



L-системы

Озеленение КОМПЬЮТЕРНОГО МИРА

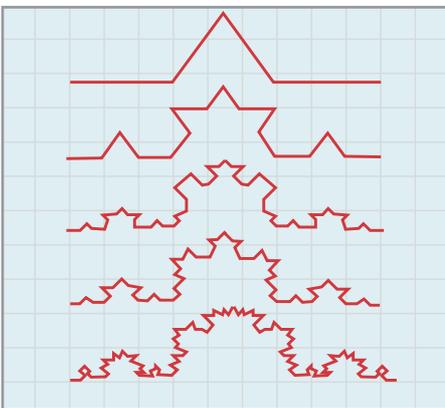
Построить дом, вырастить сына, посадить дерево — вот жизненные цели, начертанные нам народной мудростью. Этих же целей можно достичь и в виртуальном мире — для тренировки, например. Дома строятся при помощи архитектурных САПР. Сына можно родить, играя в Sims. А вот чтобы научиться сажать и выращивать деревья, надо знать, что такое L-системы.

Успехи геометрического моделирования прошлых лет создали надежный фундамент для развития машинной графики сегодня. Алгоритмическая часть современных систем машинной графики, таких как 3DMax, Maya, Lightwave, проработана настолько качественно, что позволяет получать компьютерную графику и анимацию по своему реализму настолько близкую к обычной фотографии и киносъемке, что порой трудно отличить одно от другого. По-прежнему самую лучшую компьютерную графику создают на многопроцессорных графических станциях от таких производителей, как Silicon Graphics. Однако и ПК продолжают понемногу наступать, осваивая недоступные ранее технологии. Взгляните на мир вокруг. Нет ничего одинакового. И только элементарные частицы абсолютно одинаковы, если верить

квантовой физике. Особенно сильно бросается в глаза отличие компьютерного мира от реального, когда разработчики игр пытаются изобразить объекты живой природы. Для реалистичности надо бы добавить хаоса.

Рисующая черепашка

Когда дело доходит до хаоса, то на помощь приходит применение фракталов. О них написана не одна страница, а изображение фрактала Мандельброта стало такой же известной картиной, как и «Черный квадрат» Малевича. Фракталы очень красивы, но использовать их для синтеза изображений нелегко из-за их упрямого хаотического нрава. И тем не менее фракталы используют для генерации изображений ландшафтов, облаков, снежинок, кораллов, растительности и других объектов квазипериодического характера. »



▲ Построение кривой Фон Коха — первые пять итераций. Все начинается с отрезка — предфрактала нулевого порядка

» Один из способов описания и построения фракталов, который успешно используется в компьютерной графике, — это L-системы, их еще называют черепаший графикой. Примечательно то, что изобретателем этого способа является человек, чья профессиональная деятельность далека от математики, — биолог Аристид Линдермауер. L-системы, собственно, и называются в честь первой буквы фамилии изобретателя. В чем же заключается этот способ?

Если давать математически строгие определения, то L-система — это грамматика некоторого языка (достаточно несложного), которая с помощью набора аксиом описывает инициатор (некоторая простая геометрическая фигура) и геометрические преобразования, выполняемые над ним.

Представьте себе черепашку, которая ползает на плоскости, а вы ею управляете с помощью определенного набора команд. В классическом варианте используют следующие команды:

- ▶ Ползти вперед и рисовать отрезок на плоскости (F).
- ▶ Ползти вперед без рисования (f)
- ▶ Повернуть направо (+)
- ▶ Повернуть налево (-)
- ▶ Скобки []. Команда правая скобка] означает возврат в положение, отмеченное левой скобкой [. Причем скобки могут быть вложенными.

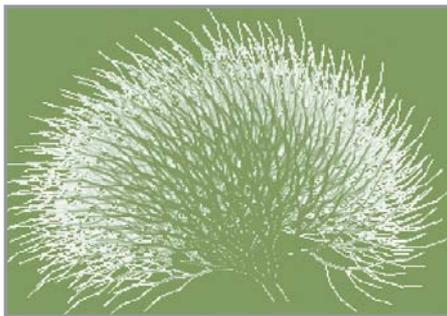
Рисующие черепахи

Начальное состояние черепашки определяется координатами на плоскости, величиной шага, на который она перемещается по командам f и F; величиной угла поворота, на который она поворачивается по командам «+» и «-». Так, чтобы нарисовать квадрат со стороной в единицу, надо установить шаг в единицу, а угол поворота — в 90° и передать черепашке команды: F+F+F+F.

Описание фрактала на языке L-системы состоит из трех основных частей: определения начальных условий; аксиомы, которая определяет предфрактал нулевого порядка; правил вывода. Например, довольно известная кривая фон Коха определяется следующим образом:

- ▶ $\text{Alfa}=60$ — (угол поворота равен 60°)
- ▶ F — (это аксиома)
- ▶ $F=F-F++F-F$ — (правило вывода)

На нулевом шаге строится предфрактал нулевого порядка. В данном случае это отрезок. Затем с каждым следующим шагом сим-



▲ Степные травы. Хотя построены они только из отрезков, выглядят реалистично

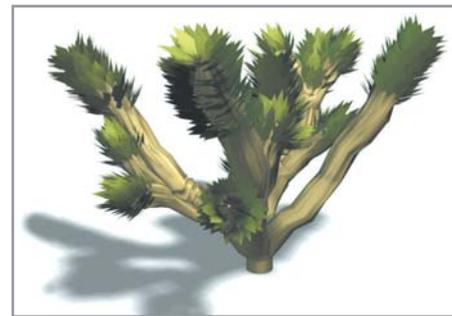
волы в аксиоме заменяются согласно правилам, причем правил может быть несколько. В нашем случае на нулевом шаге имеем F, на первом: F-F++F-F, на втором: F-F++F-F- F-F++F-F- F-F++F-F- F-F++F-F и т. д. Если теперь черепашку заставить ползать по плоскости согласно этим командам, то она нарисует предфрактал такого порядка, на какой итерации мы остановились. При i, стремящейся к бесконечности, предфрактал превращается во фрактал — фигуру с дробной размерностью.

Советы садоводам

«Выращивание» растения происходит в два этапа. На первом мы обрабатываем описание предфрактала на языке L-систем — выполняем заданное число итераций, в итоге получаем последовательность команд (F,f,+,-,[,]). На втором этапе мы строим само растение согласно командам, полученным на первом этапе.

Чтобы строить более интересные объекты, надо нашей черепашке переходить с плоскости в пространство. Другими словами, надо расширить команды, входящие в L-систему.

Если черепашка сможет рисовать стандартные примитивы трехмерной графики — параллелепипед, конус, многоугольник, сферу



▲ Дереву, построенному в Tree Factory, можно придать практически любую форму

и т. д., и если маневры черепашки задавать в виде матриц преобразований, то можно будет рисовать различные деревья и даже насекомых. Меняя вектор перемещения черепашки с помощью матриц преобразования, можно заставить ее поворачиваться в любом направлении и на любой угол и менять длину ее шага.

Садовый инструментарий

Кроме того, в перемещение черепашки можно внести элементы случайности. А если еще на примитивы, из которых состоит дерево, наложить соответствующие текстуры...

Как видите, теоретическая база для озеленения компьютерного мира солидная, а вот на практике она используется единицами, по крайней мере, в программных продуктах для ПК. Среди этих средств можно упомянуть такие генераторы ландшафтов, как VistaPro от Джона Хинкли и World Builder от компании AnimaTek, а также плагин к 3Dmax Tree Factory от компании Digimation, Inc.

Каждая из этих программ имеет свои достоинства и недостатки, но разговор о них — это тема отдельной большой статьи.

■ ■ ■ Александр Топорков



◀ Ландшафт в VistaPro. Необязательно создавать именно джунгли. Возможности программы достаточно широки