінованих функцій з різним масштабним коефіцієнтом, тобто бути самоподібною на різних масштабних рівнях.

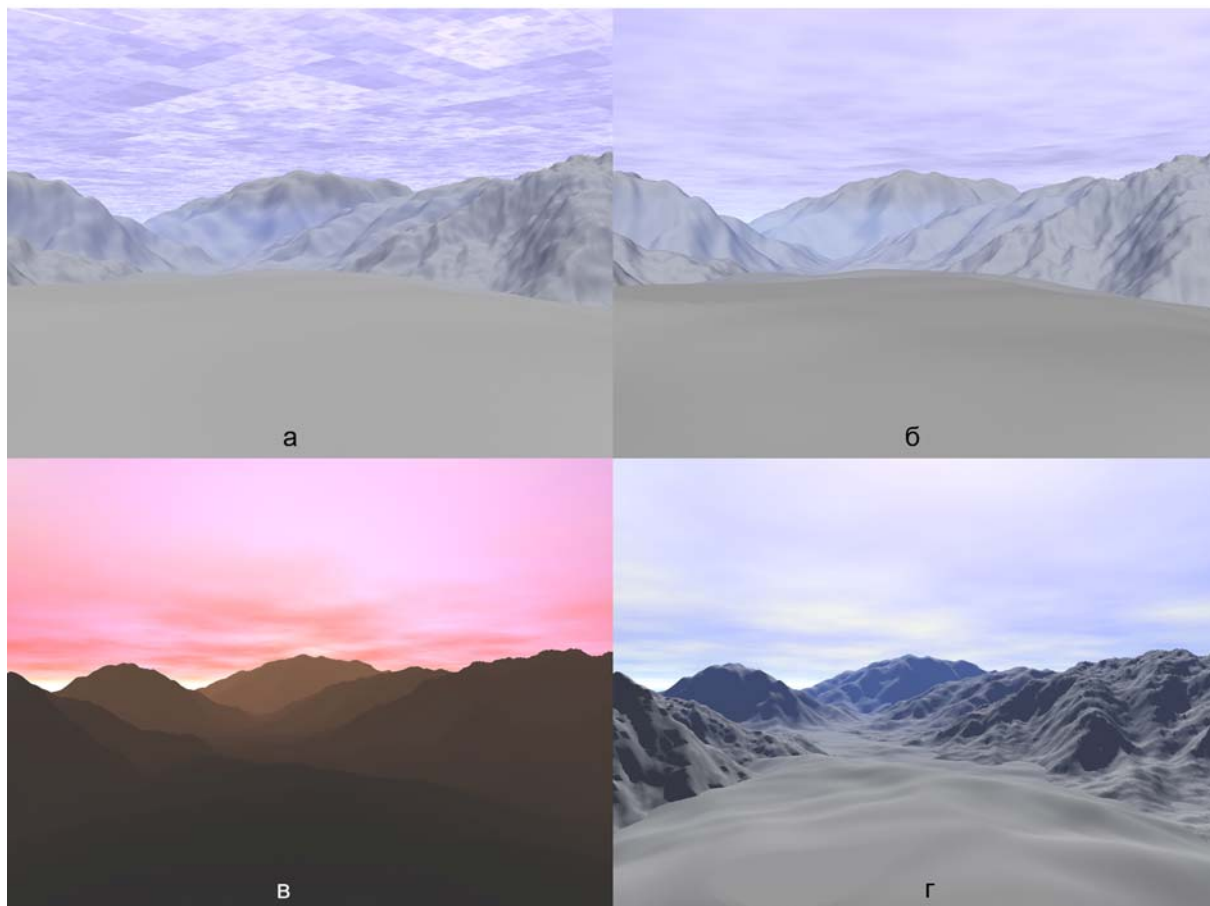
Одним із найдосконаліших на сьогодні засобів для моделювання зовнішньої структури природних об'єктів за допомогою обчислювальних систем є фрактали. Слово фрактал утворено від латинського слова *fractus*, що означає складений із фрагментів [4].

Для дослідження використаємо 6 масштабних рівнів. Отримана графічна інтерпретація матиме вигляд, як на мал. 4, в.



Мал. 4. Шумова функція шести порядків

Задамо для площини неба в програмі Вгусе отриману текстуру. Результат буде вже набагато більш подібним до вигляду неба (мал. 5, а).



Мал. 5. Вид неба, отриманий за допомогою шумової функції 6 порядків (а) і комбінованої функції (б); колір неба за кута нахилу сонця 0° (в) і 45° (г).

Використаємо замість шумової функції комбінацію шумової та інтерполяційної функцій. Результат представлено на мал. 5, б.

Після внесення остаточних поправок параметрів алгоритму результат можна вважати цілком прийнятним (мал. 5, в і г).

Щоб змодельовати реалістичний вигляд неба, задати текстуру хмарного покриву, як виявилось, недостатньо. Колір неба з незначною хмарністю залежить від висоти сонця над горизонтом. Атмосфера, котра має сталі оптичні характеристики, вибірково поглинає і розсіює певну складову спектру сонячного випромінювання. Ця складова залежить від кута нахилу сонця. Зі збільшенням кута нахилу сонця пік складової поглинання змінюється від червоної до синьої частин сонячного спектра (мал. 5, в і г).

Тому для тривимірних моделей необхідно задавати 2 компоненти: колір площини неба і текстуру хмар, інакше атмосфера не буде характеризувати час доби.

Для отримання вигляду неба, що точно відповідає певному часу потрібно фотографувати

його фотокамерою з короткофокусним об'єктивом. Цей спосіб викладено в [1, 7].

Крім зазначеного загального алгоритму моделювання хмарного покриву, доступного у більшості програм тривимірної графіки, кожна програма надає і власні способи задання реалістичного вигляду неба. У Вгусе 5.5 для цього є власна «Лабораторія неба» – Sky Lab. Детальніше ознайомитись із нею можна на сайті [10].

Висновки. Викладений алгоритм задовільно моделює зовнішній вигляд хмарного покриву. Існує можливість застосовувати його для роботи в програмному забезпеченні, яке не має заданих за замовчуванням характеристик атмосфери. До даного класу програмного забезпечення входять геосистеми (Erdas Imagine чи ESRI ArcInfo) та тривимірні редактори (3DS Max чи LightVawe).

Перспективи дослідження. Робота над тим, щоб тривимірні реалістичні картографічні моделі за характеристиками зображення принаймні не поступалися природним ландшафтам щодо відтворення атмосферних явищ і є тим, над чим варто працювати в подальшому.

* *

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЛАЧНОГО ПОКРОВА ДЛЯ ТРЕХМЕРНЫХ РЕАЛИСТИЧЕСКИХ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Определяется роль облачного покрова для трехмерных реалистических моделей. Дается геометрический способ имитации облаков с помощью ЕВМ. Приведены рекомендации для улучшения восприятия пользователем трехмерной карты.

A. Oreshchenko

CLOUD COVER MODELING FOR THREE-DIMENSIONAL REALISTIC CARTOGRAPHIC MODELS

The cloud cover essence for three-dimensional realistic models is defined. The geometrical way for cloud imitation using computer is given. There are recommendations for user perception improvement of three-dimensional map in this article.

* *

Література

1. Айсмэнн К., Дугган Ш., Грей Т. Цифровая фотография. Искусство фотосъемки и обработки изображений, 2-е издание: Пер. с. англ. – Санкт-Петербург: ООО "Диасофт", 2005. – 41 с.

2. Китченс С., Гавенда В. Врусе для дизайнера: Пер. с англ. – СПб.: ООО "ДиаСофтЮП", 2001. – С. 364 – 378.
3. Ли Н. Г. Рисунок. Основы учебного академического рисунка. – М.: Эксмо, 2005. – 12 с.
4. Мандельброт Бенуа Б. Фрактальная геометрия природы: Пер. с англ. – М.: Институт компьютерных исследований, 2002. – 13 с.
5. Матвеев Л. Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1984. – 401 с.
6. Метеорология и климатология для географических факультетов / За ред. Л. Т. Матвеева. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1984. – 198 с.
7. Милберн К., Рокуэлл, Р., Чемберс М. Цифровая фотография. Библия пользователя, 2-е издание: Пер. с англ. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2004. – 51 с.
8. Облака атмосферные // БСЭ. – 3-е изд. – М., 1974. – Т.18. – С.183 – 184.

Інтернет-джерела

9. www.gardener.ru
10. www.geogr.msu.ru/meteo

Державне підприємство

"Українське державне аерогеодезичне підприємство"

Тел.: (044) 226-33-09

E-mail: ukrdgp@Ln.ua

Надійшла 11. 01. 2009