Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: ректор
Дата подписания: 23.06.2026 08:46:07
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Кафедра «Стандартизация, метрология и сертификация»

ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Методические указания
к выполнению курсовой работы по направлению подготовки
09.03.02 «Информационные системы и технологии»,
профиль «Интеллектуальные информационно-измерительные системы»
(квалификация «бакалавр»)

Составители: Т.А. Левина, А.П. Адылина, О.Г. Савостикова

Тестовое электронное издание

Москва
2026

Об издании 1

Разработаны в помощь студентам, выполняющим курсовые проекты по дисциплине «Вероятностно-статистические методы в информационно-измерительных системах». Методические указания содержат требования к структуре и содержанию структурных элементов отчета, требования, предъявляемые на защите проекта, а также варианты заданий.

Предназначены для студентов бакалавриата, обучающихся по направлению подготовки 09.03.02 «Информационные системы и технологии», профиль «Интеллектуальные информационно-измерительные системы».

Рецензенты:
Г.И. Грозовский, д.т.н., профессор,
заместитель генерального директора
АО «НТЦ «Промышленная
безопасность»;
С.Л. Петухов, к.т.н., доцент кафедры
«Технологии и оборудование
машиностроения»
Московского Политеха

Рекомендованы к изданию
на заседании кафедры «Стандартизация,
метрология и сертификация»
(протокол № 7 от 20.02.2026 г.)

Разработано с помощью программного обеспечения
Microsoft Office Word, Adobe Acrobat Pro

Системные требования: PC-совместимый процессор 1,3 ГГц и выше.
Оперативная память (RAM): 256 Мб. Необходимо на винчестере: 350 Мб.
Операционные системы: Windows, Mac OS. Видеосистема: разрешение
экрана 1024x768. Дополнительные программные средства:
Adobe Acrobat Reader 9 и выше.

Ответственный за выпуск *А.В. Куркова*
Компьютерная верстка: *Н.Р. Гуськова*
Подписано к использованию 12.05.2026
Объем издания 1,18 Мб. Заказ № 30/26

Издательство Московского Политеха
107023, Москва, Большая Семёновская, 38
www.mospolytech.ru; e-mail: izdat.mospolytech@yandex.ru

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 4

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ 5

2. ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ 6
2.1. Определение темы курсового проекта 6
2.2. Взаимодействие с руководителем 7
2.3. Отчет по курсовому проекту 7
2.4. Структурные элементы пояснительной записки 8
2.5. Защита работы 10

3. ОФОРМЛЕНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ 12

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОЕКТА 17
4.1. Начало работы с MATLAB 18
4.2. Определение интервальных оценок числовых характеристик случайных величин 22
4.3. Проверка гипотезы о независимости результатов измерений. Последовательность действий для самостоятельного решения примера с использованием критерия знаков 28
4.4. Экспериментальное определение закона распределения случайной величины и его идентификация 31
4.5. Нахождение уравнений регрессии, коэффициента линейной корреляции и интервальной оценки коэффициента корреляции двух случайных величин 34
4.6. Статистическое моделирование. Метод Монте-Карло. Порядок решения поставленной задачи с использованием MATLAB 37

ПРИЛОЖЕНИЯ
Приложение 1. Справочные данные 42
Приложение 2. Форма задания на выполнение курсового проекта 53
Приложение 3. Форма титульного листа курсового проекта ... 55
Приложение 4. Примеры оформления использованных источников 56

ВВЕДЕНИЕ

Методические рекомендации по написанию и защите курсовых проектов разработаны в целях установления общего порядка подготовки и защиты курсового проекта студентами бакалавриата, обучающимися по направлению подготовки 09.03.02 «Информационные системы и технологии».

Настоящие рекомендации составлены на основании:

— Федерального закона от 29.12.2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;

— Приказа Минобрнауки РФ от 6 апреля 2021 года № 245 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры»;

— Приказов Минобрнауки России об утверждении и введении в действие ФГОС ВО по направлениям специалитета, бакалавриата и магистратуры;

— Положения о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет»;

— Регламента по работе с электронной ведомостью в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Московский политехнический университет».

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Курсовой проект является одним из видов учебной работы обучающегося, который выполняется на протяжении семестра и содержит практическую реализацию определенного варианта решения по заданной теме. Кроме технической составляющей в курсовом проекте может быть и экономическая часть, ориентированная на анализ эффекта от внедрения или разработки выполненного расчета или относящаяся к организации процесса управления производством. Цель курсового проекта − закрепление и практическое применение знаний, полученных студентом по дисциплине, а также развитие навыков самостоятельной работы с научно-технической литературой, современными программными средствами и методами анализа данных. Проект должен продемонстрировать способность студента решать прикладные задачи с использованием вероятностно-статистических методов в информационно-измерительных системах, а также умение оформлять техническую документацию.

В процессе выполнения курсового проекта работы решаются следующие задачи:

- систематизация и конкретизация теоретических знаний по соответствующим дисциплинам;
- приобретение навыков ведения самостоятельной работы, включая поиск и анализ необходимой информации;
- формирование у обучающихся системного мышления через определение целей и постановку задач и навыков ведения научно-исследовательской работы;
- самостоятельное исследование актуальных вопросов в соответствующей предметной области;
- развитие у обучающихся логического мышления и умения аргументировать свои суждения и выводы при анализе теоретических проблем и практических примеров, умения формулировать выводы и рекомендации.

2. ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ

Общее руководство и контроль хода выполнения курсового проекта осуществляет преподаватель соответствующей дисциплины.

Курсовой проект выполняется в соответствии с заданием (задание оформляется в соответствии с приложением 3). Руководитель несет ответственность за содержание и соответствие до пущенного к защите курсового проекта выданному заданию.

Руководство курсовым проектом преподаватель осуществляет в виде индивидуальных и групповых консультаций. Расписание доводится до обучающихся при выдаче задания.

Консультации по выполнению курсового проекта проводятся в рамках объема времени аудиторных занятий, отводимых в учебном плане на консультации по соответствующей дисциплине (3 часа на одного обучающегося).

2.1. Определение темы курсового проекта

Курсовой проект выполняются на основе одной предметной области. Перед выполнением работ необходимо выбрать и согласовать с преподавателем предметную область из предложенного списка или предложена обучающимся при условии обоснования им ее целесообразности и соответствия содержания проекта дисциплине, по которой курсовой проект выполняется.

Допускается выполнение курсового проекта по одной теме несколькими обучающимися с определением объема выполнения и содержания индивидуального задания для каждого обучающегося.

Темы курсовых проектов рекомендуется основывать на фактическом материале профильных предприятий и учреждений. Темы курсовых проектов могут быть также связаны с программой производственной практики или темой выпускной квалификационной работы.

2.2. Взаимодействие с руководителем

Руководителями работы назначаются преподаватели, ведущие дисциплины кафедры по соответствующему направлению подготовки. Консультантами по работе могут быть преподаватели кафедр университета, ведущие научные сотрудники, а также высококвалифицированные специалисты предприятий и организаций по тематике работы.

В обязанности руководителя входят:

- выдача студенту задания для выполнения курсового проекта;
- разработка календарного плана выполнения работы;
- проведение консультаций и контроля выполнения работы согласно расписанию кафедры и календарному плану;
- выдача рекомендаций по подбору литературы по теме работы;
- определение наиболее перспективных направлений решения поставленных задач, а также выявление ошибок в принимаемых студентом решениях;
- выдача рекомендации по структуре, содержанию и оформлению работы;
- выявление недостатков аргументации, композиции, стиля и т.п., выдача рекомендаций по их устранению.

При выполнении курсового проекта студент обязан:

- совместно с руководителем составить календарный план работы на весь период с указанием очередности выполнения отдельных этапов;
- держать связь с руководителем, информируя о возникающих проблемах и докладывая о своих результатах в процессе выполнения курсового проекта. Контроль руководителя не освобождает студента от полной ответственности за обоснованность принятых решений, соблюдение стандартов и сроков выполнения календарного плана.

2.3. Отчет по курсовому проекту

Отчет состоит из пояснительной записки. Объем пояснительной записки может составлять от 30 до 50 страниц.

Пояснительная записка должна быть выполнена самостоятельно, не должна содержать грамматических ошибок, несогласований и должна быть написана техническим языком.

При изложении материала необходимо соблюдать такие требования, как:

- конкретность (обзор только тех источников, которые необходимы для раскрытия только данной темы или решения только данной проблемы);
- четкость (необходимо придерживаться смысловой связности и цельности отдельных частей текста);
- логичность (следует придерживаться определенной структуры изложения материала);
- аргументированность (доказательность мыслей – почему так, а не иначе);
- точность формулировок, исключающая многозначное толкование высказываний авторов.

2.4. Структурные элементы пояснительной записки

Содержание проекта должно соответствовать требованиям ФГОС ВО и правилам оформления в соответствии с ГОСТ 7.32−2017 «Отчет по научно-исследовательской работе структура и правила». Материал работы должен располагаться в определенном порядке и содержать следующие блоки.

1. Титульный лист.
2. Задание на курсовое проектирование.
3. Лист замечаний.
4. Содержание.
5. Введение.
6. Основная часть.
7. Заключение.
8. Список использованных источников.
9. Приложения.

ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ является первой страницей работы и служит источником информации, необходимой для обработки и поиска документа. Титульный лист не нумеруется. Форма титульного листа приведена в приложении 3.

ЗАДАНИЕ на выполнение курсового проекта оформляется по форме, приведенной в приложении 2.

СОДЕРЖАНИЕ включает все структурные элементы работы с указанием номеров страниц, с которых они начинаются. Для основной части приводятся наименования всех разделов, подразделов, пунктов (если они имеют наименование).

Во ВВЕДЕНИИ обозначается проблема, выбранная для рассмотрения, обосновывается ее актуальность, показывается степень ее разработки, место и значение в соответствующей области практических знаний, дается анализ источников и литературы, определяются объект, предмет, цели и задачи, методика исследования. Не допускается введение составлять как аннотацию и не рекомендуется во введение включать таблицы и рисунки. Введение не нумеруется как раздел.

В ОСНОВНОЙ ЧАСТИ работы, состоящей из нескольких глав (разделов), излагается материал темы, решаются задачи, поставленные во введении.

Основную часть следует делить на разделы, подразделы и пункты. Пункты при необходимости могут делиться на подпункты. Пояснительная записка должна содержать не менее двух разделов, которые в свою очередь делятся на 2–3 подраздела.

Обязательным требованием для пояснительной записки является наличие логической связи между разделами и последовательное развитие основной темы на протяжении всей работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ – самостоятельная часть курсового проекта. Заключение не должно содержать пересказ содержания проекта. Здесь подводятся итоги теоретической и практической разработки темы, предлагаются обобщения и выводы по исследуемой теме, формулируются рекомендации и предложения, могут намечаться задачи для дальнейшего углубления темы в выпускной квалификационной работе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ должен содержать оформленные в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.100−2018 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления». Примеры оформления источников представлены в приложении 4.

Включенные в список источники обязательно должны иметь отражение в тексте работы. Список источников должен содержать, как правило, не менее 5 наименований.

В ПРИЛОЖЕНИЯ следует поместить вспомогательный материал, который при включении в основную часть работы загромождает текст. К нему можно отнести: таблицы данных, иллюстрации вспомогательного характера.

От тематической направленности проекта зависят структура и содержание основной части пояснительной записки.

2.5. Защита работы

Защита курсового проекта является обязательным заключительным этапом курсового проектирования. Она проводится за счет времени, предусмотренного обучающемуся на выполнение курсового проекта.

Сроки защиты курсового проекта сообщаются обучающимся при выдаче задания. Защита проводится до начала промежуточной аттестации.

Пояснительная записка к курсовому проекту сдается на проверку руководителю курсового проектирования не позднее, чем за 4 дня до защиты.

Руководитель принимает решение о допуске курсового проекта к защите, делая об этом запись на титульном листе, или возвращает курсовой проект на доработку с указанием причин в письменном виде в разделе ЛИСТ ЗАМЕЧАНИЙ.

При защите курсового проекта обучающийся делает сообщение о проделанной работе продолжительностью 3–4 минуты, где излагает основные требования и пути реализации задания; обосновывает решения, примененные при разработке проблемных вопросов темы.

Защита может проходить с использованием компьютерной презентации. При изложении материала обучающийся должен продемонстрировать:

- умение кратко, четко и технически грамотно излагать содержание выполненного и представленного на защиту курсового проекта;

- умение обосновать выбранный вариант решения проблемы, связанной с устройством, технологией, алгоритмом, программой исследования и т.д.;
- владение теоретическим материалом по тематике курсового проекта.

После сообщения о проделанной работе обучающийся отвечает на вопросы, касающиеся тематики курсового проекта.

Защита курсового проекта принимается руководителем курсового проектирования. Допускается проводить открытые защиты.

По результатам защиты курсового проекта обучающемуся выставляется оценка в традиционной системе фиксации качества выполненной работы или количество баллов при использовании балльно-рейтинговой системы.

На оценку влияют:

- обоснованность принятых обучающимся решений;
- качество оформления пояснительной записки (оценка выставляется преподавателем, проверяющим пояснительную записку, и при необходимости сопровождается рецензией);
- качество и полнота выполнения задания;
- качество доклада;
- правильность и полнота ответов на вопросы.

В традиционной системе оценки работы по результатам защиты курсового проекта обучающемуся выставляется одна из следующих оценок:

- «отлично»;
- «хорошо»;
- «удовлетворительно»;
- «неудовлетворительно»;
- «зачтено» или «не зачтено».

При получении обучающимся оценки «неудовлетворительно» или «не зачтено» курсовой проект подлежит повторной защите, но не более 2 раз.

Обучающемуся, не предоставившему курсовой проект в указанный срок, в ведомости выставляется «не явился», и у него появляется академическая задолженность.

По результатам защиты курсового проекта заполняется ведомость и предоставляется в ЦРС.

3. ОФОРМЛЕНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Пояснительная записка должна быть выполнена в печатном виде на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (210×297 мм).

Допускается представлять иллюстрации (чертежи, графики, схемы, компьютерные распечатки, диаграммы, фотоснимки) и таблицы на листах формата А3 (297×420) в виде приложений.

Текст отчета следует печатать, соблюдая следующие размеры полей: левое − 30 мм, правое −15 мм, верхнее и нижнее − 20 мм. Абзацный отступ должен быть одинаковым по всему тексту и равен 1,25 см.

Шрифт Times New Roman, кегль 14, цвет шрифта – черный, межстрочный интервал – 1,5. Текст должен быть отформатирован по ширине.

Разрешается использовать жирное или курсивное начертание для акцентирования внимания на определенных терминах, формулах.

Страницы следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту, включая приложения.

Номер страницы проставляют в центре нижней части страницы без точки. Титульный лист включается в общую нумерацию страниц. Номер страницы на титульном листе и задании не проставляют. Иллюстрации и таблицы на листах формата А3 учитывают как одну страницу.

Наименования структурных элементов: «РЕФЕРАТ», «СОДЕРЖАНИЕ», «ВВЕДЕНИЕ», «ЗАКЛЮЧЕНИЕ», «СПИСОК

ЛИТЕРАТУРЫ», «ПРИЛОЖЕНИЕ» служат заголовками этих структурных элементов.

Заголовки структурных элементов следует располагать в середине строки без точки в конце, прописными буквами, не подчеркивая. Каждый структурный элемент и каждый раздел основной части отчета начинают с новой страницы.

Заголовки основной части (разделов и подразделов) следует печатать с абзацного отступа, с прописной буквы, шрифт Times New Roman, кегль 14, выделяя их жирным шрифтом, без точки в

конце. Переносы в заголовках не допускаются. Расстояние от текста до заголовка 12п, от заголовка до текста 6п (рис. 1).

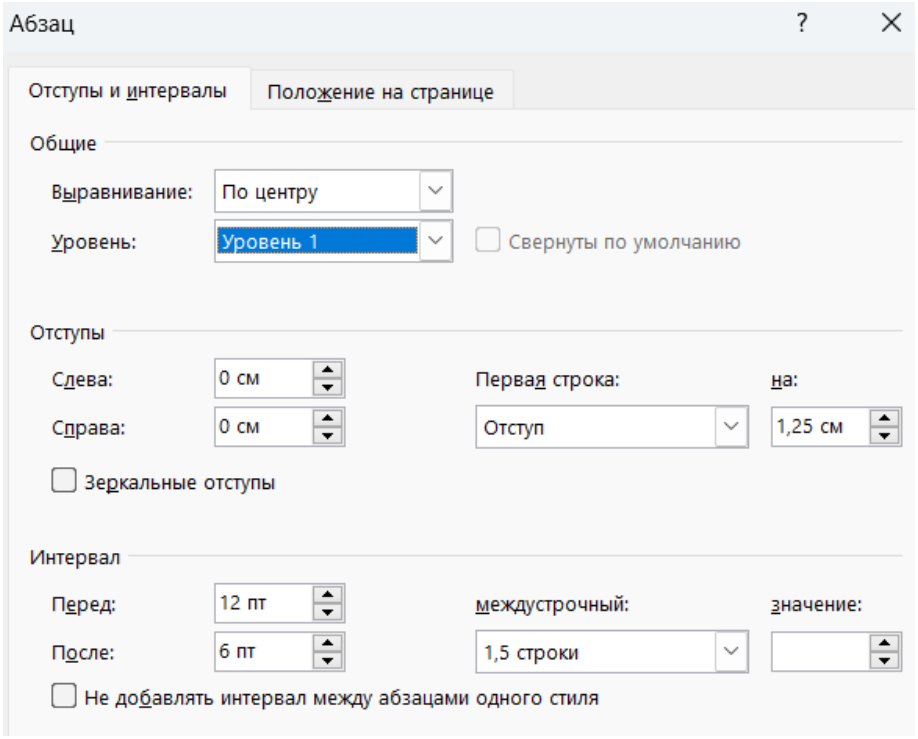


Рис. 1. Пример установки интервалов для заголовка частей раздела в программе Microsoft Word

В тексте не допускается:

- применять для одного и того же понятия различные термины, близкие по смыслу (синонимы);
- применять сокращения слов, кроме установленных правилами русской орфографии;
- применять обозначения нормативных документов (ГОСТ, ОСТ, СТП), технических условий (ТУ) и других документов без регистрационного номера;
- использовать сленговые слова и словосочетания.

Иллюстрации (чертежи, графики, диаграммы, схемы) следует располагать непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые или на следующей странице.

Иллюстрации следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией или нумерацией в пределах раздела. Расстояние от текста до иллюстрации должно быть равно 12 п, после рисунка – 6 п.

Пример: Рисунок 1 или Рисунок 1.1

Иллюстрации должны иметь наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст). Слово «Рисунок» и наименование (без точки в конце) располагают по центру строки и помещают после пояснительных данных.

Пример. Рисунок 1 – Структура таблицы Users

Иллюстрации каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначение приложения. Текст на рисунках должен быть читаемым.

Таблицы, так же как иллюстрации, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией или нумерацией в пределах раздела.

Наименование таблицы (при его наличии) следует помещать над таблицей слева, без абзацного отступа через тире с ее номером.

Пример

Таблица 1 – Основные параметры выбора

Таблицу следует располагать непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице. Расстояние от текста до наименования таблицы должно быть равно 12п, после таблицы – 6п. На все таблицы должны быть ссылки в тексте.

Допускается в таблице при необходимости уменьшать размер шрифта Times New Roman до размера кегля 10 (кратно 2, размер кегеля 14, 12 или 10, в пределах таблицы допускается применение только одного размера кегля).

Допускается помещать таблицу вдоль длинной стороны страницы. В этом случае номер страницы проставляют, как и на всех страницах, в центре нижней части страницы без точки.

Если в конце страницы таблица прерывается и ее продолжение будет на следующей странице, в первой части таблицы нижнюю горизонтальную линию, ограничивающую таблицу не проводят.

В перенесенной части таблицы должна сохраняться ее шапка или пронумерованная строка первой части таблицы. Над перенесенной частью пишут слова «Продолжение таблицы» с указанием ее номера.

Программный код

Если в работе приводится часть кода программы или программа целиком, то код размещается в виде листинга. Размер текста в листинге равен 12п, одинарный отступ, моноширинный шрифт Lucida Sans Typewriter. Не допускается размещение текста кода в виде картинки.

Формулы и уравнения

Математические формулы и уравнения набираются в редакторе формул. Формулы и уравнения следует выделять из текста в отдельную строку и располагать по центру строки. Выше и ниже каждой формулы или уравнения должно быть оставлено не менее одной свободной строки. Если уравнение не умещается в одну строку, оно должно быть перенесено на следующую строку только на знаках выполняемых операций, причем знак в начале следующей строки повторяют. Для знака умножения в формулах и уравнениях следует применять символ «×», либо «·».

Пояснение символов и числовых коэффициентов следует приводить непосредственно под формулой. Пояснение каждого символа следует давать с новой строки в той же последовательности, в которой символы приведены в формуле.

Первая строчка пояснения должна начинаться со слова «где» без двоеточия после него, с абзацного отступа.

Ссылки на использованные источники

Нумерация ссылок на использованные источники ведется арабскими цифрами в порядке их появления в тексте.

Ссылки на использованные источники следует указывать порядковым номером без точки, который заключают в квадратные скобки. Под этим номером помещают библиографическое описание данного источника в списке литературы.

Сноски

При необходимости дополнительного пояснения в тексте его допускается оформлять в виде сноски. Знак сноски ставят непосредственно после того слова, числа символа, предложения, к которому дается пояснение.

Знак сноски выполняют надстрочно арабскими цифрами со скобкой. Нумерация сносок отдельная для каждой страницы.

Сноску располагают в конце страницы с абзацного отступа, отделяя от текста короткой горизонтальной линией слева. Сноску к данным, расположенным в таблице, располагают в конце таблицы над линией, обозначающей окончание таблицы.

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОЕКТА

При автоматизации экспериментальных исследований, проектировании, производстве различных изделий аппарат математической статистики и теории случайных процессов является базой для их планирования и организации. При этом особое значение приобретают методы обработки экспериментальных данных, проверка правдоподобия статистических гипотез, метод статистического моделирования (метод Монте-Карло), исследование взаимосвязи (корреляции) между различными случайными явлениями, аналитическое описание полученных экспериментальных зависимостей, анализ случайных процессов.

Решение таких задач связано с громоздкостью и неоправданными временными затратами. Современное развитие информационных технологий диктует применение таких пакетов прикладных программ, как MATLAB.

MATLAB – это программный продукт компании «TheMathWorks, Inc.» [MathWorks], предназначенный для инженерных, научных и прикладных вычислений, а также визуализации и анализа их результатов.

В пакет MATLAB входит множество численных методов, операторов графического представления результатов, средства создания диалогов, с помощью которых пользователю предоставляется возможность загрузить и предобработать данные, запустить алгоритмы анализа, визуализировать результат, составить отчет об экспериментах и получить исполняемый файл, который проводит нужные операции над этими данными. Отличительной особенностью данного пакета по сравнению с обычными языками программирования является матричное представление данных и большие возможности матричных операций над данными.

4.1. Начало работы с MATLAB

Запуск MATLAB осуществляется с рабочего стола: нажатием на иконку  или из перечня программ кнопки «Пуск». После запуска на экране появляется основное окно приложения (рис. 2), которое содержит:

- ✓ панель инструментов с кнопками и раскрывающимися списками;
- ✓ окно Current Directory, отображающее текущую директорию. В этой директории система MATLAB отображает файлы открытых и создаваемых данных, ищет их во всех каталогах, перечисленных в списке, доступном через меню File/SetPath... (его можно изменить вручную или пополнить командой addpath). В верней части основного окна MATLAB есть специальный компонент для выбора текущей директории (также для смены текущей директории можно использовать команду cd);
- ✓ командное окно Command Window, в котором вводятся команды и отображаются результаты их выполнения, предназначенные для просмотра и повторного вызова ранее введенных команд, а также для установки текущего каталога;
- ✓ окно с вкладками Workspace, из которого можно получить доступ к различным модулям ToolBox и к содержимому рабочей среды. В этом окне отображаются все переменные, которые использует система в процессе сеанса работы. Используется, когда не требуется промежуточный вывод результатов, который может занять много времени или просто не нужен;
- ✓ окно с вкладками Command History, в котором отображаются все команды, которые запускали на исполнение вводом в командном окне;
- ✓ строку состояния.

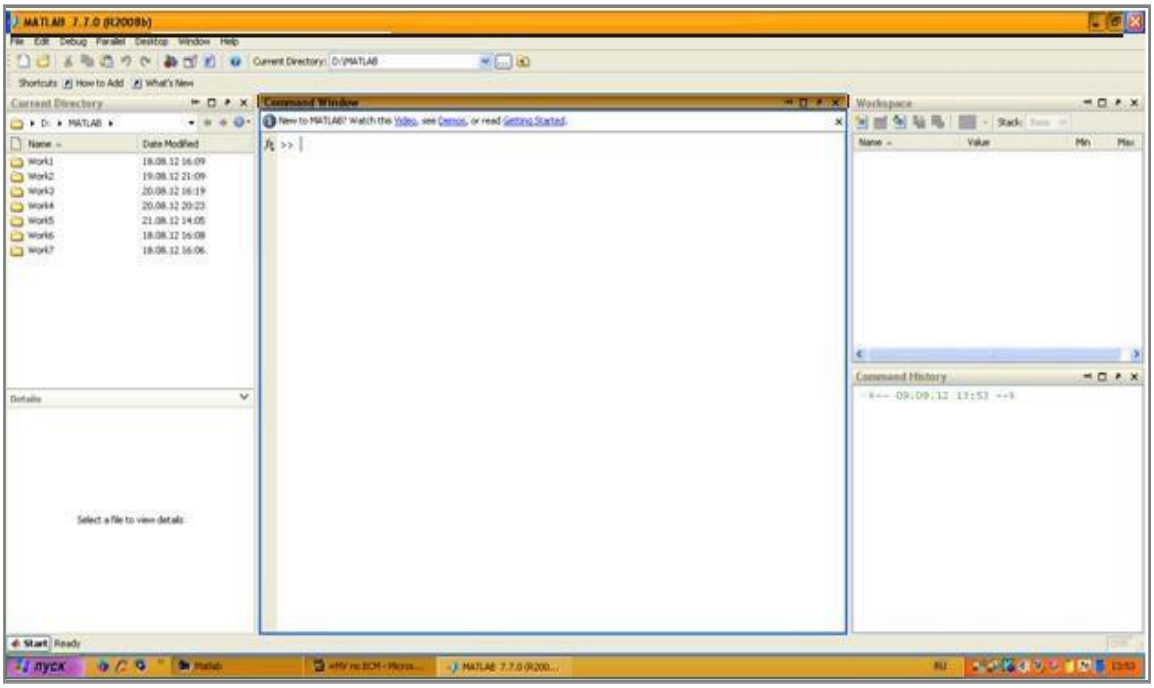


Рис. 2. Основное окно приложения MATLAB

Признаком готовности системы к выполнению команды является наличие знака приглашения «>>» в окне Command Window, после которого расположен активный курсор. Рабочую область со знаком приглашения обычно называют командной строкой. Ввод команд осуществляется с клавиатуры. Нажатие клавиши **Enter** заставляет систему выполнить команду и вывести результат.

Клавиши «Стрелка вверх» ↑ и «Стрелка вниз» ↓ управляют курсором, в MATLAB эти клавиши позволяют вернуть в командную строку ранее введенные команды или другую входную информацию, так как эта информация сохраняется в специальной области памяти. Так, если в пустой активной командной строке нажать клавишу ↑, то появится последняя вводимая команда, повторное нажатие вызовет предпоследнюю, и так далее. Клавиша ↓ выводит команды в обратном порядке.

Создание М-файлов. Работа из командной строки MATLAB затрудняется, если требуется вводить много команд и часто их изменять. Самым удобным способом выполнения групп команд MATLAB является использование М-файлов, в которых можно набирать команды, выполнять их все сразу или частями, сохранять в файле и использовать в дальнейшем. Для работы с М-файлами

предназначен редактор М-файлов. С его помощью можно создавать собственные функции и вызывать их, в том числе и из командного окна.

М-файл – это список команд MATLAB, сохраненный на диске. Для подготовки, редактирования и отладки М-файлов служит специальный редактор, который можно вызвать, выполнив команду главного меню File > New > M-file, нажав кнопку или набрав в командной строке Edit. В результате откроется окно «Редактора» (рис. 3).

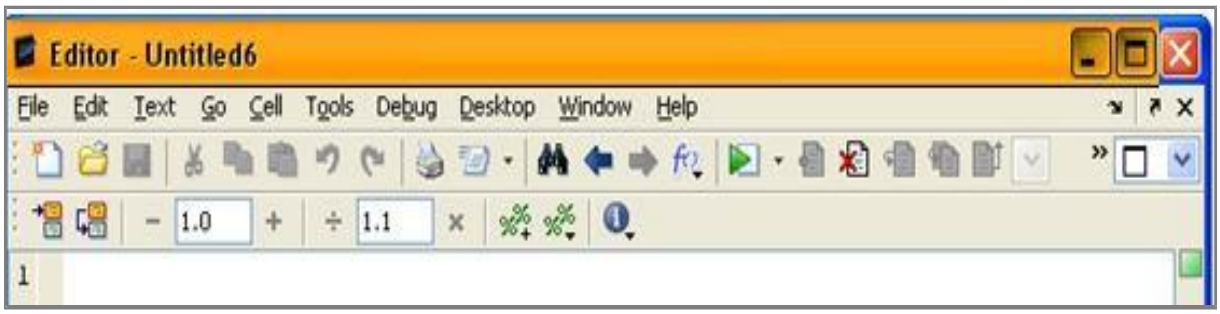


Рис. 3. Окно «Редактора»

Это фактически командная строка, в которой действуют элементарные приемы редактирования:

- → – перемещение курсора вправо на один символ;
- ← – перемещение курсора влево на одни символ;
- Home – перемещение курсора в начало строки;
- End – перемещение курсора в конец строки;
- Del – удаление символа после курсора;
- Backspace – удаление символа перед курсором.

Кроме того, существуют особенности ввода команд. Если команда заканчивается точкой с запятой «;», то результат ее действия не отображается в командной строке. В противном случае, при отсутствии знака «;», результат действия команды сразу же выводится в рабочую область.

Одновременно можно открыть несколько окон для создания М-файлов. Переходить из окна в окно можно, используя выпадающее меню Window или закладки внизу окна «Редактора».

Привести операторы М-файла к выполнению можно несколькими способами:

- вызвать команду Debug>Run из меню редактора М-файлов;

- воспользоваться клавиатурой и нажать на клавишу F5;
- набрать имя М-файла в командной строки и нажать Enter**;**
- воспользоваться кнопкой .

! Имена сохраняемых М-файлов должны быть написаны латиницей.

Далее приведена таблица обозначения некоторых переменных, принятых в лабораторных работах.

Таблица

Обозначения некоторых переменных, принятые в лабораторных работах

Обозначения	Переменные
Mx	Математическое ожидание случайной величины (СВ) *x*
mx	Оценка математического ожидания случайной величины *x*
Dx	Дисперсия случайной величины *x*
dx	Оценка дисперсии случайной величины *x*
Sx	Среднеквадратическое отклонение случайной величины *x*
sx	Оценка среднеквадратического отклонения случайной величины *x*
Me	Медиана
me	Оценка медианы
pd	Доверительная вероятность
u	Стандартная нормально-распределенная величина
up	Квантиль нормального распределения, соответствующий уровню вероятности *P*
st	Величина распределенная по Стьюденту
stp	Квантиль распределения Стьюдента, соответствующий вероятности *P*
hi	Случайная величина хи-квадрат
hi*p*	Квантиль величины хи-квадрат, соответствующий вероятности *P*
R	Коэффициент корреляции
r	Оценка коэффициента корреляции
N или +	Объем выборки/ *f* /число степеней свободы

4.2. Определение интервальных оценок числовых характеристик случайных величин

Расчет доверительного интервала для математического ожидания при известной дисперсии

Содержание и порядок выполнения работы:

- ✓ создание массива случайных чисел, распределенных по нормальному закону с известной дисперсией;
- ✓ расчет точечной оценки математического ожидания;
- ✓ расчет нижней и верхней границ доверительного интервала;
- ✓ отображение результата на графике.

Запустите MATLAB. В окне Current Directory определите текущую директорию как D/Student. В данной директории создайте папку с номером группы и фамилией. Это можно сделать, кликнув правой кнопкой мыши на поле Current Directory и выбрав из контекстного меню New Folder (рис. 4).



Рис. 4. Создание папки с номером группы и фамилией

В созданную папку должны записываться создаваемые программы, а также полученные результаты (графики и файлы с данными) по лабораторным работам.

Откройте окно «Редактора».

1. Создайте массив из n случайных чисел, распределенных по нормальному закону распределения, с заданным математическим ожиданием и дисперсией.

Используйте команду normrnd (Mx, Sx, n, 1), где Mx – математическое ожидание СВ x; $Sx = \sqrt{Dx}$, где Dx – дисперсия x, n – размер массива. Значения n, Mx и Dx задаются преподавателем.

```
n= ; %размер массива
Mx= ;%математическое ожидание Dx= ;%диспер-
сия
Sx=sqrt(Dx); x=normrnd(Mx,Sx,n,1);
```

2. Для расчета точечной оценки математического ожидания используйте команду mean(x).

```
mx=mean(x);
```

3. Рассчитайте границы интервала по формулам:

*ex*1 = *mx* – ε; – нижняя граница,

*ex*2 = *mx* + ε; – верхняя граница,

где $\varepsilon = \sqrt{\frac{Dx}{n}} up$; *up* – квантиль из таблицы нормального распределения на уровне вероятности *P* для доверительных вероятностей *pd* 0,8; 0,9; 0,95 (см. приложение 1).

При заданной доверительной вероятности *pd*, уровень вероятности *P* для поиска квантилей *up* можно найти как *P* = (1 + *pd*)/2.

Запишите команды

```
up=  ; %квантиль, соответствующий P=
ex1=mx-up*sqrt(Dx/n);
ex2=mx+up*sqrt(Dx/n).
```

4. Отображение результата на графике производится с помощью команды plot. Запишите команду

```
plot (ex1, i, 'rh').
```

Эта команда рисует точку с координатами [ex1; i], соответствующую значению нижней границы интервала на горизонтальной оси, и выделяет ее символом «красная звездочка». Задайте *i* = 1, где *i* – порядковый номер доверительного интервала.

Для сохранения изображения запишите команду hold on. Далее по аналогии строится отметка, соответствующая верхней границе интервала.

Отобразите также оценку математического ожидания *mx*, использовав обозначение ‘gh’ – зеленая звездочка.

Сохраните полученный М-файл под именем Work1_1. Запустите программу кнопкой .

Сохраните полученный рисунок как ris1_1, выбрав File\Save As.

Сравнение оценок доверительных интервалов для математического ожидания при повторении экспериментов с сохранением объемов выборки

Такое сравнение можно осуществить путем создания повторяющегося цикла результатов вышеуказанного эксперимента.

Для создания повторяющихся циклов используется команда for… end.

Например, для сравнения интервальных оценок математического ожидания для 10 разных массивов можно использовать следующую программу:

```
n= ; %размер массива
Mx= ; %математическое ожидание
Dx= ;% дисперсия
Sx=sqrt(Dx);
up= ;% квантиль
for i=1:10;
x=normrnd(Mx,Sx,n,1);
mx=mean(x);
plot(mx,i,'gh');
hold on;
ex1=mx-up*sqrt(Dx/n);
ex2=mx+up*sqrt(Dx/n);
```

```
plot(ex1, i,'rh')
hold on;
plot(ex2, i,'rh');
end
```

Сохраните полученный М-файл как Work1_2 и запустите программу. Для удобного восприятия полученных результатов постройте на графике координатную сетку (рис. 5). Один из вариантов построения такой сетки:

```
for i=1:T;%T количество линий
plot ([Хн Хк], [Yн Yк]);%
```

где *Хн, Хк* – координата начала и конца линии по оси *x*, Yн, Yк – координата начала и конца линии по оси *y*, в данном случае равные *i*

```
hold on;
```

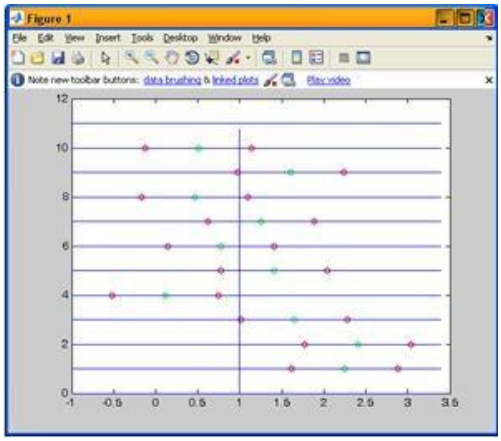


Рис. 5. Координатная сетка на графике

Добавьте команды построения сетки в М-файл Work1_2, настроив изображение сетки в соответствии с полученными результатами.

Постройте вертикальную линию, показывающую на графике величину математического ожидания.

```
plot([Mx Mx], [0 i]);
hold on;
end
```

Выделите добавленные строки и нажмите «F9». На рисунке добавится сетка. При запуске программы мы получим график, представленный на рис. 5. Сохраните полученный М-файл и рисунок (как ris1_2).

Расчет доверительного интервала математического ожидания при неизвестной дисперсии

Содержание и порядок выполнения:

- ✓ Создание массива случайных чисел, распределенных по нормальному закону.
- ✓ Расчет точечной оценки дисперсии.
- ✓ Расчет нижней и верхней границ доверительного интервала
- ✓ Отображение результата на графике.

1. Создайте массив из *n* случайных чисел, распределенных по нормальному закону распределения, аналогично п. 1 на с. 22.

2. Считая дисперсию *x* неизвестной, найти точечную оценку дисперсии, используя команду var (x)

```
dx=var(x)
```

3. Расчет границ доверительного интервала производится аналогично п. 3 на с. 23, с учетом того, что вместо дисперсии *Dx* нужно использовать оценку дисперсии *dx*, а вместо квантиля up нужно использовать квантиль stp из таблиц распределения Стьюдента, в соответствии с заданной доверительной вероятностью (см. приложение 1).

4. Отображение результатов на графике аналогично п. 4 на с. 23. Сохраните полученный М-файл под именем Work1_3.

Расчет и построение доверительного интервала дисперсии

Нахождение доверительного интервала дисперсии основано на известной в теории вероятностей зависимости $Dx = dx \cdot f/\mathrm{hi}$, где случайная величина hi (хи-квадрат) имеет число степеней свободы $f = n - 1$.

При заданной преподавателем доверительной вероятности *pd* уровни вероятностей для поиска квантилей величины хи-квадрат можно найти как

$P1 = (1 - pd)/2$ – нижний уровень,

$P2 = (1 + pd)/2$ – верхний уровень.

Зная число степеней свободы, по таблице хи-квадрат распределения (см. приложение 1) нужно найти нижний hi$p1$ и верхний hi$p2$ квантили для хи-квадрат. Тогда границы доверительного интервала для дисперсии можно найти как

$Dx1 = dx \cdot f/\mathrm{hi}p2$ – нижняя граница,

$Dx2 = dx \cdot f/\mathrm{hi}p1$ – верхняя граница.

Тогда шаблон программы поиска доверительного интервала для дисперсии можно представить в виде

```
Mx=…;%задается преподавателем
Dx=…;%задается преподавателем
n=…;%задается преподавателем
x=normrnd(Mx,Sx,n,1);% создается выборка
объема n
dx=var(x);%оценка дисперсии
pd= ;% задается преподавателем
P1=(1-pd)/2;
P2=(1+pd)/2;
hip1=;
hip2=…;
Dx1=dx*(n-1)/hip2;
Dx2=dx*(n-1)/hip1;
```

Графики для одной выборки и для цикла выборок создаются аналогично графикам доверительных интервалов для математического ожидания. На графике для каждой выборки нужно отметить оценку дисперсии, а также верхнюю и нижнюю границы доверительного интервала. При построении вертикальной прямой (в цикле) вместо *Mx* нужно провести линию через *Dx*. Сохраните полученные М-файлы как Work1_4 и Work1_5, а рисунки как ris1_4 и ris1_5.

В отчете должны быть:

- ✓ графики доверительных интервалов для математического ожидания при известной и неизвестной дисперсии;
- ✓ график доверительных интервалов для дисперсии;
- ✓ квантили из таблиц нормального распределения, распределения Стьюдента и распределения хи-квадрат на уровне соответствующих вероятностей.

4.3. Проверка гипотезы о независимости результатов измерений. Последовательность действий для самостоятельного решения примера с использованием критерия знаков

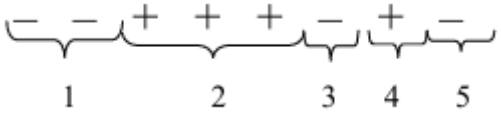
1. Последовательность случайных чисел задается преподавателем.

2. Для заданной последовательности построить вариационный ряд и найти оценку медианы. Если объем выборки четный, оценка медианы равна полусумме двух средних чисел вариационного ряда, если нечетный – среднему числу вариационного ряда.

3. Сравнивая каждый результат заданной последовательности случайных чисел с медианой, получить последовательность знаков «+» или «–» (если $x_i \geq \text{me}$, то «+», если $x_i < \text{me}$, то «–»).

4. Найти количество серий r_0, где под каждой серией понимается последовательность случайных величин одного и того же знака.

Например, если последовательность из восьми случайных чисел ($n = 8$), переведенная в последовательность знаков, получилась в виде



то количество серий r_0 в этой последовательности равно пяти. Каждая серия отличается от предыдущей знаком.

5. Для заданного уровня значимости α, найти по таблице критических точек случайной величины распределения серий значения r_1 и r_2, где r_1 и r_2 – квантили случайной величины $r0$ (количества серий) для уровней вероятности $P_1 = \alpha/2$ и $P_2 = 1 - \alpha/2$ соответственно. Гипотеза о независимости случайных величин принимается, если так $r_1 < r_0 \leq r_2$, в противном случае отвергается.

Последовательность действий для решения примера с использованием критерия тренда

Сравнить каждое число последовательности x_i со всеми остальными x_j, где $j = i + 1, i + 2, \ldots, N$; $(i < j)$. Каждое сравнение называется инверсией (qij). Если $xi > x$j, то qij = 1, если xi ≤ xj , то qij = 0.

Тогда количество инверсий i-го результата определяется суммой полученных инверсий qij

$$J_i = \sum_{j=i+1}^{N} q_{ij}.$$

Общее число инверсий определяется суммой инверсий для каждого результата

$$J_0 = \sum_{i=1}^{N-1} J_i.$$

По таблице критических точек распределения инверсии (см. приложение 1) найти значения

$$J_{N,\frac{\alpha}{2}} \text{ и } J_{N,1-\frac{\alpha}{2}}.$$

Если выполняется неравенство $J_{N,\frac{\alpha}{2}} < J_0 \leq J_{N,1-\frac{\alpha}{2}}$, то

J_0 входит в область принятия гипотезы. Следовательно, по этому критерию гипотеза о независимости последовательности результатов измерений принимается.

Построить график зависимости значения случайной величины от порядкового номера этой величины.

Последовательность действий для решения примера с использованием программы MATLAB для критерия знаков

Полученные при ручном расчете данные, необходимо проверить, создав программу с использованием MATLAB.

Для этого можно использовать шаблон М-файла Work2_1.

Полученный результат сравнить с результатами ручного расчета.

Сделать вывод о независимости данной последовательности.

Последовательность действий для решения примера с использованием программы MATLAB для критерия тренда (инверсий)

Полученные при ручном расчете данные, необходимо проверить, создав программу с использованием MATLAB.

Для этого можно использовать шаблон М-файла Work2_2. Полученный результат сравнить с результатами ручного расчета. Сделать вывод о независимости данной последовательности.

Отчет должен содержать:

- ✓ статистический ряд,
- ✓ результаты ручного расчета,
- ✓ график зависимости значения случайной величины от порядкового номера этой величины,
- ✓ квантили критических точек распределения серий и распределения инверсий,
- ✓ выводы о независимости рассмотренной последовательности.

4.4. Экспериментальное определение закона распределения случайной величины и его идентификация

Проверка гипотезы о нормальном законе распределения с помощью критерия согласия χ^2

Порядок выполнения работы.

1. Создание массива (выборки) случайных чисел x, распределенных по нормальному закону. Объем выборки N задается преподавателем.

2. Определение размаха случайных чисел выборки:

$$R = x_{\max} - x_{\min}.$$

3. Определение ширины интервала для заданного преподавателем количества разрядов q:

$$I = R/q.$$

4. Определение границ разрядов:

$x_j = x_{\min} + (j - 1)I$ – левая граница,

$x_{j+1} = x_{\min} + jI$ – правая граница, где j – номер разряда.

Правая граница последнего разряда всегда принимается равной $x_{\max}$.

5. Определение количества случайных чисел n_j, попавших в каждый разряд и эмпирической вероятности $p_j = n_j/N$.

6. Вычисление оценок математического ожидания mx и среднеквадратического отклонения sx.

7. Вычисление теоретических вероятностей попадания случайных чисел в каждый разряд. Для этого необходимо:

а) левую границу первого разряда условно считать равной «– ∞»;

б) правую границу последнего разряда условно считать равной «+ ∞»;

в) все остальные границы x_j перевести в центрированную и нормированную форму:

$$U_j = \frac{x_j - mx}{sx};$$

г) определение для каждого значения квантиля *Uj* соответствующего ему значения функции распределения *Fj;*

д) для каждого разряда найти теоретическую вероятность попадания в него $Pj = Fj + 1 - Fj$. Вероятность *Fj*, соответствующая левой границе первого разряда, всегда равна нулю. Вероятность *Fj*, соответствующая правой границе последнего разряда, всегда равна единице. Проверить, что

$$\sum_{j=1}^{q} P_j = 1.$$

8. Вычисление величины

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^{q} \left(n_j - NP_j\right)^2 / NP_j,$$

имеющей распределение χ^2 с числом степеней свободы $f = q - 3$.

9. Нахождение по таблице квантилей хи-квадрат критической точки $\chi^2_{f,\alpha}$ сравнение ее с χ^2_0 и заключение о результатах идентификации закона распределения по критерию хи-квадрат. Уровень значимости критерия α задается преподавателем.

10. Запустите MATLAB и откройте М-файл Work3. Запустите программу. В результате будет получена гистограмма и теоретическая плотность вероятности.

Проверка гипотезы о нормальном законе распределения с помощью критерия Колмогорова

Для продолжения работы программы наберите в командной строке (на клавиатуре) return. На графике гистограммы добавятся эмпирическая и теоретическая функции распределения. Сохраните полученный рисунок как ris3_1.

Приступайте к проверке этой же гипотезы с помощью критерия Колмогорова.

Продолжите работу программы с помощью команды return для визуального наблюдения сравнения эмпирической Fe_k и теоретической F_t функций распределения (по разрядам) и оценки максимального расхождения по разрядам. Для перехода к следующему разряду также используйте return.

После просмотра всех разрядов нажмите return и запишите максимальное расхождение H_{max} по всему диапазону от x_{min} до x_{max}.

Определите величину $\lambda = H_{max}\sqrt{N}$ и по таблице Колмогорова найдите вероятность $P(\lambda)$. Если $P(\lambda) > 0{,}7$, то гипотеза принимается, в противном случае – отклоняется.

Результаты должны быть представлены в следующем виде.

Критерий χ^2

$N =$ $q =$ $\alpha =$ $mx =$ $s =$

№ разр. j	Границы разрядов		n_j	p_j	Нормированные и центрированные границы разрядов		Fe(z_i)		$Pt(j)$	$\chi^2(j)$
	g_j	gj + 1			z_j	zj+1	Fe(j)	Fe(j+1)		
1					–∞		0			
2										
…										
q						+∞		1		

$\sum n_j =$ $\sum P_j =$ $\sum Pt_j$ $\sum \chi^2(j)$

$\chi_0^2 = N \sum \chi^2(j)$

$\chi^2_{\alpha;f}$

Итог: гипотеза принимается/отклоняется.

Критерий Колмогорова:

$N =$; $Mx =$; $Sx =$

№ разр. j	Границы разр. x_i		Hj
	$g(j)$	$g(j+1)$	
1			
2			
….			
q			

$H_m =$

$\lambda =$ $P(\lambda) =$

Итог: гипотеза принимается/отклоняется.

4.5. Нахождение уравнений регрессии, коэффициента линейной корреляции и интервальной оценки коэффициента корреляции двух случайных величин

Порядок решения поставленной задачи с использованием MATLAB

Запустите MATLAB.

Создайте программу в соответствии с предлагаемым алгоритмом:

1. Задайте СВ X и Y. При этом СВ X задайте как матрицу-строку (значение случайной величины задается в квадратных скобках через пробел), а СВ Y задайте как матрицу-столбец (значение Y указывается в квадратных скобках через точку с запятой).
2. Задайте число измерений N.
3. Вычислите оценку математического ожидания СВ X:

```
mx=mean(X).
```

4. Вычислите оценку математического ожидания Y:

```
my=mean(Y).
```

5. Вычислите оценку дисперсии СВ X:

```
dx=var(X).
```

6. Вычислите оценку дисперсии СВ *Y*:

```
dy=var(Y).
```

7. Вычислите оценку корреляционного момента

```
mxy=(X*Y/N-mx*my)*N/(N-1).
```

8. Рассчитайте коэффициент корреляции

```
rxy=mxy/(sqrt(dx*dy)).
```

9. В соответствии с полученным результатом выведите на экран заключение

```
if abs(rxy)<=0.2;
disp ('Очень слабая корреляция'); elseif
abs(rxy)<=0.4;
disp ('Слабая корреляция'); elseif
abs(rxy)<=0.7;
disp ('Средняя корреляция') elseif
abs(rxy)<=0.9;
disp('Сильная корреляция'); elseif
abs(rxy)<=1;
disp('Очень сильная корреляция');
```

10. Для построения графиков:

а) анализируя диапазон изменения СВ *X* и *Y*, задайте диапазон и шаг по координатным осям *x* и *y*. Например, x=ax:hx:bx; y=ay:hy:by.

б) определите координатную ось *x* как y3=0*x и координатную ось *y* как x3=0*y.

в) найдите уравнения регрессии:

```
y2=my+mxy*(x-mx)/dx% уравнение регрессии Y по X
x2=mx+mxy*(y-my)/dy % уравнение регрессии X по Y.
```

Постройте графики:

а) координатные оси, поле корреляции, линии регрессии

```
plot(x,y3,'k',x3,y,'k',X,Y,'m*',x,y2,'r',x2,
y,'b');
```

```
hold on;
```

б) нанесите центр рассеивания с указанием пунктиром расположения этой точки

```
plot(mx, my,'k0',[0,mx],[my,my],'k--
',[mx,mx],[0,my],'k--');
hold on;
```

в) нанесите надписи координат точки центра рассеивания и надписи линий регрессий:

`text(mx,-0.2,'mx','k');` – подпись "mx",

`text(-0.2,my,'my','k');` – подпись "my",

`text(-1,-1,'регрессия Y по X','Color','b','EdgeColor','b');` – подпись "регрессия Y по X"

`text(1,1,'регрессия X по Y','Color','r','EdgeColor','r');` – подпись "регрессия X по Y"

Начало расположения каждой надписи определяется координатами *x* и *y*, указанными в скобках перед текстом надписи.

Сохраните полученный m-файл, как Work4.

Отчет по разделу 4 должен содержать:

1. Таблицу значений СВ *X* и *Y*.
2. График, на котором должны быть изображены:
- ✓ координатные оси *x* и *y*,
- ✓ поле корреляции,
- ✓ центр рассеивания с указанием пунктиром расположения этой точки и указания координат этой точки *mx* и *my*,
- ✓ надписи «регрессия *Y* по *X*» и «регрессия *X* по *Y*», удобно расположенные и хорошо читаемые.

3. Коэффициент корреляции rxy и оценка силы корреляции.
4. Оценка по графику tg α и tg β, где α – угол наклона линии регрессии Y к оси x, а угол β – угол наклона линии регрессии X к

оси y. Сравнение значения коэффициента корреляции *rxy*, полученного при выполнении программы, со значением, полученным как $r\tilde{} = \sqrt{tg\ \alpha\ tg\beta}$.

5. Расчет доверительного интервала коэффициента корреляции *rxy* с помощью формулы Фишера

$$Z = \frac{1}{2}\ln\frac{1+rxy}{1-rxy}$$

для заданной преподавателем доверительной вероятности.

4.6. Статистическое моделирование. Метод Монте-Карло. Порядок решения поставленной задачи с использованием MATLAB

Закон распределения случайных величин X и Y равномерный

Создайте программу в соответствии с предлагаемым алгоритмом:

1. Задайте объем выборки *N* (по указанию преподавателя).
2. За математические ожидания СВ *X* и *Y* принимается их номинальные значения

MX= ; MY= .

3. Определите границы интервалов равномерного распределения величин *X* и *Y*:

ax=MX-EX, bx=MX+EX,

ay=MY-EY, by=MY+EY,

где EX, EY – максимальные погрешности СВ *X* и *Y*.

4. С помощью генератора случайных чисел, равномерно распределенных в диапазоне {0,1}, создайте массивы этих чисел с объемом выборки *N*:

```
vx=rand(1,N) vy=rand(1,N).
```

5. Используя числа *v*, получите массивы для СВ *X* и *Y*:

```
X=ax+vx*(bx-ax);
```

```
Y=ay+vy*(by-ay).
```

6. По массивам *X* и *Y* найдите массив *Z*

```
Z=F(X,Y).
```

Например, если $F(x, y) = \frac{x + y}{x}$, то `Z= (X+Y) ./X`

7. Для расчета доверительного интервала достаточно найти среднее арифметическое значение и среднеквадратическое отклонение *Z*:

```
mZ= mean(Z(i));
sZ=std(Z(i)).
```

8. При достаточно большом массиве ($N > 30$), для оценки доверительного интервала можно взять квантиль $u_{(1+p)/2}$ из таблиц нормального распределения, где p – доверительная вероятность. Тогда доверительный интервал будет

$$Z = mZ \pm u(1+ p)/ 2 \cdot sZ.$$

Закон распределения случайных величин X и Y нормальный

Создайте программу в соответствии с предлагаемым алгоритмом:

1. Задайте объем выборки *N* (по указанию преподавателя).
2. За математические ожидания СВ *X* и *Y* принимаются их номинальные значения:

MX = ; MY = .

3. Принимая EX=3*SX и EY=3*SY, найдите среднеквадратические от-клонения *SX* и *SY*.
4. Массивы случайных величин *X* и *Y*, распределенных по нормальному закону с заданными числовыми характеристиками *MX*, *SX* и MY, *SY*, следует моделировать путем суммирования *n* равномерно распределенных величин. Число *n* задается преподавателем.
5. Определите числовые характеристики равномерно распределенных величин *x* и *y*:

mx=MX/n, sx=SX/$\sqrt{n}$ и my=MY/n, sy=SY/$\sqrt{n}$.

6. Определите границы равномерно распределенных величин *x* и *y*:

ax=mx – √3*sx, bx=mx + √3*sx,

ay=my – √3 ∗ sy, by=my+√3 ∗ sy.

7. Величины *x* и *y* смоделируйте с помощью генератора случайных чи-сел *x*1, *y*1равномерно распределенных в диапазоне {0,1}, точно так же, как это делали в п. 7 вверху страницы.

8. Таким образом, структуру программы можно представить в виде

```
N= ;
MX= ;
EX= ;
SX=EX/3;
MY= ;
EY= ;
SY=Y/3;
n= ;
mx=MX/n;
sx=SX/sqrt(n);
ax=mx-sx*sqrt(3);
bx=mx+sx*sqrt(3);
my=MY/n;
sy=SY/sqrt(n);
ay=my-sy*sqrt(3);
by=my+sy*sqrt(3);
for i=1:N;
x1=rand(1,n);
x=ax+x1*(bx-ax);
X(i)=sum(x);
```

```
y1=rand(1,n);
y=ay+y1*(by-ay);
Y(i)=sum(y);
Z(i)=F(Xi,Yi);
end;
i=1:N;
mZ=mean(Z(i));
sZ=std(Z(i));
```

9. Доверительный интервал для *Z* находится аналогично п. 8.

Полученные результаты проверьте, используя готовый генератор стандартных нормально распределенных величин.

1. Задайте объем выборки *N* (по указанию преподавателя).
2. За математические ожидания СВ *X* и *Y* принимаются их номинальные значения

MX = ; MY = .

3. Принимая EX=3*SX и EY=3*SY, найдите среднеквадратические отклонения SX и *SY*.
4. Для создания массивов СВ *X* и *Y*, распределенных по нормальному закону с заданными числовыми характеристиками *MX*, *SX* и *MY*, *SY* используйте готовый генератор стандартных нормально распределенных величин *v*.

```
vx=rand(1,N);
vy=rand(1,N);
X=MX+vx*SX;
Y=MY+vy*SY;
Z=(X+Y)./X;
i=1:N;
mZ=mean(Z(i));
sZ=std(Z(i)).
```

5. Доверительный интервал для *Z* находится аналогично п. 8.
6. Отчет по разделу 5 должен содержать:

1. Задание, в котором необходимо:
   - ✓ сформулировать тему исследования;
   - ✓ привести заданную схему (средства измерения, преобразователя, устройства);
   - ✓ указать номинальные значения заданных параметров;
   - ✓ указать границы погрешностей этих параметров;
   - ✓ привести формулу, связывающую определяемый параметр с заданными;
   - ✓ указать доверительную вероятность для нахождения доверительного интервала определяемого параметра.
2. По п. а выполненной работы необходимо привести:
   - ✓ использованную программу;
   - ✓ графики законов распределения СВ vx, vy, X, Y, Z с указанием основных числовых характеристик всех перечисленных величин;
   - ✓ доверительный интервал для определяемого параметра.
3. По п.б выполненной лабораторной работы необходимо привести:
   - ✓ использованную программу;
   - ✓ графики законов распределения СВ x1, y1, x, y X, Y, Z с указанием основных числовых характеристик всех перечисленных величин;
   - ✓ доверительный интервал для определяемого параметра.
4. По п.в выполненной лабораторной работы необходимо привести:
   - ✓ использованную программу;
   - ✓ графики законов распределения СВ x, y X, Y, Z с указанием основных числовых характеристик всех перечисленных величин;
   - ✓ доверительный интервал для определяемого параметра.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Справочные данные

Таблица П1

Квантили нормальной функции распределения

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

x	$\Phi^*(x)$	Δ	x	$\Phi^*(x)$	Δ	x	$\Phi^*(x)$	Δ
–0,00	0,5000	40	–0,23	4090	38	–0,46	3228	36
–0,01	4960	40	–0,24	4052	39	–0,47	3192	36
–0,02	4920	40	–0,25	4013	39	–0,48	3156	35
–0,03	4880	40	–0,26	3974	38	–0,49	3121	36
–0,04	4840	40	–0,27	3936	39	–0,50	0,3085	35
–0,05	4801	40	–0,28	3897	38	–0,51	3050	35
–0,06	4761	40	–0,29	3859	38	–0,52	3015	34
–0,07	4721	40	–0,30	0,3821	38	–0,53	2981	35
–0,08	4681	40	–0,31	3783	38	–0,54	2946	34
–0,09	4641	39	–0,32	3745	38	–0,55	2912	35
–0,10	0,4602	40	–0,33	3707	38	–0,56	2877	34
–0,11	4562	40	–0,34	3669	37	–0,57	2843	33
–0,12	4522	39	–0,35	3632	38	–0,58	2810	34
–0,13	4483	40	–0,36	3594	37	–0,59	2776	33
–0,14	4443	39	–0,37	3557	37	–0,60	0,2743	34
–0,15	4404	40	–0,38	3520	37	–0,61	2709	33
–0,16	4364	39	–0,39	3483	37	–0,62	2676	33
–0,17	4325	39	–0,40	0,3446	37	–0,63	2643	32
–0,18	4286	39	–0,41	3409	37	–0,64	2611	33
–0,19	4247	40	–0,42	3372	36	–0,65	2578	32
–0,20	0,4207	39	–0,43	3336	36	–0,66	2546	32
–0,21	4168	39	–0,44	3300	36	–0,67	2514	31
–0,22	4129	39	–0,45	3264	36	–0,68	2483	32

Продолжение табл. П1

x	$\Phi^*(x)$	Δ	x	$\Phi^*(x)$	Δ	x	$\Phi^*(x)$	Δ
–0,69	2451	31	–1,01	1563	24	–1,33	0918	17
–0,70	0,2420	31	–1,02	1539	24	–1,34	0901	16
–0,71	2389	31	–1,03	1515	23	–1,35	0885	16
–0,72	2358	31	–1,04	1492	23	–1,36	0869	16
–0,73	2327	30	–1,05	1469	23	–1,37	0853	15
–0,74	2297	31	–1,06	1446	23	–1,38	0838	15
–0,75	2266	30	–1,07	1423	22	–1,39	0823	15
–0,76	2236	30	–1,08	1401	22	–1,40	0,0808	15
–0,77	2206	29	–1,09	1379	22	–1,41	0793	15
–0,78	2177	29	–1,10	0,1357	22	–1,42	0778	14
–0,79	2148	29	–1,11	1335	21	–1,43	0764	15
–0,80	0,2119	29	–1,12	1314	22	–1,44	0749	14
–0,81	2090	29	–1,13	1292	21	–1,45	0735	14
–0,82	2061	28	–1,14	1271	20	–1,46	0721	13
–0,83	2033	28	–1,15	1251	21	–1,47	0708	14
–0,84	2005	28	–1,16	1230	20	–1,48	0694	13
–0,85	1977	28	–1,17	1210	20	–1,49	0681	13
–0,86	1949	27	–1,18	1190	20	–1,50	0,0668	13
–0,87	1922	28	–1,19	1170	19	–1,51	0655	12
–0,88	1894	27	–1,20	0,1151	20	–1,52	0643	13
–0,89	1867	26	–1,21	1131	19	–1,53	0630	12
–0,90	0,1841	27	–1,22	1112	19	–1,54	0618	12
–0,91	1814	26	–1,23	1093	18	–1,55	0606	12
–0,92	1788	26	–1,24	1075	19	–1,56	0594	12
–0,93	1762	26	–1,25	1056	18	–1,57	0582	11
–0,94	1736	25	–1,26	1038	18	–1,58	0571	12
–0,95	1711	26	–1,27	1020	17	–1,59	0559	11
–0,96	1685	25	–1,28	1003	18	–1,60	0,0548	11
–0,97	1660	25	–1,29	0985	17	–1,61	0537	11
–0,98	1635	24	–1,30	0,0968	17	–1,62	0526	10
–0,99	1611	24	–1,31	0951	17	–1,63	0516	11
–1,00	0,1587	24	–1,32	0934	16	–1,64	0505	10

Продолжение табл. П1

x	$\Phi^*(x)$	Δ	x	$\Phi^*(x)$	Δ	x	$\Phi^*(x)$	Δ
–1,65	0495	10	–1,84	0329	7	–2,30	0107	25
–1,66	0485	10	–1,85	0322	8	–2,40	0082	20
–1,67	0475	10	–1,86	0314	7	–2,50	0062	15
–1,68	0465	10	–1,87	0307	6	–2,60	0047	12
–1,69	0455	9	–1,88	0301	7	–2,70	0035	9
–1,70	0,0446	10	–1,89	0294	6	–2,80	0026	7
–1,71	0436	9	–1,90	0,0288	7	–2,90	0019	5
–1,72	0427	9	–1,91	0281	7	–3,00	0,0014	4
–1,73	0418	9	–1,92	0274	6	–3,10	0010	3
–1,74	0409	8	–1,93	0268	6	–3,20	0007	2
–1,75	0401	9	–1,94	0262	6	–3,30	0005	2
–1,76	0392	8	–1,95	0256	6	–3,40	0003	1
–1,77	0384	9	–1,96	0250	6	–3,50	0002	0
–1,78	0375	8	–1,97	0244	5	–3,60	0002	1
–1,79	0367	8	–1,98	0239	6	–3,70	0001	0
–1,80	0,0359	8	–1,99	0233	5	–3,80	0001	1
–1,81	0351	7	–2,00	0,0228	49	–3,90	0000	
–1,82	0344	8	–2,10	0179	40			
–1,83	0336	7	–2,20	0139	32			
0,00	0,5000	40	0,13	5517	40	0,26	6026	38
0,01	5040	40	0,14	5557	39	0,27	6064	39
0,02	5080	40	0,15	5596	40	0,28	6103	38
0,03	5120	40	0,16	5636	39	0,29	6141	38
0,04	5160	39	0,17	5675	39	0,30	0,6179	38
0,05	5199	40	0,18	5714	39	0,31	6217	38
0,06	5239	40	0,19	5753	40	0,32	6255	38
0,07	5279	40	0,20	0,5793	39	0,33	6293	38
0,08	5319	40	0,21	5832	39	0,34	6331	37
0,09	5359	39	0,22	5871	39	0,35	6368	38
0,10	0,5398	40	0,23	5910	38	0,36	6406	37
0,11	5438	40	0,24	5948	39	0,37	6443	37
0,12	5478	39	0,25	5987	39	0,38	6480	37

Продолжение табл. П1

x	**Φ*(*x*)**	Δ	***x***	**Φ*(*x*)**	Δ	***x***	**Φ*(*x*)**	Δ
0,39	6517	37	0,71	7611	31	1,03	8485	23
0,40	0,6554	37	0,72	7642	31	1,04	8508	23
0,41	6591	37	0,73	7673	30	1,05	8531	23
0,42	6628	36	0,74	7703	31	1,06	8554	23
0,43	6664	36	0,75	7734	30	1,07	8577	22
0,44	6700	36	0,76	7764	30	1,08	8599	22
0,45	6736	36	0,77	7794	29	1,09	8621	22
0,46	6772	36	0,78	7823	29	1,10	0,8643	22
0,47	6808	36	0,79	7852	29	1,11	8665	21
0,48	6844	35	0,80	0,7881	29	1,12	8686	22
0,49	6879	36	0,81	7910	29	1,13	8708	21
0,50	0,6915	35	0,82	7939	28	1,14	8729	20
0,51	6950	35	0,83	7967	28	1,15	8749	21
0,52	6985	34	0,84	7995	28	1,16	8770	20
0,53	7019	35	0,85	8023	28	1,17	8790	20
0,54	7054	34	0,86	8051	27	1,18	8810	20
0,55	7088	35	0,87	8078	28	1,19	8830	19
0,56	7123	34	0,88	8106	27	1,20	0,8849	20
0,57	7157	33	0,89	8133	26	1,21	8869	19
0,58	7190	34	0,90	0,8159	27	1,22	8888	19
0,59	7224	33	0,91	8186	26	1,23	8907	18
0,60	0,7257	34	0,92	8212	26	1,24	8925	19
0,61	7291	33	0,93	8238	26	1,25	8944	18
0,62	7324	33	0,94	8264	25	1,26	8962	18
0,63	7357	32	0,95	8289	26	1,27	8980	17
0,64	7389	33	0,96	8315	25	1,28	8997	18
0,65	7422	32	0,97	8340	25	1,29	9015	17
0,66	7454	32	0,98	8365	24	1,30	0,9032	17
0,67	7486	31	0,99	8389	24	1,31	9049	17
0,68	7517	32	1,00	0,8413	24	1,32	9066	16
0,69	7549	31	1,01	8437	24	1,33	9082	17
0,70	0,7580	31	1,02	8461	24	1,34	9099	16

Окончание табл. П1

x	**Φ*(*x*)**	Δ	***x***	**Φ*(*x*)**	Δ	***x***	**Φ*(*x*)**	Δ
1,35	9115	16	1,64	9495	10	1,93	9732	6
1,36	9131	16	1,65	9505	10	1,94	9738	6
1,37	9147	15	1,66	9515	10	1,95	9744	6
1,38	9162	15	1,67	9525	10	1,96	9750	6
1,39	9177	15	1,68	9535	10	1,97	9756	5
1,40	0,9192	15	1,69	9545	9	1,98	9761	6
1,41	9207	15	1,70	0,9554	10	1,99	9767	5
1,42	9222	14	1,71	9564	9	2,00	0,9772	49
1,43	9236	15	1,72	9573	9	2,10	9821	40
1,44	9251	14	1,73	9582	9	2,20	9861	32
1,45	9265	14	1,74	9591	8	2,30	9893	25
1,46	9279	13	1,75	9599	9	2,40	9918	20
1,47	9292	14	1,76	9608	8	2,50	9938	15
1,48	9306	13	1,77	9616	9	2,60	9953	12
1,49	9319	13	1,78	9625	8	2,70	9965	9
1,50	0,9332	13	1,79	9633	8	2,80	9974	7
1,51	9345	12	1,80	0,9641	8	2,90	9981	5
1,52	9357	13	1,81	9649	7	3,00	0,9986	4
1,53	9370	12	1,82	9656	8	3,10	9990	3
1,54	9382	12	1,83	9664	7	3,20	9993	2
1,55	9394	12	1,84	9671	7	3,30	9995	2
1,56	9406	12	1,85	9678	8	3,40	9997	1
1,57	9418	11	1,86	9686	7	3,50	9998	0
1,58	9429	12	1,87	9693	6	3,60	9998	1
1,59	9441	11	1,88	9699	7	3,70	9999	0
1,60	0,9452	11	1,89	9706	7	3,80	9999	1
1,61	9463	11	1,90	0,9713	6	3,90	1,0000	
1,62	9474	10	1,91	9719	7			
1,63	9484	11	1,92	9726	6			

Таблица П2

Значение коэффициента Стьюдента, удовлетворяющее равенству

$$2\int_0^{t_\beta} S_{n-1}(t)dt = pd,$$

в зависимости от *pd* (доверительной вероятности) и $f=n-1$

$n-1$	β												
	0,1	**0,2**	**0,3**	**0,4**	**0,5**	**0,6**	**0,7**	**0,8**	**0,9**	**0,95**	**0,98**	**0,99**	**0,999**
1	0,158	0,325	0,510	0,727	1,000	1,376	1,963	3,08	6,31	12,71	31,8	63,7	636,6
2	142	289	445	617	0,816	1,061	1,336	1,886	2,92	4,30	6,96	9,92	31,6
3	137	277	424	584	765	0,978	1,250	1,638	2,35	3,18	4,54	5,84	12,94
4	134	271	414	569	741	941	1,190	1,533	2,13	2,77	3,75	4,60	8,61
5	132	267	408	559	727	920	1,156	1,476	2,02	2,57	3,36	4,03	6,86
6	131	265	404	553	718	906	1,134	1,440	1,943	2,45	3,14	3,71	5,96
7	130	263	402	549	711	896	1,119	1,415	1,895	2,36	3,00	3,50	5,40
8	130	262	399	546	706	889	1,108	1,397	1,860	2,31	2,90	3,36	5,04
9	129	261	398	543	703	883	1,100	1,383	1,833	2,26	2,82	3,25	4,78
10	129	260	397	542	700	879	1,093	1,372	1,812	2,23	2,76	3,17	4,59
11	129	260	396	540	697	876	1,088	1,363	1,796	2,20	2,72	3,11	4,49
12	128	259	395	539	695	873	1,083	1,356	1,782	2,18	2,68	3,06	4,32
13	128	259	394	538	694	870	1,079	1,350	1,771	2,16	2,65	3,01	4,22
14	128	258	393	537	692	868	1,076	1,345	1,761	2,14	2,62	2,98	4,14
15	128	258	393	536	691	866	1,074	1,341	1,753	2,13	2,60	2,95	4,07
16	128	258	392	535	690	865	1,071	1,337	1,746	2,12	2,58	2,92	4,02
17	128	257	392	534	689	863	1,069	1,333	1,740	2,11	2,57	2,90	3,96
18	127	257	392	534	688	862	1,067	1,330	1,734	2,10	2,55	2,88	3,92
19	127	257	391	533	688	861	1,066	1,328	1,729	2,09	2,54	2,86	3,88
20	127	257	391	533	687	860	1,064	1,325	1,725	2,09	2,53	2,84	3,85
21	127	257	391	532	686	859	1,063	1,323	1,721	2,08	2,52	2,83	3,82
22	127	256	390	532	686	858	1,061	1,321	1,717	2,07	2,51	2,82	3,79
23	127	256	390	532	685	858	1,060	1,319	1,714	2,07	2,50	2,81	3,77
24	127	256	390	531	685	587	1,059	1,318	1,711	2,06	2,49	2,80	3,74
25	127	256	390	531	684	856	1,058	1,316	1,708	2,06	2,48	2,79	3,72
26	127	256	390	531	684	856	1,058	1,315	1,706	2,06	2,48	2,78	3,71
27	127	256	389	531	684	855	1,057	1,314	1,703	2,05	2,47	2,77	3,69

Окончание табл. П2

$n-1$	β												
	0,1	**0,2**	**0,3**	**0,4**	**0,5**	**0,6**	**0,7**	**0,8**	**0,9**	**0,95**	**0,98**	**0,99**	**0,999**
28	127	256	389	530	683	855	1,056	1,131	1,701	2,05	2,47	2,76	3,67
29	127	256	389	530	683	854	1,055	1,311	1.699	2,04	2,46	2,76	3,66
30	127	256	389	530	683	854	1,055	1,310	1,697	2,04	2,46	2,75	3,65
40	126	255	388	529	681	851	1,050	1,303	1,684	2,02	2,42	2,70	3,55
60	126	254	387	527	679	848	1,046	1,296	1,671	2,00	2,39	2,66	3,46
120	126	254	386	526	677	845	1,041	1,289	1,658	1,980	2,36	2,62	3,37
∞	0,126	0,253	0,385	0,524	0,674	0,842	1,036	1,282	1,645	1,960	2,33	2,58	3,29

Таблица П3

Квантили $\chi 2$ в зависимости от P и f

$f=n-1$	P													
	0,01	0,02	0,05	0,10	0,20	0,30	0,58	0,7	0,8	0,9	0,95	0,98	0,99	0,999
1	0,000	0,001	0,004	0,016	0,064	0,148	0,455	1,074	1,642	2,71	3,84	5,41	6,64	10,83
2	0,020	0,040	0,103	0,211	0,446	0,713	1,386	2,41	3,22	4,60	5,99	7,82	9,21	13,82
3	0,115	0,185	0,352	0,584	1,005	1,424	2,37	3,66	4,64	6,25	7,82	9,84	11,34	16,27
4	0,297	0,429	0,711	1,064	1,649	2,20	3,36	4,88	5,99	7,78	9,49	11,67	13,28	18,46
5	0,554	0,752	1,145	1,610	2,34	3,00	4,35	6,06	7,29	9,24	11,07	13,39	15,09	20,5
6	0,872	1,134	1,635	2,20	3,07	3,83	5,35	7,23	8,56	10,64	12,59	15,03	16,81	22,5
7	1,239	1,564	2,17	2,83	3,82	4,67	6,35	8,38	9,80	12,02	14,07	16,62	18,48	24,3
8	1,646	2,03	2,73	3,49	4,59	5,53	7,34	9,52	11,03	13,36	15,51	18,17	20,1	26,1
9	2,09	2,53	3,32	4,17	5,38	6,39	8,34	10,66	12,24	14,68	16,92	19,68	21,7	27,9
10	2,56	3,06	3,94	4,86	6,18	7,27	9,34	11,78	13,44	15,99	18,31	21,2	23,2	29,6
11	3,05	3,61	4,58	5,58	6,99	8,15	10,34	12,90	14,63	17,28	19,68	22,6	24,7	31,3
12	3,57	4,18	5,23	6,30	7,81	9,03	11,34	14,01	15,81	18,55	21,0	24,1	26,2	32,9
13	4,11	4,76	5,89	7,04	8,63	9,93	12,34	15,12	16,98	19,81	22,4	25,5	27,7	34,6
14	4,66	5,37	6,57	7,79	9,47	10,82	13,34	16,22	18,15	21,1	23,7	26,9	29,1	36,1
15	5,23	5,98	7,26	8,55	10,31	11,72	14,34	17,32	19,31	22,3	25,0	28,3	30,6	37,7
16	5,81	6,61	7,96	9,31	11,15	12,62	15,34	18,42	20,5	23,5	26,3	29,6	32,0	39,3
17	6,41	7,26	8,67	10,08	12,00	13,53	16,34	19,51	21,6	24,8	27,6	31,0	33,4	40,8
18	7,02	7,91	9,39	10,86	12,86	14,44	7,34	20,6	22,8	26,0	28,9	32,3	34,8	42,3
19	7,63	8,57	10,11	11,65	13,72	15,35	18,34	21,7	23,9	27,2	30,1	33,7	36,2	43,8
20	8,26	9,24	10,85	12,44	14,58	16,27	19,34	22,8	25,0	28,4	31,4	35,0	37,6	45,3
21	8,90	9,92	11,59	13,24	15,44	17,18	20,3	23,9	26,2	29,6	32,7	36,3	38,9	46,8
22	9,54	10,60	12,34	14,04	16,31	18,10	21,3	24,9	27,3	30,8	33,9	37,7	40,3	48,3
23	10,20	11,29	13,09	14,85	17,19	19,02	22,3	26,0	28,4	32,0	35,2	39,0	41,6	49,7
24	10,86	11,99	13,85	15,66	18,06	19,94	23,3	27,1	29,6	33,2	36,4	40,3	43,0	51,2
25	11,52	12,70	14,61	16,47	18,94	20,9	24,3	28,2	30,7	34,4	37,7	41,7	44,3	52,6
26	12,20	13,41	15,38	17,29	19,82	21,8	25,3	29,2	31,8	35,6	38,9	42,9	45,6	54,1
27	12,88	14,12	16,15	18,11	20,7	22,7	26,3	30,3	32,9	36,7	40,1	44,1	47,0	55,5
28	13,56	14,85	16,93	18,94	21,6	23,6	27,3	31,4	34,0	37,9	41,3	45,4	48,3	56,9
29	14,26	15,57	17,71	19,77	22,5	24,6	28,3	32,5	35,1	39,1	42,6	46,7	49,6	58,3
30	14,95	16,31	18,49	20,6	23,4	25,5	29,3	33,5	36,2	40,3	43,8	48,0	50,9	59,7

Таблица П4

Критические точки распределения серий

N	Критические точки распределения серий						N	Критические точки распределения серий						N	Критические точки распределения серий					
	0.01	0.025	0.05	0.95	0.975	0.99		0.01	0.025	0.05	0.95	0.975	0.99		0.01	0.025	0.05	0.95	0.975	0.99
20	5	6	6	15	15	16	42	13	15	15	27	29	29	68	24	26	27	41	43	44
22	6	7	7	16	16	17	44	14	16	16	28	30	30	70	25	27	28	43	44	46
24	7	7	8	17	18	18	46	15	17	17	29	31	31	72	26	28	29	44	46	47
26	7	8	9	18	19	20	48	16	18	18	31	32	33	76	28	30	31	46	48	49
28	8	9	10	19	20	21	50	17	18	19	32	33	34	80	30	31	33	48	50	51
30	9	10	11	20	21	22	52	17	19	20	33	34	35	84	31	33	35	50	52	53
32	10	11	11	22	22	23	54	18	20	21	34	35	36	88	33	35	37	52	54	55
34	10	11	12	23	23	25	56	19	21	22	35	36	37	90	34	36	37	54	55	57
36	11	12	13	24	25	26	58	20	22	23	36	37	38	92	35	37	38	55	57	59
38	12	13	14	25	26	27	60	21	22	24	37	39	40	96	36	38	40	57	59	61
40	13	14	15	26	27	28	64	22	24	26	39	41	42	100	38	40	42	59	61	63

Таблица П5

Критические точки распределения инверсий

N	Критические точки распределения инверсий						N	Критические точки распределения инверсий						N	Критические точки распределения инверсий					
	0.99	0.975	0.95	0.05	0.025	0.01		0.99	0.975	0.95	0.05	0.025	0.01		0.99	0.975	0.95	0.05	0.025	0.01
1	9	11	13	31	33	35	23	24	27	30	60	63	66	45	376	394	411	578	595	613
2	12	14	17	37	40	42	24	29	32	35	69	72	70	46	394	413	430	604	621	640
3	16	18	21	44	47	49	25	34	38	41	78	81	85	47	413	433	451	629	647	667
4	20	22	25	52	55	57	26	39	44	47	88	91	96	48	433	453	471	656	674	694
5	24	27	30	60	63	66	27	45	50	54	98	102	107	49	453	474	492	683	701	722
6	29	32	35	69	72	70	28	130	139	147	230	238	247	50	473	495	514	710	729	751
7	34	38	41	78	81	85	29	141	150	159	246	255	264	51	494	516	536	738	758	780
8	39	44	47	88	91	96	30	152	162	171	263	272	272	52	515	538	559	766	787	810
9	45	50	54	98	102	107	31	164	174	184	280	290	300	53	537	561	582	795	816	840
10	52	57	61	109	113	118	32	176	187	197	298	308	319	54	559	584	605	825	846	871
11	59	64	69	120	125	130	33	189	200	210	317	327	338	55	582	607	629	855	877	902
12	66	72	77	132	137	143	34	202	214	224	335	346	358	56	605	631	654	885	908	934
13	74	80	86	144	150	156	35	215	228	239	355	366	379	57	628	655	678	917	940	967
14	82	89	95	157	163	170	36	229	242	254	375	387	400	58	653	680	704	948	972	999
15	91	98	104	171	177	184	37	244	257	270	395	408	421	59	677	705	730	980	1005	1033
16	100	107	114	185	192	199	38	259	273	286	416	429	443	60	702	731	756	1013	1038	1067
17	109	117	125	199	207	215	39	274	289	302	438	451	466	70	977	1014	1045	1369	1400	1437
18	119	128	136	214	222	231	40	290	305	319	460	474	489	80	1299	1344	1382	1777	1815	1860
19	9	11	13	31	33	35	41	306	322	336	483	497	513	90	1668	1721	1766	2238	2283	2336
20	12	14	17	37	40	42	42	323	339	354	506	521	537	100	2083	2145	2198	2751	2804	2866
21	16	18	21	44	47	49	43	340	357	373	529	545	562							
22	20	22	25	52	55	57	44	358	375	391	553	570	587							

Таблица П6

Критические точки χ^2-распределения

Число степеней свободы f	Уровень значимости α				
	0,10	0,05	0,025	0,010	0,005
2	4,61	5,99	7,38	9,21	10,60
3	6,25	7,81	9,35	11,34	12,84
4	7,78	9,49	11,14	13,28	14,86
5	9,24	11,07	12,83	15,09	16,75
6	10,64	12,59	14,45	16,81	18,55
7	12,02	14,07	16,01	18,48	20,28
8	13,36	15,51	17,53	20,09	21,96
9	14,68	16,92	19,02	21,67	23,59
10	15,99	18,31	20,48	23,21	25,19
11	17,28	19,68	21,73	24,73	26,76
12	18,55	21,03	23,34	26,22	28,30
13	19,81	22,36	24,74	27,69	29,82
14	21,06	23,69	26,12	29,14	31,32
15	22,31	25,00	27,49	30,58	32,80
16	23,54	26,30	28,85	32,00	34,27
17	24,77	27,59	30,20	33,41	35,72
18	25,99	28,67	31,53	34,81	37,16
19	27,20	30,14	32,85	36,19	38,58
20	28,41	31,41	34,17	37,57	40,00

Таблица П7

Критические значения λ при заданном уровне значимости α для распределения Колмогорова

λ	$P(\lambda)$	λ	$P(\lambda)$	λ	$P(\lambda)$
0,0	1,000	0,7	0,711	1,4	0,040
0,1	1,000	0,8	0,544	1,5	0,022
0,2	1,000	0,9	0,393	1,6	0,012
0,3	1,000	1,0	0,270	1,7	0,006
0,4	0,997	1,1	0,178	1,8	0,003
0,5	0,964	1,2	0,112	1,9	0,002
0,6	0,864	1,3	0,068	2,0	0,001

Приложение 2

Форма задания на выполнение курсового проекта

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

УТВЕРЖДАЮ

заведующий кафедрой

/ И.О. Фамилия/

«_____» 20___г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение курсового проекта

_____,
(фамилия, имя, отчество обучающегося)

обучающемуся группы _____

направления подготовки _____

_____

по _____
(наименование дисциплины (модуля))

1. Исходные данные к проекту:

_____

2. Содержание задания по курсовой проекту – перечень вопросов, подлежащих разработке:

Разрабатываемый вопрос	Объем от всего задания, %	Срок выполне-ния	Примечание
Раздел 1. *Название*			
Задача 1.1. *Формулировка*			
Задача 1.2. *Формулировка*			
Раздел 2. *Название*			
Задача 2.1. *Формулировка*			
Задача 2.2. *Формулировка*			

Раздел 3. *Название*			
Задача 3.1. *Формулировка*			
Задача 3.2. *Формулировка*			

Руководитель курсовой работы (проекта): *ученая степень, ученое звание, должность (И.О. Фамилия)*

«_____» _____ 20 ___ г. _____ _____
(дата) (подпись) (И.О. Фамилия)

Дата выдачи задания «_____» _____ 20 __ г.

Дата сдачи выполненной работы (проекта) «_____» _____ 20 __ г.

Задание принял к исполнению

«_____» _____ 20 ___ г. _____ _____
(дата) (подпись) (И.О. Фамилия)

Приложение 3

Форма титульного листа курсового проекта

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по дисциплине
Вероятностно-статистические методы
в информационно-измерительных системах

ТЕМА
« »
_____

Выполнил _____
(ФИО)
Группа _____

Проверил _____
(ФИО)

Москва, 20___

Приложение 4

Примеры оформления использованных источников

1. Дьяконов, В. П. MATLAB. Полный самоучитель / В. П. Дьяконов. − Москва: ДМК Пресс, 2014. − 768 с.
2. Боровков, А. А. Математическая статистика / А. А. Боровков. − Москва: Наука, 1984. − 472 с.
3. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей: учебник для вузов / Е. С. Вентцель. − Москва: Высшая школа, 2006. − 576 с.
4. Айвазян, С. А. Прикладная статистика и основы эконометрики / С. А. Айвазян, В. С. Мхитарян. − Москва: ЮНИТИ, 1998. − 1022 с.