

А.В. Орещенко

МОДЕЛЮВАННЯ ХМАРНОГО ПОКРИВУ ДЛЯ ТРИВИМІРНИХ РЕАЛІСТИЧНИХ КАРТОГРАФІЧНИХ МОДЕЛЕЙ

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

Вступ

Тривимірні реалістичні моделі ландшафтів є найочевиднішим 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 екрана. 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 й відбирати ресурси обчислювальної системи. Протилежною є ситуація, коли маємо справу з реалістичними моделями ландшафтів, які застосовуються для потреб освіти, мистецтва, а також у 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 сюжета моделі й 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.

Кольорові повнорозмірні ілюстрації, що входять до цієї статті, можна побачити на сайті www.udagr.narod.ru в розділі "Публікації".

Аналіз останніх публікацій

Фахівці виділяють два типи класифікації хмар: морфологічну (за зовнішнім виглядом) і генетичну (за умовами утворення) [5]. Морфологічна класифікація певною мірою відображає й генетику хмар, тому вона визнана Всесвітньою метеорологічною організацією (ВМО) як міжнародна. За міжнародною класифікацією хмар виділено 10 форм хмар, представлено також короткі описи їхнього зовнішнього вигляду. Детально описано фізичні характеристики хмар і особливості їхньої будови та динаміки [6]. Згідно з міжнародною класифікацією хмар та за електронним атласом хмар, що міститься 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 (першу версію випущено в 1995 р.) та наявність вичерпної літератури [2]. Конкуруюча програма Vue d'Esprit 6 в СНД не продається. Основні правила побудови перспективних зображень викладено у [3].

Постановка проблеми

У наш час 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 економічно ефективні варіанти. У цей час існують альтернативні засоби, що забезпечують кращий результат і дають можливість уникнути перевитрат на виробництві (наприклад Bryce, Vista Pro, Terragen, WorldBuilder, їхня вартість 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 прорисовування на екрані зображення за заданими параметрами виведення (методами взаємодії між шарами, згладжуванням і т. п.).

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

Сюжет тривимірної моделі – це те 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

Щоб провести експеримент, потрібно обрати різновид хмар, котрий має регулярну структуру й часто зустрічається в 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. Дамо пояснення вихідних умов отримання рисунків. Було створено камеру в Вгусе 5.5. Все її поле зору поділене щодо простору моделі на частини відповідно до того, як зазвичай людина дивиться на небо (рис. 1а) – за співвідношенням 2/3 (33% земної поверхні, 67% неба). Для дослідження використовували також модель, де камера спрямована вертикально догори. Параметри її орієнтування в просторі показано на рис. 1б. Площина землі та площина атмосфери є паралельними; лінія горизонту є прямою, для малих віддалей кривизну земної поверхні не враховуємо.

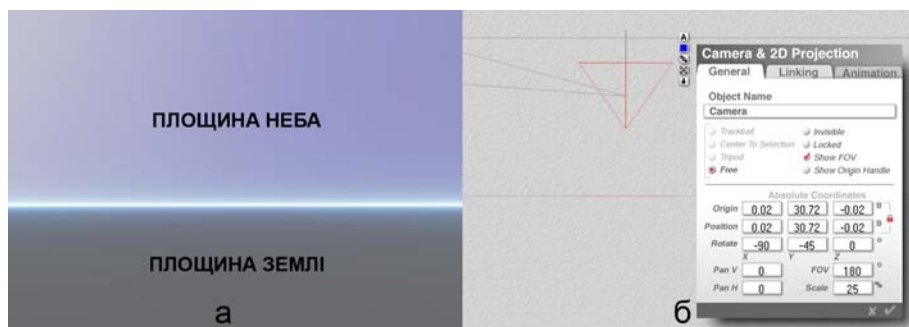


Рис. 1. Площина неба і площина атмосфери в Bryce (а) та характеристики вертикальної камери (б).

Хмари вертикального розвитку було виключено (у цьому експерименті) через складну їх структуру (рис. 2).



Для моделювання зовнішнього вигляду цих хмар необхідно застосовувати ресурсомісткі об'ємні матеріали. Хмари нижнього ярусу, як правило, насичені вологою й мають переважно сірий відтінок, тому не є придатними з погляду художньої виразності.

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



Рис. 3. Cirrocumulus flocus (а) і Altocumulus flocus (б)

Хмари верхнього ярусу – перисто-купчасті (Cc): їх різновид *Cirrocumulus flocus* (Cc floc.) (рис. 3а); середнього ярусу – висококупчасті (Ac), а саме їх різновид *Altocumulus flocus* (Ac floc.) (рис. 3б) мають оптимальну структуру для програмної реалізації.

Хмари даного виду приймемо за загальний стандартний вигляд неба для тривимірних моделей. Переглянувши велику кількість фотографій,

можна сказати, що небо зі значною хмарністю має нерівномірну структуру, хоч і не зовсім хаотичну. У першому наближенні для формування двовимірних хмар потрібна певна функція, яка є комбінацією шумової та інтерполяційної функцій. Отримаємо графічну інтерпретацію шумової функції (рис. 4а), потім застосуємо бікубічну інтерполяцію (рис. 4б).

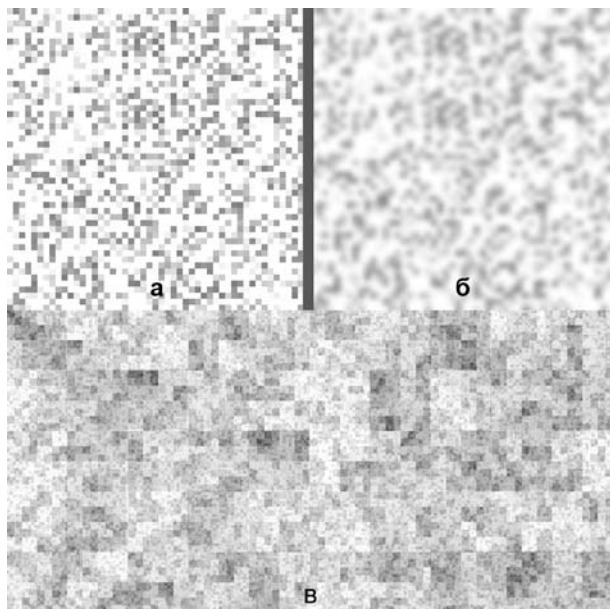


Рис. 4. Шумова функція шести порядків

На рис. 4 представлено один із найкращих результатів, однак він не є досконалим. Проблема полягає в тому, що застосована функція має тільки один порядок – єдиний масштабний коефіцієнт. Тобто хмари на рисунку 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 з 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 рис. 4в.

Задамо для площини неба в програмі Вгусе отриману текстуру. Результат буде вже більш близьким до реального вигляду неба (рис. 5а).

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

Коли внесли остаточні поправки параметрів алгоритму, результат можна вважати цілком прийнятним (рис. 5 в і г).

Щоб змоделювати реалістичний вигляд неба, як виявилось, недостатньо задати тільки текстуру хмарного покриву. Колір неба з незначною хмарністю залежить від висоти сонця над горизонтом. Атмосфера, котра має сталі оптичні характеристики, вибірково поглинає

й розсіює певну складову спектра сонячного випромінювання. Ця складова залежить від кута нахилу сонця. Коли збільшується кут падіння сонячного проміння, пік складової поглинання змінюється від червоної до синьої частини сонячного спектра (рис. 5 в і г).

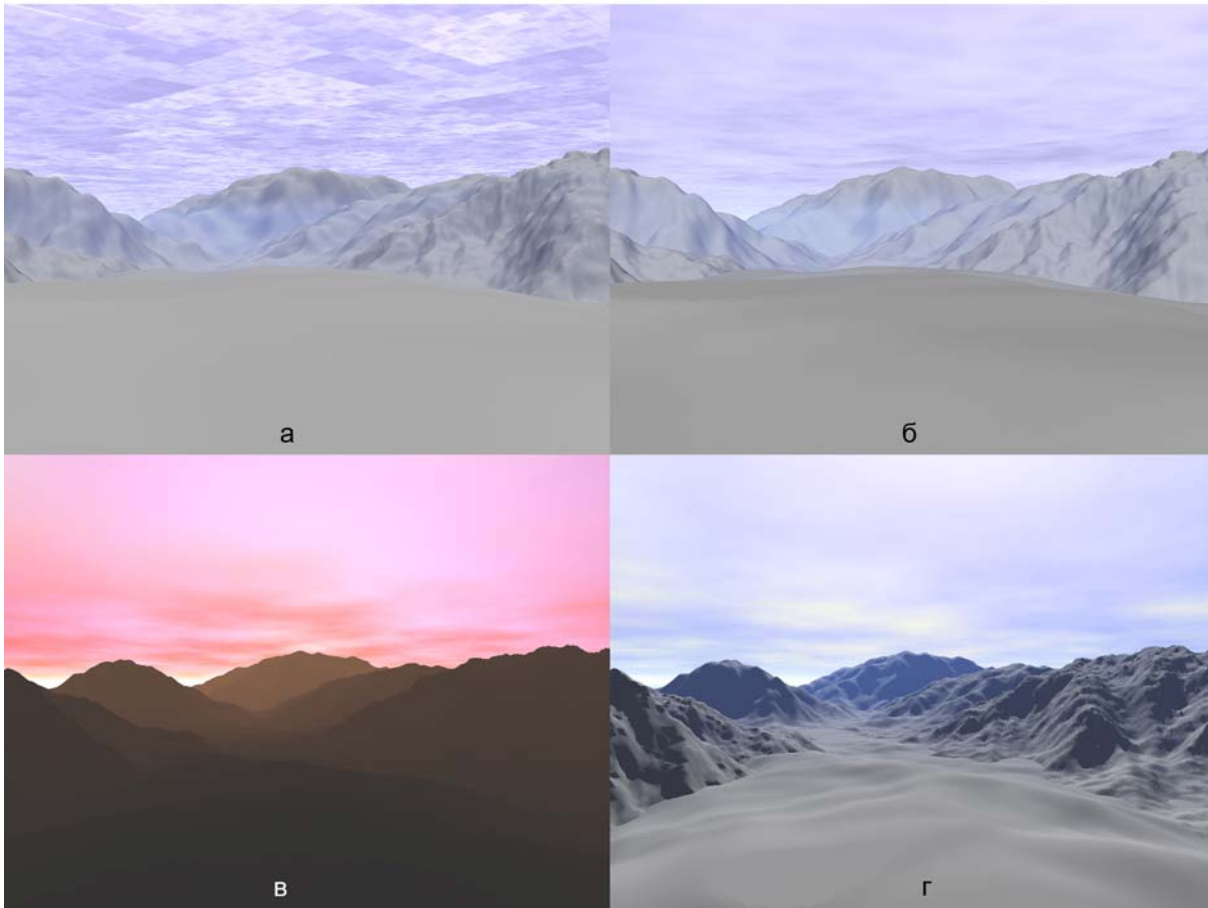


Рис. 5. Вид неба, отриманий за допомогою шумової функції 6 порядків (а) і комбінованої функції (б); колір неба, коли кут нахилу сонця 0° (в) і 45° (г)

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

Для отримання вигляду неба, що точно відповідає певному часові, потрібно фотографувати його фотокамерою з короткофокусним об'єктивом. Цей спосіб викладено в [1, 7].

Крім зазначеного загального алгоритму моделювання хмарного покриву, доступного для більшої частини програм тривимірної графіки, кожна програма надає і власні способи задання реалістичного вигляду неба. У Bryce 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.

* *

Определена роль облачного покрова для трехмерных реалистических моделей. Представлен геометрический способ имитации облаков с помощью ЭВМ. Приведены рекомендации для улучшения восприятия пользователем трехмерной карты.

* *

1. Айсманн К., Дугган Ш., Грей Т. Цифровая фотография. Искусство фотосъемки и обработки изображений, 2-е изд.: Пер. с англ. – С.Пб.: ООО "Диасофт", 2005. – 41 с.
2. Китченс С., Гавенда В. Врусе для дизайнера: Пер. с англ. – С.Пб.: 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.: Ин-т 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. Матвеева Л. Т. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 198 с.
7. Милберн К., Рокуэлл Р., Чемберс М. Цифровая фотография. Библия пользователя, 2-е изд.: Пер. с англ. – М.: Изд. дом "Вильямс", 2004. – 51с.
8. Облака атмосферные // БСЭ. – 3-е изд. – М., 1974. – Т. 18. – С. 183-184.
9. www.gardener.ru
10. www.geogr.msu.ru/meteo

Державне підприємство

"Українське державне аерогеодезичне підприємство", Київ