

Первый этап – преобразование координат, т. е. переход от системы координат $x_{k-1}, y_{k-1}, z_{k-1}$ к системе x_k, y_k, z_k – описывается следующими выражениями:

$$x_k = F_{k-1}(x'_k - b_{k-1}) \quad (7)$$

$$dx_k = F_{k-1} dx'_k, \quad (8)$$

где

$$F_{k-1} = \begin{pmatrix} \Phi_{k-1} & 0 \\ 0 & \Phi_{k-1} \end{pmatrix}; b_{k-1} = \begin{pmatrix} d_{k-1} \\ 0 \end{pmatrix}. \quad (9)$$

Второй этап – перенос точки встречи луча от предыдущей к данной поверхности. Он описывается уравнением переноса:

$$dx' = \begin{pmatrix} P & P^l \\ 0 & I \end{pmatrix} dx, \quad (10)$$

где I – единичная матрица 3×3 ; l – длина луча между поверхностями; P – оператор, проектирующий лучом a на касательную к поверхности плоскость.

Третий этап – преломление подробно рассмотрен в источниках [2, 3].

Матричная запись формул преобразования координат, переноса и преломления дифференциалов луча на данной поверхности, примененная последовательно ко всем поверхностям системы, позволяет получить линейные соотношения, полностью описывающие свойства оптической системы в окрестности данного действительного луча.

1. Пейсахсон, Н.В. О расчете хода лучей в произвольной оптической системе / Н.В. Пейсахсон, Н.И. Тарнакин — Оптико-механическая промышленность, 1966, № 11.
2. Слюсарев, Г.Г. Методы расчета оптических систем / Г.Г. Слюсарев — Л.: Машиностроение, 1969.
3. Герцбергер, М. Современная геометрическая оптика / М. Герцбергер — М.: Изд-во иностранной литературы, 1962.

УДК 621.326

ПРИМЕНЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЯЗЫКОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ В КОМПЬЮТЕРНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Журавок А.А., Сернов С.П.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Компьютерное моделирование оптических систем (ОС) является одним из наиболее эффективных методов изучения их характеристик. Основным преимуществом метода является возможность исследования конструкции системы до изготовления опытного образца.

При создании компьютерной модели ОС одним из подходов является применение алгоритмов трассировки световых лучей [1]. При этом непрерывное световое излучение упрощенно рассматривается как множество дискретных световых лучей. Направление каждого из них может быть рассчитано независимо от остальных, что значительно упрощает алгоритм.

Кроме дискретного представления светового излучения, также производится и декомпозиция сложной системы на совокупность более простых, примитивных элементов. Примитивным элементом считается участок поверхности, в каждой точке которого определена функция

$$r = f_{\text{пов}}(r'),$$

где r – вектор преломленного (отраженного) луча, r' – вектор падающего луча.

Часто в компьютерном моделировании прибегают к алгоритмам триангуляции поверхности, что позволяет произвести замену произвольной поверхности сложной формы к сетке из большого количества треугольных элементов.

Переход к плоским поверхностям существенно упрощает поиск коллизий (пересечений лучей с поверхностью) и вычисление отражений и преломлений луча. В то же время при достаточно мелком шаге разбиения сохраняется приемлемая точность вычислений, которая при необходимости может быть повышена.

Важным компонентом оптической системы является источник света. При компьютерном моделировании его можно представить как генератор лучей света, обладающих определенным направлением и силой света. Другими словами, источник света рассматривается как функция

$$I = f(\varphi, \theta),$$

где I – сила света, φ и θ – углы, задающие направление луча.

Из сказанного выше следует, что объекты, входящие в ОС и их взаимодействия имеют между собой определенные функциональные зависимости. Поэтому становится возможным использовать функциональный подход при проектировании алгоритма моделирования. Функциональное программирование [2], по сравнению с императивным [3], обладает рядом преимуществ:

1. Отсутствие побочных эффектов. В основе алгоритма лежит цепочка преобразова-

ний над объектами, а не изменение состояния памяти, где хранятся объекты. Это повышает предсказуемость и надежность алгоритма.

2. Краткость и простота. Функциональный подход позволяет лаконично реализовать алгоритм. Для программ, предназначенных для научных расчетов это также позволяет упростить переход от математической модели к компьютерной.

3. Если функции не зависят друг от друга по данным, то возможно производить их вычисление параллельно, что повышает скорость расчета.

4. Отложенные вычисления. Значение функции вычисляется только в момент обращения к нему, что исключает лишние вычисления и также повышает скорость работы программы.

Функциональное программирование обладает еще множеством преимуществ и недостатков, но здесь рассмотрены только те, которые имеют наибольшее значение в рассматриваемой задаче. Пункты 1 и 2 позволили упростить алгоритм и повысить его надежность, пункты 3 и 4 – повысить эффективность и скорость вычислений.

При реализации компьютерной модели ОС не использовался чистый функциональный язык программирования, такой как Haskell или Erlang, а применялся язык C# 3.0 на платформе .NET, в котором реализованы возможности функционального языка.

Отдельно следует отметить удобство реализации параллельных вычислений. При решении задач трассировки лучей, где количество лучей может достигать порядка 10^6 , а количество элементов поверхности 10^4 , остро встает вопрос скорости вычислений. В то же время при использовании функционального подхода становится возможным параллельное вычисление, что дает многократный прирост производительности на современных многопроцессорных системах. А библиотека LINQ, доступная на платформе .NET позволяет не только упростить организацию многопоточной среды исполнения, но и обеспечить автоматическую балансировку нагрузки на вычислительные ядра процессора. Наглядно вы-

игрыш от применения параллельного вычисления представлен на рисунке 1.

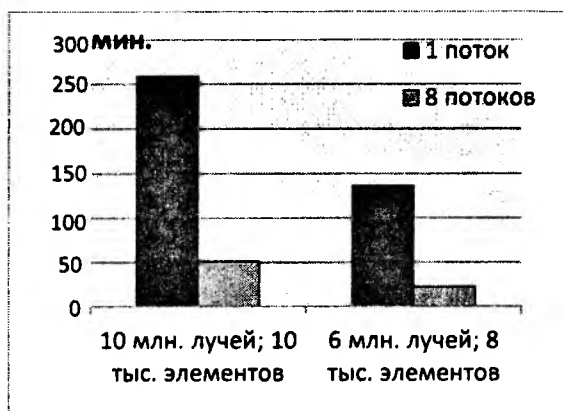


Рисунок 1 – Сравнение зависимости времени расчета ОС для однопоточной и многопоточной реализаций алгоритма на примере моделей с различной детализацией (испытания проводились на процессоре Intel core i7 2600K)

Измерения производились с различными уровнями детализации модели. Средний выигрыш по времени расчета ОС при использовании 8 потоков составил 5,5 раз, что является хорошим показателем.

1. Журавков, А.А. Компьютерное моделирование неизображающих оптических систем в трехмерном пространстве / А.А. Журавков, С.П. Сернов // Материалы 65-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных работников, докторантов и аспирантов в рамках 10-ой международной научно-технической конференции "Наука-образованию, производству, экономике". Минск, БНТУ, 20012.
2. Филд, А. Функциональное программирование / А. Филд, П. Харрисон — М.: Мир, 1993. — 637 с.
3. В Себеста, Роберт Основные концепции языков программирования / Роберт В Себеста — 5-е изд. — М.: «Вильямс», 2001. — С. 672.

УДК 621.91.534

СИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Заец С. С., Максимчук И.В.

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт, Киев, Украина

На современном этапе развития приборостроения для изготовления сложных деталей используется многофункциональное оборудование в виде станков с числовым программным управлением - ЧПК, обрабатывающих центров.

Они имеют весьма большими возможностями по обработке сложных по конструкции деталей, со многими режущими инструментами, в автоматическом режиме без вмешательства рабочих. [1].