

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Геолого-географический факультет

УТВЕРЖДАЮ:
Декан

 П. А. Тишин



«30» июня 2022 г.

**Фонд оценочных средств
по дисциплине**

ГЕОСТАТИСТИКА

Направление подготовки
05.04.01 Геология

Направленность (профиль) подготовки:
«Эволюция Земли: геологические процессы и полезные ископаемые»

Фонд оценочных средств соответствует ОС НИ ТГУ по направлению подготовки 05.04.01 Геология, учебному плану направления подготовки 05.04.01 Геология, направленности (профиля) «Эволюция Земли: геологические процессы и полезные ископаемые» и рабочей программе по данной дисциплине.


Полный фонд оценочных средств по дисциплине хранится на кафедре минералогии и геохимии.

Разработчик ФОС:

Асочакова Евгения Михайловна, доцент кафедры минералогии и геохимии геолого-географического факультета, кандидат геолого-минералогических наук.

Экспертиза фонда оценочных средств проведена учебно-методической комиссией факультета, протокол № 6 от 24.06.2022 г.

Руководитель ОПОП
«Эволюция Земли: геологические процессы
и полезные ископаемые»

 П.А. Тишин

1 Компетенции и результаты обучения, формируемые в результате освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-3 Способен самостоятельно обобщать результаты, полученные в процессе решения профессиональных задач, разрабатывать рекомендации их по практическому использованию.

ПК-1 Способен решать стандартные и нестандартные задачи профессиональной деятельности с использованием современных информационных технологий, в т.ч. ГИС- и ГГИС-технологий.

Таблица 1 – Уровни освоения компетенций и критерии их оценивания

Компетенция	Индикатор компетенции	Результаты освоения дисциплины	Критерии оценивания результатов обучения			
			Допороговый	Пороговый	Достаточный	Повышенный
ОПК-3	ИОПК-3.1	Определяет критерии оценки и качество (качественные показатели) выполненных научных исследований / производственных работ (в соответствии с направленностью (профилем) магистратуры) в зависимости от поставленных задач	Отсутствие умений определять критерии оценки и качество (качественные показатели) выполненных научных исследований / производственных работ (в соответствии с направленностью (профилем) магистратуры) в зависимости от поставленных задач	Общие, но не структурированные умения определять критерии оценки и качество (качественные показатели) выполненных научных исследований / производственных работ (в соответствии с направленностью (профилем) магистратуры) в зависимости от поставленных задач	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы умения определять критерии оценки и качество (качественные показатели) выполненных научных исследований / производственных работ (в соответствии с направленностью (профилем) магистратуры) в зависимости от поставленных задач	Сформированное умение определять критерии оценки и качество (качественные показатели) выполненных научных исследований / производственных работ (в соответствии с направленностью (профилем) магистратуры) в зависимости от поставленных задач

ПК-1	ИПК-1.1	Определяет необходимые характеристики геологических объектов и процессов для формирования концептуальной модели в рамках решения задач профессиональной деятельности	Отсутствие умений определять необходимые характеристики геологических объектов и процессов для формирования концептуальной модели в рамках решения задач профессиональной деятельности	Общие, но не структурированные умения определять необходимые характеристики геологических объектов и процессов для формирования концептуальной модели в рамках решения задач профессиональной деятельности	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы умения определять необходимые характеристики геологических объектов и процессов для формирования концептуальной модели в рамках решения задач профессиональной деятельности	Сформированное умение определять необходимые характеристики геологических объектов и процессов для формирования концептуальной модели в рамках решения задач профессиональной деятельности
	ИПК-1.2	На основе компьютерного комплексирования и обработки геологических данных создает цифровые модели геологических объектов и процессов	Отсутствие умений на основе компьютерного комплексирования и обработки геологических данных создавать цифровые модели геологических объектов и процессов	Общие, но не структурированные умения на основе компьютерного комплексирования и обработки геологических данных создавать цифровые модели геологических объектов и процессов	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы умения на основе компьютерного комплексирования и обработки геологических данных создавать цифровые модели геологических объектов и процессов	Сформированное умение на основе компьютерного комплексирования и обработки геологических данных создавать цифровые модели геологических объектов и процессов
	ИПК-1.3	Проводит комплексный анализ и интерпретацию геологической модели с целью получения новых данных для решения задач профессиональной деятельности	Отсутствие умений проводить комплексный анализ и интерпретацию геологической модели с целью получения новых данных для решения задач профессиональной деятельности	Общие, но не структурированные умения проводить комплексный анализ и интерпретацию геологической модели с целью получения новых данных для решения задач профессиональной деятельности	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы умения проводить комплексный анализ и интерпретацию геологической модели с целью получения новых данных для решения задач профессиональной деятельности	Сформированное умение проводить комплексный анализ и интерпретацию геологической модели с целью получения новых данных для решения задач профессиональной деятельности

2 Этапы формирования компетенции в курсе и виды оценочных средств

№	Раздел дисциплины	Результаты освоения дисциплины	Оценочные средства
1	Тема 1. Сфера применения математических методов в геологии. Визуализация и представление геохимических данных	ИОПК-3.1, ИПК-1.1, ИПК-1.2, ИПК-1.3	Тест, задание
2	Тема 2. Статистическая обработка геохимических и минералогических данных	ИОПК-3.1, ИПК-1.1, ИПК-1.2, ИПК-1.3	Тест, задание
3	Тема 3. Математическое моделирование процессов минералообразования в магматических и метаморфических системах	ИОПК-3.1, ИПК-1.1, ИПК-1.2, ИПК-1.3	Тест, задание

4	Тема 4. Математические методы при микроструктурном анализе	ИОПК-3.1, ИПК-1.1, ИПК-1.2, ИПК-1.3	Тест, задание
5	Тема 5. Геостатистика. Роль статистики при подсчете запасов полезных ископаемых	ИОПК-3.1, ИПК-1.1, ИПК-1.2, ИПК-1.3	Тест, задание

3 Типовые задания для проведения текущего контроля успеваемости по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ и тестов по лекционному материалу, контроль выполнения практических работ

ИОПК-3.1, ИПК-1.1, ИПК-1.2, ИПК-1.3

Тест

Пример теста

Тест к разделу дисциплины «Геостатистика»	ФИО:	группа
вопрос	ответ	балл
Понятие генеральной совокупности?		
Причины стандартизации данных?		
Перечислите виды геологической информации?		
Схема построения гистограммы?		

За полный правильный ответ на вопрос теста – 2 балла

Ответ неполный – 1 балл

Ответа нет или ответ неверный – 0 балла

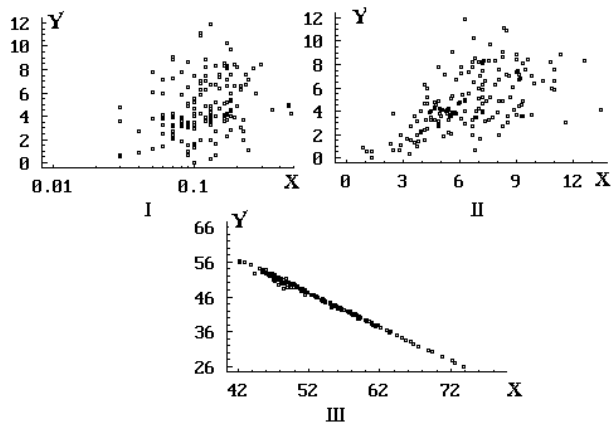
Шкала перевода баллов в оценку текущей успеваемости зависит от количества вопросов в тесте

Количество вопросов в тесте				Оценка
9	8	7	6	
Баллы				
18-17	16-15	14-13	12-11	5
16-13	14-12	12-10	10-9	4
12-9	11-8	9-7	8-6	3
8-менее	7-менее	6-менее	5-менее	2

Пример задания

Тема «Статистические характеристики системы двух случайных величин»

Одним из способов изучения зависимостей между величинами является построение графиков. На координатных осях в заданном масштабе откладываются значения величин и на координатной плоскости или в координатном пространстве получают серию точек, каждая из которых фиксирует совместное наблюдение двух или более признаков. Пусть имеется серия парных наблюдений значений величин X и Y : $x_1y_1; x_2y_2; x_3y_3; \dots; x_ny_n$. По этим данным можно построить график, вид которого будет зависеть от характера зависимости между X и Y .



Типы зависимости между двумя переменными X и Y.

Для случая I можно сказать, что зависимость между X и Y скорее всего отсутствует. Для случая III можно уверенно сказать, что существует четкая функциональная (однозначно описываемая некоторой функцией) зависимость. Во II случае можно предполагать, что зависимость между X и Y имеет место, однако описать эту зависимость с помощью некоторой функции можно лишь примерно. Такая зависимость может быть названа статистической. Она не всегда может быть в явном виде установлена на графике и должна быть оценена с помощью специальных статистических процедур.

Часть I. Коэффициент корреляции

Даны две выборки X и Y, объем выборки n и m

1. Находим среднее арифметическое для каждой выборки, дисперсию (D_x ; D_y) выборки по известным формулам MS Excel, либо в соответствие с представленной ниже таблицей, подготовив необходимые компоненты и подставив в приведённые ранее формулы.

2. Далее находим корреляционный момент (или ковариацию) K_{xy} по формуле:

$$K_{xy} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}). \quad (5.3)$$

Ковариация отражает взаимосвязь между случайными величинами x и y.

3. Рассчитать коэффициент корреляции. Поскольку корреляционный момент имеет размерность, его преобразуют в безразмерную величину по формуле

$$r = \frac{K_{xy}}{D_x D_y}. \quad (5.4)$$

Величина r играет чрезвычайно большую роль в статистических исследованиях и называется **коэффициентом корреляции**.

Номер пробы n	Содержание железа, %		Отклонения и их произведения				
	x	y	$x - \bar{x}$	$y - \bar{y}$	$(x - \bar{x})^2$	$(y - \bar{y})^2$	$(x - \bar{x})(y - \bar{y})$
1	52,0	45,7	14,9	16,6	222,01	275,56	247,34
2	49,4	45,4	12,3	16,3	151,29	265,69	200,49
3	34,5	28,4	-2,6	-0,7	6,76	0,49	1,82
4	41,5	36,6	4,8	7,5	232,04	56,25	36,00
5	36,5	22,1	-0,6	-7,0	0,36	49,00	4,20
6	22,7	10,9	-14,4	-18,2	207,36	331,24	282,08
7	42,3	27,5	5,2	-1,6	27,04	2,56	-8,32
8	20,0	10,3	-17,1	-18,8	292,41	353,44	321,48

9	23,9	17,3	-13,2	-11,8	174,24	139,24	155,76
10	23,8	16,0	-13,3	-13,1	176,89	171,61	174,23
11	33,2	23,8	-0,9	-5,3	15,21	28,09	20,67
12	61,8	55,8	24,7	26,7	610,09	712,89	659,49
13	63,7	57,3	26,6	28,2	707,56	795,24	750,12
14	22,1	15,2	-15,0	-13,9	225,00	193,21	208,50
15	50,0	45,7	12,9	16,6	166,41	275,56	214,14
16	43,4	35,4	6,3	6,3	39,69	39,69	39,69
17	37,0	29,6	-0,1	0,5	0,01	0,25	-0,05
18	28,6	20,7	-8,5	-8,4	72,25	70,56	71,40
19	23,5	13,4	-13,6	-15,7	184,96	246,49	213,52
20	32,0	24,7	-5,1	-4,4	26,01	19,36	22,44
Сумма	742,3	581,8	0,3	-0,2	3328,59	4026,42	3595,00
Среднее	37,1	29,1	-	-	166,43	201,32	179,75
Характеристики	\bar{x}	\bar{y}	-	-	D_x	D_y	K_{xy}

4. Установление значимости r . Коэффициент корреляции, при котором связь считается доказанной, называется *значимым коэффициентом корреляции*. Для установления значимости используется критерий t , основанный на распределении Стьюдента с числом степеней свободы $k = n - 2$:

$$t = \frac{|r|}{S_r} \text{ при } S_r = \sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}}, \quad (3.6)$$

где S_r – оценка среднеквадратичного отклонения коэффициента корреляции.

Квантиль $t_{\text{крит}}$ находим помощью формулы MS Excel «СТЮДЕНТ.ОБР.2Х» (под вероятностью в данной функции понимается именно уровень значимости α ; под n – число степеней свободы, вычисляемое по формуле $n-2$, где n – число пар наблюдений в выборке).

Если $t_{\text{крит}} \leq t$, то *корреляционная связь* считается доказанной.

Для $n \geq 40$ стандартная ошибка коэффициента корреляции может быть рассчитана по следующей формуле:

$$t = \frac{|r|}{\sigma_r} \text{ при } \sigma_r = \sqrt{\frac{1-r^2}{n}}. \quad (3.7)$$

Если $t > 3$ (что соответствует уровню значимости = 0,0027), то связь считается доказанной.

Часть II. Уравнение линейной регрессии

Даны две выборки X и Y , объем выборки n и m

Если между величинами x и y установлена линейная статистическая зависимость (см. Часть I), то представляет интерес найти ее выражение в виде уравнения прямой линии $y = ax + b$ (где a и b – коэффициенты). Такое уравнение называется *уравнением регрессии*. Если величина x неслучайная, то существует одно уравнение регрессии. Если обе величины (x и y) случайные, то имеется два уравнения регрессии и можно вычислять зависимости как y от x , так и x от y .

1. **Расчет уравнения регрессии** сводится к определению наиболее вероятного значения y , когда известно значение x . Это в общем случае две разных прямых, пересекающихся в точке с координатами \bar{x}, \bar{y} . Если $r = 1$ прямые регрессии совпадут и будет иметь место функциональная зависимость y от x , когда каждому значению x отвечает одно значение y .

Прямые регрессии y на x и x на y имеют вид:

$$y = a_1 + b_1x \text{ и } x = a_2 + b_2y,$$

$$\text{где } b_1 = r \frac{S_y}{S_x}, \quad b_2 = r \frac{S_x}{S_y}, \quad a_1 = \bar{y} - b_1 \bar{x}, \quad a_2 = \bar{x} - b_2 \bar{y},$$

или

$$y - \bar{y} = r \frac{S_y}{S_x} (x - \bar{x}) \quad \text{и} \quad x - \bar{x} = r \frac{S_x}{S_y} (y - \bar{y}).$$

r - эмпирический коэффициент корреляции, S_x и S_y - стандартные отклонения случайных величин x и y , \bar{x}, \bar{y} - их средние значения. Коэффициенты b_1 и b_2 называют, соответственно, эмпирическими коэффициентами регрессии y на x и x на y . Они имеют тот же знак, что и эмпирический коэффициент корреляции.

Находим коэффициенты к уравнению регрессии: b_1, b_2, a_1, a_2

2. Дать коэффициентам уравнения регрессии **доверительную интервальную оценку**. В уравнении $y = a_1 + b_1 x$ доверительными границами для a_1 и b_1 служат

$$a_1 \pm t_{\alpha, n-2} \frac{S_y \sqrt{1-r^2}}{\sqrt{n}} \times \sqrt{\frac{n-1}{n-2}} \quad \text{и} \quad b_1 \pm t_{\alpha, n-2} \frac{S_y \sqrt{1-r^2}}{S_x \sqrt{n-2}}, \quad (8.18)$$

где $t_{\alpha, n-2}$ - квантиль распределения Стьюдента для уровня значимости α и $n-2$ степеней свободы, n - длина выборки.

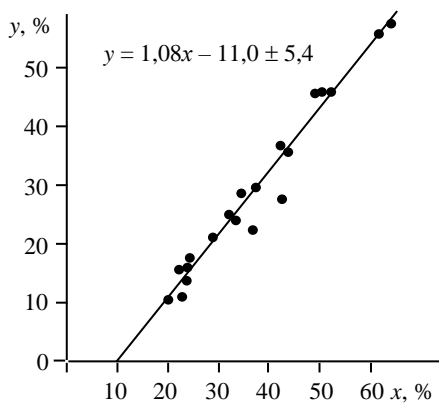


Рис.3.2. Зависимость содержания магнетитового железа x от содержания общего железа y

Для удобных фиксированных значений $x = x_0$ могут быть определены доверительные границы для теоретической прямой регрессии, называемые границами надежности или *фидуциальными границами*. Если $y_0 = a_1 + b_1 x_0$ - оценка y в точке x_0 , то доверительные границы для теоретической прямой регрессии в этой точке будут равны:

$$y_0 \pm t_{\alpha, n-2} \frac{1}{\sqrt{n-2}} \sqrt{1 + \frac{n(x_0 - \bar{x})^2}{(n-1)S_x^2}}, \quad (8.19)$$

где y_0 - значение y , рассчитанное по уравнению регрессии для точки x_0 .

Доверительный интервал расширяется по мере удаления от среднего значения x . Поэтому экстраполяция прямой регрессии далеко за пределы исходного интервала значений аргумента должна быть осторожной.

3. Запишите уравнение регрессии и постройте график зависимости – рис. 3.2.

При выполнении всех практических заданий, обучающийся допущен к выполнению самостоятельного проекта

Практические задания позволяют оценить остаточные знания по пройденным темам дисциплины. Список тем практических заданий:

1. Работа с цифровыми данными в MS Excel, в программе Statistica.
2. Сбор информации для базы данных по теме исследований
3. Проверка закона распределения геологических данных
4. Проверка закона распределения. Дисперсионный анализ

5. Корреляционный анализ
6. Кластерный анализ
7. Регрессионный анализ
8. Факторный анализ
9. Интерпретация данных геостатистики

Критерии оценивания работы:

- За выполнения заданий – зачтено
- Не выполнение – не зачтено

Оценивание результатов освоения дисциплины в ходе текущего контроля происходит на основании критериев, обозначенных в таблице 1. Сводные данные текущего контроля успеваемости по дисциплине отражаются в электронной информационно-образовательной среде НИ ТГУ. Проверка уровня сформированности компетенций осуществляется в процессе промежуточной аттестации.

4 Проверка сформированности компетенций в процессе промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация (зачет) в четвертом семестре проводится в письменной форме по билетам, проверяющим ИОПК-3.1, ИПК-1.1, ИПК-1.2, ИПК-1.3. Билет состоит из теоретического и практического вопроса.

Типовые задания для проведения промежуточной аттестации

Пример билета:

- 1) Описательные статистики геологических данных (ИОПК-3.1)
- 2) Даны результаты статистической обработки данных опробования рудного месторождения: рассчитаны основные статистические (параметры, построена дендрограмма, корреляционная матрица и факторные диаграмма нагрузок.

Ответить на вопросы:

1. Объясните результаты анализа при группировании объектов? (ИПК-1.1.)
2. Каким образом рассчитывается корреляционная матрицы, какие выводы можете сделать по ней? (ИПК-1.2)
3. Приведите общую геохимическую характеристику объекта? (ИПК-1.3)
4. Интерпретация факторных диаграмм и нагрузок? (ИПК-1.3)

5 Шкала формирования итоговой оценки

Зачтено	Приведен ответ на теоретический вопрос и правильно решена задача.
Не зачтено	Приведен ответ на теоретический вопрос и неправильно решена задача.