

**МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ****МОДЕЛИРОВАНИЕ В ИССЛЕДОВАНИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ  
1. МЕТОДЫ СТАТИСТИЧЕСКОГО (ИМИТАЦИОННОГО)  
МОДЕЛИРОВАНИЯ**

В.А.ШИШКИН, *кандидат технических наук*  
Никитский ботанический сад – Национальный научный центр

**Введение**

Системный подход при исследовании сложных систем предусматривает использование различных методов моделирования. Это обуславливается разнообразными требованиями, предъявляемыми к результатам исследований. К таким можно отнести растянутые во времени процессы, сложные с точки зрения постановки эксперимента, многоуровневые эксперименты со смешанными временными факторами и наконец, очень дорогостоящие эксперименты. В таких случаях различные методы моделирования исследовательского процесса позволяют устранить подобные недостатки.

**Объект и методы исследования**

В исследовании биологических систем доминирующим недостатком является длительность периода исследований. Кроме того, динамика процесса во многих случаях меняется достаточно плавно, без особо резких скачков. В таких случаях наиболее приемлемым является метод статистического (имитационного) моделирования [1].

Сущность метода статистического моделирования сводится к построению моделирующего алгоритма, имитирующего поведение и взаимодействие элементов системы с учетом случайных входных воздействий и воздействий внешней среды  $E$  и реализации этого алгоритма с использованием программно-технических средств [2].

Различают две области применения метода статистического моделирования:

- для изучения стохастических систем;
- для решения детерминированных задач.

Основной идеей, которая используется для решения детерминированных задач методом статистического моделирования, является замена детерминированной задачи эквивалентной схемой некоторой стохастической системы, выходные характеристики последней совпадают с результатом решения детерминированной задачи. При такой замене погрешность уменьшается с увеличением числа испытаний (реализации моделирующего алгоритма)  $N$ .

**Результаты и обсуждение**

В результате статистического моделирования системы  $S$  получается серия частных значений искомым величин или функций, статистическая обработка которых позволяет получить сведения о поведении реального объекта или процесса в произвольные моменты времени. Если количество реализации  $N$  достаточно велико, то полученные результаты моделирования системы приобретают статистическую устойчивость и с достаточной точностью могут быть приняты в качестве оценок искомым характеристик процесса функционирования системы  $S$  [4].

Поскольку речь идет о исследовании стохастических систем, то закономерно воспользоваться «методом Монте-Карло», как основополагающим в решении задач статистического моделирования [3,5]. Метод Монте-Карло предполагает генерирование последовательности выборочных значений случайной величины с заданным распределением [7,8].

Случайные величины обычно моделируют с помощью преобразований одного

или нескольких независимых значений случайной величины  $a$ , равномерно распределенной в интервале  $(0,1)$ . Независимые случайные величины, равномерно распределенные в интервале  $(0,1)$ .

Выделяются следующие этапы моделирования случайных величин:

- генерирование  $N$  реализаций случайной величины с заданным нормальным распределением;
- преобразование полученной величины, определяемой моделью;
- статистическая обработка полученной реализации.

На этапе статистической обработки действуют методы, определенные статистическим анализом.

Общую схему процесса можно представить в следующей последовательности:

- подготовка исходных данных;
- генерирование случайных чисел с равномерным распределением;
- преобразование выборки в вид с заданным законом распределения;
- статистическая обработка данных.

Имитационные системы имеют следующие функциональные блоки:

- имитации входных процессов;
- имитации правил переработки входной информации исследуемой системы;
- накопления информации в результате моделирования;
- анализа накопленной информации;
- управления имитирующей системы.



Рис.1 Блок-схема процесса имитационного моделирования

В представленной блок-схеме

ИД – исходные данные

ГСЧ – генератор случайных чисел

ГВП – генератор входных процессов

ИС – имитационная система

СО – статистическая обработка данных

На первом этапе находят наиболее подходящие методы и алгоритмы для описания аналитических функций распределения и проводят вычисления (блок ИД) для определения исходных данных.

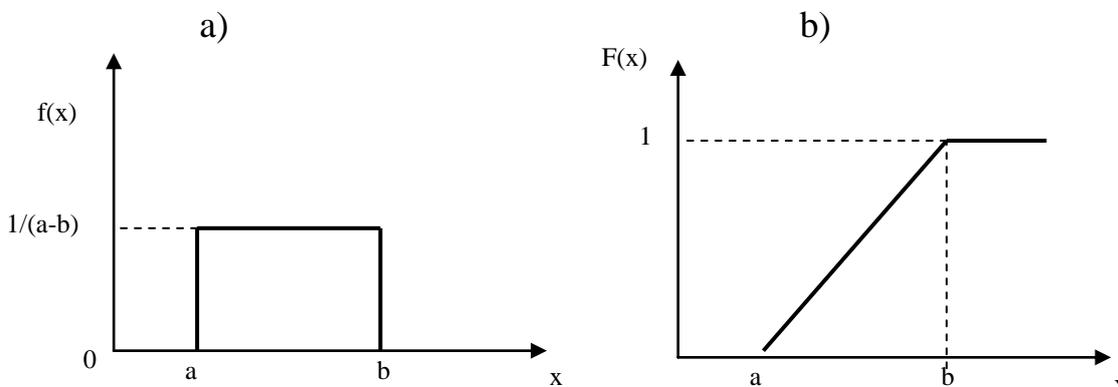
В блоках (ГСЧ и ГВП) производится генерирование случайных чисел с равномерным распределением  $\xi$  и входных процессов.

Блок (ИС) имитирует работу исследуемой системы, результаты его работы накапливаются для последующей статистической обработки. В последнем блоке осуществляется статистическая обработка [6,9].

При моделировании систем на ЭВМ программная имитация случайных воздействий любой сложности сводится к генерированию некоторых стандартных (базовых) процессов и к их последующему функциональному преобразованию. В качестве базового может быть принят любой удобный в случае моделирования конкретной системы  $S$  процесс. Однако при дискретном моделировании базовым процессом является последовательность чисел  $\{x_i\} = x_0, x_1, \dots, x_N$ , представляющих собой реализации независимых, равномерно распределенных на интервале  $(0,1)$  случайных величин  $\{\xi_i\} = \xi_0, \xi_1, \dots, \xi_N$  или в

статистических терминах повторную выборку из равномерно распределенной на  $(0,1)$  генеральной совокупности значений величины  $\xi$ .

Непрерывная случайная величина  $\xi$  имеет равномерное распределение в интервале  $(a,b)$ , если ее функция плотности (рис. 2,a) и распределение (рис. 2,b)



соответственно примут вид:

Рис.2. Равномерное распределение случайной величины

$$f(x) = \begin{cases} 1/(a-b), & a \leq x \leq b \\ 0 & , x < a, x > b \end{cases}$$

$$F(x) = \begin{cases} 0 & , x < a \\ (x-a)/(b-a), & a \leq x \leq b \\ 1 & , x > b \end{cases}$$

### Выводы

Таким образом, в результате проведенного анализа метода статистического моделирования была выявлена реальная возможность исследования биологических систем при различных заданных условиях. Одним из наиболее важных достоинств приведенного метода является его универсальность в вопросе «добычи» данных в условиях сложности проведения множественного эксперимента.

### Список литературы

1. Ермаков С.М., Михайлов Г.А. Статистическое моделирование. – Изд. 2. – М.: Наука, 1982. – 296 с.
2. Ермаков С.М., Михайлов Г.А. Курс статистического моделирования. – М.: Наука, 1976. – С. 7-9.
3. Соболев И.М. Метод Монте-Карло. – 4-е изд. – М.: Наука, 1985. – С. 25-27.
4. Прикладная математика: Курс лекций / Под ред. А.А. Колесникова. – Л.: ВАС, 1987. – С. 6-41, 123-180.
5. Ермаков С.М. Метод Монте-Карло и смежные вопросы. – Изд. 2. – М.: Наука, 1975. – 440 с.
6. Статистические методы в инженерных исследованиях: Учебное пособие / Под ред. Г.К. Круга. – М.: Высш. шк., 1983. – 216 с.
7. Соболев И.М. Численные методы Монте-Карло. – 4-е изд. – М.: Наука, 1973 – 311 с.
8. Михайлов Г.А. Некоторые вопросы теории методов Монте-Карло. – Новосибирск: Наука, 1974. – 141 с.
9. Математическая теория планирования эксперимента / Под ред. С.М. Ермакова. – М.: Наука, 1983. – 392 с.

*Рекомендовано к печати д.м.н. Ярош А.М.*