

УДК 32.817

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ГЕНЕРАТОР СЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ ДЛЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

© А.А. Арзамасцев, Т.Ю. Китаевская, И.В. Азаров

Arzamastsev A.A., Kitaevskaya T.Y., Azarov I.V. A universal generator of random numbers for computer simulation. An all-purpose generator of random numbers is proposed. It allows gaining data with any specified distribution and can be used as an instrument for computer simulation.

Введение. Имитационное моделирование используется для решения многих практических задач, в которых потоки, связанные с реальными объектами, моделируются соответствующими потоками случайных чисел. Поэтому возникает проблема построения генератора, позволяющего получать определенное количество случайных (псевдослучайных) чисел, распределенных по заданному закону.

Многие языки программирования высокого уровня имеют встроенные генераторы (функции), реализующие равномерное распределение. Для решения практических задач они мало пригодны, т. к. в реальных объектах возможны произвольные распределения случайных величин, как заданные известными функциональными зависимостями, так и эмпирическими распределениями или гистограммами.

Целью настоящей работы является создание универсального генератора случайных чисел, позволяющего получать массивы данных, распределенных произвольно заданным образом. Подобный генератор может быть использован в качестве инструмента для имитационного моделирования.

Алгоритм и его описание. В основу алгоритма положена возможность аппроксимации непрерывного распределения случайных чисел с помощью его кусочно-постоянного приближения. При этом генерирование чисел в пределах каждого интервала осуществляется стандартными средствами. Алгоритм описан в работе [1] и показан на рис. 1.

В блоке 1 задаем общее количество случайных чисел n и количество отрезков гистограммы m . В блоке 2 осуществляем ввод параметров гистограммы x_i и $P(x_i)$ в соответствии с рис. 2. В блоках 3 и 4 осуществляем расчет количества чисел, приходящихся на каждый из отрезков гистограммы. Блок 5 служит для инициализации значения счетчика $l = 1$. Блоки 6 и 7 служат для организации циклов по количеству отрезков гистограммы и по количеству чисел, попавших в каждый из отрезков. В блоке 8 осуществляем генерирование случайного числа, гарантированно попадающего в i -й отрезок гистограммы. Функция RND при этом реализует генерирование случайного значения, заключенного в интервале от 0 до 1. Как правило, такая функция является стандартной в большинстве языков программирования. В блоке 9 осуществляем увеличение значения счетчика на 1. После выполнения блоков 1–9 имеем массив из n псевдослучайных чисел, распределенных в соответствии с гистограммой, показанной на рис. 2. Однако

эти числа являются условно упорядоченными, т. к. они не ранжированы в пределах каждого отрезка гистограммы и упорядочены по отрезкам. Для того чтобы устранить такое частичное упорядочение чисел, в блоках 10–16 осуществляется их перемешивание. В данном варианте программы перемешивание состоит в генерировании случайным образом 1 пар индексов чисел и их перестановок (блоки 11, 12 и 14–16 соответственно). Блоки 17, 18 осуществляют циклический процесс окончательного вывода сгенерированных чисел в массив или файл.

Программа генератора случайных чисел реализована в среде Borland C++ Builder v. 1.0 для операционных систем Windows 9x/NT. Она позволяет задавать распределение либо гистограммой, либо функционально. Главное окно программы имеет вид, показанный на рис. 3.

Здесь пользователь может выбрать способ задания распределения. Задание с помощью гистограммы предполагает наличие кусочно-постоянных значений числа попаданий в интервалы. Среди распределений заданных функционально представлены известные законы: нормальный, логонормальный, экспоненциальный, Эрланга и др. Настройка параметров распределений, заданных гистограммой, осуществляется с помощью диалогового окна, показанного на рис. 4. Результат работы генератора записывается в ASCII-файл, который может быть использован при необходимости практически в любых языках программирования.

Тестирование алгоритма проводили путем сравнения заданного распределения случайных чисел (рис. 5) и распределения чисел, полученных с помощью генератора. Проверка гипотезы о близости распределений осуществляли на основе критерия согласия χ^2 [2, 3].

Проверка гипотезы по какому-либо критерию согласия основана на определении степени близости теоретической и эмпирической функций распределения. Если $F_{\text{теор}}$ и $F_{\text{эмп}}$ близки, то значение χ^2 , получаемое по формуле:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^r \frac{(m_i - np_i)^2}{np_i} = n \sum_{i=1}^r \left(\frac{m_i}{n} - p_i \right)^2 / p_i, \quad (1)$$

должно быть меньше, чем табличное значение [3]. В уравнении (1) r – количество степеней свободы. Значение критерия χ^2 представляет собой, таким образом,

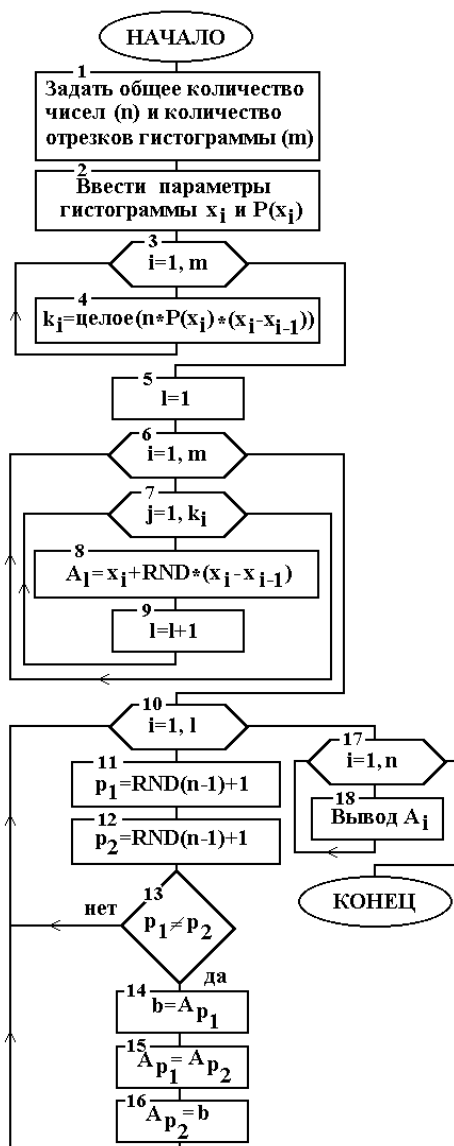


Рис. 1. Блок-схема универсального генератора

квадрат некоего расстояния между двумя r -мерными векторами: вектором относительных частот $(m_1/n, \dots, m_r/n)$ и вектором вероятностей (p_1, \dots, p_r) . В результате расчетов, выполненных по уравнению (1), для экспериментальных данных рис. 5 получили значения, приведенные в табл. 1. При этом число степеней свободы выбирали равным 6.

По таблице работы [3] (с. 551), в которой приведены значения квантилей χ^2 , можно сделать следующий вывод (см. табл. 1). С увеличением общего количества сгенерированных чисел значение χ^2 уменьша-

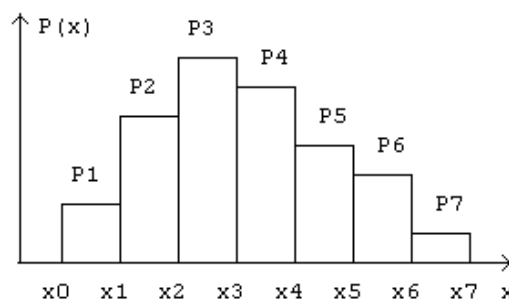
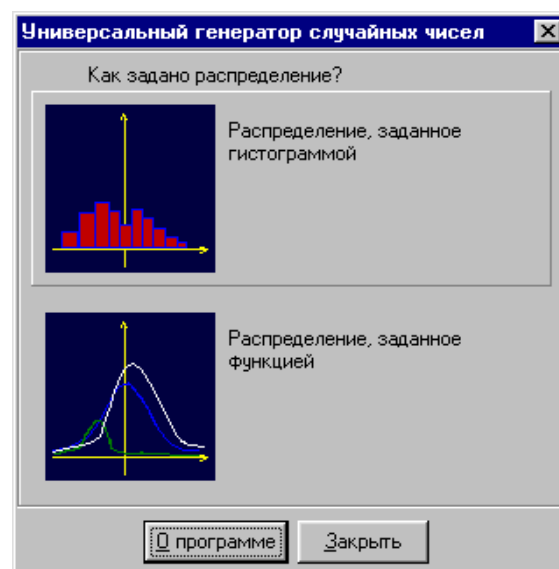
Рис. 2. Произвольное распределение случайных чисел, заданное гистограммой. P_i – количество чисел, принадлежащих интервалу $[x_{i-1}, x_i)$ 

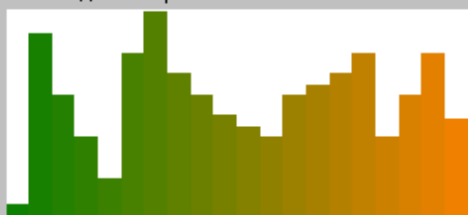
Рис. 3. Диалоговое окно выбора типа распределения

ется, что указывает на повышение степени близости заданного и сгенерированного распределений. При этом уровень доверительной вероятности повышается с 0,95 при числе $n = 10$ до 0,99 при $n = 1000$.

Заключение. Таким образом, испытание алгоритма, приведенного на рис. 1, показало его функциональную пригодность. Программа генератора расположена в Internet на сайте кафедры компьютерного и математического моделирования по адресу www.chat.ru/~cmsd и может быть свободно получена и использована как freeware.

Задать параметры гистограммы

Вид гистограммы:



Всего задано отрезков: 20
 Максимальная длина последовательности: 100000
 Чисел в данном наборе: 58094
 Минимальное значение в выборке: -45
 Максимальное значение в выборке: 55

Отрезок: 1
 Левый конец: -45 Число попаданий: 344
 Правый конец: -40

Отрезок: 2
 Левый конец: -40 Число попаданий: 4450
 Правый конец: -35

Отрезок: 3
 Левый конец: -35 Число попаданий: 3000
 Правый конец: -30

Отрезок: 4
 Левый конец: -30 Число попаданий: 2000

<< Назад **X** Отмена Далее >>

Рис. 4. Окно настройки параметров распределения, заданного гистограммой

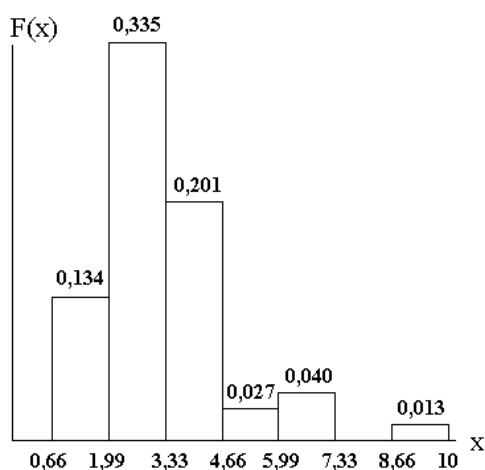


Рис. 5. Тестовый пример

Таблица 1

Сравнение распределений случайных чисел

Количество сгенерированных чисел (n)	Расчетное значение χ^2	Уровни вероятности
10	1,0507	0,95
100	0,5991	0,98
1000	0,0572	0,99

ЛИТЕРАТУРА

1. Арзамасцев А.А., Тютюник В.М. 100 программ на Бейсике. Тамбов: ТГПИ, 1991. 111 с.
2. Тюрин Ю.Н., Макаров А.А. Анализ данных на компьютере. М.: Финансы и статистика, 1995. 384 с.
3. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. М.: Наука, 1970. 720 с.

Поступила в редакцию 16 марта 2000 г.