

4. Teixeira T., Fairhurst M., Santos R. Investigating key-stroke dynamics in the password domain for user authentication: Benchmarking available datasets and algorithms // Computers & Security. 2020. Vol. 92. P. 101760.

5. Typing D.N.A. Typing biometrics authentication API. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.typingdna.com/> (дата обращения: 10.05.2023).

6. Key Trac. Keystroke Biometrics for User Identification and Authentication. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.keytrac.net/> (дата обращения: 10.05.2023).

7. Соколов Д.А. Использование клавиатурного почерка для проверки подлинности в распределенных системах с мобильными клиентами // Безопасность информационных технологий. 2010. № 2. С. 50-53.

8. А.с. 105640. Навчальне видання «Управління ІТ-проектами: лабораторний практикум» / Строкань О.В., Мірошніченко М.Ю. Україна; дата реєстрації 18.06.2021.

### ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ

Чепурной М.П., Барышевский С.О.

ФГБОУ ВО «Мелитопольский государственный университет имени А.С.Макаренко», Мелитополь, e-mail: [taxchepurnoi@yandex.ru](mailto:taxchepurnoi@yandex.ru), [solbar16@gmail.com](mailto:solbar16@gmail.com)

В условиях рыночной экономики все более актуальным становится вопрос о поиске инструментов анализа и прогнозирования экономических процессов. Одним из способов принятия управленческих решений является использование методов имитационного моделирования.

Моделирование систем управления запасами, наряду с моделированием систем массового обслуживания, можно назвать «классическими задачами имитационного моделирования» [1].

Имитационное моделирование проводится в тех случаях, когда исследователь имеет дело с такими математическими моделями, которые не позволяют заранее вычислить или предсказать результат. В этом случае для предсказания поведения реальной сложной системы необходимо провести эксперимент, имитация на модели при заданных исходных параметрах [2, с.125].

Имитационное моделирование можно представить, как обычные итерационные вычисления, выполняемые с помощью расчетных программ или табличного процессора; такие вычисления можно выполнить и без компьюте-

ра, с привлечением арифметических действий, вспомогательных таблиц [3].

Одним из направлений имитационного моделирования является моделирование случайной величины [4].

В данной работе мы предлагаем рассмотреть примера имитационного моделирования управления запасами с помощью моделирования случайной величины.

Моделируется некоторая случайная величина. Сначала из опытных данных определяется количество появлений возможных значений этой величины в единицу времени. По частотам вычисляются вероятности, по значениям этих вероятностей – кумулятивные вероятности. Зная кумулятивные вероятности, устанавливаем соответствие между случайными числами и значениями случайной величины. Берем несколько случайных чисел из специальной таблицы, восстанавливаем по ним значения случайной величины и определяем нужные нам характеристики [4, с. 88].

**Пример.** Начальный запас 11 единиц, стоимость подачи заказов  $C_0 = 25$  рублей/заказ, стоимость хранения  $C_h = 12$  рублей/единицу в день, одна упущенная продажа  $C_b = 120$  рублей. При наличии на складе не более 5 единиц подается заказ на 11 единиц. Считаем, что все заказы подаются и выполняются в начале рабочего дня.

Из предыдущего опыта известно (наблюдение велось в течение 100 рабочих дней).

Спрос в день	0	1	2	3	4	5
Частота	10	15	25	20	20	10

Время выполнения заказа, дни	1	2	3
Частота	3	30	15

Покажем, как заполняются Таблица 1 и Таблица 2.

Как заполнять 3-й и 4-й столбцы вполне понятно. Так как у чисел в столбце «Кумулятивная вероятность» после запятой меняются два знака, то случайные числа группируем по два. Заполняется последний столбец сверху вниз.

Таблица 1

Спрос в день

Спрос в день	Частота	Вероятность	Кумулятивная вероятность	Случайные числа
0	10	0,1	0,10	00 – 09
1	15	0,15	0,25	10 – 24
2	25	0,25	0,50	25 – 49
3	20	0,2	0,70	50 – 69
4	20	0,2	0,90	70 – 89
5	10	0,1	1,00	90 – 99
Сумма	100			

Таблица 2

Время выполнения заказа, дни

Время выполнения заказа, дни	Частота	Вероятность	Кумулятивная вероятность	Случайные числа
1	5	0,10	0,10	00 – 09
2	30	0,60	0,70	10 – 69
3	15	0,30	1,00	70 – 99
Сумма	50			

Таблица 3

Работа склада за 10 дней

День	Запас в начале дня	Случайное число	Спрос	Запас на конец дня	Повторный заказ да/нет	Время выполнения	Дефицит
1	11	69	3	8			
2	8	02	0	8			
3	8	36	2	6			
4	6	49	2	4			
5	4	71	4	0	да	3	
6	0	99	5	0			5
7	0	32	2	0			2
8	11	10	1	10			
9	10	75	4	6			
10	6	25	4	2			
Сумма				44	1		7

Берем числа после запятой из 1-й строки 4-го столбца. Это 10. Поэтому с 10 начнем 2-ю строку последнего столбца, а числом  $10 - 1 = 09$  завершаем первую строку. Начинаем же 1-ю строку с 00.

Берем числа после запятой из 2-й строки 4-го столбца. Это 25. Поэтому с 25 начинаем 3-ю строку последнего столбца, а числом  $25 - 1 = 24$  завершим 2-ю строку. И т. д.

Таблица 2 заполняется аналогично.

Оценим общие издержки за день. Смоделируем работу склада за 10 дней (табл. 3).

Начальный запас – 11 единиц. Случайное число для спроса в 1-й день – 69, что соответствует по Таблице 1 спросу 3. Поэтому запас на конец 1-го дня равен  $11 - 3 = 8$ . Это число и запишем в запас на начало 2-го дня.

Случайное число для спроса во 2-й день – 02, что соответствует по Таблице 1 спросу 0. Поэтому запас на конец 2-го дня равен  $8 - 0 = 8$ . Это число и запишем на начало 3-го дня. Запас на начало 5-го дня  $4 < 5$ . Поэтому подаем заказ (да). Случайное число – 99, что соответствует по Таблице 2 времени заказа – 3 дня, то есть заказ выполняется весь 5-й, 6-й и 7-й дни и в начале 8-го дня мы получим 11 единиц. Спрос в 6-й день был 5 единиц, а начальный запас – 0 единиц, поэтому  $5 - 0 = 5$  упущенные продажи запишем в столбец «Дефицит». Спрос в 7-й день

был 2 единицы, а начальный запас – 0 единиц. Поэтому  $2 - 0 = 2$  упущенные продажи, которые тоже запишем в столбец «Дефицит».

Средний запас = суммарный конечный запас/общее число дней =  $44/10 = 4,4$  единицы в день.

Среднее число упущенных продаж = общее число упущенных продаж/общее число дней =  $7/10 = 0,7$  продажи/день.

Среднее число заказов = общее число заказов/общее число дней =  $1/10 = 0,1$  заказа в день. Общие затраты = подача заказов + хранение + штраф за дефицит =  $C_0^*$  (среднее число заказов) +  $C_h^*$  (средний запас) +  $C_b^*$  (среднее число упущенных продаж) =  $10 \times 0,1 + 25 \times 4,4 + 120 \times 0,2 = 1 + 110 + 24 = 135$  рублей/день.

#### Список литературы

1. Еськова О.И., Кикоть И.И. Имитационная модель системы управления запасами в условиях финансовых ограничений // Информатика. 2008. № 2(18). С. 26-34.
2. Антонов А.В. Системный анализ: учеб. для вузов. М.: Высш. шк., 2004. 454 с.
3. Системный анализ и принятие решений: словарь-справочник: учеб. пособие для вузов / Под ред. В.Н. Волковой, В.Н. Козлова. М.: Высш. шк., 2004. 616 с.
4. Просветов Г.И. Математические методы и модели в экономике: задачи и решения: учебно-практическое пособие. М.: Альфа-Пресс, 2008. 344 с.