

Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики»  
(СибГУТИ)  
Уральский технический институт связи и информатики (филиал) в г. Екатеринбурге  
(УрТИСИ СибГУТИ)



## ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### ПО ДИСЦИПЛИНЕ

#### Б1.О.19 Обработка экспериментальных данных


Направление подготовки / специальность: **11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»**

Направленность (профиль) / специализация: **Транспортные сети и системы связи**

Форма обучения: **очная, заочная**

Год набора: 2023

Разработчик (-и):  
к.х.н., доцент

 /И.П. Корякова/

Оценочные средства обсуждены и утверждены на заседании высшей математики и физики (ВМиФ)

Протокол от 25.05.2023 г. № 9

Заведующий кафедрой  /В.Т. Куанышев

подпись

Екатеринбург, 2023

Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики»  
(СибГУТИ)  
Уральский технический институт связи и информатики (филиал) в г. Екатеринбурге  
(УрТИСИ СибГУТИ)

УТВЕРЖДАЮ  
директор УрТИСИ СибГУТИ  
\_\_\_\_\_ Минина Е.А.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 г.

## **ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

### **ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

#### **Б1.О.19 Обработка экспериментальных данных**

Направление подготовки / специальность: **11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»**

Направленность (профиль) / специализация: **Транспортные сети и системы связи**

Форма обучения: **очная, заочная**

Год набора: 2023

Разработчик (-и):  
к.х.н., доцент

\_\_\_\_\_ /И.П. Корякова/

Оценочные средства обсуждены и утверждены на заседании высшей математики и физики (ВМиФ)

Протокол от 25.05.2023 г. № 9

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ /В.Т. Куанышев

подпись

Екатеринбург, 2023

## 1. Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Этап	Предшествующие этапы (с указанием дисциплин)
<p>УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач</p>	<p>УК-1.1. Знать способы поиска информации; принципы анализа и синтеза информации</p> <p>УК-1.2. Уметь организовать поиск информации; анализировать и синтезировать информацию; использовать системный подход для решения поставленной задачи</p> <p>УК-1.3. Владеть приемами поиска информации по заданной теме; -методами анализа экспериментальных данных</p>	3	Б1.В.10 Теория связи
<p>ОПК-2 Способен самостоятельно проводить исследование и использовать основные приемы обработки и представления данных</p>	<p>ОПК-2.1 Знать методы проведения научного исследования; алгоритмы предварительной обработки экспериментальных данных, статистические методы их обработки и принятия;</p> <p>ОПК-2.2 Уметь решать типичные задачи обработки данных, построения статистических моделей и принятия статистических решений;</p> <p>ОПК-2.3 Владеть техникой вычисления по алгоритмам обработки данных с использованием пакетов прикладных программ;</p>	3	<p>Б1.О.06 Физика</p> <p>Б1.О.12 Теория электрических цепей</p> <p>Б1.О.17 Метрология, стандартизация и сертификация</p>

ОПК-4 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-4.1 Знать принципы работы современных информационных технологий; использование информационных технологий для решения задач профессиональной деятельности; ОПК-4.2 Уметь применять современные информационные технологии в своей профессиональной деятельности	3	Б1.О.07 Информатика Б1.О.08 Инженерная и компьютерная графика Б2.О.01(У) Ознакомительная практика
---	---	---	--

Форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине: зачет (5 семестр).

## 2. Показатели, критерии и шкалы оценивания компетенций

2.1. Показателем оценивания компетенций на этапе их формирования при изучении дисциплины является уровень их освоения.

Индикатор освоения компетенции	Показатель оценивания	Критерий оценивания
УК-1.1. Знает способы поиска информации; принципы анализа и синтеза информации	Знать способы поиска информации; принципы анализа и синтеза информации Уметь: организовать поиск информации; анализировать и синтезировать информацию; использовать системный подход для решения поставленной задачи. Владеть: приемами поиска информации по заданной теме; методами анализа экспериментальных данных	Выполнены все практические и лабораторные работы по дисциплине в соответствии с графиком. Оформлены отчеты по практическим и лабораторным работам в соответствии с требованиями. При защите лабораторных, практических работ формулирует выводы по полученным результатам.
УК-1.2. Умеет организовать поиск информации; анализировать и синтезировать информацию; использовать системный подход для решения поставленной задачи.	Знать способы поиска информации; принципы анализа и синтеза информации Уметь: организовать поиск информации; анализировать и синтезировать информацию; использовать системный подход для решения поставленной задачи	Выполнены все практические и лабораторные работы по дисциплине в соответствии с графиком. Оформлены отчеты по практическим и лабораторным работам в соответствии с требованиями. При защите лабораторных, практических работ формулирует выводы по полученным результатам

	<p>задачи.</p> <p>Владеть: приемами поиска информации по заданной теме; методами анализа экспериментальных данных</p>	
<p>УК-1.3. Владеет приемами поиска информации по заданной теме; методами анализа экспериментальных данных</p>	<p>Знать способы поиска информации; принципы анализа и синтеза информации</p> <p>Уметь: организовать поиск информации; анализировать и синтезировать информацию; использовать системный подход для решения поставленной задачи.</p> <p>Владеть: приемами поиска информации по заданной теме; методами анализа экспериментальных данных</p>	<p>Выполнены все практические и лабораторные работы по дисциплине в соответствии с графиком.</p> <p>Оформлены отчеты по практическим и лабораторным работам в соответствии с требованиями.</p> <p>При защите лабораторных, практических работ формулирует выводы по полученным результатам</p>
<p>ОПК-2.1 Знает: методы проведения научного исследования; алгоритмы предварительной обработки экспериментальных данных, статистические методы их обработки и принятия</p>	<p>Знать: методы проведения научного исследования; алгоритмы предварительной обработки экспериментальных данных, статистические методы их обработки и принятия;</p> <p>Уметь: решать типичные задачи обработки данных, построения статистических моделей и принятия статистических решений;</p> <p>Владеть: техникой вычисления по алгоритмам обработки данных с использованием пакетов прикладных программ</p>	<p>Выполнены все практические и лабораторные работы по дисциплине в соответствии с графиком.</p> <p>Оформлены отчеты по практическим и лабораторным работам в соответствии с требованиями.</p> <p>При защите лабораторных, практических работ формулирует выводы по полученным результатам.</p>
<p>ОПК-2.2 Умеет: решать типичные задачи обработки данных, построения статистических моделей и принятия статистических решений</p>	<p>Знать: методы проведения научного исследования; алгоритмы предварительной обработки экспериментальных данных, статистические методы их обработки и принятия;</p> <p>Уметь: решать типичные</p>	<p>Выполнены все практические и лабораторные работы по дисциплине в соответствии с графиком.</p> <p>Оформлены отчеты по практическим и лабораторным работам в соответствии с требованиями.</p> <p>При защите лабораторных, практических работ формулирует выводы по полученным результатам.</p>

	задачи обработки данных, построения статистических моделей и принятия статистических решений; Владеть: техникой вычисления по алгоритмам обработки данных с использованием пакетов прикладных программ	
ОПК-2.3 Владеет: техникой вычисления по алгоритмам обработки данных с использованием пакетов прикладных программ	Знать: методы проведения научного исследования; алгоритмы предварительной обработки экспериментальных данных, статистические методы их обработки и принятия; Уметь: решать типичные задачи обработки данных, построения статистических моделей и принятия статистических решений; Владеть: техникой вычисления по алгоритмам обработки данных с использованием пакетов прикладных программ	Выполнены все практические и лабораторные работы по дисциплине в соответствии с графиком. Оформлены отчеты по практическим и лабораторным работам в соответствии с требованиями. При защите лабораторных, практических работ формулирует выводы по полученным результатам.
ОПК-4.1 Знает: принципы работы современных информационных технологий; использование информационных технологий для решения задач профессиональной деятельности	Знать: принципы работы современных информационных технологий; использование информационных технологий для решения задач профессиональной деятельности	Выполнены все практические и лабораторные работы по дисциплине в соответствии с графиком. Оформлены отчеты по практическим и лабораторным работам в соответствии с требованиями. При защите лабораторных, практических работ формулирует выводы по полученным результатам.
ОПК-4.2 Умеет: применять современные информационные технологии в своей профессиональной деятельности	Уметь: применять современные информационные технологии в своей профессиональной деятельности	Выполнены все практические и лабораторные работы по дисциплине в соответствии с графиком. Оформлены отчеты по практическим и лабораторным работам в соответствии с требованиями. При защите лабораторных, практических работ формулирует выводы по полученным результатам.
ОПК-4.3 Владеет: методами применения информационных технологий для решения	Владеть: методами применения информационных технологий для решения	Выполнены все практические и лабораторные работы по дисциплине в соответствии с графиком. Оформлены отчеты по практическим и

профессиональных задач	профессиональных задач	лабораторным работам в соответствии с требованиями. При защите лабораторных, практических работ формулирует выводы по полученным результатам.
------------------------	------------------------	--

### Шкала оценивания.

#### Зачет

	Критерии оценки
Зачет	1. Самостоятельно и правильно ответил на поставленные теоретические вопросы билета. Уверенно, логично, последовательно и аргументировано излагает свой ответ.
Незачет	1. Самостоятельно не ответил на поставленные теоретические вопросы билета.

### 3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания по дисциплине

#### 3.1. В ходе реализации дисциплины используются следующие формы и методы текущего контроля

Тема и/или раздел	Формы/методы текущего контроля успеваемости
УК-1 – Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач Знает: -способы поиска информации; -принципы анализа и синтеза информации; -системный подход для решения поставленных задач; Умеет: -организовать поиск информации; -анализировать и синтезировать информацию; -использовать системный подход для решения поставленной задачи; Владеет: -приемами поиска информации по заданной теме; -методами анализа экспериментальных данных;	
Раздел 1 Элементы теории погрешностей и математической обработки результатов	Зачет
Раздел 2 Обработка результатов эксперимента	Зачет Лабораторная работа – зачет
Раздел 3 Элементов корреляционного и регрессионного анализа для обработки результатов эксперимента	Зачет Лабораторная работа – зачет
Раздел 4 Использование математического моделирование в эксперименте.	Зачет Лабораторная работа – зачет
ОПК-2 Способен самостоятельно проводить исследование и использовать основные приемы обработки и представления данных Знает:	

<p>-методы проведения научного исследования;  -алгоритмы предварительной обработки экспериментальных данных, статистические методы их обработки и принятия;  Умеет:  -решать типичные задачи обработки данных, построения статистических моделей и принятия статистических решений;  Владеет:  -техникой вычисления по алгоритмам обработки данных с использованием пакетов прикладных программ;</p>	
Раздел 1 Элементы теории погрешностей и математической обработки результатов	Зачет
Раздел 2 Обработка результатов эксперимента	Зачет Лабораторная работа – зачет
Раздел 3 Элементы корреляционного и регрессионного анализа для обработки результатов эксперимента	Зачет Лабораторная работа – зачет
Раздел 4 Использование математического моделирование в эксперименте.	Зачет Лабораторная работа – зачет
<p>ОПК-4 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности  Знает:  - принципы работы современных информационных технологий;  -использование информационных технологий для решения задач профессиональной деятельности;  Умеет:  -применять современные информационные технологии в своей профессиональной деятельности;  Владеет:  -методами применения информационных технологий для решения профессиональных задач;</p>	
Раздел 1 Элементы теории погрешностей и математической обработки результатов	Зачет
Раздел 2 Обработка результатов эксперимента	Зачет Лабораторная работа – зачет
Раздел 3 Элементы корреляционного и регрессионного анализа для обработки результатов эксперимента	Зачет Лабораторная работа – зачет
Раздел 4 Использование математического моделирование в эксперименте.	Зачет Лабораторная работа – зачет

### 3.2 Типовые материалы текущего контроля успеваемости обучающихся

УК-1– Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

Знает:

- способы поиска информации;
- принципы анализа и синтеза информации;
- системный подход для решения поставленных задач;



Умеет:

- организовать поиск информации;
- анализировать и синтезировать информацию;
- использовать системный подход для решения поставленной задачи;

Владеет:

- приемами поиска информации по заданной теме;
- методами анализа экспериментальных данных;

ОПК-2 Способен самостоятельно проводить исследование и использовать основные приемы обработки и представления данных

Знает:

- методы проведения научного исследования;
- алгоритмы предварительной обработки экспериментальных данных, статистические методы их обработки и принятия;

Умеет:

- решать типичные задачи обработки данных, построения статистических моделей и принятия статистических решений;

Владеет:

- техникой вычисления по алгоритмам обработки данных с использованием пакетов прикладных программ;

ОПК-4 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности

Знает:

- принципы работы современных информационных технологий;
- использование информационных технологий для решения задач профессиональной деятельности;

Умеет:

- применять современные информационные технологии в своей профессиональной деятельности;

Владеет:

- методами применения информационных технологий для решения профессиональных задач.

Пример выполнения и задания по практическому занятию «Обработка результатов совместных измерений. Метод наименьших квадратов»

Цель:

1. Закрепление теоретических знаний дисциплины по теме: «Обработка результатов совместных измерений. Метод наименьших квадратов»

Краткая теория.

В реальных измерениях из-за воздействия большого количества факторов, которые невозможно учесть, наблюдается значительный разброс данных, что не позволяет установить функциональную зависимость, т.к. для этого необходимо, чтобы каждому значению переменной  $X$  соответствовало только одно значение  $Y$ . В этом случае имеет место лишь корреляционная зависимость.

Определение коэффициентов эмпирических формул при корреляционной зависимости сводится к выбору таких их значений, при которых найденная зависимость располагается к отчетным точкам наиболее близко. В этом случае можно воспользоваться методом наименьших квадратов, однако, он эффективен при анализе линейной зависимости между  $X$  и  $Y$ . Если зависимость нелинейная, то для оценки близости выбранной функциональной зависимости и

опытных данных рационально воспользоваться коэффициентом парной корреляции. Его значение лежит в интервале  $-1 \div +1$  и рассчитывается по формуле

$$r = \frac{\sum X_i \cdot Y_i - \bar{X} \cdot \bar{Y}}{\sigma_x \cdot \sigma_y}, \quad (17)$$

$$\text{где } \sigma_x = \sqrt{\frac{\sum X_i^2}{n} - \bar{X}^2}; \quad \sigma_y = \sqrt{\frac{\sum Y_i^2}{n} - \bar{Y}^2}.$$

Величина коэффициента корреляции характеризует силу вероятностной связи, что не всегда соответствует существованию причинной связи. Поэтому необходимо пользоваться дополнительной информацией о характере изучаемого явления, его механизме и т.д.

При построении графических зависимостей необходимо соблюдать основные правила. Функцию и аргумент выбирают на основании известных физико-химических зависимостей между изучаемыми величинами и технологией процесса. На оси абсцисс откладывается значение аргумента, на оси ординат – значения функции. Первым правилом построения графиков является выбор масштаба, т.к. при «чрезмерном» масштабе на графике проявляются «шумы». С другой стороны слишком грубый масштаб нивелирует возможные минимумы и максимумы.

При построении графиков желательно учитывать физический смысл связи между функцией и аргументом и выбирать координаты, обеспечивающие линейный характер связи. Например, константа скорости химической реакции зависит от температуры по уравнению Аррениуса

$$K = K_0 \cdot e^{-\frac{E_a}{RT}} \text{ или } \lg K = K_0 - \frac{E_a}{RT} \lg e.$$

В координатах  $\lg K = f\left(\frac{1}{T}\right)$  эта зависимость линейна.

Линеаризация уравнений часто используется для нахождения ряда важных физико-химических характеристик процессов. Во многих случаях экспериментальные точки можно представить математическими выражениями разного вида. Тогда из нескольких формул выбирают ту, которая наиболее полно описывает опытные данные и соответствует физико-химической модели процесса. В приложении 3 приведены некоторые кривые, их уравнения и новые переменные, вводимые при линеаризации.

При графическом подборе эмпирической зависимости характерными точками являются граничные и средние значения. Соответствие полученной зависимости всему массиву опытных данных проверяется по величине их отклонений от расчетных значений во всем диапазоне измерений. Показателем связи между Y и X служит коэффициент корреляции  $r_{xy}$ . При выборе функциональной зависимости выбирается та, у которой коэффициент корреляции  $r_{xy}$  максимален.

При решении практических задач по выбору эмпирической зависимости и расчете коэффициентов используется следующая схема:

- 1) По заданным значениям величин X и Y строится график;
- 2) Сравнивая полученную зависимость с наиболее встречающимися эмпирическими зависимостями, выбираются три наиболее близкие;
- 3) Для каждой из выбранных зависимостей методом замены переменных проводится линеаризация и пересчитываются исходные данные;
- 4) Рассчитываются значения коэффициентов корреляции для каждого из 3-х вариантов;
- 5) Выбирается та зависимость, для которой значение коэффициента корреляции наиболее близко к единице (т.е. максимальное);
- 6) Численные значения коэффициентов выбранной зависимости (линеаризованной) определяются по формуле

$$Y - \bar{Y} = r \frac{\sigma_y}{\sigma_x} (X - \bar{X}). \quad (18)$$

- 7) Проводя преобразования, обратные тем, что выполнялись при линейаризации, получают эмпирическую зависимость, которая наиболее близко описывает связь между  $X$  и  $Y$ ;
- 8) По полученной эмпирической зависимости строится график, задаваясь исходными значениями  $X$ ;
- 9) При малом числе измерений ( $n \leq 50$ ) достоверность связи проверяется по соотношению

$$\frac{r}{\sigma_r} \geq 3, \quad (19)$$

где  $\sigma_r$  - дисперсия коэффициента корреляции

$$\sigma_r = \frac{1 - r^2}{\sqrt{n - 1}}. \quad (20)$$

*Пример.* Построить график заданной совокупности значений аргумента ( $x$ ) и функции ( $y$ ), выбрать и построить линию тренда, определить уравнение регрессии для следующих измерений.

$x$	0,5	1,2	1,6	1,8	2,1	2,4	2,8
$y$	1,4	2,0	2,6	2,7	2,75	3,15	3,4

Решение. Строим график зависимости.

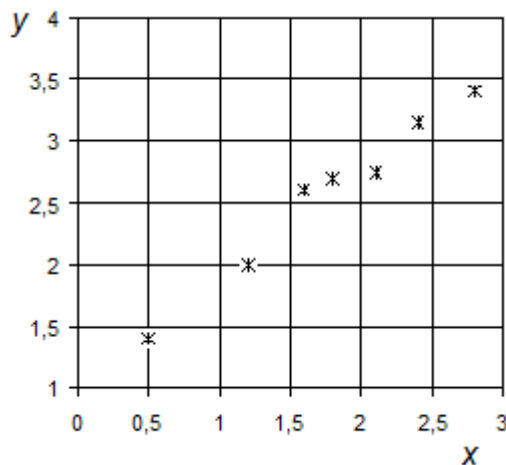


График заданной совокупности значений  $X$  и  $Y$

Анализируя график заданной совокупности значений  $X$  и  $Y$ , для построения линии тренда подходит – линейная, логарифмическая и степенная. Для всех типов регрессии найдем величину достоверности аппроксимации, и для того типа тренда, для которого  $R^2$  будет приближаться к 1, т.е. максимальный, выведем уравнение регрессии.

Добавление линии тренда к рядам данных:

1. Выберите ряд данных, к которому нужно добавить линию тренда.
2. Кликнув правой кнопкой мышки, в диалоговом окне выберите добавить линию тренда.
3. Выберите нужный тип линии тренда. Поставьте маркеры, поместить на диаграмму величину достоверности аппроксимации и показать уравнение на диаграмме.

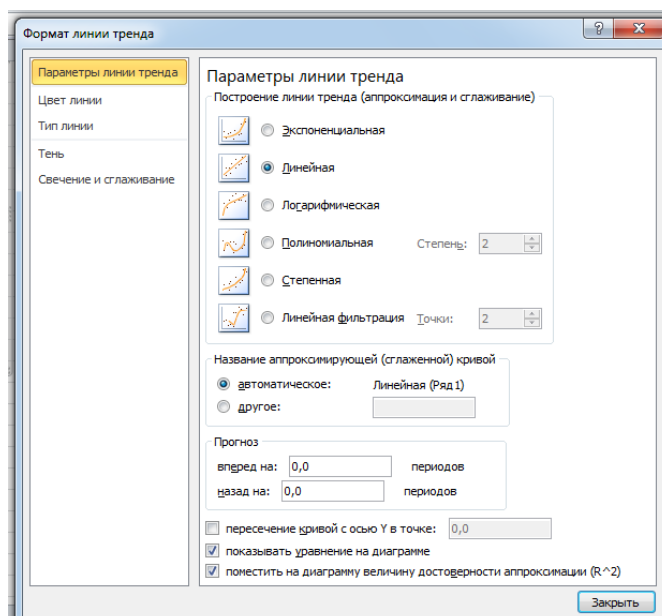


Рис. 2 - Диалоговое окно параметров вывода данных

Для линейного типа аппроксимации  $R^2 = 0,9751$ . Выполняя команды 1-3, найдем  $R^2$  для логарифмического  $R^2 = 0,946$  и степенного типа тренда  $R^2 = 0,9807$ .

Максимальную величину достоверности аппроксимации  $R^2$  получили для степенного типа тренда, поэтому исходные данные описываются степенной зависимостью. Отсюда эмпирическая зависимость, которая наиболее близко описывает связь между  $X$  и  $Y$ , имеет вид  $y = 1,9577 \cdot x^{0,5194}$ .

В связи с малым числом измерений ( $n \leq 50$ ) проверим достоверность связи

$$\sigma_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n-1}} = \frac{1-0,99^2}{\sqrt{7-1}} = 0,0079, \quad \frac{r}{\sigma_r} = \frac{0,99}{0,0079} = 125,27 \geq 3. \text{ Связь достоверна.}$$

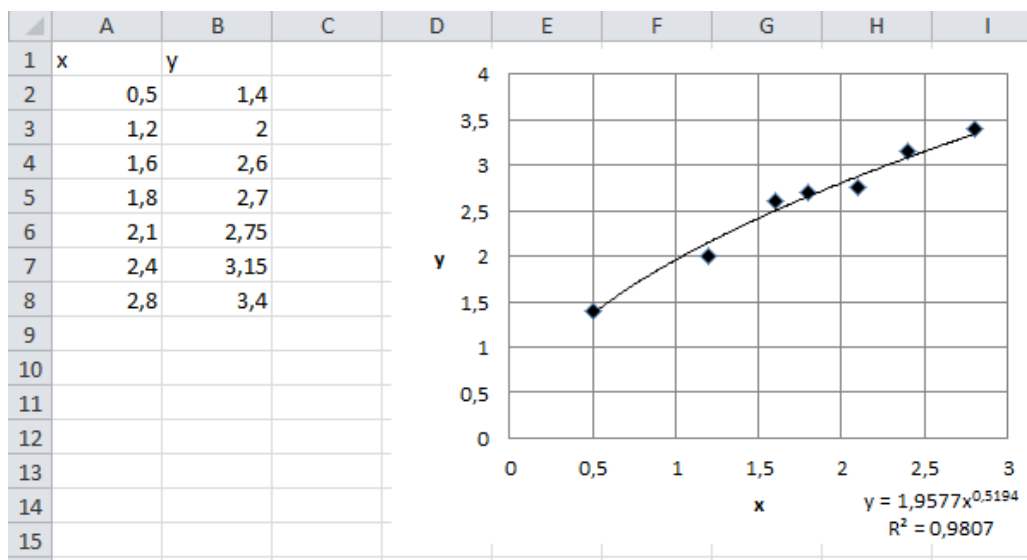


Рис. 3 - График заданной совокупности значений  $X$  и  $Y$  и линии тренда

Задания для практической работы.

1) Построить график заданной совокупности значений аргумента ( $x$ ) и функции ( $y$ ), выбрать и построить линию тренда, определить уравнение регрессии для следующих измерений:

$x$	0,5	1,2	1,6	1,8	2,1	2,4	2,8
$y$	1,4	2,0	2,6	2,7	2,75	3,15	3,4

2) Оценить точность косвенных измерений величины  $Y$  при доверительной вероятности 0,95 для заданных величин  $X_i$ ,  $U_i$  и  $Z_i$ , приведенных в таблице, если известна зависимость

$$Y = \frac{X \cdot U}{Z}.$$

$X_i$	8,0	7,0	9,0	8,0	10,0
$U_i$	1,5	1,6	1,4	1,4	1,3
$Z_i$	2,0	2,2	2,0	2,1	2,3

Определить относительную точность измерения заданной функции.

Пример: ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «Вычисление коэффициентов уравнения линейной регрессии в среде табличного процессора MS Excel»

1 Цель работы

Определить коэффициенты линейной регрессии

2 Оборудование

Персональный компьютер, программа MS Excel

3 Краткая теория

Под регрессионным анализом понимают исследование закономерностей связи между явлениями (процессами), которые зависят от многих, иногда неизвестных, факторов. Суть регрессионного анализа сводится к установлению уравнения регрессии, т. е. вида кривой между случайными величинами (аргументами  $x$  и функцией  $y$ ), оценке тесноты связей между ними, достоверности и адекватности результатов измерений.

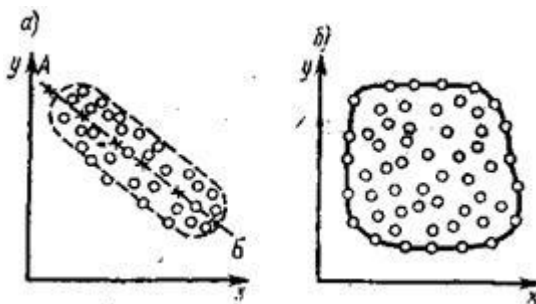


Рисунок 3.1. Корреляционное поле

Чтобы предварительно определить наличие такой связи между  $x$  и  $y$ , наносят точки на график и строят так называемое корреляционное поле (рисунок 3.1). По тесноте группирования точек вокруг прямой или кривой линии, по наклону линии можно визуально судить о наличии корреляционной связи. Так, из рисунка 3.1 а, видно, что экспериментальные данные имеют определенную связь между  $x$  и  $y$ , а измерения, приведенные на рисунке 3.1 б, такой связи не показывают.

Корреляционное поле характеризует вид связи между  $x$  и  $y$ . По форме поля можно ориентировочно судить о форме графика, характеризующего прямолинейную или криволинейную зависимости. Даже для вполне выраженной формы корреляционного поля вследствие статистического характера связи исследуемого явления одно значение  $x$  может иметь несколько значений  $y$ . Если на корреляционном поле усреднить точки, т. е. для каждого значения  $x_i$  определить  $y_i$  и соединить точки  $y_i$  можно будет получить ломаную линию, называемую экспериментальной регрессионной зависимостью (линией).

Наличие ломаной линии объясняется погрешностями измерений, недостаточным количеством измерений, физической сущностью исследуемого явления и др. Если на

корреляционном поле провести плавную линию между  $y_i$ , которая равноудалена от них, то получится новая теоретическая регрессионная зависимость — линия АБ ( см. рисунок 3.1а).

Различают однофакторные (парные) и многофакторные регрессионные зависимости. Парная регрессия при парной зависимости может быть аппроксимирована прямой линией, параболой, гиперболой, логарифмической, степенной или показательной функцией, полиномом и др. Двухфакторное поле можно аппроксимировать плоскостью, параболоидом второго порядка, гиперболоидом. Для переменных факторов связь может быть установлена с помощью  $n$ -мерного пространства уравнениями второго порядка:

При построении теоретической регрессионной зависимости оптимальной является

такая функция, в которой соблюдаются условия наименьших квадратов  $\sum (y_i - \bar{y})^2 = \min$ , где  $y_i$  — фактические ординаты поля;  $\bar{y}$  — среднее значение ординаты с абсциссой  $x$ . Поле корреляции аппроксимируется уравнением прямой  $y = a + bx$ . Линию регрессии рассчитывают из условий наименьших квадратов. При этом кривая АБ (см. рисунок 3.1а) наилучшим образом выравнивает значения постоянных коэффициентов  $a$  и  $b$ , т. е. коэффициентов уравнения регрессии. Их вычисляют по выражениям:

$$b = (n \sum xy - \sum x \sum y) / n \sum x^2 - (\sum x)^2 \quad (3.1)$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} = \frac{\sum y}{n} - b \frac{\sum x}{n} \quad (3.2)$$

Критерием близости корреляционной зависимости между  $x$  и  $y$  к линейной функциональной зависимости является коэффициент парной корреляции или просто коэффициент корреляции  $r$ , показывающий степень тесноты связи  $x$  и  $y$  и определяемый отношением

$$r = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{[n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2] [n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}} \quad (3.3),$$

где  $n$  — число измерений. Значение коэффициента корреляции всегда меньше единицы. При  $r = 1,0$   $x$  и  $y$  связаны функциональной связью (в данном случае линейной), т. е. каждому значению  $x$  соответствует только одно значение  $y$ . Если  $r < 1$ , то линейной связи не существует. При  $r = 0$  линейная корреляционная связь между  $x$  и  $y$  отсутствует, но может существовать нелинейная регрессия. Обычно считают тесноту связи удовлетворительной при  $r \geq 0,5$ ; хорошей при  $r = 0,8 \dots 0,85$ .

#### 4 Порядок проведения работы

С помощью инструмента анализа данных регрессия можно рассчитать показатели результаты регрессионной статистики, дисперсионного анализа, доверительных интервалов, остатки и построить графики подбора линии регрессии. Если в меню сервис еще нет команды анализ данных, то необходимо сделать следующее.

1. Откройте файл и выберите пункт параметры.
2. Выберите команду надстройки, а затем в поле управление выберите пункт надстройки Excel.

3. Нажмите кнопку Перейти. В окне Доступные надстройки установите флажок Пакет анализа, а затем нажмите кнопку ОК.

Совет. Если надстройка Пакет анализа отсутствует в списке поля Доступные надстройки, нажмите кнопку Обзор, чтобы найти ее.

В случае появления сообщения о том, что пакет анализа не установлен на компьютере, нажмите кнопку Да для его установки.

После загрузки пакета анализа в группе Анализ на вкладке Данные становится доступной команда Анализ данных.

Далее следуем по следующему плану.

1. Вносим исходные данные в таблицу MS Excel
2. Выбираем Данные → Анализ данных → Регрессия.

3. Заполняем диалоговое окно ввода данных и параметров вывода (рис.3.2):

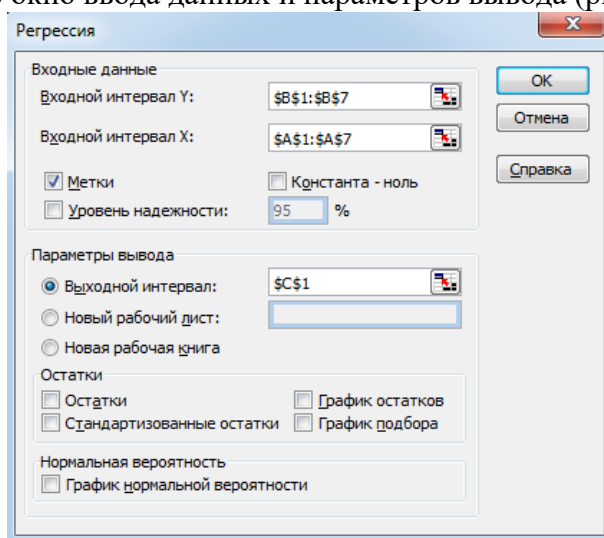


Рисунок 3.2 – Диалоговое окно ввода данных и параметров вывода

Входной интервал Y – диапазон, содержащий данные резульативного признака;

Входной интервал X – диапазон, содержащий данные признака-фактора;

Метки – «флажок», который указывает, содержит ли первая строка названия столбцов;

Константа – ноль – «флажок», указывающий на наличие или отсутствие свободного члена в уравнении;

Выходной интервал – достаточно указать левую верхнюю ячейку будущего диапазона;

Получаем результаты.

Найдены все рассмотренные выше параметры и характеристики уравнения регрессии, за исключением средней ошибки аппроксимации (значение  $t$ -критерия Стьюдента для коэффициента корреляции совпадает с  $t_b$ ). Результаты «ручного счета» от машинного отличаются незначительно (отличия связаны с округлениями).

#### 5 Контрольные вопросы

1. В чем заключается суть регрессионного анализа?
2. Что называется уравнением регрессии?
3. Перечислить этапы построения диаграммы разброса.

### 3.3 Типовые материалы для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Перечень вопросов для зачета:

1. Измерения величин. Шкалы измерения: номинальные, ранговые, количественные (интервалов, отношений).
2. Случайные величины. Законы распределения (нормальный,  $t$ ,  $\chi^2$ ,  $F$ ). Критические точки.
3. Оценка законов распределения и функций плотности распределения вероятностей.
4. Интервальное оценивание. Стандартные примеры интервального оценивания.
5. Модели зависимостей между объясняющими и результирующими переменными.
6. Парная корреляция: Выборочный коэффициент корреляция; его свойства; оценка. Проверка гипотезы об отсутствии корреляционной связи.
7. Аппроксимация зависимостей, как оптимизационная задача. Различные регрессии.
8. Функция регрессии. Определение параметров линейной регрессии методом наименьших квадратов. Оценка остаточной дисперсии. Выбор общего вида функциирегрессии. Адекватность модели.
9. Цель эксперимента. Необходимость активного эксперимента. Факторный эксперимент.
10. Схемы одно- и двухфакторного дисперсионного анализа.

Пример билета для зачета.

Федеральное агентство связи Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО "Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики" в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ)	Экзаменационный билет № <u>5</u>  по дисциплине «Обработка экспериментальных данных»	УТВЕРЖДАЮ: Зав. кафедрой ВМиФ  _____ « <u>04</u> » <u>сентября</u> 2023 г.
--	---	--

Направление 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи Профиль  
Транспортные сети и системы связи Уровень Бакалавриат Факультет ФИИиУ курс 3 семестр  
5

1. Экспериментальное исследование, его сущность.
2. Статистическая обработка результатов измерений.

Подпись преподавателя \_\_\_\_\_

Банк контрольных вопросов, заданий и иных материалов, используемых в процессе процедур текущего контроля и промежуточной аттестации находится в учебно-методическом комплексе дисциплины и/или представлен в электронной информационно-образовательной среде по URI:<http://www.aup.uisi.ru>.

### **3.4 Методические материалы проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся**

Перечень методических материалов для подготовки к текущему контролю и промежуточной аттестации:

1. Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Обработка экспериментальных данных» представлены в электронно-информационной образовательной среде и доступны по URL – <http://aup.uisi.ru/3583983/>.

2. Перечень вопросов к зачету представлен в электронно-информационной образовательной среде и доступны по URL – (<http://aup.uisi.ru/3583983/>).

2. Практические занятия по дисциплине. Задания, на выполнение индивидуальных заданий, представлены в электронно-информационной образовательной среде и доступны по URL – (<http://aup.uisi.ru/3583983/>).

3. Самостоятельная работа по дисциплине. Задания, на выполнение самостоятельной работы, представлены в электронно-информационной образовательной среде и доступны по URL – (<http://aup.uisi.ru/3583983/>).