

```
var N=50; M=60; h=1; dt=0.01;
var r; r, C, Ex, Ey, x, y :
[0..N+1, 0..M+1] of s
begin
  r:=h*i+0.001;
  if i*i+(M-k)*(M-k)<64 then C:=1 else C:=
  f
  x;
  SIN
  =f
  dea
  t<5000 then begin
  For i:=0 to N do For k:=0 to M do
  begin
```

Р. В. Майер

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ



```
For i:=1 to N do
```

Введение

Быстрое развитие электроники и компьютерной техники создало предпосылки для перехода человеческого общества из постиндустриального в информационное. С каждым годом увеличивается количество людей, участвующих в различных информационных процессах, связанных с созданием, обработкой, передачей и хранением информации. В этой связи большое значение приобретает изучение информационных дисциплин в школе и вузе, освоение современных методов использования компьютера для решения различных задач. Это относится в том числе и к методу компьютерного моделирования, который превратился в мощное и гибкое средство исследования и проектирования сложных систем различной природы. Его сущность состоит в создании компьютерной программы, имитирующей поведение реальной системы, и проведении с ней численных экспериментов. Их результаты позволяют понять поведение исследуемой системы, установить соответствующие закономерности и оценить различные стратегии управления, обеспечивающие ее правильное функционирование, осуществить информационную поддержку принятия решений в условиях неопределенности.

В школьном курсе информатики рассматриваются основы компьютерного моделирования, в частности, моделирование динамических систем, задачи статистического и имитационного моделирования, моделирование знаний, компьютерная графика и т. д. Следовательно, изучение методов компьютерного моделирования имеет большое значение для подготовки студентов педагогических вузов, планирующих стать учителями информатики, математики и физики. Они, конечно же, должны разбираться в практических аспектах создания компьютерных моделей и их использования для исследования различных объектов и процессов.

Компьютерные модели используются практически во всех областях человеческой деятельности, поэтому курс "Компьютерное моделирование" входит в учебные программы вузов, обучающихся студентов по разным направлениям. Понятно, что содержание данной дисциплины определяется профилем вуза, набором тех компетенций, которые формируются у студентов соответствующей специальности. Наполнение этого курса для студентов педагогического вуза достаточно сильно отличается от содержания этой дисциплины, с которым знакомятся студенты технических, медицинских или экономических университетов.

Изучение этой дисциплины в педвузе требует использования учебника. Существует большое количество учебных пособий, в которых анализируются те или иные аспекты компьютерного моделирования, рассматриваются возможности различных программных продуктов для решения достаточно специфических задач из различных областей: механики, электроники, гидродинамики, теплотехники, экономики, демографии, социологии и т. д. Анализ этой литературы позволяет констатировать отсутствие учебного пособия по компьютерному моделированию для будущих учителей. Следовательно, проблема создания такого учебника для студентов педагогических вузов является актуальной и имеет практическое значение.

Понятно, что изучение основ компьютерного моделирования студентами педвузов должно отличаться от изучения этой дисциплины в технических университетах по количеству часов и содержанию. В то время как будущие инженеры знакомятся со специализированными программными продуктами (MatLab, ANSYS, Simulink и т. д.), позволяющими решать технические задачи, будущие учителя, видимо, должны в первую очередь осваивать методы реализации того или иного алгоритма на общедоступном языке программирования.

С высокой долей уверенности можно предположить, что освоение методов компьютерного моделирования будет эффективным тогда, когда

оно опирается на деятельность студентов по созданию и изучению некоторого множества компьютерных программ, моделирующих физические, биологические, социальные и другие процессы. Курс состоит из лекций, на которых рассматриваются теоретические вопросы, и практических занятий, проводимых в компьютерном классе. Во время этих занятий каждый студент, работая на своем компьютере, должен самостоятельно создать определенную совокупность несложных компьютерных моделей, провести соответствующие вычислительные эксперименты.

Результат компьютерного моделирования зависит от используемой среды программирования. Возможны следующие варианты:

1. Языки программирования (QBasic, Pascal, C++ и т. д.). Этот выбор имеет несомненные преимущества, так как в средах программирования можно реализовать любой алгоритм, вывести результаты вычислений в графическом виде. Получающиеся программы отражают сущность вычислительной процедуры и содержат минимальное количество команд.

2. Языки визуального программирования (Delphi, Visual Basic). Имеют большие возможности, получающийся exe-файл позволяет создавать на экране компьютера красивые изображения. Недостаток состоит в большой длине программного кода, в необходимости решать различные проблемы, связанные с вводом-выводом данных, созданием объектов, процедур, не имеющих никакого отношения к собственно компьютерной модели.

3. Математические пакеты типа MathCad, Excel, Maple и т. д. Позволяют решить систему алгебраических и дифференциальных уравнений, строить соответствующие графики, диаграммы или поверхности. Работают с комплексными числами, что позволяет их использовать для моделирования колебаний, волн, расчета цепей переменного тока и т. д. Использование таких пакетов требует применения специфичных приемов программирования.

4. Пакеты компонентного моделирования типа MatLab, Electronics WorkBench, ANSYS, Simulink и т. д., работа с которыми предполагает создание структурной модели исследуемого объекта в виде соединенных стрел-

ками блоков, электронных схем и т. д. Подразделяются на универсальные и предметно-ориентированные пакеты, которые позволяют промоделировать процессы из какой-то одной предметной области.

На наш взгляд, в качестве языка программирования, позволяющего изучить основные алгоритмы компьютерного моделирования, следует выбрать язык Pascal. Это удобно по следующим причинам: 1) основы программирования на языке Pascal изучаются в школе и в педагогическом вузе; 2) язык Pascal предоставляет широкие возможности для работы с массивами и компьютерной графикой и позволяет реализовать различные алгоритмы; 3) программы, написанные на языке Pascal, понятны любому программисту и легко транслируются в Delphi, Visual Basic, C++ и т. д. Освоение некоторых вопросов может быть осуществлено с помощью таких пакетов программ, как Excel, MathCAD, Electronics Workbench, GPSS и т. д., однако при изучении основных алгоритмов решения алгебраических и дифференциальных уравнений, работы с массивами, построения графиков, что так необходимо для создания компьютерных моделей, целесообразно использовать Pascal.

Ниже представлена примерная программа курса "Компьютерное моделирование" для педагогических вузов (профили «Физика», «Математика», «Информатика»). Она несколько избыточна и рассчитана на большее количество часов, чем в настоящее время отводится по учебному плану. Предполагается, что некоторые вопросы будут выноситься на факультативное или самостоятельное изучение.

Программа курса "Компьютерное моделирование"

Тема 1. Компьютерное моделирование как метод научного познания

Моделирование и системный подход. Цели моделирования. Вербальные и математические модели. Компьютерные модели и их классификация. Принципы компьютерного моделирования. Информационные модели. Ана-

литические и имитационные модели. Вычислительный эксперимент.

Тема 2. Непрерывно-детерминированные модели динамических систем

Методы численного решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Методы численного интегрирования. Методы решения дифференциальных уравнений с частными производными. Методы решения вариационных задач.

Тема 3. Дискретно-детерминированные модели

Сущность автоматного подхода. Компьютерное моделирование нейросетей. Метод клеточных автоматов. Понятие о мультиагентном подходе. Примеры использования дискретно-детерминированных моделей.

Тема 4. Дискретно-стохастические модели

Метод статистического моделирования (Монте-Карло). Алгоритм моделирования дискретной случайной величины. Моделирование случайных событий и процессов. Примеры использования метода статистических испытаний. Вероятностные клеточные автоматы.

Тема 5. Непрерывные стохастические модели

Получение непрерывных случайных величин с заданным распределением. Моделирование различных систем массового обслуживания. Другие непрерывно-стохастические модели. Агрегатный подход к моделированию сложных систем. Примеры непрерывно-детерминированных моделей.

Тема 6. Компьютерное моделирование физических систем

Моделирование колебательного движения. Моделирование движения точки в силовом поле. Модель двумерного движения системы частиц. Большие системы. Расчет электрического и магнитного полей. Моделирование диффузии и теплопроводности. Моделирование волнового движения. Автоволновые процессы. Расчет потенциального и вихревого течения жидкости. Моделирование конвекции. Оптические и квантовые явления.

Тема 7. Имитационное моделирование технических систем

Общие подходы и принципы. Модели простых систем: измерительный прибор, асинхронный двигатель. Моделирование информационных систем.

Моделирование систем автоматического регулирования. Моделирование движения мотоцикла, автомобиля. Модель работы ядерного реактора.

Тема 8. Имитационное моделирование биологических и экологических систем

Дискретные и непрерывные модели развития отдельной популяции. Учет межвидовой конкуренции. Модель "хищник-жертва". Мультиагентный подход к моделированию биологических систем. Муравьиный алгоритм. Моделирование эволюции, генетические алгоритмы. Моделирование искусственной жизни.

Тема 9. Имитационное моделирование социально-экономических систем

Локальный (мультиагентный) и глобальный подходы к построению моделей. Модель развития предприятия. Моделирование экономического и демографического развития общества. Ланчестерская модель боевого взаимодействия противников. Модели боя, учитывающие пространственное расположение войск. Моделирование развития общества в компьютерных играх. Глобальные модели развития человечества.

Тема 10. Имитационное моделирование процесса обучения

Дискретная модель ученика. Непрерывная однокомпонентная модель обучения. Модель обучения с изменяющимся коэффициентом забывания. Многокомпонентная модель обучения и ее использование для анализа различных ситуаций. Решение оптимизационной задачи с помощью имитационной модели обучения.

Тема 11. Информационное моделирование и робототехника

Понятие информационной модели объекта. Электронные таблицы, базы данных. Моделирование знаний. Искусственный интеллект. Создание роботов, моделирующих поведение человека и животных. Примеры информационных моделей.

Тема 12. Геометрическое моделирование. Виртуальная реальность

Понятие компьютерной графики. Растровая, векторная и фрактальная

2D-графика. Воксельная и полигональная 3D-графика. Создание трехмерных изображений и их преобразование. Матрицы масштабирования, сдвига и поворота. Метод трассировки лучей. Задача удаления невидимых элементов. Понятие виртуальной реальности. Методы создания эффекта присутствия в виртуальном мире. Виртуальные лаборатории и симуляторы.

Настоящее учебно-методическое пособие написано в соответствии с представленной выше учебной программой и является результатом многолетней работы. Отбор материала основывался на критерии доступности рассматриваемых вопросов и предлагаемых компьютерных моделей для использования в учебном процессе. При этом удалось избежать рассмотрения каких-то сложных математических схем и строгих доказательств, которые можно найти в учебниках по численным методам. Пособие содержит около 180 компьютерных программ, которые могут быть использованы на практических занятиях.

Автор выражает благодарность преподавателям факультета информатики, физики и математики Глазовского государственного педагогического института, которые в той или иной степени способствовали созданию этого учебно-методического пособия. На выбор анализируемых задач, используемых моделей и подходов к изложению теоретического материала определенное влияние оказали многочисленные выступления доктора физико-математических наук В. А. Саранина и кандидата педагогических наук О. Е. Данилова на Всероссийской научно-практической конференции "Учебный физический эксперимент. Актуальные проблемы. Современные решения" (Глазовский пединститут).

Р. В. Майер

[ВВЕРХ](#)