

ВИВЧЕННЯ ПРОСТОРОВИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ ЗАСОБАМИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ

В роботі розглядається проблема побудови трьох-мірних зображень засобами комп'ютерної графіки. Розроблений програмний комплекс на мові Turbo Pascal застосовано для вирішення практичної задачі: відновлення рельєфу земної поверхні шляхом аналізу топографічних карт.

Швидкий розвиток обчислювальних засобів, розширення їх можливостей і головним фактором все більш широкого впровадження їх в різні сфери наукової та практичної діяльності. Виключно інтенсивного розвитку набув напрямок комп'ютерного синтезу зображень. Можна вважати, що в наш час в основному сформувалась нова галузь інформатики - машинна графіка. Її можна визначити як науку про математичне моделювання геометричних форм та вигляду об'єктів, а також методів їх візуалізації. Інтерес до синтезу зображень пояснюється високою інформативністю останніх. Інформацію, з якої складено зображення, тут представлено в найбільш концентрованій формі і ця інформація, як правило, є найбільш доступною для аналізу: для її сприйняття отримувачу потрібно мати відносно невеликий об'єм спеціальних знань. Формування машинної графіки, як самостійного напрямку відносять до початку 60-х років, коли Сазерлендом було створено перший спеціалізований пакет програмного забезпечення машинної графіки. В 60-ті роки було сформульовано принципи малювання відрізками, видалення невидимих ліній, методи відображення складних поверхонь. Перші роботи були в основному направлені на розвиток векторної графіки, тобто малювання відрізками. В 70-ті роки значне число теоретичних та прикладних робіт було направлено на

розвиток методів відображення просторових форм та об'єктів. Цей напрямок прийнято називати трьохмірною комп'ютерною графікою. Методи трьохмірної машинної графіки дозволяють візуалізувати складні функціональні залежності, отримати зображення об'єктів, які лише проєктуються, але ще не створені, оцінити вигляд предмету з недоступної для спостереження позиції та вирішити ряд інших аналогічних задач. В 80-роки сфера застосування трьохмірної машинної графіки значно розширилась. Появилась база для широкого використання методів машинної графіки - персональні комп'ютери. В результаті машинна графіка стала інструментом не тільки інженерів-дослідників, але й фахівців багатьох інших галузей [1-3].

В даній роботі розглядається проблема комп'ютерного аналізу трьохмірних зображень, візуалізації складних функціональних залежностей. Розроблений комплекс програм адаптовано для вирішення практичної задачі: відтворення рельєфу земної поверхні за допомогою ліній рівня топографічних карт.

Основна ідея математичного аналізу ліній рівня полягає в використанні в якості апроксимуючої функції ряду Фур'є [4]. Оскільки значення висоти на лініях рівнів відоме, то, сформувавши систему лінійних рівнянь, можна з потрібною точністю наблизити рядом Фур'є функцію $z=f(x,y)$, яка описує просторову залежність в довільній точці карти.

Значення поверхні $f(x,y)$ задаються на всіх лініях рівнів. Кожна лінія рівня - це деяка крива лінія, вздовж якої значення поверхні є сталим. Необхідно відновити $f(x,y)$ на всьому прямокутнику карти. Зображення карти з лініями рівнів вводиться у комп'ютер за допомогою сканера і записується у файл. Кожен біт відповідає одному пікселю зображення: якщо він рівний 1, то піксель належить лінії рівня, а якщо 0 - то ні. На зображення накладається обмеження: лінії рівнів не торкаються одна одної. При вводі зображення за допомогою сканера, лінії рівнів будуть мати деяку товщину, не обов'язково одиничну. Це означає, що багато пікселів з ліній рівнів будуть хибно враховуватись при формуванні системи рівнянь. Крім того, кількість рівнянь у системі стане дуже великою. Щоб уникнути цих недоліків, пропонується попередньо

обробляти лінії рівнів за допомогою так званих проріджуючих алгоритмів. Нижче ми розглянемо алгоритм, розроблений Накаші і Шінгалом [5]. Ця процедура швидка, проста в реалізації і в багатьох випадках дає кращі результати, ніж інші алгоритми проріджування. Спочатку введемо декілька означень. Використовуючи бінарні дані, позначимо точки області одиницями, а точки фону нулями. Назвемо їх відповідно темними і світлими точками. Точкою контуру називається темна точка, що має в своєму околі з чотирьох точок хоча б одну світлу. Кінцевою точкою називається темна точка, яка в своєму околі, що складається з восьми точок, має одну і тільки одну темну точку. Точкою розриву називається темна точка, усунення якої призвело б до порушення зв'язності області. Зв'язною областю називається область, будь які дві точки якої можна з'єднати кривою, яка міститься в даній області.

p_3	p_2	p_1
p_4	p	p_0
p_5	p_6	p_7

Рис. 1

Згідно з наведеним на рис. 1 розміщенням околу, точка контуру p , що використовується в алгоритмах проріджування, може бути наступного вигляду:

- 1) ліва точка контуру, у якій ліва сусідня точка p_4 світла;
- 2) права точка контуру, у якій сусідня точка p_0 світла;
- 3) верхня точка контуру, у якій сусідня точка p_2 світла;
- 4) нижня точка контуру, у якій сусідня точка p_6 світла.

Іноколи точку можна одночасно віднести відразу до декількох з цих видів. Наприклад, темна точка p , у якій p_0 і p_4 світлі, буде одночасно правою і лівою точкою контуру. Точка контуру p помічається, якщо вона не є кінцевою точкою чи точкою розриву, а також якщо її усунення не викличе надзвичайного розмиття. Перевірка цих умов здійснюється шляхом порівняння околу точки p , що складається з восьми точок з вікнами. Якщо околі точки p відповідає вікнам, зображеним на рис. 2 а-в, можливі два випадки:

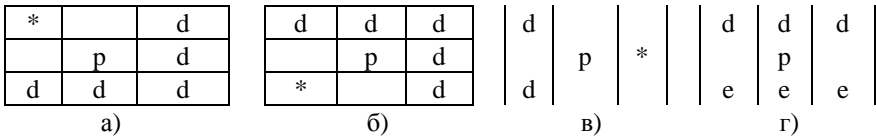


Рис. 2

- 1) якщо всі точки d світлі, тоді p є кінцевою точкою;
- 2) якщо хоча б одна точка d темна, тоді p є точкою розриву.

У будь-якому з цих випадків точка p не повинна помічатися. Аналіз вікна, представленого на рис.2г, більш складний, так як точки e можуть бути як світлими, так і темними. Перевірка околу точки p на відповідність чотирьом вікнам здійснюється за формулою булевої алгебри логіки. Використовуючи ці формули, алгоритми проріджування працюють ітеративним чином, два рази скануючи дані. Сканування може здійснюватися або вздовж рядків, або вздовж стовпців образу, але цей вибір, як правило, впливає на кінцевий результат. Якщо після другого сканування не з'явилось нових помічених точок контуру, алгоритм припиняє роботу, а остаточний скелет складається з непомічених точок; в протилежному випадку процедура повторюється. Оскільки лінії рівнів не торкаються одна одної, то їх можна розглядати як окремі зв'язні області. Існують різні алгоритми виділення зв'язних областей із зображення. Опишемо один з них [6]. Перш ніж розглянути алгоритм відображення функції двох змінних на екрані комп'ютера, необхідно врахувати, що точка $(x,y,z=f(x,y))$ є точкою трьохмірного простору, а екранна система координат є лише двохмірною. Отже, впливає питання встановлення відповідності між точкою (x,y,z) і точкою (x,y) екранної системи координат.

Для цього потрібно знати такі параметри:

- 1) в яку точку (x, y) переходить точка з координатами $(0,0,0)$;
- 2) який вектор (x, y) відповідає одиничному вектору осі Ox трьохмірної системи координат;
- 3) який вектор (x, y) відповідає одиничному вектору осі Oy трьохмірної системи координат;
- 4) який вектор (x, y) відповідає одиничному вектору осі Oz трьохмірної системи координат.

Розглянемо тепер точку з координатами (x, y, z) . Її можна розглядати як кінець вектора (x, y, z) , початок якого покладемо у точку $(0,0,0)$. Вектор (x, y, z) розкладемо на три компоненти по осях координат Ox, Oy, Oz . Компонента, що відповідає осі Ox - це одиничний вектор осі Ox , помножений на число x . осі Oy - одиничний вектор осі Oy , помножений на число y , осі Oz - одиничний вектор осі Oz , помножений на число z . Алгоритм переведення одиничних векторів осей координат в екранну систему координат відомий.

Коротко алгоритм відображення функції двох змінних, заданої на прямокутнику, полягає в наступному. Розіб'ємо цей прямокутник вертикальними і горизонтальними лініями на рівні дрібні прямокутні ділянки. Координати вершин цих ділянок відомі, а значення функції в цих точках можна знайти. Трійки цих значень переведемо в екранну систему координат. З'єднавши отримані точки чотирикутником, отримаємо його відображення на екрані комп'ютера.

Якщо нам необхідно намалювати поверхню з вилученням тих її частин, що є невидимими, до вказаного алгоритму відображення слід додати ще один крок: після виводу на екран комп'ютера чотирикутника, що відповідає поверхні на такій ділянці, зафарбуємо його всередині фоновим кольором. Вивід чотирикутників при цьому слід починати з тих ділянок, що розташовані найдалше від спостерігача, потім переходити до ближче розташованих. При цьому, якщо якийсь чотирикутник буде закривати інший, то в процесі зафарбовування невидима частина поверхні зникне.

Програмний комплекс реалізований на мові Turbo Pascal і складається з шести основних модулів. Необхідний для роботи об'єм оперативної пам'яті становить 110 Кбайт. Структурно комплекс оформлено у вигляді головного блоку, який керує роботою всіх інших. Всі 6 основних блоків незалежні один від одного і можуть використовуватись іншими програмами.

В програмному комплексі реалізовано можливість просторового повертання та візуального огляду отриманих поверхонь, що особливо важливо при дослідженнях рельєфу місцевості. Відтворений

рельєф місцевості можна "спостерігати" практично з довільної точки простору.

Отже, в даній роботі при допомозі засобів комп'ютерної графіки вирішена важлива задача обробки топографічних карт та просторового зображення земної поверхні. Розроблена програма потрібна не тільки при топографічних дослідженнях, її можливості не обмежуються просторовим зображенням земної поверхні. Вона дозволяє проводити комп'ютерний аналіз трьохмірних зображень, форма яких задана в аналітичній формі; здійснювати графічне вивчення перерізів просторових фігур площиною; будувати гістограми та ін. Отже, її можна широко використовувати при вирішенні різноманітних задач машинної графіки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Аммерал Л. Интерактивная трехмерная машинная графика. - Москва: «Сол Систем», 1992. - 317 с.
2. Аммерал Л. Машинная графика для персональных компьютеров.- Москва: «Сол Систем», 1992.- 232 с.
3. Шишкин Е.В., Боресков А.В. Компьютерная графика. Динамика, реалистические изображения.-Москва: "ДИАЛОГ-МИФИ", 1995.
4. Кудрявцев Л.Д. Курс математического анализа. - Москва: Высшая школа, 1989.-352с.
5. Фу К., Гонсалес Р., Ли К. Робототехника. - Москва: «ДИАЛОГ-МИФИ», 1989. - 624 с.
6. Хорн Б.К. Зрение роботов. - Москва: «ДИАЛОГ-МИФИ», 1989. - 487 с.

SUMMARY

FEDORUK V.I., DANCHUK O.S.

STUDY OF SPACE DEPENDENCIES BY MEANS OF COMPUTER GRAPHICS

The given paper deals with a problem of calculating, manipulating and rendering 3D-objects and scenes. A special 3D graphics modelling software was developed, with the language of programming being «Turbo Pascal». The results of the project has found their practical application in the area of Topography provided with topographic data, the software calculates, displays and allows handling 3D images.