



**Министерство науки и высшего образования Российской
Федерации**
**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования**
**«Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана**
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

ФАКУЛЬТЕТ «Информатика и системы управления»

КАФЕДРА «Программное обеспечение ЭВМ и информационные технологии»

ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №3
Исследование псевдослучайных чисел

Студент	Соколов Ефим
Группа	ИУ7-73Б
Дисциплина	Моделирование

Преподаватель:

_____	Рудаков И.В.
подпись, дата	Фамилия, И.О.

Оценка _____

Москва — 2022 г.

Задание

Изучить методы генерирования псевдослучайных чисел, а также критерии оценки случайности последовательности. Реализовать критерий оценки случайной последовательности. Сравнить результаты работы данного критерия на одноразрядных, двухразрядных и трехразрядных последовательностях целых чисел. Последовательности получить алгоритмическим и табличным способами.

Теоретическая часть

Выбранный алгоритм генерации случайных чисел - линейный конгруэнтный генератор.

Выбранный критерий оценки случайности последовательности: критерий «Хи-квадрат». Это один из самых распространенных статистических критериев, иногда этот метод используется в сочетании с другими критериями. С помощью этого критерия можно оценить, удовлетворяет ли генератор случайных чисел требованию равномерного распределения или нет.

Для оценки по этому критерию необходимо вычислить статистику V по формуле:

$$V = \frac{1}{n} \sum_{s=1}^k \frac{Y_s^2}{p_s} - n,$$

где

- n - количество независимых испытаний;
- k - количество категорий;
- Y_s - число наблюдений, которые действительно относятся к категории s ;
- p_s - вероятность того, что каждое наблюдение относится к категории s .

Значение V является значением критерия «Хи-квадрат» для экспериментальных данных. Приемлемое значение этого критерия можно определить по таблице 1. Для этого используем строку с $v = k-1$, где $k = 10, 90, 900$ для задания лабораторной. P в этой таблице — это вероятность того, что экспериментальное значение V_{exp} будет меньше теоретического V_{theor} или равно ему. Также ее можно рассматривать как доверительную вероятность.

Таблица 1: Значения V_{theor} для количества степеней свободы по заданию

$n - 1$	$P = 1\%$	$P = 5\%$	$P = 25\%$	$P = 50\%$	$P = 75\%$	$P = 95\%$	$P = 99\%$
$V = 9$	2.088	3.325	5.899	8.343	11.39	16.92	21.67
$V = 89$	60.93	68.25	79.68	88.33	97.60	112.02	122.94
$V = 899$	803.31	830.41	870.05	898.33	927.23	969.86	1000.57

Если вычисленное V окажется меньше 1%-й точки или больше 99%-й точки, можно сделать вывод, что эти числа недостаточно случайные. Если V лежит между 1% и 5% точками или между 95% и 99% точками, то эти числа «подозрительны». Если V лежит между 5% и 10% точками или 90%-95% точками, то числа можно считать «почти подозрительными». Обычно необходимо произвести проверку три раза и более с разными данными. Если по крайней мере два из трех результатов оказываются подозрительными, то числа рассматриваются как недостаточно случайные.

Таким образом, процедура проверки критерия свдится к следующему алгоритму:

1. выделяем k категорий; в нашем случае это количество возможных полученных значений: 10, 90 и 900 для одноразрядных, двухразрядных и трехразрядных;
2. запускаем генератор случайных чисел N раз;
3. определяем количество случайных чисел, попавших в каждую категорию;
4. вычисляем значение статистики V ;

5. сравниваем полученное значение с теоретическими значениями в таблице, определяем к какому интервалу оно относится.

6. делаем вывод о случайности величины, возможны три случая:

- $1\% < V_{exp} < 99\%$ - генератор удовлетворителен (однако необходимо учитывать «подозрительные» результаты);
- $V_{exp} < 1\%$ - генератор не удовлетворителен, так как разброс чисел слишком мал, чтобы быть случайным;
- $99\% < V_{exp}$ - генератор не удовлетворителен, так как разброс чисел слишком велик, чтобы быть случайным.

Листинги кода

На листинге 1 приведен код класса, реализующий алгоритм линейного конгруэнтного генератора.

Листинг 1: Линейный конгруэнтный генератор

```
1 class LCGRandom:
2     def __init__(self):
3         self.current = 10
4         self.m = 2. ** 31
5         self.a = 1594525
6         self.c = 1123504223
7
8     def generate(self, low=0, high=100):
9         self.current = (self.a * self.current + self.c) % self.m
10        result = int(low + self.current % (high - low))
11        return result
```

На листинге 2 приведен код функции, подсчитывающей критерий.

Листинг 2: Вычисление критерия «Хи-квадрат»

```
1 def calc_chi(arr, n, start, end):
2     tab = [0 for i in range(start + end)]
3     for i in range(n):
4         tab[arr[i]] += 1
5     s = 0
6     for i in tab:
7         s += i * i
8
9     return s * (end - start) / n - n
```

Результаты выполнения работы

На рисунке 1 приведены результаты работы разработанной программы.

```
> python3 main.py
```

-- Табличный метод --				-- Алгоритмический метод --		
№	1 разряд	2 разряд	3 разряд	1 разряд	2 разряд	3 разряд
0	6	11	937	3	95	885
1	3	77	701	0	30	292
2	7	80	917	1	21	303
3	9	14	886	0	70	934
4	1	19	568	5	13	745
5	4	41	420	8	70	212
6	0	55	607	1	49	895
7	7	70	510	2	16	386
8	7	40	777	9	99	953
9	3	58	526	6	48	288
Коэффициент Хи-квадрат	8.353999999999936	73.915999999999926	874.7000000000007	12.682000000000698	81.58400000000074	891.7999999999993

Рисунок 1: Результат запуска программы

Вывод

Как видно из полученных результатов, в некоторых случаях при применении табличного метода значения оказываются «почти подозрительными», однако это не критично и в среднем результаты работы генераторов можно признать удовлетворительными. Для алгоритмического метода (алгоритма линейного конгруэнтного генератора) полученные значения статистики V указывают на то, что данный метод можно признать удовлетворительным.