МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С. П. КОРОЛЕВА»
(САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

М. В. КЛЁВИНА, Е. П. РОСТОВА

ПРИМЕНЕНИЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МЕТОДОВ В УПРАВЛЕНИИ РИСКАМИ

Рекомендовано редакционно-издательским советом федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» в качестве учебно-методического пособия для обучающихся по основным образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 38.03.05 Бизнес-информатика, 38.03.01 Экономика

С А М А Р А
Издательство Самарского университета
2026

УДК 330.4(075)+338.24(075)
ББК У.в61я7+У050.03-09я7
К48

Рецензенты: канд. экон. наук, доц., директор Высшей школы интеллектуальных систем и кибертехнологий ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет сервиса» О. А. Ф и л и п п о в а; д-р экон. наук, проф., директор института экономики и управления Самарского университета Д. Ю. И в а н о в

Клёвина, Мария Васильевна

К48 **Применение инструментальных методов в управлении рисками:** учебно-методическое пособие / *М. В. Клёвина, Е. П. Ростова.* – Самара: Издательство Самарского университета, 2026. – 76 с.: ил. 11, табл. 22, библиогр. 6 назв.

ISBN 978-5-7883-2319-0

В пособии рассматривается процесс оценки и анализа риска с помощью табличного процессора MS Excel. Представленные задания позволяют освоить инструментальные методы генерации последовательностей случайных чисел, способы анализа временных рядов, элементы теории игр и оценку основных характеристик проекта.

Разработано на кафедре экономики и может применяться при изучении дисциплины «Управление рисками».

УДК 330.4(075)+338.24(075)
ББК У.в61я7+У050.03-09я7

ISBN 978-5-7883-2319-0 © Самарский университет, 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 4

1 Методика применения инструментальных методов в управлении рисками 5

2 Генерация случайных чисел (встроенные функции MS Excel) 7

3 Генерация случайных чисел (неавтоматические методы) 17

4 Анализ временного ряда. Критерий Колмогорова 26

5 Анализ временного ряда. Способы расчета VAR 36

6 Анализ рыночного риска с помощью аппарата теории игр 46

7 Определение временных и вероятностных характеристик проекта 61

Приложение 71

Заключение 72

Список использованной литературы 73

ВВЕДЕНИЕ

Цель изучения дисциплины «Управление рисками» – сформировать у обучающихся систематизированное и комплексное представление о способах анализа и управления рисками, развить статистическое восприятие проблематики управления, диагностики и моделирования рисковых ситуаций, а также освоить инструменты численного моделирования таких ситуаций в экономике.

Задачи изучения дисциплины:

– сформировать у обучающихся умение применять методы статистического подхода к идентификации характеристик рисковых ситуаций экономической деятельности;

– развить навыки использования возможностей персональной вычислительной техники для статистического имитационного моделирования рисковых ситуаций в экономической деятельности;

– привить навыки оценивания статистических характеристик рисковых ситуаций с использованием численного имитационного моделирования;

– привить навыки осуществления выбора методов, средств и характеристик управления рисковыми ситуациями в экономике.

В результате освоения дисциплины обучающийся способен оценивать влияние рисков на цели организации в рамках принятия решений и функционирования ключевых бизнес-процессов, а также подготавливать материалы по результатам оценки рисков, эффективности управления и отчетности.

1 МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МЕТОДОВ В УПРАВЛЕНИИ РИСКАМИ

Большинство современных организаций для оптимизации своей деятельности реализуют системы управления рисками с целью снижения вероятности возможных последствий и/или ущерба. Одним из подходов является применение инструментальных методов в управлении рисками. Они представляют собой набор методов и программных решений, направленных на идентификацию, анализ, оценку и минимизацию потенциальных угроз для организации, путем систематизации процессов.

В рамках данного учебно-методического пособия рассмотрены некоторые из этих методов, которые возможно применить с использованием программного продукта MS Excel, а именно: генерация случайных чисел, анализ временного ряда, анализ рыночного риска с помощью аппарата теории игр, а также определение временных и вероятностных характеристик проекта.

Использование генерации случайных чисел позволяет моделировать возможный ущерб при возникновении рисковых событий. На основе полученных данных можно применять методики имитационного моделирования и прогнозировать динамику для конкретного предприятия.

Анализ временных рядов позволяет прогнозировать риски, связанные с ценными бумагами, а также оценивать показатели, характеризующие финансовую устойчивость организаций.

Рыночный риск исследуется с помощью инструментов теории игр, которая рассматривает взаимодействие двух игроков и позволяет определить оптимальную стратегию деятельности компании на основе оценки по определенным критериям.

Поскольку большинство организаций используют проектную деятельность, были отдельно рассмотрены инструментальные методы для оценки и снижения рисков, связанных с проектной деятельностью (например, сетевой график).

Таким образом, использование инструментальных методов в управлении рисками позволяет облегчить и ускорить принятие решений для функционирования ключевых бизнес-процессов, а также оптимизировать мониторинг изменений как внутри организации, так и вне ее.

2 ГЕНЕРАЦИЯ СЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ (ВСТРОЕННЫЕ ФУНКЦИИ MS EXCEL)

Генерация случайных чисел – это процесс формирования числовой последовательности по некоторому правилу или алгоритму. Генерация может происходить по закону распределения случайных величин [1].

Равномерным называется распределение вероятностей непрерывной случайной величины x, все значения которой принадлежат некоторому отрезку $[a;\ b]$ и которая имеет постоянную плотность распределения на этом отрезке. Плотность распределения вероятностей в этом случае отлична от нуля и равна

$$f(x) = \frac{1}{b-a},$$

если $x \in [a; b]$.

Математическое ожидание $M(x)$ и дисперсия $D(x)$ равномерно распределенной на $[a;\ b]$ случайной величины равны соответственно

$$M(x) = \frac{a+b}{2}, \quad D(x) = \frac{(b-a)^2}{12}.$$

Вероятность попадания равномерно распределенной случайной величины x в интервал $(c;\ d)$, содержащийся в $[a;\ b]$, вычисляется по формуле

$$P(c < x < d) = \frac{d-c}{b-a}.$$

Функция распределения $F(x)$ задается формулой

$$F(x) = \begin{cases} 0, x \le a, \\ \dfrac{x-a}{b-a}, a < x \le b, \\ 1, x > b. \end{cases}$$

Нормальным называют распределение вероятностей непрерывной случайной величины x, плотность которого имеет вид

$$\varphi(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}},$$

где m – математическое ожидание; σ – среднее квадратическое отклонение.

Математическое ожидание $M(x)$ и дисперсия $D(x)$ равны:

$$M(x) = m, \quad D(x) = \sigma^2.$$

Нормальное распределение определяется двумя параметрами: m и σ.

Функция нормального распределения имеет вид

$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{x} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}} dx\,.$$

Нечетная функция

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{0}^{x} e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

называется функцией Лапласа, значения которой находятся из таблицы (Приложение).

Вероятность того, что непрерывная случайная величина x примет значение, принадлежащее интервалу (α, β) определяется равенством:

$$P(\alpha < x < \beta) = \Phi\left(\frac{\beta-m}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{\alpha-m}{\sigma}\right).$$

Встроенная функция Excel СЛЧИС возвращает равномерно распределенное случайное вещественное число, большее или равное 0, но меньшее 1. При каждом пересчете листа возвращается новое случайное вещественное число. У функции СЛЧИС нет аргументов, поэтому для генерации используется синтаксис СЛЧИС().

Цель: изучение и анализ методов генерации случайных чисел с помощью встроенных функций табличного процессора MS Excel.

Постановка задачи: рассматривается деятельность фирмы, подверженной различным внешним рисковым воздействиям. Требуется исследовать рисковые события, моделируемые случайными числами.

Ход работы

1. Ввод данных.

2. Исследование выборки случайных чисел, сгенерированных с помощью встроенной функции СЛЧИС().

2.1. Формирование выборки случайных чисел с помощью встроенной функции СЛЧИС().

2.2. Построение графика сгенерированной выборки случайных чисел.

2.3. Анализ характеристик сгенерированной выборки случайных чисел.

3. Исследование выборки случайных чисел, сгенерированных с помощью встроенной функции генерации по равномерному закону распределения.

3.1. Формирование выборки случайных чисел с помощью встроенной функции генерации по равномерному закону распределения.

3.2. Построение графика сгенерированной выборки случайных чисел.

3.3. Анализ характеристик сгенерированной выборки случайных чисел.

4. Исследование выборки случайных чисел, сгенерированных с помощью встроенной функции генерации по нормальному закону распределения.

4.1. Формирование выборки случайных чисел с помощью встроенной функции генерации по нормальному закону распределения.

4.2. Построение графика сгенерированной выборки случайных чисел.

4.3. Анализ характеристик сгенерированной выборки случайных чисел.

Исходные данные

Для каждого варианта даны значения параметров объема выборки n, границ интервала (a, b) для равномерного распределения, параметров для нормального распределения – математического ожидания m_x и стандартного отклонения σ.

Описание

1. Ввод данных.

Ввести заданные в варианте параметры и начальное значение.

На рабочем листе Excel подготовить необходимые надписи и заголовки. Определить места для генерируемых совокупностей случайных чисел и графиков: для порядковых номеров, трех генерируемых выборок и одной выравнивающей функции вертикальные массивы длиной n ячеек. Таблица для результатов имеет длину 4 ячейки и высоту 3 ячейки (таблица 1).

Таблица 1. Пример таблицы результатов

Метод	СЛЧИС	Равном. распр.	Нормал. распр.
MaxDelta	*MaxDelta*(1)	*MaxDelta*(2)	*MaxDelta*(3)
S	*S*(1)	*S*(2)	*S*(3)

2. Исследование выборки случайных чисел, сгенерированных с помощью встроенной функции СЛЧИС().

2.1. Формирование выборки случайных чисел с помощью встроенной функции СЛЧИС()[1].

[1] Данная функция возвращает равномерно распределенное случайное число от 0 до 1, которое изменяется при пересчете.

Объем выборки задан в варианте параметром *n*. Генерация выборки объемом *n* осуществляется введением в ячейку формулы =СЛЧИС() и последующим распространением формулы на *n* ячеек. Обозначим полученные числа $X(1)_i$, где *i* является порядковым номером от 1 до *n*.

2.2. Построение графика сгенерированной выборки случайных чисел и выравнивающей функции.

Формирование данных для выравнивающей функции равномерного распределения по формуле

$$y(x_i) = \frac{i}{n},$$

где *i* является порядковым номером от 1 до *n*.

Добавление графика осуществляется в меню Вставка/График/.

При построении графика выделяется массив данных со сгенерированными случайными числами и массив данных с выравнивающей функцией. На графике ряд, соответствующий сгенерированным случайным числам, следует оформить маркерами без линии, а ряд, соответствующий выравнивающей функции, – линией без маркеров.

2.3. Анализ характеристик сгенерированной выборки случайных чисел.

Определим два показателя для каждой сгенерированной последовательности случайных чисел:

– максимальное отклонение по абсолютной величине Δx_{max}, обозначенное в таблице 1 *MaxDelta*;

– усредненную сумму квадратов отклонений, обозначенную в таблице 1 *S*.

Для вычисления максимального отклонения введем формулу для определения разности между числами сгенерированной совокупности и выравнивающей функцией

$$\Delta x_i = X(1)_i - y(x_i),$$

распространим формулу на n ячеек и определим максимальное число из полученных разностей с помощью функции МАКС. Массивом функции МАКС являются все вычисленные разности Δx_i.

Полученное значение сохраните в ячейке под названием *MaxDelta*(1) в таблице 1.

Усредненная сумма квадратов отклонений рассчитывается по формуле

$$S = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} \Delta x_i^2.$$

Для вычисления по формуле используется функция СУММКВ. Массивом функции СУММКВ являются все вычисленные разности Δx_i. Показатель S будет равен результату функции СУММКВ, деленному на n.

Полученное значение сохраните в ячейке под названием $S(1)$ в таблице 1.

3. Исследование выборки случайных чисел, сгенерированных с помощью встроенной функции генерации по равномерному закону распределения.

3.1. Формирование выборки случайных чисел с помощью встроенной функции генерации по равномерному закону распределения.

Случайная выборка формируется с помощью встроенных инструментов Excel: Данные / Анализ данных / Генерация случайных чисел. После выбора поля «Генерация случайных чисел» открывается следующее окно (рисунок 1).

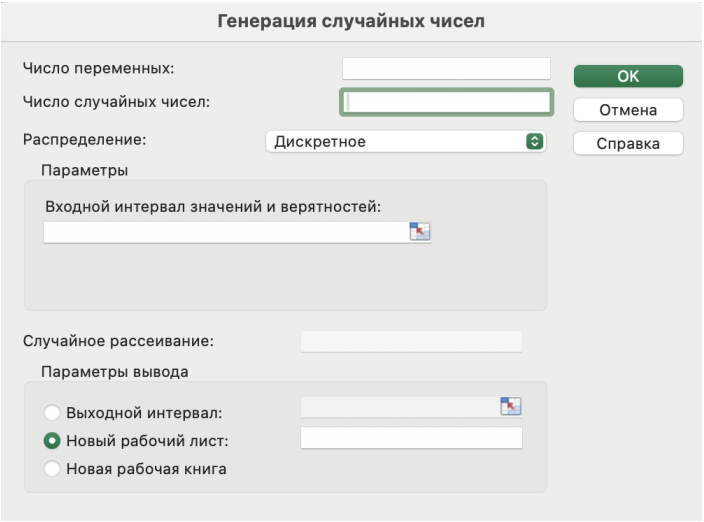


Рисунок 1 – Окно «Генерация случайных чисел. Первое окно»

Далее необходимо изменить тип распределения с «Дискретное» на «Равномерное» (рисунок 2).

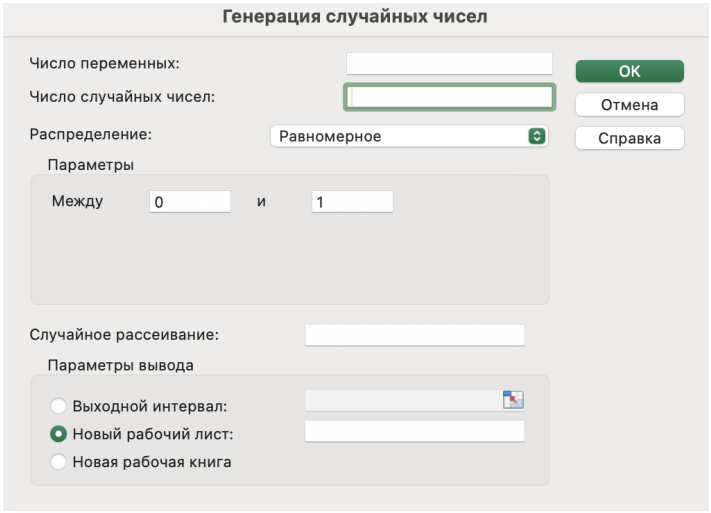


Рисунок 2 – Окно «Генерация случайных чисел.
Равномерное распределение»

В открывшемся окне необходимо заполнить следующие поля:

«Число случайных чисел» – значение *n*;

«Между 0 и 1». Данные параметры указаны в задании в соответствии с вариантом (*a, b*);

«Выходной интервал» – указываем фрагмент листа Excel, куда необходимо вывести сформированную информацию, также можно вывести полученную последовательность на «Новый рабочий лист».

3.2. Построение графика сгенерированной выборки случайных чисел.

Пункт выполняется аналогично п. 2.2.

3.3. Анализ характеристик сгенерированной выборки случайных чисел.

Пункт выполняется аналогично п. 2.3.

Полученное значение Δx_{max} сохраните в ячейке под названием *MaxDelta*(2) в таблице 1.

Полученное значение *S* сохраните в ячейке под названием *S*(2) в таблице 1.

4. Исследование выборки случайных чисел, сгенерированных с помощью встроенной функции генерации по нормальному закону распределения.

4.1. Формирование выборки случайных чисел с помощью встроенной функции генерации по нормальному закону распределения.

Случайная выборка формируется аналогично выборке, полученной по равномерному закону распределения, с помощью встроенных инструментов Excel: Данные / Анализ данных / Генерация случайных чисел. После выбора поля «Генерация случайных чисел» открывается окно (рисунок 1), в котором необходимо изменить тип распределения с «Дискретное» на «Нормальное» (рисунок 3).

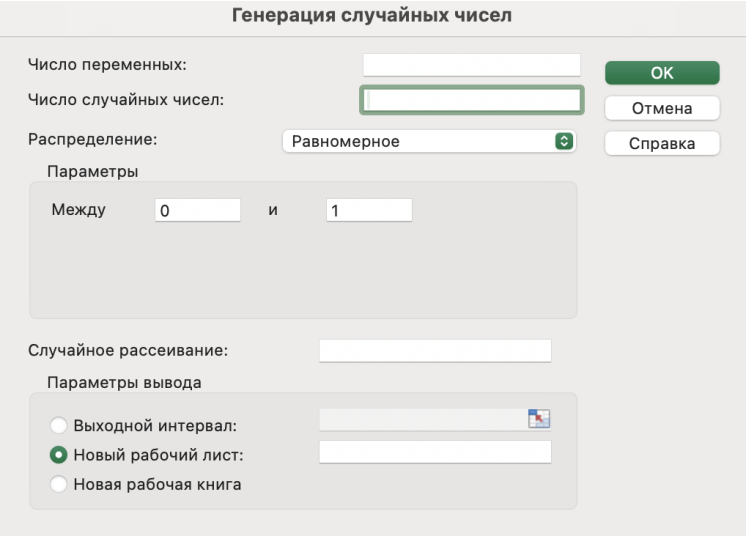


Рисунок 3 – Окно «Генерация случайных чисел. Нормальное распределение»

В открывшемся окне необходимо заполнить следующие поля:

«Число случайных чисел» – значение n;

«Среднее» – значение m_x;

«Стандартное отклонение» – значение σ;

«Выходной интервал» – указываем фрагмент листа Excel, куда необходимо вывести сформированную информацию, также можно вывести полученную последовательность на «Новый рабочий лист».

4.2. Построение графика сгенерированной выборки случайных чисел.

Пункт выполняется аналогично п. 2.2.

4.3. Анализ характеристик сгенерированной выборки случайных чисел.

Пункт выполняется аналогично п. 2.3.

Полученное значение Δx_{max} сохраните в ячейке под названием *MaxDelta*(3) в таблице 1.

Полученное значение *S* сохраните в ячейке под названием *S*(3) в таблице 1.

Вопросы для самопроверки:

1. Охарактеризуйте числа, генерируемые встроенной функцией Excel СЛЧИС().

2. Какими параметрами задается генерация случайных чисел по равномерному закону распределения с помощью встроенных инструментов Excel?

3. Какими параметрами задается генерация случайных чисел по нормальному закону распределения с помощью встроенных инструментов Excel?

4. Какие выводы можно сделать на основе результатов, внесенным в таблицу 1?

3 ГЕНЕРАЦИЯ СЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ (НЕАВТОМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ)

При реализации на компьютере статистического моделирования возникает задача получения (генерирования) случайных числовых последовательностей с заданными вероятностными характеристиками, в которых каждое число – это имитация случайного значения какого-либо параметра реального процесса или системы, подверженного случайным возмущениям.

Генерирование на компьютере таких случайных числовых последовательностей получило название «метод Монте-Карло» [1].

В математической литературе часто используются термины «последовательность случайных чисел» или просто «случайные числа». Это означает, что каждое число было получено самым произвольным образом, без всякой связи с другими членами последовательности, и что у него есть определенная вероятность оказаться в заданном интервале.

В период отсутствия автоматических методов генерации случайных числе исследователи, нуждавшиеся для своей работы в случайных числах, раскладывали карты, бросали кости или вытаскивали шары из урны, которую предварительно как следует трясли. В 1927 году Л. Типпетт опубликовал таблицы, содержащие свыше 40 000 случайных чисел, взятых произвольно из отчетов по переписи. Позже были сконструированы специальные машины, механически вырабатывающие случайные числа. В 1955 году компания RAND Corporation опубликовала хорошо известные таблицы с миллионом случайных чисел, полученных одной из таких машин.

После создания ЭВМ начались поиски эффективных алгоритмов получения (генерирования на ЭВМ) последовательностей случайных чисел, пригодных для программной реализации.

Последовательности случайных чисел, вырабатываемые детерминистскими способами (т.е. с помощью специальных алгоритмов), называются псевдослучайными или квазислучайными.

Рассмотрим следующие квазислучайные методы:

- метод «середины квадрата»;
- метод «гребенки»;
- метод суммирования.

Метод «середины квадрата» является первым алгоритмическим методом получения равномерно распределенных псевдослучайных чисел. Его предложил Джон фон Нейман (один из основоположников кибернетики).

Суть метода заключается в следующем алгоритме: предыдущее случайное число возводится в квадрат, а затем из результата извлекаются «средние» цифры.

Метод середины квадрата довольно хорошо должен «перемешивать» предыдущее число. Однако он имеет недостатки:

1. Если какой-нибудь член последовательности окажется равным нулю, то все последующие члены также будут нулями.
2. Последовательности имеют тенденцию «зацикливаться», т.е. в конце концов, образуют цикл, который повторяется бесконечное число раз.

Свойство «зацикливаться» присуще всем последовательностям, построенных по рекуррентной формуле

$$x_{i+1} = f(x_i).$$

Повторяющийся цикл называется периодом. Длина периода у различных последовательностей разная. Чем больше длина периода, тем лучше качество полученной выборки.

Метод «гребенки» – это способ генерации случайных чисел с отбрасыванием целой части. Он также известнен как метод дробления и основан на преобразовании равномерно распределенного

случайного числа из интервала [0,1) путем простого отбрасывания целой части исходного значения.

Данный метод чрезвычайно прост в реализации, так как современные генераторы псевдослучайных чисел обычно выдают значения именно из этого интервала.

Однако важно помнить, что генератор псевдослучайных чисел работает с конечной точностью (обычно представляя вещественное число фиксированной разрядностью), что ограничивает диапазон возможных значений.

Метод суммирования (сумма случайных величин) используется для генерации случайных чисел с требуемым законом распределения путем преобразования одной или нескольких базовых случайных величин.

Дано базовое случайное число $\xi_1,\xi_2,...,\xi_n$, которое равномерно распределено на интервале [0,1). Цель состоит в том, чтобы создать новую случайную величину η, обладающую другим видом распределения. Одним из простых способов достижения этого результата является использование суммы нескольких независимых случайных величин, каждая из которых имеет известное распределение. Обычно выбираются величины, равномерно распределенные на [0,1), поскольку большинство стандартных генераторов случайных чисел работают именно таким образом.

Формула суммирующего метода выглядит следующим образом:

$$\eta = f(\xi_1 + \xi_2 + ... + \xi_n),$$

где $f(x)$ – некоторая преобразующая функция, зависящая от закона распределения.

Метод суммирования широко используется благодаря своей универсальности и простоте. Несмотря на ограничения, связанные с качеством распределения и погрешностью вычислений, он представляет собой мощный инструмент для моделирования случайных

процессов и экспериментов в прикладных исследованиях, а также в статистическом анализе.

Цель: изучение и анализ методов генерации случайных чисел неавтоматическими методами табличного процессора Excel.

Постановка задачи: рассматривается деятельность фирмы, подверженной различным внешним рисковым воздействиям. Требуется исследовать рисковые события, моделируемые случайными числами.

Ход работы

1. Ввод данных.

2. Исследование выборки случайных чисел, сгенерированных методом «середины квадрата».

2.1. Формирование выборки случайных чисел методом «середины квадрата».

2.2. Построение графика сгенерированной выборки случайных чисел.

2.3. Анализ характеристик сгенерированной выборки случайных чисел.

3. Исследование выборки случайных чисел, сгенерированных методом «гребенки».

3.1. Формирование выборки случайных чисел методом «гребенки».

3.2. Построение графика сгенерированной выборки случайных чисел.

3.3. Анализ характеристик сгенерированной выборки случайных чисел.

4. Исследование выборки случайных чисел, сгенерированных методом суммирования.

4.1. Формирование выборки случайных чисел методом суммирования.

4.2. Построение графика сгенерированной выборки случайных чисел.

4.3. Анализ характеристик сгенерированной выборки случайных чисел.

Исходные данные

Для каждого варианта даны значения параметров объема выборки n, параметров метода «середины квадрата» x_0, k_1 и k_2, параметров метода «гребенки» x_0, k, параметр метода суммирования m.

Описание

1. Ввод данных.

Ввести заданные в варианте параметры и начальное значение.

На рабочем листе Excel подготовить необходимые надписи и заголовки. Определить места для генерируемых совокупностей случайных чисел и графиков: для порядковых номеров, трех генерируемых выборок и одной выравнивающей функции вертикальные массивы длиной n ячеек. Таблица для результатов имеет длину 4 ячейки и высоту 3 ячейки (таблица 2).

Таблица 2. Пример таблицы результатов

Метод	«Середина квадрата»	«Гребенка»	Суммирование
MaxDelta	*MaxDelta*(1)	*MaxDelta*(2)	*MaxDelta*(3)
S	*S*(1)	*S*(2)	*S*(3)

2. Исследование выборки случайных чисел, сгенерированных методом «середины квадрата».

2.1. Формирование выборки случайных чисел методом «середины квадрата».

Формирование выборки осуществляется для заданных в варианте параметров x_0, k_1 и k_2, где k_1 – число знаков, отбрасываемых

в мантиссе слева, k_2 – число знаков выделяемой середины квадрата, x_0 – заданное первоначальное значение.

Получение значения x_{i+1} методом «середины квадрата» предполагает следующий алгоритм:

1) возведение x_i в квадрат,

2) выделение из полученного числа «середины» длиной k_2 знаков, начиная с (k_1+1)-го знака,

3) деление полученного числа на 10^{k_2},

4) запись полученного случайного числа x_{i+1} для выборки, возврат к п. 1.

Объем выборки задан в варианте параметром n.

Пример применения метода «середины квадрата» (рисунок 4).

Исходные данные:
$x_0 = 0{,}899645$, $k_1 = 3$, $k_2 = 5$.

Случайная выборка, полученная методом «середины квадрата»

i	x_i	x_i^2
0	0,899645	0,80936112603
1	0,36112	

Рисунок 4 – Пример метод «середины квадрата»

В данном примере (рисунок 4) после возведения во вторую степень числа x_0=0,899645, получено x_0^2=0,80936112603.

Из полученного числа 0,80936112603 после знака десятичной запятой (из мантиссы) слева отсчитано три знака (k_1 = 3), т.е. числа 809.

Далее отсчитываются следующие пять знаков (k_2 = 5), т.е. числа 36112.

На последнем шаге число 36112 делится на 10^5 (k_2 = 5), что дает результат 0,36112.

Полученное число записывается в ячейку для x_1 и далее действия повторяются.

2.2. Построение графика сгенерированной выборки случайных чисел.

Пункт выполняется аналогично п. 2.2 из предыдущего раздела.

2.3. Анализ характеристик сгенерированной выборки случайных чисел.

Пункт выполняется аналогично п. 2.3 из предыдущего раздела. Полученное значение Δx_{max} сохраните в ячейке под названием *MaxDelta*(1) в таблице 2.

Полученное значение *S* сохраните в ячейке под названием *S*(1) в таблице 2.

3. Исследование выборки случайных чисел, сгенерированных методом «гребенки».

3.1. Формирование выборки случайных чисел методом «гребенки».

Формирование выборки осуществляется для заданного в варианте параметра *k* и для заданного первоначального значения x_0.

Получение значения x_{i+1} методом «гребенки» осуществляется по следующему алгоритму:

1) значение x_i умножается на параметр *k*,

2) выделяется дробная часть числа, полученного в п.1,

3) записывается случайное число x_{i+1} для генерируемой выборки, возврат к п. 1.

Объем выборки задан в варианте параметром *n*.

Пример применения метода «гребенки» (рисунок 5).

В данном примере (рисунок 5) исходное число x_0=0,899645 умножено на параметр k=125. Из полученного числа 112,455625 выделена дробная часть 0,455625, которая является следующим числом x_1 для генерируемой выборки и далее действия повторяются.

Исходные данные:
$x_0 = 0{,}899645$, $k = 125$.

Случайная выборка, полученная методом «гребенки»

i	x_i	$x_i * k$
0	0,899645	= 0,899645*125=112, 455625
1	0,455625	

Рисунок 5 – Пример метод «гребенки»

3.2. Построение графика сгенерированной выборки случайных чисел.

Пункт выполняется аналогично п. 2.2 из предыдущего раздела.

3.3. Анализ характеристик сгенерированной выборки случайных чисел.

Пункт выполняется аналогично п. 2.3 из предыдущего раздела. Полученное значение Δx_{max} сохраните в ячейке под названием *MaxDelta*(2) в таблице 2.

Полученное значение *S* сохраните в ячейке под названием *S*(2) в таблице 2.

4. Исследование выборки случайных чисел, сгенерированных методом суммирования.

4.1. Формирование выборки случайных чисел методом суммирования.

Формирование выборки осуществляется для заданного в варианте параметра *m*.

Формируется *m* выборок случайных чисел y_{ik} (i=1..n, k=1..m) объемом *n* с помощью встроенной функции СЛЧИС(). Случайное число выборки x_i вычисляется по следующей формуле:

$$x_i = a \sum_{k=1}^{m} y_{ik} - b,$$

$$a = \sqrt{\frac{12}{m}}, b = \frac{am}{2}.$$

Пример применения метода суммирования (рисунок 6).

Исходные данные:
$m = 5$.

Рассчитаем a и b: $a = \sqrt{\frac{12}{5}} = 1{,}549, b = \frac{1{,}549 \times 5}{2} = 3{,}873$.

i	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	x_i
0	0,86	0,03	0,42	0,43	0,96	=1,549*(0,86+0,03+0,42+0,43+0,96)-3,873=0,3093
1	0,17	0,94	0,31	0,39	0,75	0,68565

Рисунок 6 – Пример метод суммирования

4.2. Построение графика сгенерированной выборки случайных чисел.

Пункт выполняется аналогично п. 2.2 из первого раздела.

4.3. Анализ характеристик сгенерированной выборки случайных чисел.

Пункт выполняется аналогично п. 2.3 из первого раздела.

Полученное значение Δx_{max} сохраните в ячейке под названием *MaxDelta*(3) в таблице 2.

Полученное значение S сохраните в ячейке под названием S(3) в таблице 2.

Вопросы для самопроверки:

1. Опишите алгоритм метода «середины квадрата».
2. Опишите алгоритм метода «гребенки».
3. Опишите алгоритм метода суммирования.
4. Какие выводы можно сделать по результатам, внесенным в таблицу 2?

4 АНАЛИЗ ВРЕМЕННОГО РЯДА. КРИТЕРИЙ КОЛМОГОРОВА

Временной ряд – это последовательность значений, которые регистрируются и измеряются в определенном временном промежутке. К примерам временного ряда можно отнести колебания цен на рынке.

Временные ряды можно представить как последовательность данных, фиксируемых с определенной периодичностью. При их анализе необходимо соблюдать хронологию измерений. Зависимость от времени – их ключевая особенность. Она позволяет выявлять тренды и сезонные колебания. Области применения такого анализа самые разнообразные: экономика, финансы, маркетинг и т. д.

Анализ временных рядов помогает оценить ретроспективную динамику исследуемого показателя и спрогнозировать его будущие значения. В ходе исследования временного ряда решаются следующие задачи:

- выявление трендов и закономерностей;
- построение модели;
- прогнозирование значений в будущих периодах.

Временной ряд – это совокупность наблюдений какого-либо показателя $x(t_1)$, $x(t_2)$, …, $x(t_N)$ за несколько последовательных моментов или периодов времени [2].

Математическое ожидание переменной, представленной в виде временного ряда, является ее средним по генеральной совокупности. Среднее по выборке дает выборочную (несмещенную) оценку математического ожидания:

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i.$$

Точность выборочного среднего растет как $\sigma_x/\sqrt{n}$ с ростом объема выборки n.

Теоретическая (генеральная) дисперсия – это мера разброса значений переменной, представленной в виде временного ряда, относительно ее математического ожидания:

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} {x_i}^2 - \bar{x}^2.$$

Корень квадратный из дисперсии

$$\sigma_x = \sqrt{{\sigma_x}^2}$$

называют средним квадратическим отклонением (СКО). Оно так же как дисперсия служит мерой рассеяния рассматриваемой переменной относительно ее среднего значения, но более удобно, т.к. при смене размерности изменяется пропорционально математическому ожиданию.

Коэффициент вариации *V* рассчитывается как отношение среднеквадратического отклонения к математическому ожиданию

$$V = \frac{s}{m}.$$

Он показывает степень изменчивости по отношению к среднему показателю выборки.

Помимо приведенных выше характеристик временного ряда, исследуемые данные могут быть описаны каким-либо распределением случайной величины. Наиболее часто таким распределением является нормальное распределение $N\,(m, \sigma)$.

Критерий согласия Колмогорова предназначен для проверки гипотезы о принадлежности выборки некоторому закону распределения, то есть проверки того, что эмпирическое распределение соответствует предполагаемой модели.

Пусть $x_1, x_2, \ldots, x_n$ – конкретная выборка из распределения с неизвестной непрерывной функцией распределения $\Phi(x)$ и $\Phi_0(x)$ – эмпирическая функция распределения. Выдвигается простая гипотеза H_0:

$\Phi(x) = \Phi_0(x)$ (альтернативная H_1: $\Phi(x) \neq \Phi_0(x), x \in R$).

Сущность критерия Колмогорова состоит в том, что вводят в рассмотрение функцию

$$D_n = \max_{-\infty<x<\infty} |\Phi_n^*(x) - \Phi_0(x)|,$$

называемой статистикой Колмогорова, представляющей собой максимальное отклонение эмпирической функции распределения $\Phi_0(x)$ от гипотетической (т.е. соответствующей теоретической) функции распределения $\Phi(x)$.

Цель: изучение и освоение методов анализа временных рядов в целях анализа риска: вычисление статистических показателей и проверка гипотезы о нормальном распределении выборки.

Постановка задачи: рассматриваются ценные бумаги, по которым собрана статистическая информация за некоторый промежуток времени. Требуется проанализировать временные ряды, описывающие рассматриваемые ценные бумаги.

Ход работы

1. Ввод данных.

2. Расчет статистических показателей временного ряда.

2.1. Расчет математического ожидания *m*.

2.2. Расчет среднеквадратического отклонения *s*.

2.3. Расчет коэффициента вариации *V*.

3. Проверка гипотезы о нормальном распределении выборки.

3.1. Определение параметров выборки.

3.2. Построение гистограммы и интегральной функции.

3.3. Составление таблицы значений плотности вероятностей теоретического нормального закона распределения.

3.4. Вывод о результатах проверки гипотезы о нормальном распределении исходной совокупности по критерию Колмогорова.

4. Повторить пункты 2 и 3 для второго временного ряда.

Исходные данные

Для каждого варианта даны значения временных рядов из 96 значений.

Описание

1. Ввод данных.

Ввести заданные в варианте значения временных рядов. На рабочем листе Excel подготовить необходимые надписи и заголовки. Таблица для результатов имеет длину 4 ячейки и высоту 3 ячейки (таблица 3).

Таблица 3. Пример таблицы результатов

Показатель	m	s	V
Временной ряд 1	m_1	s_1	V_1
Временной ряд 2	m_2	s_2	V_2

2. Расчет статистических показателей временного ряда.

2.1. Математическое ожидание m рассчитывается с помощью функции СРЗНАЧ. Аргументом функции СРЗНАЧ является массив данных со значениями временного ряда. Полученное значение сохраните в ячейке под названием m_1 в таблице 3.

2.2. Среднеквадратическое отклонение s рассчитывается с помощью функции СТАНДОТКЛОН. Аргументом функции СТАНДОТКЛОН является массив данных со значениями временного ряда. Полученное значение сохраните в ячейке под названием s_1 в таблице 3.

2.3. Коэффициент вариации V рассчитывается как отношение среднеквадратического отклонения к математическому ожиданию

$$V = \frac{s}{m}.$$

Полученное значение сохраните в ячейке под названием V_1 в таблице 3.

3. Проверка гипотезы о нормальном распределении.

3.1. Определение необходимых параметров (таблица 4).

Заполняется для каждого временного ряда отдельно.

Объем выборки – число значений временного ряда.

Наибольшее значение определяется с помощью функции МАКС. Аргументом функции МАКС является массив данных со значениями временного ряда. Полученное значение сохраните в ячейке под названием x_{max} в таблице 4.

Наименьшее значение определяется с помощью функции МИН. Аргументом функции МИН является массив данных со значениями временного ряда. Полученное значение сохраните в ячейке под названием x_{min} в таблице 4. Значение размаха вычисляется как разница между значениями, найденными с помощью функции МАКС и МИН. Количество интервалов k вычисляется по формуле

$$k=\text{ЦЕЛОЕ}(1{,}44*\text{LN}(n) + 1),$$

где n – объем выборки. Полученное значение сохраните в ячейке под названием k в таблице 4.

Длина интервала вычисляется по формуле

$$\Delta x = \frac{R}{k}.$$

Полученное значение сохраните в ячейке под названием Δx в таблице 4. Значение стандартного отклонения s рассчитано в пункте 2.2 предыдущего раздела.

Таблица 4. Параметры выборки

Параметр	Обозначение и формула для вычислений
Объем выборки	n
Наибольшее значение	x_{max}
Наименьшее значение	x_{min}
Размах	$R= x_{max} - x_{min}$
Количество интервалов	$k=[1{,}44\cdot\ln(n) + 1]$
Длина интервала	$\Delta x=R/k$
Стандартное отклонение	s

3.2. Построение гистограммы и интегральной функции.

Первый этап в данном пункте – подготовка блока карманов (массив граничных значений интервалов). Формула для расчета левых границ интервалов по формуле:

$$хлев_1 = x_{min},$$

$$хлев_{k+1} = хлев_k + \Delta x \quad для \quad k=1,2, \ldots n-1.$$

Для этого для каждого временного ряда отдельно построим таблицу следующего вида (таблица 5), где количество строчек совпадает с параметром количество интервалов *k*.

Таблица 5. Левые границы интервалов

Левые границы интервалов *хлев*
$хлев_1 = xmin$
$хлев_2 = хлев_1 + \Delta x$
.....
$хлев_8 = хлев_7 + \Delta x$

Результаты, полученные в таблице 5, необходимо использовать при построении гистограммы. Для построения гистограммы можно воспользоваться пакетом Excel: Данные / Анализ данных / Гистограмма. При этом необходимо иметь массив исходных данных (исходная выборка) и интервал карманов (таблица 5). После выбора поля «Гистограмма» открывается окно (рисунок 7).

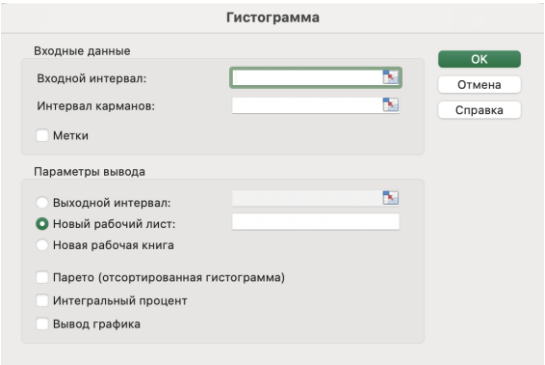


Рисунок 7 – Окно «Гистограмма»

В открывшемся окне необходимо заполнить следующие поля:

«Входной интервал» –выделить массив исходных данных;

«Интервал карманов» – вставить значения, рассчитанные в таблице 5;

Галочка в таблице «Метки» ставится, если при добавлении «Входного интервала» и «Интервала карманов» выделены названия столбцов;

Параметры вывода рекомендуется выбрать «Выходной интервал» и указать свободное место на листе Excel или «Новый рабочий лист». Важно отметить, что при выборе «Выходного интервала» необходимо выделить столбец, длина которого на 1 ячейку больше столбца карманов (левых границ);

ПЕРЕД НАЖАТИЕМ «ОК» необходимо поставить галочки для вывода параметров «Интегральный процент» и «Вывод графика».

Нажать ОК.

На рабочем листе появится таблица со столбцами:

– карман – левые границы интервалов;

– частота – значения частоты попадания случайной величины на соответствующий интервал;

– интегральный % – значение функции распределения вероятностей в процентном выражении (кумулятивная сумма).

Рядом появится рисунок: гистограмма и кумулятивная кривая – график функции распределения. Для удобства восприятия рисунок можно отредактировать, например, указать название временного ряда.

По аналогии подготовить диаграмму для другого временного ряда.

3.3. Составление таблицы значений плотности вероятностей теоретического нормального закона распределения.

Для каждого временного ряда необходимо заполнить вспомогательную таблицу 6.

(1) Для подсчета частоты попадания случайной величины на заданный интервал (m) используем функцию ЧАСТОТА. Выделите в нужном столбце на одну ячейку больше, чем количество интервалов, и вставьте статистическую функцию ЧАСТОТА. Для того, чтобы расчет выполнился для всего столбца сразу, необходимо нажать одновременно Ctrl+Shift+Enter.

(2) Плотность теоретического нормального закона подсчитывается по формуле

$$f(x) = \frac{1}{s\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2s^2}}.$$

Данный показатель можно рассчитать с помощью встроенной функции Excel: НОРМРАСПР.

Для того чтобы внести в таблицу значения плотности, можно воспользоваться одним из двух методов расчета.

Во-первых, набрать данную формулу в ячейке, принимая в качестве x значения x_{cp} k, k=1,2,...n (таблица 6), $\overline{x}$– это выборочное среднее (таблица 6), s – стандартное отклонение (таблица 3).

Во-вторых, воспользоваться функцией НОРМРАСПР.

В поле *Интегральная* указать «*ложь*».

3.4. Проверка гипотезы о нормальном распределении исходной совокупности по критерию Колмогорова.

Вычислим разность между накопленными частотами эмпирическими h и теоретическими f и определим максимальную по модулю разность данных частот D_{max}:

$$D_{max} = \max_k |h_k - f_k|.$$

Для этого на первом этапе вычисляется D_k для каждой строки по формуле

$$D_k = |h_k - f_k|$$

с помощью встроенной функции ABS. Аргументом для функции ABS является разность $h_k - f_k$.

Таблица 6. Вспомогательная таблица для критерия Колмогорова

Левая граница $x_{лев}$	Правая граница $x_{прав}$	Середина интервала $x_{ср} == \frac{x_{лев} + x_{прав}}{2}$	Частота m	Относит. частота $p = \frac{m}{n}$	Высота гистограммы $h = \frac{p}{\Delta x}$	Плотность нормального закона $f(x)$
$x_{лев1} = x_{min}$	$x_{прав1} = x_{лев1} + \Delta x$	$x_{ср1} == \frac{x_{лев1} + x_{прав1}}{2}$	См. (1)	$p_1 = \frac{m_1}{n}$	$h_1 = \frac{p_1}{\Delta x}$	См. (2)
.....	.....	.....		$p_k = \frac{m_k}{n}$	$h_k = \frac{p_k}{\Delta x}$	Распространить формулу до конца таблицы
$x_{левk+1} = = x_{левk} + \Delta x$	$x_{прав(k+1)} = = x_{лев(k+1)} + \Delta x$	$x_{срk} = \frac{x_{левk} + x_{правk}}{2}$		$p_k = \frac{m_k}{n}$	$h_k = \frac{p_k}{\Delta x}$	

Далее вычисляется D_{max} с помощью встроенной функции МАКС. Массивом функции МАКС являются все вычисленные разности $|h_k - f_k|$.

Вычислим критерий λ по формуле

$$\lambda = \frac{D_{max}}{\sqrt{n}}.$$

Сравним полученное значение λ с теоретическим λ_T для уровня значимости α, которое определим по таблице значений критерия Колмогорова. Необходимо сравнить с λ_T=1,36 при α=0,05 и с λ_T=1,63 при α=0,01.

Если $\lambda < \lambda_T$, тогда с вероятностью p=1 – α принимается гипотеза о том, что эмпирическое распределение не противоречит нормальному.

Вопросы для самопроверки:

1. Какой результат выдает встроенная функция Excel СРЗНАЧ()? Что является ее аргументом?
2. Какой результат выдает встроенная функция Excel СТАНДОТКЛОН()? Что является ее аргументом?
3. По какой формуле рассчитывается коэффициент вариации *V*?
4. По какой формуле вычисляется количество интервалов *k* для проверки гипотезы о нормальном распределении?
5. При использовании пакета анализа «Гистограмма», что является исходными данными?
6. При использовании пакета анализа «Гистограмма», что является интервалом карманов?
7. Каким образом формируется вывод по результатам проверки гипотезы о нормальном распределении по критерию Колмогорова на основании значений λ и λ_T.

5 АНАЛИЗ ВРЕМЕННОГО РЯДА. СПОСОБЫ РАСЧЕТА VAR

Временной ряд в экономике представляет результат наблюдений (измерений) исследуемого показателя (признака) в хронологическом порядке. Как правило, в данной ситуации анализируемый показатель описывается как зависящий от большого числа внешних факторов, описать их влияние в виде функции крайне сложно или невозможно. Поэтому значения рассматриваемого признака воспринимаются как значения случайной величины. В контексте анализа рисков показатель, представленный в виде временного ряда, позволяет определить его вероятность попадания значений в некоторый интервал [3].

Правило «трех сигма»

Правило, утверждающее, что для любой случайной величины x, подчиненной нормальному закону распределения $N(m, \sigma)$, вероятность того, что случайная величина отклонится от своего математического ожидания m не более, чем на три среднеквадратических отклонения σ, равна 0,997:

$$P(|x - m| < 3\sigma) = 0{,}997.$$

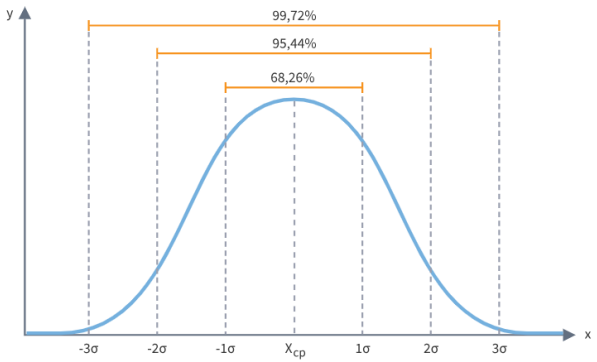


Рисунок 8 – Графическая интерпретация правила «трех сигма»

На рисунке 8 видно, что в пределах одного среднеквадратического отклонения лежит 68,26% значений, принимаемых нормально распределенной случайной величиной (что соответствует доле площади под кривой распределения). В пределах двух среднеквадратических отклонений – 95,44% значений, а в пределах трех среднеквадратических отклонений – 99,72% значений. Это означает, что вероятность отклонения случайной величины от математического ожидания более чем на три среднеквадратических отклонения не превышает 0,28%, т.е. пренебрежимо мала.

Value at Risk (VaR) представляет собой одну из наиболее распространенных методик оценки финансовых рисков. Этот подход позволяет количественно оценить потенциальные потери, которые может понести инвестор за определенный период времени с заданной вероятностью. Данный показатель является стоимостной мерой риска, определяющей максимальные ожидаемые петери при заданном уровне доверия за определенный временной интервал. Например, если VaR на уровне 95% составляет 10 000 руб., это означает, что с вероятностью 95% потери не превысят эту сумму за указанный период.

Метод VaR основывается на трех ключевых параметрах:

1. Период времени – временной горизонт, на который рассчитывается риск (например, один день, одна неделя, один месяц).
2. Уровень доверия – вероятность того, что убытки не превысят определенной величины (например, 95% или 99%).
3. Размер убытков – денежная сумма, которую инвестор может потерять с заданной вероятностью.

Метод VaR широко используется в финансовых организациях для управления рисками. VaR помогает инвесторам принимать обоснованные решения о распределении активов и управлении

портфелем, позволяет быстро оценить потенциальные убытки и адаптировать стратегии в зависимости от рыночной ситуации.

Преимущества VaR:

- простота интерпретации – VaR предоставляет четкое и понятное представление о возможных убытках;
- универсальность – метод может быть применен к различным финансовым инструментам и портфелям;
- стандартизация – VaR стал стандартом в финансовом мире, что облегчает сравнение рисков между различными активами и учреждениями.

Недостатки VaR:

- игнорирование экстремальных событий – VaR не учитывает возможные потери за пределами установленного порога, что может привести к недооценке риска;
- зависимость от исторических данных – метод основан на прошлом поведении активов, что может быть не всегда репрезентативно для будущих условий;
- сложности в расчетах – для точного вычисления VaR могут потребоваться сложные модели и значительные вычислительные ресурсы.

Для расчета VaR используют следующие методы:

- метод параметрического моделирования;
- метод моделирования Монте-Карло;
- метод исторического моделирования.

Метод параметрического моделирования использует следующую формулу для оценки VaR:

$$VaR = V\lambda\sigma\sqrt{\frac{T}{\tau}},$$

где V – величина денежных средств, текущая стоимость открытой позиции, λ – квантиль (значение, которое заданная случайная ве-

личина не превышает с фиксированной вероятностью), σ – волатильность, T – горизонт прогноза в днях, τ – временной интервал расчета известной доходности.

Следует отметить, что T и τ рассчитываются для рабочих дней: 1 день, 1 месяц = 25 дней, 1 год = 252 дня.

Квантиль λ определяется по таблице функции Лапласа (Приложение).

Метод исторического моделирования выполняется по следующему алгоритму:

– выбор периода времени (например, день, месяц, год и др., и соответствующее данному периоду количество рабочих или торговых дней);

– за выбранный период собираются соответствующее исторические данные;

– данные отсортировываются по степени возрастания (убывания);

– задается доверительная вероятность прогноза (как правило 95% или 99%);

– отбрасываются наихудшие значения (так, например, если мы хотим сделать оценку, покрывающую 95% случаев, то мы отбрасываем 5% худших случаев, вероятность которых равна 5%, если же мы хотим сделать оценку, покрывающую 99%, то мы отбрасываем 1% худших случаев, вероятность которых составляет 1%) и определяем значение VaR.

Рассмотрим методы анализа временного ряда, позволяющие моделировать новые (сглаженные) ряды на основе исходного ряда.

Метод скользящего среднего

Идея метода заключается в замене исходного временного ряда $x(1)$, $x(2)$, ..., $x(n)$ с дисперсией σ^2 сглаженным рядом из средних взвешенных соседних $2m+1$ значений

$$\hat{f}(t) = \sum_{k=-m}^{m} w_k x(t+k), t \in \overline{m+1, n-m},$$

с весовыми коэффициентами w_k

$$\sum_{k=-m}^{m} w_k = 1\,, w_k \in [0,1]$$

и меньшей дисперсией $\sigma^2/(2m+1)$.

При запуске t от m+1 до $n - m$ «маска» для расчета по формуле $\hat{f}(t)$ «скользит» по оси времени так, что при каждом следующем пересчете происходит замена только одного слагаемого $x(t–m)$ слагаемым $x(t+m+1)$. Поэтому этот метод назван методом «скользящего среднего».

Полосы (линии) Боллинджера (Bollinger Bands, BB) – широко используемый технический индикатор, отражающий текущие отклонения цены. Инструмент был предложен и описан трейдером и техническим аналитиком Джоном Боллинджером в начале 1980-х годов.

BB помогают проанализировать, как расположены значения исследуемого показателя (к примеру, цен) относительно нормального торгового интервала. Полосы создают коридор, в границах которого значения считаются нормальными. Отклонение из полосы сигнализирует о риске, поскольку возникает «нетипичное» значение.

Индикатор рассчитывается на основе стандартного отклонения от простой скользящей средней (Simple Moving Average, SMA). Инструмент графически представлен в виде трех полос.

Полосы Боллинджера строятся в виде верхней и нижней границ, образуя коридор вокруг скользящей средней. Так как величина стандартного отклонения находится в зависимости от волатильности, линии сами варьируют ширину, то есть это переменная величина. Расстояние отклонения верхней и нижней

линий от центральной пропорционально поведению значений исследуемого показателя. Полосы Боллинджера имеют следующие закономерности:

– коридор реагирует на повышение волатильности рынка расширением;

– чем ниже рыночная волатильность, тем, соответственно, меньше отклонение и более узок коридор.

Цель: изучение и освоение методов анализа временных рядов в целях анализа риска: определение показателя VaR, построение коридора Боллинджера.

Постановка задачи: рассматриваются ценные бумаги, по которым собрана статистическая информация за некоторый промежуток времени. Требуется проанализировать временные ряды, описывающие рассматриваемые ценные бумаги.

Ход работы

1. Ввод данных из таблицы 3.
2. Определение границ интервала ($x - k\sigma;\ x+k\sigma$), удовлетворяющих условию

$$P(|x - m| < k\sigma) = a.$$

3. Определение показателя VaR.

3.1. Определение показателя VaR параметрическим методом.

3.2. Определение показателя VaR историческим методом.

4. Построение коридора Боллинджера.
5. Повторить пункты 2 – 4 для второго временного ряда.

Исходные данные

Для каждого варианта даны значения временных рядов из 96 значений.

Описание

1. Ввод данных.

Ввести заданные в варианте значения временных рядов.

На рабочем месте подготовить необходимые надписи и заголовки. Таблицы для результатов представлены ниже (таблица 7 и таблица 8).

Таблица 7. Пример таблицы результатов
(расчет границ интервала)

Вероятность a	$X_{лев}$	$X_{прав}$
0,68		
0,95		
0,9973		

Таблица 8. Пример таблицы результатов (расчет значения VaR)

Вероятность a	Параметрический метод	Исторический метод
0,95	VaR_1	VaR_3
0,99	VaR_2	VaR_4

2. Определение границ интервала (x - $k\sigma$; x+$k\sigma$), удовлетворяющих условию

$$P(|x - m| < k\sigma) = a.$$

Расчет границ интервалов для вероятностей a по следующим формулам:

$$P(|x - m| < \sigma) = 0{,}68,$$
$$P(|x - m| < 2\sigma) = 0{,}95,$$
$$P(|x - m| < 3\sigma) = 0{,}9973$$

и заполнение таблицы 9.

Таблица 9. Пример таблицы результатов
(расчет границ интервала)

Вероятность a	$X_{лев}$	$X_{прав}$
0,68	$m - s$	$m + s$
0,95	$m - 2s$	$m + 2s$
0,9973	$m - 3s$	$m + 3s$

3. Определение показателя VaR.

3.1. Определение показателя VaR параметрическим методом.

Величину денежных средств считать равной 1000 руб. Расчет с помощью формулы

$$VaR = \lambda V\sigma\sqrt{\frac{T}{\sigma}},$$

где $T = \sigma$.

Параметр λ определяется из приложения 1. Полученное значение для вероятности 0,95 сохраните в ячейке под названием VaR_1 в таблице 8, значение для вероятности 0,99 сохраните в ячейке под названием VaR_2 в таблице 8.

3.2. Определение показателя VaR историческим методом.

Исходный ряд сортируем по возрастанию и определяем 5% (для вероятности 95%) и 1% (для вероятности 99%) от общего числа данных. Объем выборки составляет 96 значений, поэтому 5% – это пятое по счету число в отсортированной последовательности, 1% – это первое число из последовательности. Полученное для 95% число сохраните в ячейке под названием VaR_3 в таблице 8, полученное для 99% число сохраните в ячейке под названием VaR_4 в таблице 8.

4. Построение коридора Боллинджера.

Построение коридора Боллинджера провести для скользящего среднего, рассчитанного для 5 периодов.

Сформировать таблицу с числовыми значениями (таблица 10).

Построить график с исходными значениями, верхней и нижней границами коридора Боллинджера. В графике 96 значений. Пример коридора Боллинджера представлен на рисунке 9.

Таблица 10. Расчет значений для коридора Боллинджера

n	x исходное	СКО s_i	Скользящее среднее m_i	Верхняя граница	Нижняя граница
1	x_1				
	…	…	…	…	…
5	x_5	=СТАНДОТКЛОН (значения с x_1 по x_5)	=СРЗНАЧ (значения с x_1 по x_5)	$m_5 + s_5$	$m_5 - s_5$
	…	…	…	…	…
n	x_n	=СТАНДОТКЛОН (значения с x_{n-4} по x_n)	=СРЗНАЧ (значения с x_{n-4} по x_n)	$m_n + s_n$	$m_n - s_n$

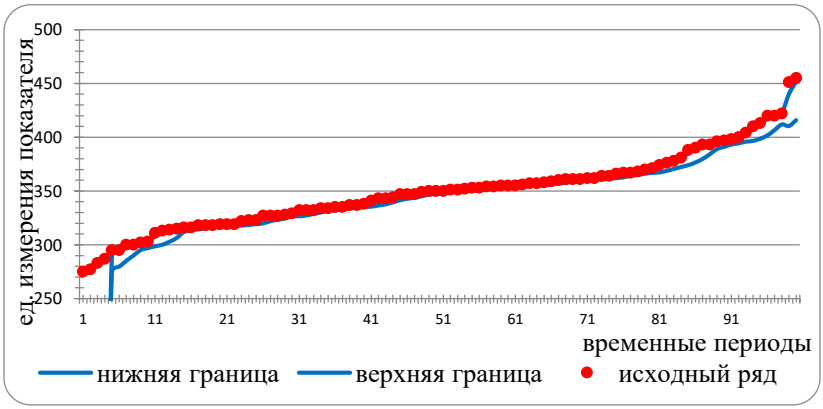


Рисунок 9 – Коридора Боллинджера

5. Повторить пункты 2 – 4 для второго временного ряда.

6. На основе значений *VaR* сделать вывод о том, какой из двух временных рядов выбрать, чтобы приобрести акции той или иной компании.

Вопросы для самопроверки:

1. Что означает показатель VaR?
2. Чему равна вероятность $P(|x - m| < \sigma)$?
3. Чему равна вероятность $P(|x - m| < 2\sigma)$?
4. Чему равна вероятность $P(|x - m| < 3\sigma)$?
5. Запишите формулу для расчета VaR параметрическим методом.
6. Опишите алгоритм определения VaR историческим методом.
7. Что показывает коридор Боллинджера?
8. Как строится коридор Боллинджера?
9. Какой из двух рассмотренных временных рядов характеризуется более высоким риском?

6 АНАЛИЗ РЫНОЧНОГО РИСКА С ПОМОЩЬЮ АППАРАТА ТЕОРИИ ИГР

Применение аппарата теории игр к анализу риска позволяет более полно исследовать рыночный риск, во многом зависящий от действий конкурентов или совокупности внешних факторов. Теория игр помогает решать многие экономические проблемы, связанные с выбором, определением наилучшей стратегии в зависимости от действий другого участника или участников.

Целью применения теории игр для анализа риска является предсказание результатов стратегических и оперативных игр, когда участники не имеют полной информации о намерениях друг друга, т.е. действуют в условиях неопределенности.

Теория игр – это теория математических моделей, интересы участников которых различны, причем они достигают своей цели различными путями [4].

Сущность теории игр состоит в установлении оптимальной (в том или ином смысле) стратегии поведения игрока в конфликтных ситуациях.

Конфликт – ситуация, в которой сталкиваются интересы двух или более сторон, преследующих разные (иногда противоположные) цели.

Игрок – одна из заинтересованных сторон в конфликтной ситуации.

Стратегия – любое возможное для игрока действие в рамках заданных правил игры.

Упрощенная модель конфликтной ситуации называется игрой. При этом под игрой понимают определенный процесс, состоящий из ряда действий (или «ходов»).

«Решить игру» означает найти цену игры и оптимальные стратегии игроков. Правила игры определяют возможные варианты

действий игроков (стратегии игроков), объем информации каждой стороны о действиях другой, результат игры, к которому приводит соответствующая последовательность ходов.

В большинстве игр предполагается, что интересы участников поддаются количественному описанию, т.е. результат игры (выигрыш) определяется некоторым числом.

Ходом в теории игр называется выбор одного из допустимых правилами игры действий и его осуществление.

Следует отметить отличительную особенность ситуаций, моделируемых с помощью аппарата теории игр: игроки активно противодействуют друг другу в достижении оптимального решения каждого из них, что повышает риск неблагоприятных исходов.

Игра отличается от реальной конфликтной ситуации тем, что ведется по определенным правилам.

Рассмотрим классификацию игр в соответствии со следующими критериями: количество игроков, количество стратегий, свойства функций выигрыша, возможности взаимодействия между игроками и т.д.

В зависимости от количества игроков выделяют парные и множественные игры. Если в игре принимают участие два игрока, то такая игра называется парной (игрой двух лиц). Игры, в которых принимают участие много сторон, называются множественными.

В зависимости от количества стратегий различают конечные и бесконечные игры. В конечных играх число возможных стратегий является конечным числом (подбрасывание монеты – две стратегии, подбрасывание кубика – шесть стратегий). Стратегии в конечных играх называют чистыми стратегиями. В бесконечных играх количество стратегий является бесконечным.

В зависимости от ограничений на сумму выигрыша различают игры с нулевой суммой и игры с произвольной суммой. Если выигрыш одного игрока равен проигрышу другого, то имеем игру

с нулевой суммой. Такие игры характеризуются противоположными интересами сторон, а выигрыш одним игроком определенной суммы означает проигрыш другим игроком (совокупностью других игроков) той же самой суммы, то есть ситуацией конфликта. Поэтому такие игры часто называют антагонистическими.

По виду функций выигрыша игры делятся на матричные, биматричные, непрерывные, выпуклые и др.

Для матричных игр доказано, что любая из них имеет решение, которое может быть легко найдено путем сведения игры к задаче линейного программирования.

Матричная игра – это конечная игра двух игроков с нулевой суммой, в которой задается выигрыш игрока A в виде матрицы. Строка матрицы соответствует номеру применяемой стратегии игрока A, столбец – номеру применяемой стратегии игрока B; на пересечении строки и столбца матрицы находится выигрыш игрока A, соответствующий применяемым стратегиям.

Рассмотрим игрока A, имеющего m стратегий $A_1, A_2, \ldots, A_m$, игрока B, имеющего n стратегий $B_1, B_2, \ldots, B_n$.

Если игрок A выбрал стратегию A_i и игрок B – стратегию B_j, тогда выигрыш игрока A составит a_{ij}, игрок B проиграет столько же: $b_{ij} = -a_{ij}$. Платежная матрица (матрица оценок) представляет собой совокупность величин a_{ij}, $i=1\ldots m$, $j=1\ldots n$.

В случаях, когда задача сведена к матричной форме, можно ставить вопрос о поиске оптимальных стратегий. Для этого необходимо рассмотреть понятие верхней и нижней цены игры.

Нижняя цена игры α показывает, что хотя бы какую стратегию применял игрок B, игрок A гарантирует себе выигрыш, не меньший α:

$$\alpha = \max_{i=1..m} \min_{j=1..n} a_{ij}.$$

Верхняя цена игры β гарантирует для игрока B, игрок A не получит выигрыш, больший β.

$$\beta = \min_{j=1..n} \max_{i=1..m} a_{ij}.$$

Вполне определенная игра (равновесная игра) или игра с седловой точкой – это игра, у которой совпадают нижняя и верхняя цены игры, то есть выполняется равенство:

$$\alpha = \max_{i=1..m} \min_{j=1..n} a_{ij} = \min_{j=1..n} \max_{i=1..m} a_{ij} = \beta.$$

При этом $V=\alpha=\beta$ называется ценой игры, элемент $a_{i_0 j_0}$, соответствующий равенству, называют седловой точкой или точкой равновесия. Можно сказать, что V совпадает с выигрышем игрока A и равен проигрышу игрока B.

В играх, не имеющих седловой точки, нижняя цена игры α всегда меньше верхней β:

$$\alpha \leq V \leq \beta.$$

Игры с «природой»

Термин «природа» в контексте теории игр обозначает объективную реальность, но его не следует понимать буквально. Некоторые ситуации могут быть связаны с реальными природными факторами, такими как погодные условия или стихийные бедствия, но в большинстве случаев природа представляет собой абстрактное понятие, отражающее влияние внешних факторов.

В некоторых случаях природа может быть интерпретирована как конкурирующая среда, например, рынок ценных бумаг, который противостоит инвестору. В таких случаях знание оптимальных стратегий природы помогает игроку определить наиболее выгодные условия, которые могут ожидать его в будущем, и оценить необходимые ресурсы для достижения своих целей.

С точки зрения управления рисками, игры с природой представляют собой задачи, ставящие своей целью получение решений о действиях игрока в условиях частичной неопределенности.

Пусть игрок $П$ (природа) принимает одно из n состояний $П_1, П_2, \ldots, П_n$. И игрок A может выбрать одну из m стратегий A_1,

A_2, …, A_m. Тогда платежная матрица представляет собой совокупность выигрышей (проигрышей) игрока A при его реакции A_i на состояние $П_j$.

В некоторых задачах с природой вместо платежной матрицы $[a_{ij}]$ используется матрица риска, элементы которой формируются по следующему правилу:

$$[r_{ij}] = \beta_j - a_{ij},$$
$$\beta_j = \max_i a_{ij}.$$

Рассмотрим критерии принятия решений в играх с «природой».

Критерий Байеса

Показателями в критерии Байеса служат величины среднего выигрыша $\bar{a}_i$ или среднего риска $\bar{r}_i$:

$$\bar{a}_i = \sum_{j=1}^{n} a_{ij} q_j,$$
$$\bar{r}_i = \sum_{j=1}^{n} r_{ij} q_j.$$

Здесь q_j – вероятность того, что произойдет событие $П_j$.

Согласно критерию Байеса за оптимальную принимается та чистая стратегия игрока A, для которой средний выигрыш $\bar{a}_i$ принимает максимальное значение и средний риск $\bar{r}_i$ принимает минимальное значение:

$$\bar{a} = \min_{i=1..m} \bar{a}_i,$$
$$\bar{r} = \min_{i=1..m} \bar{r}_i.$$

Критерий Лапласа (принцип недостаточного основания)

Данный критерий используется в случаях, когда вероятности состояний природы правдоподобны и равновероятны, т.е.

$$q_1 = q_2 = \cdots q_n = \frac{1}{n}.$$

По критерию Лапласа стратегия считается оптимальной, если она обеспечивает максимальное значение среднего выигрыша $\bar{a}_i$ или минимальное значение среднего риска $\bar{r}_i$:

$$\bar{a} = \min_{i=1..m} \bar{a}_i,$$

$$\bar{r} = \min_{i=1..m} \bar{r}_i.$$

Критерий Вальда (максиминный критерий)

По критерию Вальда стратегия A_i считается оптимальной, если она в наихудших условиях гарантирует максимальный выигрыш:

$$\alpha = \max_{i=1..m} \min_{j=1..n} a_{ij}.$$

Критерий Сэвиджа (критерий минимального риска)

Соответственно данному критерию, в качестве оптимальной стратегии игрок *A* выбирает ту стратегию, для которой величина максимального риска принимает минимальное значение:

$$\rho = \min_{j=1..n} \max_{i=1..m} r_{ij}.$$

Критерий Гурвица

В качестве критерия для выбора оптимальной стратегии используется величина

$$\gamma = \max_{i=1..m} \left\{ \lambda \min_{j=1..n} a_{ij} + (1-\lambda) \max_{j=1..n} a_{ij} \right\}.$$

Итоговое решение о выборе наиболее предпочтительной стратегии игрока *A* в игре с «природой» принимается на основании сопоставления результатов, полученных по всем критериям принятия решений.

Цель: изучение и освоение аппарата теории игр для анализа рыночного риска.

Постановка задачи

1 часть. Рыночный риск связан с действием конкурентов, выступающих в роли игроков. Известны статистические данные о вы-

игрыше игрока *А* для различных комбинаций стратегий участников рынка. Требуется составить модель ситуации при наличии противоположных интересов игроков и в условиях неопределенности с помощью матрицы антагонистической игры, проанализировать ее, определить оптимальную стратегию игрока *А*.

2 часть. На деятельность фирмы *А* оказывают влияние различные внешние факторы, которые способствуют возникновению непредвиденных ситуаций. Ущерб от данных ситуаций является случайной величиной. Статистические данные об ущербах по каждой непредвиденной ситуации, произошедшей в течение года, представлены в таблице.

Руководство фирмы может предпринять различные меры по снижению ущерба: обучение персонала на курсах повышения квалификации; установка более современного оборудования; установка датчиков состояния оборудования и внедрение систем контроля за состоянием оборудования в режиме реального времени; пересмотр бизнес-процессов на предмет выявления «узких мест». Каждое мероприятие характеризуется затратами и ожидаемым снижением ущерба. Определите оптимальную стратегию руководства фирмы по снижению ущерба.

Ход работы

1 часть (антагонистическая игра)

1. Ввод данных.

2. Сформировать платежную матрицу на основании исходных данных.

3. Определить максиминную стратегию фирмы *А*.

4. Определить цену игры в чистых стратегиях.

2 часть (игра с природой)

5. Сформировать платежную матрицу для игры с природой на основании исходных данных.

6. Определить оптимальную стратегию в игре с природой.

6.1. Решить задачу с помощью критерия Байеса.

6.2. Решить задачу с помощью критерия Вальда.

6.3. Решить задачу с помощью критерия Сэвиджа.

6.4. Решить задачу с помощью критерия Гурвица.

6.5. Сделать вывод о выборе наилучшей стратегии.

Исходные данные

1 часть (антагонистическая игра). Известны 50 выигрышей игрока *A* при различных действиях игрока *B*. Каждый игрок имеет три стратегии.

2 часть (игра с природой). Известны выигрыши игрока *A* при различных состояниях природы *П*. Количество непредвиденных событий для каждого состояния $П_j$ различно.

Описание

1 часть (антагонистическая игра)

1. Ввод данных.

Ввести заданные в варианте значения выигрышей игрока *A* при различных комбинациях стратегий.

На рабочем месте подготовить необходимые надписи и заголовки. Платежная матрица игры имеет размерность 4 строки и 4 столбца (таблица 11).

Таблица 11. Пример платежной матрицы игры

	B_1	B_2	B_3
A_1	a_{11}	a_{12}	a_{13}
A_2	a_{21}	a_{22}	a_{23}
A_3	a_{31}	a_{32}	a_{33}

Матрица для результатов расчетов игры с природой имеет размерность 6 столбцов и 4 строки (таблица 12).

Таблица 12. Результаты расчетом игры с природой

	$П_1$	$П_2$	$П_3$	$П_4$	$П_5$
n_j					
p_j					
X_i					

Матрица выигрыша для игры с природой имеет размерность 6 столбцов и 5 строк (таблица 13).

Таблица 13. Матрица выигрыша для игры с природой

	$П_1$	$П_2$	$П_3$	$П_4$	$П_5$
A_1					
A_2					
A_3					
A_4					

2. Сформировать платежную матрицу на основании исходных данных.

Рассчитать с помощью функции МОДА значения платежной матрицы a_{ij} как наиболее вероятные результаты для каждого варианта комбинации стратегий конкурентов A_i и B_j. Аргументом функции МОДА является столбец исходных данных, соответствующий комбинации стратегий A_i и B_j.

3. По формуле

$$\alpha = \max_i \min_j a_{ij}$$

определяется нижняя цена игры и максиминная стратегия игрока A.

Для определения результата по максиминной стратегии необходимо:

– найти минимальное значение по каждой строке с помощью функции МИН;

– из полученных минимальных значений выбрать максимальное значение с помощью функции МАКС.

Полученное значение будет ценой игры для игрока *A*.

4. Определим цену игры в чистых стратегиях. Для этого находим верхнюю цену игры по формуле

$$\beta = \min_j \max_i a_{ij}.$$

Для определения результата по минимаксной стратегии необходимо:

– найти максимальное значение по каждому столбцу строке с помощью функции МАКС;

– из полученных максимальных значений выбрать минимальное значение с помощью функции МИН.

Если выполняется условие

$$\alpha = \max_i \min_j a_{ij} = \min_j \max_i a_{ij} = \beta,$$

то цена игры $V = \alpha = \beta$, в противном случае цена игры V принадлежит интервалу (α, β).

2 часть (игра с природой)

5. Сформировать платежную матрицу для игры с природой на основании исходных данных

На основе статистических данных определить вероятность возникновения каждого из состояний природы. Каждое состояние природы $П_j$ реализуется n_j раз за год. Тогда вероятность состояния $П_j$ определим по формуле:

$$p_j = P(\Pi_j) = \frac{n_j}{\sum_j n_j}.$$

Для выполнения расчетов вероятности по формуле необходимо выполнить следующие действия:

5.1. Определить n_j можно с помощью функции СЧЕТ. Аргументом функции СЧЕТ является каждый столбец A1B1, A1B2 и т.д. по отдельности. Результаты расчетов занести в таблицу 14

в ячейки $n_1 – n_5$. Данный показатель демонстрирует количество реализаций каждого состояния природы.

Далее находится

$$n = \sum_{j=1}^{5} n_j.$$

Данное число показывает общее количество состояний природы. После этого вычисляется вероятность наступления событий по формуле

$$p_j = P(П_j) = \frac{n_j}{n}.$$

результат записывается в таблицу 14.

Таблица 14. Вспомогательная таблица
для расчета вероятности наступления событий

	$П_1$	$П_2$	$П_3$	$П_4$	$П_5$	n
n_j	n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	217
p_j	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5	

Далее рассчитывается наиболее вероятное значение ущерба для каждого состояния природы. Наиболее вероятное значение ущерба определяется с помощью встроенной функции МОДА. Аргументом функции МОДА является каждый столбец A1B1, A1B2 и т.д. по отдельности. Полученный результат занести в таблицу 15.

Таблица 15. Результаты расчета функции МОДА

	$П_1$	$П_2$	$П_3$	$П_4$	$П_5$
МОДА	$МОДА_1$	$МОДА_2$	$МОДА_3$	$МОДА_4$	$МОДА_5$

Далее с учетом предполагаемых действий игрока требуется сформировать платежную матрицу игры по формуле.

Руководство фирмы при реализации i-ой стратегии производит затраты в размере C_i и снижает ущерб на k_{ij}% от первоначального размера ущерба. Тогда элементы платежной матрицы можно рассчитать по формуле

$$a_{ij} = -X_j - C_i + k_{ij}X_j.$$

Значения C_i и k_{ij}% заданы в таблице 16. Для каждого варианта необходимо использовать данные значения.

Таблица 16. Исходные данные включают затраты по каждой стратегии руководства, процент снижения ущерба при проведении предупредительных мероприятий и данные о размере ущерба

Стратегия	A_1	A_2	A_3	A_4
Затраты	500	800	1200	1100
Коэффициент снижения ущерба	10%	25%	15%	17%

Значения моды, представленные в таблице 15, необходимо использовать в качестве переменной X_j. Результаты расчетов занести в таблицу 17.

Таблица 17. Платежная матрица игры

	П1	П2	П3	П4	П5
А1					
А2					
А3					
А4					

6. Определить оптимальную стратегию в игре с природой.

6.1. Решить задачу с помощью критерия Байеса.

Оптимальная стратегия по критерию Байеса определяется по формулам

$$\bar{a} = \max_i \bar{a_i},$$

$$\bar{a_i} = \sum_{j=1}^{n} a_{ij} p_j.$$

Для выбора оптимальной стратегии по критерию Байеса необходимо выполнить следующие шаги:

– с помощью функции СУММПРОИЗВ найти сумму произведений каждой строки отдельно по каждой стратегии, результат записать в дополнительный столбец справа;

– найти максимальное значение из данного столбца с помощью функции МАКС;

– максимальное значение показывает, какую стратегию следует выбрать в качестве оптимальной.

6.2. Решить задачу с помощью критерия Вальда.

Оптимальная стратегия по критерию Вальда определяется по формуле

$$\alpha = \max_i \min_j a_{ij} .$$

Для выбора оптимальной стратегии по критерию Вальда необходимо выполнить следующие шаги:

– с помощью функции МИН найти минимальное значение каждой строки отдельно по каждой стратегии, результат записать в дополнительный столбец справа;

– найти максимальное значение из данного столбца с помощью функции МАКС;

– максимальное значение показывает, какую стратегию следует выбрать в качестве оптимальной.

6.3. Решить задачу с помощью критерия Сэвиджа.

Оптимальная стратегия по критерию Сэвиджа определяется по формуле

$$\rho = \min_j \max_i r_{ij}.$$

Для выбора оптимальной стратегии по критерию Сэвиджа необходимо выполнить следующие шаги:

– подготовить матрицу рисков: найти максимальное значение в каждом столбце с помощью функции МАКС, из найденного

значения вычесть все остальные значения, полученный результат записать в новую матрицу;

– в полученной матрице найти строку, в которой указан минимальный результат;

– найденная строка является оптимальной стратегией.

6.4. Решить задачу с помощью критерия Гурвица.

Оптимальная стратегия по критерию Гурвица определяется по формуле

$$\gamma = \max_i \{\lambda \min_j a_{ij} + (1-\lambda) \max_j a_{ij}\}.$$

Значение параметра λ составляет 0,7.

Для выбора оптимальной стратегии по критерию Гурвица необходимо выполнить следующие шаги:

– с помощью функции МИН найти минимальное значение каждой строки отдельно по каждой стратегии, результат записать в дополнительный столбец справа;

– с помощью функции МАКС найти максимальное значение каждой строки отдельно по каждой стратегии, результат записать в еще один дополнительный столбец справа;

– далее необходимо подставить полученные значения в формулу

$$\gamma = \max_{i=1..m} \left\{\lambda \min_{j=1..n} a_{ij} + (1-\lambda) \max_{j=1..n} a_{ij}\right\}$$

и записать полученные значения в отдельный столбец;

– из полученных значений выбрать максимальное, оно показывает, какую стратегию следует выбрать в качестве оптимальной.

6.5. Сделать вывод о выборе наилучшей стратегии.

Выбор наилучшей стратегии осуществляется по совокупности результатов для всех критериев из пунктов 6.1-6.4. Выбирается та стратегия, которая была оптимальной по большинству критериев.

Вопросы для самопроверки:

1. Какая игра называется равновесной? При выполнении какого условия можно делать такой вывод?
2. Как определяется максиминная стратегия игрока *A*?
3. Как определяется минимаксная стратегия игрока *B*?
4. Как формируется матрица риска из платежной матрицы в играх с «природой»?
5. Запишите формулы, используемые в критерии Байеса. Какая стратегия считается оптимальной согласно данному критерию?
6. Запишите формулы, используемые в критерии Лапласа. Какая стратегия считается оптимальной согласно данному критерию?
7. Запишите формулы, используемые в критерии Вальда. Какая стратегия считается оптимальной согласно данному критерию?
8. Запишите формулы, используемые в критерии Сэвиджа. Какая стратегия считается оптимальной согласно данному критерию?
9. Запишите формулы, используемые в критерии Гурвица. Какая стратегия считается оптимальной согласно данному критерию?
10. Какой результат выдает встроенная функция Excel СЧЕТ()? Что является ее аргументом?
11. Какой результат выдает встроенная функция Excel МОДА()? Что является ее аргументом?
12. Какой результат выдает встроенная функция Excel СУММПРОИЗВ()? Что является ее аргументом?

7 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕННЫХ И ВЕРОЯТНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЕКТА

Сетевой график – это динамическая модель производственного процесса, отражающая технологическую зависимость, последовательность и сроки выполнения комплекса работ, увязывающая их выполнение во времени с учетом затрат ресурсов и стоимости работ [5].

Работа отражает трудовой процесс, в котором участвуют люди, машины, механизмы, материальные ресурсы (проектирование сооружения, поставки оборудования, кладка стен, решение задач на ЭВМ и т.п.) либо процесс ожидания (твердение бетона, сушка штукатурки и т.п.). Каждая работа сетевого графика имеет конкретное содержание.

Виды работ:

– действительная работа – работа в прямом смысле слова (например, подготовка трассы соревнований), требующая затрат труда, материальных ресурсов и времени;

– ожидание – работа, не требующая затрат труда и материальных ресурсов, но занимающая некоторое время;

– фиктивная работа (зависимость) – связь между двумя или более событиями, не требующая затрат труда, материальных ресурсов и времени, но указывающая, что возможность начала одной операции непосредственно зависит от выполнения другой. Продолжительность такой работы = 0.

Фиктивные работы изображают штриховыми линиями в виде дополнительных дуг и используют для правильного и наглядного отображения порядка предшествования работ при построении сети.

Всякая работа в сети соединяет два события: предшествующее (являющееся для нее начальным) и следующее за ней (конечное).

Событие выражает факт окончания одной или нескольких непосредственно предшествующих (входящих в событие) работ, необходимых для начала непосредственно следующих (выходящих из события) работ. Событие, стоящее в начале работы, называется начальным, а в конце – конечным.

Виды событий:

– исходное событие – начало выполнения комплекса работ;

– завершающее событие – конечное событие, означающее достижение конечной цели комплекса работ;

– промежуточное событие как результат одной или нескольких работ, представляющих возможность начать одну или несколько непосредственно следующих работ. Продолжительность промежуточного события всегда равна 0.

В исходное событие сетевого графика не входит, а из завершающего не выходит ни одна работа. В отличие от работ, события совершаются мгновенно без потребления ресурсов.

Следует отметить, что событие определяет состояние, а не процесс.

Любая последовательность работ в сетевом графике, в котором конечное событие каждой работы этой последовательности совпадает с начальным событием следующей за ней работой, называется путем.

Виды пути:

– полный путь – путь, начало которого совпадает с исходным событием сети, а конец – с завершающим, называется полным путем;

– путь, предшествующий событию – путь от исходного события сети до данного события;

– путь, следующий за событием – путь, соединяющий событие с завершающим событием;

– путь между событиями i и j – путь, соединяющий какие-либо два события i и j, из которых ни одно не является исходным или завершающим событием сетевого графика;

– критический путь – путь, имеющий наибольшую продолжительность от исходного события до завершающего.

Продолжительность пути определяется суммой продолжительностей составляющих его работ. Путь наибольшей длины между исходными и завершающими событиями называется критическим (Lm).

Если критическое время не соответствует заданному или нормативному, сокращение сроков производственного процесса необходимо начинать с сокращения продолжительности критических работ.

Сроки выполнение работ и резервы времени.

Ранним сроком $t_p(j)$ совершения события j называется минимальное время, к которому необходимо завершить все работы, предшествующие этому событию:

$$t_p(j) = \max_{i \in U_j^+} \{t_p(j) + t_{ij}\}.$$

Поздним сроком $t_п(j)$ завершения события i называется максимально допустимый срок наступления этого события, не требующий увеличения времени на осуществление всего проекта:

$$t_n(j) = \min_{j \in U_{\bar{i}}} \{t_n(j) - t_{ij}\}.$$

Полный резерв $R_П(i, j)$ – максимальное количество времени, на которое можно перенести начало работ или увеличить ее продолжительность без изменения общего срока проекта $t_{кр}$:

$$R_П(i, j) = t_п(j) – t_p(i) – t_{ij}.$$

Свободный резерв $R_C(i, j)$ – запас времени, на который можно перенести начало работы или увеличить ее продолжительность (при условии, что работа начата в свой ранний срок) без изменения раннего срока начала последующих работ:

$$R_C(i, j) = t_p(j) – t_p(i) – t_{ij}.$$

Если R_C <0, то резерв заменяется нулем.

Всегда выполняется неравенство $R_П \geq R_C$.

Для работ, принадлежащих критическому пути резерв времени равен нулю.

Резерв времени $R(i)$ – количество времени, на которое может задержаться свершение события i без изменения общего срока выполнения работ $t_{кр}$:

$$R(i) = t_n(i) - t_p(i).$$

Кроме выше перечисленных показателей работ, определяют ранние и поздние сроки начала и окончания работ. Эти показатели непосредственно связаны и ранними и поздними сроками совершения событий.

Ранний срок начала работы $t_{рн}(i, j) = t_p(i)$.

Ранний срок окончания работы $t_{ро}(i, j) = t_p(i) + t_{ij}$.

Поздний срок начала работы $t_{пн}(i, j) = t_n(j) - t_{ij}$.

Поздний срок окончания работы $t_{по}(i, j) = t_n(j)$.

Вероятностные характеристики сетевых планов:

– Оптимистическая оценка t_{min} – минимально возможный период времени, в течение которого может быть выполнена данная работа при благоприятных условиях.

– Пессимистическая оценка t_{max} – максимально возможная продолжительность времени выполнения работ при неблагоприятных условиях.

– Наиболее вероятная оценка $t_{нв}$ – продолжительность работы при нормальных условиях.

На основании перечисленных данных рассчитываются следующие характеристики сетевого плана.

Средняя продолжительность проекта рассчитывается двумя вариантами по трехпараметрической модели

$$t_{\text{ср}} = \frac{t_{min} + t_{\text{нв}} + t_{max}}{6},$$

по двухпараметрической модели

$$t_{\text{ср}} = \frac{2t_{min} + 3t_{max}}{5}.$$

Дисперсия по трехпараметрической модели

$$\sigma^2 = (\frac{t_{max} - t_{min}}{6})^2,$$

по двухпараметрическая модели

$$\sigma^2 = (\frac{t_{max} - t_{min}}{5})^2.$$

Цель: изучение и освоение навыков расчета временных и вероятностных характеристик сетевого графика для анализа риска проекта.

Постановка задачи:

Известен сетевой график работ некоторого проекта и продолжительность каждой из работ t_k (k=1..n). Также менеджер проекта оценил максимально возможное t_{max}, минимальное t_{min} и наиболее вероятное время $t_{нв}$ выполнения каждой работы. Заказчик определили срок сдачи проекта $t_{план}$, для которого требуется определить вероятность окончания проекта в заданный срок, а также ожидаемый ущерб в случае невыполнения проекта за период $t_{план}$, если стоимость каждого лишнего дня работы стоит C. Исполнитель может предложить свой максимально возможный срок T выполнения проекта с заданной вероятностью. Сетевой график проекта представлен на рисунке 10.

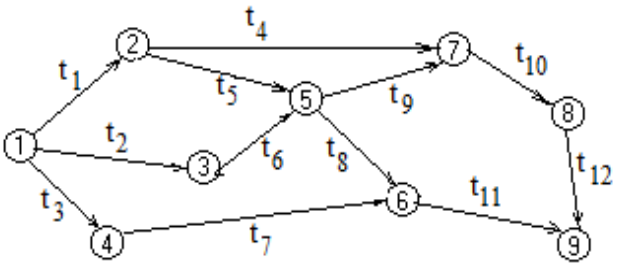


Рисунок 10 – Сетевой график проекта

Ход работы

1. Ввод данных.

2. Расчет временных временные характеристик работ и событий проекта.

3. Расчет вероятностных характеристик сроков выполнения проекта и ожидаемого ущерб при невыполнении проекта в заданный срок.

Описание

1. Ввод данных. Ввести заданные в варианте исходные данные для длительности работ проекта.

На рабочем месте подготовить необходимые надписи и заголовки. Таблица для результатов расчетов временных характеристик событий имеет длину 10 столбцов и высоту 4 строки (таблица 18). События на рисунке 9 обозначены кругом. Их всего 9 в данном проекте.

Таблица 18. Временные характеристики событий

j	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$t_p(j)$									
$t_n(j)$									
$R(j)$									

Таблица для результатов расчетов временных характеристик работ имеет длину 13 столбцов и высоту 5 строк (таблица 19). Работы на рисунке 9 обозначены стрелочкой. В данном проекте их 12.

Таблица 19. Временные характеристики событий

t_k	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	t_8	t_9	t_{10}	t_{11}	t_{12}
$t_{рн}$												
$t_{ро}$												
$t_{пн}$												
$t_{по}$												

Таблица для результатов расчета среднего времени выполнения проекта имеет 13 столбцов и высоту 3 строки (таблица 20).

Таблица 20. Среднее время выполнения работ

t_k	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	t_8	t_9	t_{10}	t_{11}	t_{12}
трехпараметр модель												
двухпараметр модель												

Таблица для результатов расчета дисперсии времени выполнения проекта имеет 13 столбцов и высоту 3 строки (таблица 21).

Таблица 21. Расчет дисперсии времени выполнения работ

t_k	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	t_8	t_9	t_{10}	t_{11}	t_{12}
трехпараметр модель												
двухпараметр модель												

2. Расчет временных временные характеристик работ и событий проекта.

Определить критическое время выполнения проекта $t_{кр}$. Для этого необходимо рассчитать длину всех существующих путей и с помощью встроенной функции МАКС выбрать максимальное значение. Полученный результат будет критическим путем проекта.

Рассчитать временные характеристики событий проекта:

- ранний срок $t_p(j)$ совершения события j;
- поздний срок $t_n(i)$ завершения события i;
- резерв времени $R(i)$ для каждого.

Записать полученные результаты в таблицу 18.

Рассчитать временные характеристики работ проекта:

- ранний срок начала работы $t_{рн}(i, j)$;
- ранний срок окончания работы $t_{ро}(i, j)$;
- поздний срок начала работы $t_{пн}(i, j)$;
- поздний срок окончания работы $t_{по}(i, j)$;
- полный резерв $R_П(i, j)$;
- свободный резерв $R_С(i, j)$.

Записать полученные результаты в таблицу 19.

3. Расчет вероятностных характеристик сроков выполнения проекта и ожидаемого ущерб при невыполнении проекта в заданный срок.

Рассчитать среднее время и дисперсию по трехпараметрической модели и по двухпараметрической модели.

Результаты расчетов занести в таблицу 20 и таблицу 21.

Определить значение дисперсии критического пути как сумму дисперсии работ, принадлежащих критическому пути [6]:

$$\sigma^2 = \sum_{l \in L_{\text{кр}}} \sigma_l^2.$$

Определить вероятность окончания проекта в плановый срок $t_{план}$, указанного в варианте, по формуле

$$P\left(t_{\text{кр}} \le t_{\text{план}}\right) = 0{,}5 + \Phi\left(\frac{t_{\text{план}} - t_{\text{кр}}}{\sigma_{\text{кр}}}\right).$$

В программном продукте Excel для расчета функции Лапласса можно применить функцию НОРМСТРАСП.

Определить с заданной в варианте вероятностью γ максимально возможный срок выполнения проекта T по формуле:

$$P\left(t_{\text{кр}} \le T\right) = 0{,}5 + \Phi\left(\frac{T - t_{\text{кр}}}{\sigma_{\text{кр}}}\right) = \gamma.$$

В программном продукте Excel для расчета обратной функции Лапласса можно применить функцию НОРМСТОБР.

Рассчитать ожидаемый ущерб $M(X)$ при невыполнении проекта в плановый срок:

$$M(X)=C\cdot P(t>t_{план}) = C\cdot(1 - P(t\leq t_{план})).$$

Построить график зависимости ожидаемого ущерба от срока выполнения проекта $t_{план}$ для трехпараметрической модели.

$$M(X) = C \cdot P(t > t_{\text{план}}) = C \cdot (1 - P(t \leq t_{\text{план}}) =$$
$$= C \cdot \left(1 - 0{,}5 - \Phi\left(\frac{t_{\text{план}} - t_{\text{кр}}}{\sigma_{\text{кр}}}\right)\right) =$$
$$= C \cdot \left(0{,}5 - \Phi\left(\frac{t_{\text{план}} - t_{\text{кр}}}{\sigma_{\text{кр}}}\right)\right).$$

В Excel функция НОРМСТРАСП(x) дает значение, соответствующее $\Phi(x)+0{,}5$. Поэтому при построении графика следует использовать формулу:

$$M(X) = C \cdot \left(1 - \text{НОРМСТРАСП}\left(\frac{t_{\text{план}} - t_{\text{кр}}}{\sigma}\right)\right).$$

Чтобы построить график, необходимо подготовить таблицу 22, которая имеет размерность в 11 столбцов и 2 строки. В качестве аргументов функции (первой строки таблицы) следует взять интервал (0; $t_{кр}$), разделенный на 10 интервалов.

Формула для расчета

$$t_{\text{план}(i)} = \frac{t_{\text{кр}}}{10} + t_{\text{план}(i-1)}.$$

Данный показатель используется для расчета ущерба, результат которого записывается во вторую строчку таблицы 22.

Таблица 22. Расчет ожидаемого ущерба

$t_{план}$	$t_{план1}$	$t_{план2}$	$t_{план3}$	…	$t_{план8}$	$t_{план9}$	$t_{план10}$
$M(X)$	$M(X_1)$	$M(X_2)$	$M(X_3)$	…	$M(X_8)$	$M(X_9)$	$M(X_{10})$

На основе таблицы 22 построен график (рисунок 11), демонстрирующий взаимосвязь ожидаемого ущерба от срока выполнения проекта.

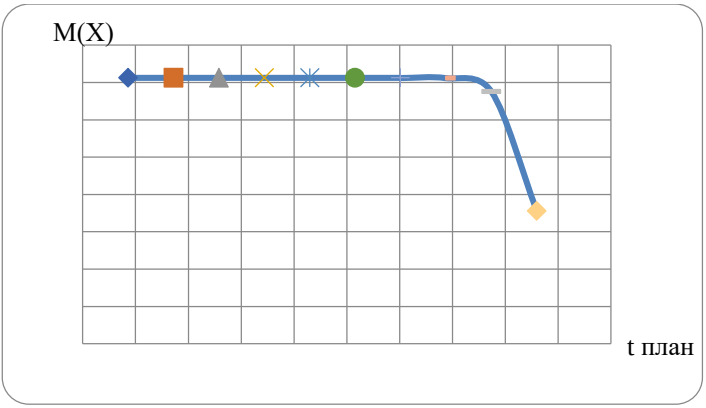


Рисунок 11 – График зависимости ожидаемого ущерба
от срока выполнения проекта $t_{план}$

Вопросы для самопроверки:

1. Дайте определение термина «работа» в сетевом графике. Охарактеризуйте разные виды работ.
2. Дайте определение термина «событие» в сетевом графике. Охарактеризуйте разные виды событий.
3. Какой путь называется критическим?
4. Запишите формулы для расчета сроков выполнения работ.
5. Запишите формулы для расчета резервов времени работ.
6. Запишите формулы для расчета ранних и поздних сроков начала и окончания работ.
7. Запишите формулы для расчета средней продолжительности проекта и дисперсии времени выполнения всех работ.
8. Запишите формулы для расчета вероятности окончания проекта в плановый срок.
9. Запишите формулы для расчета максимально возможного срока выполнения проекта с заданной вероятностью.
10. Какие выводы можно сделать по графику зависимости ожидаемого ущерба от срока выполнения проекта?

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица некоторых значений функции Лапласа

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-t^2/2} dt$$

x	f(x)	x	f(x)	x	f(x)	x	f(x)	x	f(x)	x	f(x)	x	f(x)	x	f(x)
0.00	0.0000	0.46	0.1772	0.92	0.3212	1.38	0.4162	1.84	0.4671	2.30	0.4893	2.76	0.4971	3.22	0.4994
0.01	0.0040	0.47	0.1808	0.93	0.3238	1.39	0.4177	1.85	0.4678	2.31	0.4896	2.77	0.4972	3.23	0.4994
0.02	0.0080	0.48	0.1844	0.94	0.3264	1.40	0.4192	1.86	0.4686	2.32	0.4898	2.78	0.4973	3.24	0.4994
0.03	0.0120	0.49	0.1879	0.95	0.3289	1.41	0.4207	1.87	0.4693	2.33	0.4901	2.79	0.4974	3.25	0.4994
0.04	0.0160	0.50	0.1915	0.96	0.3315	1.42	0.4222	1.88	0.4699	2.34	0.4904	2.80	0.4974	3.26	0.4994
0.05	0.0199	0.51	0.1950	0.97	0.3340	1.43	0.4236	1.89	0.4706	2.35	0.4906	2.81	0.4975	3.27	0.4995
0.06	0.0239	0.52	0.1985	0.98	0.3365	1.44	0.4251	1.90	0.4713	2.36	0.4909	2.82	0.4976	3.28	0.4995
0.07	0.0279	0.53	0.2019	0.99	0.3389	1.45	0.4265	1.91	0.4719	2.37	0.4911	2.83	0.4977	3.29	0.4995
0.08	0.0319	0.54	0.2054	1.00	0.3413	1.46	0.4279	1.92	0.4726	2.38	0.4913	2.84	0.4977	3.30	0.4995
0.09	0.0359	0.55	0.2088	1.01	0.3438	1.47	0.4292	1.93	0.4732	2.39	0.4916	2.85	0.4978	3.31	0.4995
0.10	0.0398	0.56	0.2123	1.02	0.3461	1.48	0.4306	1.94	0.4738	2.40	0.4918	2.86	0.4979	3.32	0.4995
0.11	0.0438	0.57	0.2157	1.03	0.3485	1.49	0.4319	1.95	0.4744	2.41	0.4920	2.87	0.4979	3.33	0.4996
0.12	0.0478	0.58	0.2190	1.04	0.3508	1.50	0.4332	1.96	0.4750	2.42	0.4922	2.88	0.4980	3.34	0.4996
0.13	0.0517	0.59	0.2224	1.05	0.3531	1.51	0.4345	1.97	0.4756	2.43	0.4925	2.89	0.4981	3.35	0.4996
0.14	0.0557	0.60	0.2257	1.06	0.3554	1.52	0.4357	1.98	0.4761	2.44	0.4927	2.90	0.4981	3.36	0.4996
0.15	0.0596	0.61	0.2291	1.07	0.3577	1.53	0.4370	1.99	0.4767	2.45	0.4929	2.91	0.4982	3.37	0.4996
0.16	0.0636	0.62	0.2324	1.08	0.3599	1.54	0.4382	2.00	0.4772	2.46	0.4931	2.92	0.4982	3.38	0.4996
0.17	0.0675	0.63	0.2357	1.09	0.3621	1.55	0.4394	2.01	0.4778	2.47	0.4932	2.93	0.4983	3.39	0.4997
0.18	0.0714	0.64	0.2389	1.10	0.3643	1.56	0.4406	2.02	0.4783	2.48	0.4934	2.94	0.4984	3.40	0.4997
0.19	0.0753	0.65	0.2422	1.11	0.3665	1.57	0.4418	2.03	0.4788	2.49	0.4936	2.95	0.4984	3.41	0.4997
0.20	0.0793	0.66	0.2454	1.12	0.3686	1.58	0.4429	2.04	0.4793	2.50	0.4938	2.96	0.4985	3.42	0.4997
0.21	0.0832	0.67	0.2486	1.13	0.3708	1.59	0.4441	2.05	0.4798	2.51	0.4940	2.97	0.4985	3.43	0.4997
0.22	0.0871	0.68	0.2517	1.14	0.3729	1.60	0.4452	2.06	0.4803	2.52	0.4941	2.98	0.4986	3.44	0.4997
0.23	0.0910	0.69	0.2549	1.15	0.3749	1.61	0.4463	2.07	0.4808	2.53	0.4943	2.99	0.4986	3.45	0.4997
0.24	0.0948	0.70	0.2580	1.16	0.3770	1.62	0.4474	2.08	0.4812	2.54	0.4945	3.00	0.49865	3.46	0.4997
0.25	0.0987	0.71	0.2611	1.17	0.3790	1.63	0.4484	2.09	0.4817	2.55	0.4946	3.01	0.4987	3.47	0.4997
0.26	0.1026	0.72	0.2642	1.18	0.3810	1.64	0.4495	2.10	0.4821	2.56	0.4948	3.02	0.4987	3.48	0.4997
0.27	0.1064	0.73	0.2673	1.19	0.3830	1.65	0.4505	2.11	0.4826	2.57	0.4949	3.03	0.4988	3.49	0.4998
0.28	0.1103	0.74	0.2704	1.20	0.3849	1.66	0.4515	2.12	0.4830	2.58	0.4951	3.04	0.4988	3.50	0.4998
0.29	0.1141	0.75	0.2734	1.21	0.3869	1.67	0.4525	2.13	0.4834	2.59	0.4952	3.05	0.4989	3.51	0.4998
0.30	0.1179	0.76	0.2764	1.22	0.3888	1.68	0.4535	2.14	0.4838	2.60	0.4953	3.06	0.4989	3.52	0.4998
0.31	0.1217	0.77	0.2794	1.23	0.3907	1.69	0.4545	2.15	0.4842	2.61	0.4955	3.07	0.4989	3.53	0.4998
0.32	0.1255	0.78	0.2823	1.24	0.3925	1.70	0.4554	2.16	0.4846	2.62	0.4956	3.08	0.4990	3.54	0.4998
0.33	0.1293	0.79	0.2852	1.25	0.3944	1.71	0.4564	2.17	0.4850	2.63	0.4957	3.09	0.4990	3.55	0.4998
0.34	0.1331	0.80	0.2881	1.26	0.3962	1.72	0.4573	2.18	0.4854	2.64	0.4959	3.10	0.4990	3.56	0.4998
0.35	0.1368	0.81	0.2910	1.27	0.3980	1.73	0.4582	2.19	0.4857	2.65	0.4960	3.11	0.4991	3.57	0.4998
0.36	0.1406	0.82	0.2939	1.28	0.3997	1.74	0.4591	2.20	0.4861	2.66	0.4961	3.12	0.4991	3.58	0.4998
0.37	0.1443	0.83	0.2967	1.29	0.4015	1.75	0.4599	2.21	0.4864	2.67	0.4962	3.13	0.4991	3.59	0.4998
0.38	0.1480	0.84	0.2995	1.30	0.4032	1.76	0.4608	2.22	0.4868	2.68	0.4963	3.14	0.4992	3.60	0.4998
0.39	0.1517	0.85	0.3023	1.31	0.4049	1.77	0.4616	2.23	0.4871	2.69	0.4964	3.15	0.4992	3.61	0.4998
0.40	0.1554	0.86	0.3051	1.32	0.4066	1.78	0.4625	2.24	0.4875	2.70	0.4965	3.16	0.4992	>3.62	0.4999
0.41	0.1591	0.87	0.3078	1.33	0.4082	1.79	0.4633	2.25	0.4878	2.71	0.4966	3.17	0.4992	>3.89	0.5
0.42	0.1628	0.88	0.3106	1.34	0.4099	1.80	0.4641	2.26	0.4881	2.72	0.4967	3.18	0.4993		
0.43	0.1664	0.89	0.3133	1.35	0.4115	1.81	0.4649	2.27	0.4884	2.73	0.4968	3.19	0.4993		
0.44	0.1700	0.90	0.3159	1.36	0.4131	1.82	0.4656	2.28	0.4887	2.74	0.4969	3.20	0.4993		
0.45	0.1736	0.91	0.3186	1.37	0.4147	1.83	0.4664	2.29	0.4890	2.75	0.4970	3.21	0.4993		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате освоения дисциплины «Управление рисками» обучающиеся изучили:

– методы статистического подхода к идентификации характеристик рисковых ситуаций экономической деятельности;

– возможности персональной вычислительной техники для статистического имитационного моделирования рисковых ситуаций в экономической деятельности;

– численное имитационного моделирования;

– методы, средства и характеристики управления рисковыми ситуациями в экономике.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдуевская, Е.А. Применение Excel в экономических расчетах: учебник для вузов / Е.А. Авдуевская, А.Е. Схведиани. – Москва: Издательство «Юрайт», 2026. – 116 с.

2. Белов, П.Г. Управление рисками, системный анализ и моделирование: учебник и практикум для вузов / П.Г. Белов. – Москва: Издательство «Юрайт», 2026. – 721 с.

3. Воронцовский, А.В. Управление рисками: учебник и практикум для вузов / А.В. Воронцовский. – 2-е изд. – Москва: Издательство «Юрайт», 2026. – 485 с.

4. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учебник для вузов / В.Е. Гмурман. – 12-е изд. – Москва: Издательство «Юрайт», 2026. – 479 с.

5. Кипкеева, А.М.Управление экономическими рисками: учебник для вузов / А.М. Кипкеева, О.И. Алиев. – Москва: Издательство «Юрайт», 2026. – 137 с

6. Шкурко, Е.В. Управление рисками проекта: учебник для вузов / В.Е. Шкурко; под научной редакцией А.В. Гребенкина. – 2-е изд. – Москва: Издательство «Юрайт», 2025. – 163 с.

Учебное издание

Клёвина Мария Васильевна,
Ростова Елена Павловна

ПРИМЕНЕНИЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МЕТОДОВ В УПРАВЛЕНИИ РИСКАМИ

Учебно-методическое пособие

Редакционно-издательская обработка
издательства Самарского университета

Подписано в печать 06.08.2026. Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Печ. л. 4,75.
Тираж 120 экз. (1-й з-д 1-27). Заказ № . Арт. – 2(УМП)/2026.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С. П. КОРОЛЕВА»
(САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)
443086, САМАРА, МОСКОВСКОЕ ШОССЕ, 34.

Издательство Самарского университета.
443086, Самара, Московское шоссе, 34.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК