

6. Ткаченко Р., Павлюк О. Прогнозування споживання електричної енергії у Львівській області за допомогою штучних нейронних мереж. // Вісн. НУ "Львівська політехніка". – 2002. – №450. – С. 76-80.

Д.Зербіно

Національний університет "Львівська політехніка"

УДК 681.513

## ФОРМУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ЖИВОЇ ПРИРОДИ В КОМП'ЮТЕРНІЙ ГРАФІЦІ

© Зербіно Д., 2002

*Описується метод формування 3-вимірних графічних об'єктів, які не можна розкласти на прості геометричні примітиви. Припускається, що об'єкт побудований на скелеті, який описується за допомогою з'єднаних відрізків. Поверхні будуються за допомогою параметричних функцій на цих відрізках.*

*The method of forming 3D objects, which are can't be represented by simple graphics primitives is suggested. It supposed that the objects are built on skeleton, which can be described by connected stretches. The surfaces are buid by the parametric functions on those stretches.*

### Вступ

Комп'ютерна графіка як розділ обчислювальних наук розвивається тому, що є необхідність у візуалізації певних об'єктів, наприклад, при їх проектуванні. Крім того, загальний напрямок розвитку диктують певні естетичні почуття, які виникають у користувача при роботі за комп'ютером. При візуальному проектуванні комп'ютерна графіка дозволяє з'ясувати та уточнити ті деталі проекту, які не були достатньо продуманими. Якщо враховувати естетичні почуття при сприйнятті текстово-графічної інформації, важливо подати інформацію у такій формі, щоб не лише не дратувати користувача погано підібраними кольорами і формами, але і викликати в нього почуття задоволення від роботи.

Інколи забувають, що в автоматизованих системах в загальне поняття ефективності крім швидкодії включається ще і хороший настрій її користувачів, що свідчить про високий рівень їх готовності і бажання виконувати великі об'єми робіт.

При естетичному сприйнятті велику роль відіграє фантазія та позитивні емоції, які передаються через зображення за допомогою форм і кольорів. З точки зору психо-

логії сприйняття, фантазія людини дозволяє максимально наблизитись до об'єкта, що зображений на екрані, лише при певній зацікавленості спостерігача. Якщо такої зацікавленості немає, то інформація на екрані стає річчю в собі, сповільнюються процеси мислення, відключається фантазія, яка лежить в основі творчості [1]. Одним з класичних методів підняття зацікавленості до інформації, що відображається на комп'ютері, є використання знайомих спостерігачеві речей з елементами чи в ситуаціях, які або не піддаються роз'ясненню (з точки зору загальноприйнятої логіки), або мають нетрадиційне трактування. Як правило, найбільшу зацікавленість викликають об'єкти живої природи.

Центральним предметом образотворчого мистецтва є людина з її почуттями і філософією життя. Крім того, зображення об'єктів живої природи широко використовуються у ігрових та інших комерційних програмах і від того, наскільки вони реально зображені залежить якість програми.

У даній роботі ми пропонуємо один з методів побудови графічних об'єктів для розвитку образотворчого мислення, фантазії та підвищення фактору зацікавленості у користувачів. Особливістю даного методу є те, що він призначений для високоякісного відображення об'єктів нетехнічної природи, тобто таких, які неможливо розкласти на складові графічні примітиви.

### **Конструктивістський підхід до формування зображень**

Існує багато методів побудови 3-х вимірних об'єктів, кожний з яких має свої переваги та недоліки. Як правило, більшість методів базується на відображенні об'єктів у декартовому просторі. Для відображення, зокрема, використовуються сплайни [2] та поверхні з малюнками, що "натягуються" на послідовність точок у просторі. Так вирішуються задачі, де графічний об'єкт можна "скласти" з окремих графічних примітивів відкритої графічної бібліотеки *OpenGL Windows* [3]. Такі методи цілком підходять для представлення технічних об'єктів або стилізованих зображень комп'ютерних забавок, технологія виготовлення яких базується на використанні таких графічних примітивів.

У задачах проектування важливо не лише точно відобразити об'єкт, але і створити зручні засоби для аналізу графічної моделі, та процедури її обробки. Зручність роботи з графічною моделлю означає, що користувач може застосувати такі процедури перетворення графічної моделі об'єкта, щоб за мінімальну кількість кроків втілити ідею конструктора в реальність.

Для реалізації зручного діалогового інтерфейсу в сучасних графічних програмах існує бібліотека базових графічних об'єктів та бібліотека засобів роботи з ними. З нашої точки зору не існує універсального набору засобів для ефективної роботи з графічними моделями. Кожний з існуючих наборів призначений для вирішення певного специфічного класу задач.

Отже, для певної предметної області треба формувати свій ефективний набір процедур, які вирішують задачі проектування, тобто комп'ютеризованого аналізу та синтезу моделей об'єктів. Розглянемо приклад. Нехай необхідно спроектувати розвід сантехнічних комунікацій у великому будинку з набору стандартних труб та вузлів. Така задача має свої критерії оптимальності, наприклад, мінімальні витрати на ведення

труби в стіні, або сумарну найменшу вартість стандартних компонентів при умові, що існують різні можливі комбінації для їх вибору.

Така задача не є замкненою, тобто на її вирішення сильно впливають зовнішні параметри, врахувати всі з яких просто неможливо. Наприклад, необхідно враховувати додаткові витрати на прокладку труби. Причому кожний рід робіт має свої процедури оцінки вартості, надійності, часу виконання і т.д.

У даному прикладі, задача комп'ютерної графіки перетворюється на евристично-комбінаторну задачу чи експертно-комбінаторну з великою базою даних типових рішень, в якій точність зображення труби не так вже і важлива для прийняття правильного рішення.

При створенні бази графічних примітивів та процедур на перший план виходить комбінаторність – чітке розділення графічних об'єктів на типи (труба, розгалужувач, санвузол), які можна комбінувати між собою і комбінацію яких можна описати за допомогою формальних правил, які включають діаметр, довжину, кількість розгалужень, кут розгалужень і т.д.

При проектуванні графічних оболонок необхідно чітко визначити границю, за межами якої витрати на програмування перевищують вигоди від вирішеної задачі. Виходити необхідно з того, що є основним у вирішувальній задачі. В ряді випадків математичні методи, що використовуються в комп'ютерній графіці в тій чи іншій предметній області, знаходяться на межі винаходу чи ноу-хау.

### Базові процедури для утворення зображень

На відміну від попереднього прикладу, робота з об'єктами живої природи також має певні особливості, врахувати які можна двома шляхами. Перший шлях – перейти до нечітких (в розумінні Л.Заде) конструкцій. Другий шлях – передбачити їх при розробці спеціального формалізму. Ми пропонуємо другий шлях. Спробуємо перелічити основні процедури над графічними об'єктами такого типу.

1. *Морфінг* (від слова *metamorphosing* – перетворення) – процедура, яка дозволяє з двох заданих об'єктів отримати третій, що містить властивості перших двох об'єктів. Морфінг можливий за певним параметром – кольором, формою або фактурою поверхні об'єкта. Морфінг характеризується інтенсивністю  $I = \text{morph}(X_1, Y_1, Z_1, X_2, Y_2, Z_2)$ , яка зв'язує точки на поверхні двох об'єктів і визначає процентне співвідношення між величинами параметрів морфінгу в першому об'єкті та величиною того самого параметра з другого об'єкта. Інтенсивність характеризує ступінь переходу об'єкта з початкового стану в кінцевий. Вона є безперервною функцією від координат об'єктів і знаходиться в межах від 0 до 1. Якщо  $I = 0$ , то параметр результуючого об'єкта збігається з цим же параметром об'єкта 1, а при  $I = 1$  параметр результуючого об'єкта співпадає з цим же параметром об'єкта 2. Наприклад, якщо виконується морфінг по формі, то для кожної шестірки координат  $\langle X_1, Y_1, Z_1, X_2, Y_2, Z_2 \rangle$  координати  $(X_3, Y_3, Z_3)$  результуючого об'єкта вираховуються за формулою:

$$X_3 = I \times X_2 + (1 - I) \times X_1; \quad Y_3 = I \times Y_2 + (1 - I) \times Y_1; \quad Z_3 = I \times Z_2 + (1 - I) \times Z_1.$$

2. *3D - реконструкція* – процедура, що дозволяє отримати об'ємний об'єкт через його плоске зображення. Процедура реконструкції виконується за такими кроками:

- а) з бази даних підбирається графічний об'єкт, який найбільш підходить як прототип для реконструкції заданого зображення;
  - б) підбирається кут спостереження за прототипом реконструкції, який найбільш вірогідний для даного зображення;
  - в) визначаються параметри для морфінгу знайденого прототипу реконструкції, при яких зображення об'єкта максимально збігається з зображенням, що підлягає реконструкції;
  - г) виконується морфінг об'єкта;
  - д) робляться зміни в моделі об'єкта так, щоб його зображення максимально збігалось із заданим зображенням;
  - ж) виконується підбір фактур на поверхні об'єкту таким чином, щоб його зображення максимально співпадало з заданим зображенням.
3. Порівняння об'єктів – процедура, яка накладає в об'ємі два об'єкти так, щоб мінімізувати різницю між ними в деякій заданій області і дозволяє виконати морфінг між цими об'єктами у межах цієї області.
4. Дзеркальне перетворення – перетворення, яке дозволяє створити новий об'єкт, що симетрично відображає заданий об'єкт відносно деякої площини.
5. Повороти і переміщення у просторі – очевидні перетворення на основі матриць Ейлера, які не потребують уточнень.
6. Спрямований пошук об'єктів – процедура, в основі якої лежить порівняння та вибір об'єктів з найбільш подібними фрагментами. Після вибору можна сформулювати новий об'єкт, який складається з окремих частин вибраних об'єктів.
7. Редагування скелета – набір процедур, що пов'язані з корекцією розміщення кісток скелета в просторі.

За допомогою вказаних процедур можна отримати достатньо зручний набір інструментів для утворення та анімації зображень об'єктів живої природи.

### Математична модель графічного об'єкта

У графічних редакторах та художніх програмах найважче працювати саме з зображеннями живої природи, тому що ці об'єкти занадто відомі і будь-який дефект або неточність у зображенні будуть негативно впливати на естетичні почуття користувача. Отже, для відображення таких графічних об'єктів, як людина, необхідно враховувати стандарти людського обличчя, тіла, особливості побудови скелета та взаємодію кісток в суглобах, розташування та рух м'язів. Тому в основу математичної моделі покладено залежність розташування поверхні тіла від осі кістки. Череп також має абстрактну вісь відносно якої вираховується поверхня обличчя. Хребет умовно можна поділити на 3 осі. Кожна кістка має вісь з напрямком  $(x, y, z)$ , довжину  $L$ , та орієнтацію повороту  $\varphi$  (див. рис.1).

На рис. 1 представлена лінія поверхні, яка утворюється в результаті перетину поверхні площиною, що проходить через вісь кістки під кутом  $\varphi$  відносно вектора базової орієнтації  $\mathbf{p}$ . При повороті в просторі всієї кістки цей вектор також змінюється.

Модель об'єкта складається з декількох абстрактних рівнів. Перший рівень формується з множини кортежів, що описують кістки та м'язи:

$$\langle N, \mathbf{p}, x, y, z, X(\varphi, t), Y(\varphi, t) \rangle,$$

де  $N$  – номер кістки,  $\mathbf{p}$  – вектор її базової орієнтації,  $(x, y, z)$  – координати вектора її напрямку,  $X(\varphi, t)$ ,  $Y(\varphi, t)$  – функції, що задають координату точки поверхні тіла, вираховану за напрямком осі, та відстань між поверхнею тіла та віссю.

Другий рівень моделі складається з множини кортежів, що описують з'єднання між кістками, а також інтервали допустимих кутів при з'єднанні та допустимих кутів, що змінюють вектори базової орієнтації кісток:

$$\langle N_1, N_2, \alpha_{\min}, \alpha_{\max}, \Delta\mathbf{p}, \varphi_{\min}, \varphi_{\max} \rangle.$$

Пара  $(N_1, N_2)$  означає, що кістка  $N_2$  з'єднана з кісткою  $N_1$ , тобто кінець вектора напрямку першої кістки збігається з початком вектора напрямку другої кістки. Для кожної пари кісток  $(N_1, N_2)$  існують допустимі значення кутів з'єднання, що лежать в межах від  $\alpha_{\min}$  до  $\alpha_{\max}$ . Вектор базової орієнтації  $\mathbf{p}$  кістки  $N_1$  завжди знаходиться в площині кута з'єднання перпендикулярно до осі напрямку кістки  $N_1$ . При з'єднанні кісток вектор базової орієнтації змінює свій напрямок на  $\Delta\mathbf{p}$  відносно кістки, до якої приєднується наступна кістка:

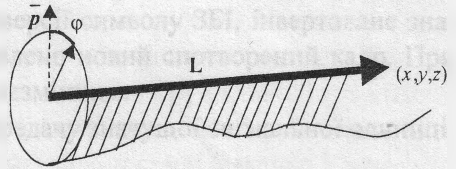


Рис. 1. Побудова поверхні відносно напрямної осі

$$\mathbf{p}_2 = \mathbf{p}_1 + \Delta\mathbf{p}.$$

Вказуються також обмеження на повороти осі:  $\{\varphi_{\min}, \varphi_{\max}\}$ .

Систему рівнянь для кривої, що описує поверхню, зручніше всього представляти у параметричному вигляді (рис.2). Система задається двома початковими координатами  $X_0$  і  $Y_0$  та параметром  $t$  з початковим значенням  $t_0$ .

$$X_{i+1} = X_i + \cos(\lambda)\Delta t; \quad Y_{i+1} = Y_i + \sin(\lambda)\Delta t; \quad \Delta\lambda = \Delta t/R(t_i); \quad \lambda_{i+1} = \lambda_i + \Delta\lambda; \quad t_{i+1} = t_i + \Delta t.$$

Параметр  $t$  – це довжина кривої, що задається системою рівнянь. Координати  $X$  та  $Y$  вказують місця перетину поверхні об'єкта з площиною, що проходить через вісь кістки (рис. 1) і лежать в цій площині. Вісь  $OX$  збігається з напрямком осі кістки. У цій системі рівнянь  $R(t_i)$  – це радіус кривизни кривої в точці  $t_i$ . Крива виглядає суцільною завдяки тому, що відстань  $\Delta t$  дорівнює відстані між сусідніми пікселами на екрані.

### До проблеми реалізації

В даний момент виконуються програмні експерименти з реалізації ряду елементів описаної моделі. Якщо говорити про технічний бік, то в перспективі найбільш привабливою є оптико-електронна реалізація. Прискореними темпами розвивається техніка лазерних матриць з програмним управлінням, а також великих багат шарових екранів. Якщо використовувати методи агрегації, можна в принципі досягти не-

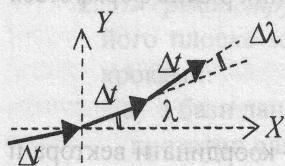


Рис.2. Утворення кривої за системою параметричних рівнянь

обмеженого розміру обробляючого поля. За допомогою програмного управління можна також досягти представлення зображень живої природи в динаміці. І нарешті, оптико-електронна техніка найкраще пристосована до голографічної реалізації викладених уявлень. Зрозуміло, що такий апарат має більше переваг, ніж дисплей, навіть якщо не враховувати естетичні уявлення.

1. Джордан Айян, 10 способів освободить ваш творческий гений. – Спб., Питер, 1997. – 340с.
2. Завьялов Ю.С., Леус В.А., Скороспелов В.А. Сплаины в инженерной геометрии. – М.: Машиностроение, 1985. – 220 с.
3. OpenGL Programming Guide, 353 p. Internet resources (PDF), [opengl.miem.edu.ru](http://opengl.miem.edu.ru)

К. Обельовська

Національний університет "Львівська політехніка"

УДК 681.324

## ДОСТОВІРНІСТЬ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ В СИСТЕМІ СИГНАЛІЗАЦІЇ SS7

© Обельовська К., 2002

*Проаналізовано помилки, що не виявляються в підсистемі передачі повідомлень рівня 2 системи сигналізації SS7. Запропоновано спосіб зменшення їх кількості в два рази.*

*The SS7 signaling system level 2 message transfer part undetected error analysis was carried out. The technique to reduce their amount twice is proposed.*

У цифрових мережах інтегрального обслуговування (*Integrated Services Digital Network, ISDN*) обмін управляючою інформацією здійснюється у межах системи сигналізації N7 (*Signaling System 7, SS7*). Другий рівень архітектури SS7 реалізовано за допомогою підсистеми передачі повідомлень рівня 2 (*Message Transfer Part 2, MTP2*) [1]. Для обміну даними в MTP2 використовуються сигнальні одиниці, а оскільки вони