

Подписано электронной подпись: **Бережинский Данил Григорьевич**
Вершицкий Данил Григорьевич
Должность: Директор
Дата и время: 2025-04-23 00:00:00
471086fad29a3b30e244c728abc3661ab35c9d50210def0e75e03a5b6fdf6436
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Кемеровский государственный университет»
Новокузнецкий институт (филиал)

Факультет информатики, математики и экономики
Кафедра математики, физики и математического моделирования

А.В. Фомина, Н.А. Ноны

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Ранговые корреляции и взаимосвязи в педагогических исследованиях

Методические рекомендации по изучению дисциплины

для обучающихся по направлению подготовки

44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)

Новокузнецк

2019

УДК 519.22(075.8)

ББК 22.172я73

Ф76

Фомина А.В.

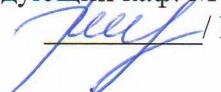
Ф76 Математические методы обработки результатов научных исследований: методические рекомендации по изучению дисциплины для студентов факультета информатики, математики и экономики, обучающихся по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) (профиль «Математика и Физика / А.В. Фомина, Н.А. Ноң; Новокузнецкий ин-т (фил.) Кемеров. гос. ун-та. – Новокузнецк: НФИ КемГУ, 2019 – 27 с.

В работе изложены методические рекомендации по изучению темы «Ранговые корреляции и взаимосвязи в педагогических исследованиях» дисциплины «Математические методы обработки результатов научных исследований»: основные теоретические сведения, варианты индивидуального задания, методические рекомендации к выполнению индивидуального задания, примеры решения типовых заданий, критерии оценки учебной деятельности студента, список основной и дополнительной литературы.

Методические рекомендации предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки), профиль: «Математика и Физика».

Рекомендовано на заседании кафедры математики, физики и математического моделирования
Протокол № 3 от 04.10.2019

Заведующий каф. МФММ

 / Е.В.Решетникова

Утверждено методической комиссией факультета информатики, математики и экономики
Протокол
№ 3 от 14.11.2019

Председатель методической комиссии ФИМЭ
 Г.Н.Бойченко

УДК 519.22(075.8)
ББК 22.172я73
Ф76

© Фомина Анжелла Владимировна, Ноң Наталья Александровна
© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кемеровский государственный университет», Новокузнецкий институт (филиал), 2019

Оглавление

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	4
1. КОЭФФИЦИЕНТ КОРРЕЛЯЦИИ	5
2. КОЭФФИЦИЕНТ КОНКОРДАЦИИ	7
3. ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ ПО ТЕМЕ «РАНГОВЫЕ КОРРЕЛЯЦИИ И ВЗАИМОСВЯЗИ В ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ»	7
4. РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЗАДАНИЯ	20
5. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	26
6. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	27

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящие методические рекомендации адресованы студентам, получающим квалификацию бакалавр по направлению подготовки: 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки), профиль: «Математика и Физика».

Математические методы применяются для обработки данных, полученных в результате проведения педагогического эксперимента, а также для установления количественных зависимостей между изучаемыми явлениями. Обработка результатов эксперимента с помощью математических методов позволяет наглядно отобразить выявленные зависимости в виде графиков, таблиц, диаграмм. Методы математической статистики дают возможность устанавливать степень достоверности сходства и различия исследуемых объектов на основании результатов измерений их показателей.

Целью изучения темы «Ранговые корреляции и взаимосвязи в педагогических исследованиях» дисциплины «Математические методы обработки результатов научных исследований» является формирование профессиональной компетентности, основанной на применении математических методов для анализа данных в педагогических исследованиях.

Для достижения поставленной цели необходимо сформировать у студентов:

- 1) систему знаний, позволяющую осуществлять выявление меры связи между отдельными явлениями (объектами);
- 2) навыки, умения и готовность использования в будущей профессиональной деятельности полученных знаний курса «Математические методы обработки результатов научных исследований».

В методические рекомендации включено: основные теоретические сведения, варианты индивидуального задания, методические рекомендации к выполнению индивидуального задания, примеры решения типовых заданий, критерии оценки учебной деятельности студента, список основной и дополнительной литературы.

Теоретические сведения и приведенные примеры решения некоторых заданий представлены в объеме, достаточном для подготовки к

практическим занятиями выполнения индивидуальных заданий.

Таким образом, данные методические материалы позволяют получить студенту целостное представление о содержании темы «Ранговые корреляции и взаимосвязи в педагогических исследованиях» курса “Математические методы обработки результатов научных исследований”, подготовиться к практическим занятиям по данной теме, успешно выполнить индивидуальное задание. Методические рекомендации могут оказаться полезными при написании курсовых и выпускных квалификационных работ, а также при прохождении производственной (педагогической) практики.

1. КОЭФФИЦИЕНТ КОРРЕЛЯЦИИ

Коэффициент ранговой корреляции – это число, по которому определяют характер и силу связи измеряемых величин. По характеру связь может быть прямой или обратной. *Прямая связь* характеризует зависимость, при которой увеличение или уменьшение значения одного признака ведет, соответственно, к увеличению или уменьшению – второго. *Обратная связь* характеризуется такой зависимостью, когда при увеличении одного признака второй уменьшается или, наоборот, при уменьшении одного, второй – увеличивается.

Коэффициент ранговой корреляции выявляет характер и силу связи.

Свойства коэффициента корреляции:

1. Значения коэффициента корреляции изменяются в пределах от -1 до +1.
2. Если коэффициент корреляции отрицательный, то связь обратная; если положительный, то связь прямая.
3. Если коэффициент корреляции равен 1, то связь строго прямая.
4. Если коэффициент корреляции равен -1, то связь строго обратная.
5. Если коэффициент корреляции равен 0, то связь между величинами практически отсутствует.
6. Чем ближе модуль коэффициента корреляции к 1, тем более сильной является связь между измеряемыми величинами.

Сила корреляционной связи между признаками оценивается по величине коэффициента корреляции согласно таблице:

Коэффициент корреляции	Характеристика силы связи
$ r < 0.1$	связь практически отсутствует
$0.1 < r < 0.3$	слабая связь
$0.3 < r < 0.5$	умеренная связь
$0.5 < r < 0.7$	связь средней силы
$0.7 < r < 0.9$	сильная связь
$0.9 < r < 1$	очень сильная связь

Основными коэффициентами корреляции являются коэффициент корреляции Пирсона и коэффициент корреляции Спирмена.

Коэффициент корреляции Спирмена вычисляется по формуле:

$$r_s = 1 - \frac{6 \cdot \sum_i d_i^2}{(n-1)n(n+1)}, \quad (1)$$

где d_i – разность соответствующих рангов величин X и Y , n – объем выборки.

Для определения ранга значения величины X располагают в порядке возрастания (убывания), т.е. $x_1 < x_2 < \dots < x_n$ ($x_1 > x_2 > \dots > x_n$). Тогда значение x_i величины X можно заменить рангом i этого значения. При наличии равных показателей у записанных значений им присваивается общий ранг, равный среднему арифметическому соответствующих вариантных мест.

Ранжированием называется замена значений величины X на соответствующие ранги.

Выборочный коэффициент корреляции Пирсона будем определять по формуле:

$$r_e = \frac{k(X; Y)}{\sqrt{D(X) \cdot D(Y)}}, \quad (2)$$

где $k(X; Y) = \frac{1}{n} \sum_{i,j} (x_i - \bar{x})(y_j - \bar{y}) n_{ij}$ – ковариация; n – объем выборки;

\bar{x}, \bar{y} – выборочные средние для величин X и Y соответственно; n_{ij} – частота, с которой встречаются в полученных выборках x_i и y_j ; $D(X), D(Y)$ – выборочные дисперсии.

2. КОЭФФИЦИЕНТ КОНКОРДАЦИИ

Иногда в педагогических исследованиях требуется определить взаимосвязь нескольких величин. В этом случае используется коэффициент конкордации, вычисляемый по формуле:

$$w = \frac{12S}{m^2(n-1)n(n+1)}, \quad (3)$$

где n - объем выборки; m - количество измеряемых величин;

$$S = \sum_i R_i^2 - \frac{\left(\sum_i R_i \right)^2}{n}; R_i - \text{сумма рангов в строке.}$$

3. ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ ПО ТЕМЕ «РАНГОВЫЕ КОРРЕЛЯЦИИ И ВЗАИМОСВЯЗИ В ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ»

Задание 1.

Определить характер и силу связи между результатами ЕГЭ по математике и информатике, используя данные таблицы.

1.

Ученик	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Матем.	100	95	87	85	71	69	68	65	62	58	53	49	44	36	31
Информ.	80	69	71	100	97	55	50	47	77	85	37	44	33	52	60

2.

Ученик	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Матем.	99	93	84	82	80	79	61	59	57	55	43	41	40	35	30
Информ.	89	100	94	95	71	62	53	61	62	40	41	32	33	73	30

3.

Ученик	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Матем.	95	91	87	80	71	70	69	67	62	54	51	48	42	36	33
Информ.	80	65	70	98	97	56	50	48	72	81	36	47	34	51	61

4.

Ученик	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Матем.	99	92	87	83	71	70	68	65	54	50	45	43	38	36	31
Информ.	57	89	60	91	93	68	74	50	64	45	47	33	80	39	49

5.

Ученик	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Матем.	98	96	84	80	79	77	74	60	59	57	56	40	39	35	30
Информ.	45	84	66	100	79	99	78	30	38	64	49	86	55	89	71

6.

Ученик	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Матем.	100	98	95	83	79	75	69	65	60	57	53	47	41	34	32
Информ.	71	89	55	86	49	64	38	30	78	99	79	100	66	84	45

7.

Ученик	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Матем.	98	96	92	87	82	70	65	52	50	47	45	41	39	36	30
Информ.	94	93	72	78	63	53	44	56	32	66	33	87	80	49	90

8.

Ученик	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Матем.	99	90	86	82	70	63	55	45	43	40	39	37	36	34	31
Информ.	86	83	75	92	40	41	48	58	63	64	35	99	97	33	56

9.

Ученик	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Матем.	98	97	90	89	84	79	70	50	49	35	34	33	32	31	30
Информ.	36	92	90	93	83	72	50	73	85	41	100	90	80	35	60

10.

Ученик	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Матем.	97	93	91	87	86	70	69	68	67	61	59	52	49	41	30
Информ.	52	87	30	93	46	68	69	31	67	95	86	77	42	43	45

11.

Ученик	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Матем.	98	94	92	88	87	71	70	69	68	62	60	53	49	42	30
Информ.	53	88	31	94	46	68	70	35	68	96	87	78	43	44	46

12.

Ученик	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Матем.	99	86	74	73	69	60	52	51	49	48	44	41	40	37	35
Информ.	36	97	65	71	98	69	80	34	73	100	91	31	43	55	51

13.

Ученик	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Матем.	99	92	90	86	81	79	76	75	64	52	47	45	36	34	31
Информ.	60	53	98	63	74	72	100	58	71	66	97	54	47	46	32

14.

Ученик	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Матем.	98	97	93	90	88	85	84	82	80	76	75	70	66	65	60
Информ.	71	85	74	67	92	54	80	96	61	93	72	90	88	65	63

15.

Ученик	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Матем.	97	92	90	89	87	85	83	82	80	78	75	70	69	65	60
Информ.	70	85	76	97	88	84	99	73	63	90	89	80	87	59	55

16.

Ученик	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Матем.	99	95	90	84	80	73	70	50	45	43	41	40	37	33	30
Информ.	93	94	58	45	33	50	78	92	86	73	89	80	67	59	55

17.

Ученик	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Матем.	99	97	90	85	81	80	78	76	74	70	70	69	54	40	30
Информ.	94	87	60	54	30	64	97	99	100	82	34	54	70	75	78

18.

Ученик	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Матем.	100	94	80	74	70	65	65	50	50	45	44	41	39	35	30
Информ.	87	90	100	62	54	40	97	42	30	85	100	30	68	94	78

19.

Ученик	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Матем.	99	97	90	86	82	79	75	73	65	61	59	53	50	47	40
Информ.	33	89	48	54	69	37	40	86	31	37	35	68	70	73	55

20.

Ученик	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Матем.	93	87	80	79	77	72	68	63	59	57	53	52	51	46	37
Информ.	37	50	73	88	76	71	33	48	41	89	31	39	72	83	99

Задание 2.

Определить характер и силу связи между оценками в проведенных контрольных работ по математике и физике (найти ковариацию и выборочный коэффициент корреляции).

1.

		Оценка по математике	2	3	4	5
Оценка по физике	2	1	2	1	3	
	3	3	4	-	5	
4	4	2	2	-		
5	1	1	-	1		

2.

		Оценка по математике	2	3	4	5
Оценка по физике	2	6	-	1	4	
	3	-	2	-	3	
4	1	-	1	8		
5	3	-	-	1		

3.

		Оценка по математике	2	3	4	5
Оценка по физике	2	3	2	2	1	
	3	3	1	-	1	
4	5	-	1	6		
5	1	4	-	-		

4.

		Оценка по математике	2	3	4	5
Оценка по физике	2	-	3	-	5	
	3	3	2	4	-	
4	-	2	-	4		
5	1	-	3	3		

5.

		Оценка по математике	2	3	4	5
Оценка по физике	2	-	1	3	4	
	3	2	1	3	1	
4	4	2	-	1		
5	-	1	4	3		

6.

		Оценка по математике	2	3	4	5
Оценка по физике	2	3	-	2	1	
	3	4	-	1	4	
4	-	3	2	2		
5	5	-	2	1		

7.

		Оценка по математике	2	3	4	5
Оценка по физике	2	1	-	3	4	
	3	-	5	-	3	
4	2	3	2	-		
5	-	4	-	3		

8.

		Оценка по математике	2	3	4	5
Оценка по физике	2	1	2	2	-	
	3	-	4	5	-	
4	-	4	2	3		
5	-	-	4	3		

9.

Оценка по математике	2	3	4	5
Оценка по физике	2	1	-	-
	3	1	5	-
	4	-	5	1
	5	-	1	3

10.

Оценка по математике	2	3	4	5
Оценка по физике	2	2	4	3
	3	-	1	1
	4	-	2	3
	5	-	5	3

11.

Оценка по математике	2	3	4	5
Оценка по физике	2	1	4	2
	3	-	2	4
	4	-	2	5
	5	1	4	-

12.

Оценка по математике	2	3	4	5
Оценка по физике	2	1	4	6
	3	2	-	3
	4	-	-	1
	5	-	1	2

13.

Оценка по математике	2	3	4	5
Оценка по физике	2	1	-	2
	3	-	3	5
	4	-	2	3
	5	1	3	2

14.

Оценка по математике	2	3	4	5
Оценка по физике	2	-	3	1
	3	1	2	-
	4	2	5	1
	5	-	4	1

15.

Оценка по математике	2	3	4	5
Оценка по физике	2	2	1	-
	3	2	4	1
	4	1	5	2
	5	-	2	4

16.

Оценка по математике	2	3	4	5
Оценка по физике	2	2	3	2
	3	4	1	3
	4	-	2	1
	5	-	3	3

17.

Оценка по математике	2	3	4	5
Оценка по физике	2	3	-	2
	3	2	3	1
	4	4	3	-
	5	-	3	3

18.

Оценка по математике	2	3	4	5
Оценка по физике	2	1	2	2
	3	3	1	4
	4	2	2	2
	5	1	3	1

19.

Оценка по математике		2	3	4	5
Оценка по физике	2	2	3	1	1
3	1	3	4	1	
4	1	3	3	1	
5	2	1	1	2	

20.

Оценка по математике		2	3	4	5
Оценка по физике	2	-	1	1	3
3	1	3	1	2	
4	4	4	3	-	
5	2	-	3	2	

Задание 3.

Построить корреляционную матрицу ранговой попарной связи результатов трех тестирований 15 студентов. Результаты ранжирования тестирования студентов представлены в таблице.

1.

Тест А (ранг)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Тест В (ранг)	3	4	9	6	11	5	12	2	7	15	14	8	10	1	13
Тест С (ранг)	2	6	5	4	9	15	1	10	14	12	11	3	7	13	8

2.

Тест А (ранг)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Тест В (ранг)	15	1	5	14	7	6	2	8	11	3	4	10	9	12	13
Тест С (ранг)	13	14	2	11	10	12	1	9	15	3	5	6	4	7	8

3.

Тест А (ранг)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Тест В (ранг)	11	2	12	8	5	1	10	13	6	3	9	14	4	7	15
Тест С (ранг)	13	12	10	3	4	2	14	15	1	8	7	6	9	11	5

4.

Тест А (ранг)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Тест В (ранг)	1	15	11	10	14	12	4	3	13	6	5	9	1	8	7
Тест С (ранг)	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

5.

Тест А (ранг)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Тест В (ранг)	7	11	5	8	1	14	9	2	13	3	10	15	4	12	6
Тест С (ранг)	5	10	4	8	15	14	2	13	9	3	6	12	7	11	1

6.

Тест А (ранг)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Тест В (ранг)	5	9	7	11	4	15	14	1	13	6	10	2	8	12	3
Тест С (ранг)	3	4	8	2	6	11	9	14	5	12	15	7	10	13	1

7.

Тест А (ранг)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Тест В (ранг)	11	8	10	15	3	13	2	14	1	12	6	9	5	4	7
Тест С (ранг)	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

8.

Тест А (ранг)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Тест В (ранг)	12	13	15	7	1	14	6	2	11	3	5	9	8	4	10
Тест С (ранг)	5	10	6	11	7	9	8	12	1	3	13	2	14	15	4

9.

Тест А (ранг)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Тест В (ранг)	11	12	15	13	1	14	2	6	4	5	3	10	7	8	9
Тест С (ранг)	7	6	5	8	13	12	1	14	9	2	4	3	15	11	10

10.

Тест А (ранг)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Тест В (ранг)	3	8	15	4	11	14	2	7	13	1	5	10	12	6	9
Тест С (ранг)	10	9	15	2	14	8	1	4	11	3	7	12	5	13	6

11.

Тест А (ранг)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Тест В (ранг)	4	1	6	8	2	10	15	3	12	5	13	7	11	14	9
Тест С (ранг)	2	5	3	1	11	4	13	8	6	10	15	7	12	14	9

12.

Тест А (ранг)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Тест В (ранг)	1	4	8	11	9	13	5	14	7	2	15	10	12	3	6
Тест С (ранг)	10	2	6	7	4	11	15	5	8	1	12	9	13	3	14

13.

Тест А (ранг)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Тест В (ранг)	4	6	1	2	11	7	9	10	15	3	5	8	12	14	13
Тест С (ранг)	15	13	10	7	9	6	4	1	3	5	8	12	14	11	2

14.

Тест А (ранг)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Тест В (ранг)	13	4	1	6	9	15	12	7	10	14	2	3	5	8	11
Тест С (ранг)	2	10	14	7	15	9	12	3	4	1	6	5	8	11	13

15.

Тест А (ранг)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Тест В (ранг)	11	8	5	3	2	14	10	7	15	12	6	9	4	1	13
Тест С (ранг)	13	8	11	5	4	6	1	3	12	15	9	7	14	2	10

16.

Тест А (ранг)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Тест В (ранг)	10	12	13	1	5	4	3	2	11	15	8	6	9	14	7
Тест С (ранг)	7	1	8	2	6	5	11	10	3	12	4	15	13	9	14

17.

Тест А (ранг)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Тест В (ранг)	11	15	2	3	1	5	4	6	10	12	13	8	7	9	14
Тест С (ранг)	10	1	3	9	8	6	5	11	4	14	15	2	7	13	12

18.

Тест А (ранг)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Тест В (ранг)	3	4	5	1	9	7	6	11	10	13	14	12	2	8	15
Тест С (ранг)	2	3	4	1	8	6	5	10	9	7	15	11	13	12	14

19.

Тест А (ранг)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Тест В (ранг)	2	4	3	1	8	7	6	5	9	15	14	13	12	11	10
Тест С (ранг)	4	2	8	3	1	5	7	6	13	12	14	15	9	10	11

20.

Тест А (ранг)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Тест В (ранг)	2	5	7	10	11	12	15	9	1	8	3	14	6	4	13
Тест С (ранг)	5	12	6	1	8	13	3	10	2	11	4	15	7	14	9

Задание 4.

Итоги ЕГЭ по 4 предметам (средний балл за 2010 год по Кемеровской области) приведены в таблице.

- 1) Определить как связаны успехи по всем 4 предметам, рассчитать коэффициент конкордации.
- 2) Рассчитать коэффициент корреляции Спирмена, составить корреляционную матрицу.

1.

предмет город	Русский язык (баллы)	Математика (баллы)	Физика (баллы)	Информатика (баллы)
Кемерово	61,34	59,39	43,74	54,83
Новокузнецк	65,00	61,39	48,99	51,39
Белово	60,15	48,81	39,91	35,54
Прокопьевск	59,81	47,71	41,51	35,58
Киселёвск	55,01	51,14	59,16	61,01
Таштагол	54,16	54,18	60,09	61,15
Ленинск-Кузнецк	58,17	39,83	35,15	42,21
Кемеровская обл.	49,17	40,04	30,17	43,44

2.

предмет город	Русский язык (баллы)	Математика (баллы)	Физика (баллы)	Информатика (баллы)
Кемерово	48,76	35,43	35,45	37,89
Новокузнецк	41,51	64,44	49,51	41,98
Белово	31,52	54,83	53,41	52,98
Прокопьевск	57,10	58,91	61,39	54,34
Киселёвск	51,80	51,01	58,88	56,34
Таштагол	61,31	43,04	60,01	61,11
Ленинск-Кузнецк	44,54	49,69	44,01	60,15
Кемеровская обл.	53,68	61,10	52,02	63,44

3.

предмет город	Русский язык (баллы)	Математика (баллы)	Физика (баллы)	Информатика (баллы)
Кемерово	61,50	65,00	60,99	37,40
Новокузнецк	39,45	55,44	64,99	37,17
Белово	36,52	35,33	35,17	55,55
Прокопьевск	55,55	40,15	46,46	48,40
Киселёвск	47,17	41,11	36,59	63,30
Таштагол	44,44	42,15	36,44	64,40
Ленинск-Кузнецк	64,56	61,44	36,32	38,38
Кемеровская обл.	51,40	60,55	37,88	37,37

4.

предмет город	Русский язык (баллы)	Математика (баллы)	Физика (баллы)	Информатика (баллы)
Кемерово	51,55	57,88	63,45	53,50
Новокузнецк	37,20	62,44	42,42	39,17
Белово	63,46	47,77	41,33	48,92
Прокопьевск	41,16	41,15	40,23	56,60
Киселёвск	58,99	54,15	52,17	61,45
Таштагол	49,99	45,66	60,44	38,33
Ленинск-Кузнецк	53,46	40,22	63,47	64,60
Кемеровская обл.	59,60	55,16	43,55	65,00

5.

предмет город	Русский язык (баллы)	Математика (баллы)	Физика (баллы)	Информатика (баллы)
Кемерово	37,01	39,09	40,45	41,39
Новокузнецк	39,79	50,07	37,73	64,73
Белово	47,57	52,75	41,14	60,98
Прокопьевск	35,04	61,68	38,85	54,60
Киселёвск	47,07	39,97	38,87	60,54
Таштагол	53,33	35,05	61,17	40,04
Ленинск-Кузнецк	57,05	39,87	39,10	51,15
Кемеровская обл.	46,03	36,81	39,70	60,58

6.

предмет город	Русский язык (баллы)	Математика (баллы)	Физика (баллы)	Информатика (баллы)
Кемерово	56,02	55,06	57,35	56,81
Новокузнецк	57,98	51,67	53,44	50,70
Белово	59,49	54,40	56,67	55,55
Прокопьевск	59,44	49,98	53,41	48,70
Киселёвск	52,90	50,34	54,80	55,70
Таштагол	50,40	40,99	58,01	59,65
Ленинск-Кузнецк	28,89	49,79	52,44	64,01
Кемеровская обл.	49,30	49,04	54,49	35,98

7.

предмет город	Русский язык (баллы)	Математика (баллы)	Физика (баллы)	Информатика (баллы)
Кемерово	55,01	54,75	56,34	55,76
Новокузнецк	56,97	50,66	52,14	49,60
Белово	58,39	52,11	52,66	54,54
Прокопьевск	64,99	47,30	52,49	47,68
Киселёвск	51,80	49,33	53,79	54,36
Таштагол	49,30	39,81	57,02	58,64
Ленинск-Кузнецк	48,38	37,94	51,55	50,20
Кемеровская обл.	37,87	49,78	53,44	46,34

8.

предмет город	Русский язык (баллы)	Математика (баллы)	Физика (баллы)	Информатика (баллы)
Кемерово	39,60	47,03	39,40	50,47
Новокузнецк	43,71	53,72	51,70	63,50
Белово	61,31	50,43	63,72	47,30
Прокопьевск	49,52	34,05	38,64	37,40
Киселёвск	37,32	45,73	61,40	35,65
Таштагол	39,70	37,81	39,91	42,30
Ленинск-Кузнецк	42,39	53,40	50,42	37,20
Кемеровская обл.	47,34	35,24	50,31	49,80

9.

предмет город	Русский язык (баллы)	Математика (баллы)	Физика (баллы)	Информатика (баллы)
Кемерово	39,60	47,03	39,40	50,47
Новокузнецк	43,71	53,72	51,70	63,50
Белово	61,31	50,43	63,72	47,30
Прокопьевск	49,52	34,05	38,64	37,40
Киселёвск	37,32	45,73	61,40	35,65
Таштагол	39,70	37,81	39,91	42,30
Ленинск-Кузнецк	42,39	53,40	50,42	37,20
Кемеровская обл.	47,34	35,24	50,31	49,80

10.

предмет город	Русский язык (баллы)	Математика (баллы)	Физика (баллы)	Информатика (баллы)
Кемерово	63,80	42,30	40,40	34,98
Новокузнецк	34,98	64,32	64,64	53,99
Белово	64,93	64,53	39,81	40,83
Прокопьевск	58,90	43,87	35,40	64,64
Киселёвск	64,93	64,47	56,99	60,58
Таштагол	64,47	40,40	38,32	39,94
Ленинск-Кузнецк	52,19	64,64	53,99	63,80
Кемеровская обл.	48,92	49,56	48,58	44,83

11.

предмет город	Русский язык (баллы)	Математика (баллы)	Физика (баллы)	Информатика (баллы)
Кемерово	36,84	57,13	39,38	43,87
Новокузнецк	42,30	54,86	64,33	53,99
Белово	34,98	39,16	38,38	56,32
Прокопьевск	40,83	48,92	35,40	64,93
Киселёвск	64,53	64,32	63,80	60,59
Таштагол	58,90	40,40	48,92	58,44
Ленинск-Кузнецк	52,19	51,77	60,58	39,94
Кемеровская обл.	64,47	38,32	64,64	39,81

12.

предмет город	Русский язык (баллы)	Математика (баллы)	Физика (баллы)	Информатика (баллы)
Кемерово	50,32	62,34	64,01	39,39
Новокузнецк	49,75	39,10	35,84	50,20
Белово	60,12	48,52	36,18	50,32
Прокопьевск	41,20	49,68	51,18	44,21
Киселёвск	37,80	41,20	49,62	51,18
Таштагол	44,43	64,52	54,52	53,97
Ленинск-Кузнецк	56,42	39,48	53,47	37,18
Кемеровская обл.	39,39	58,11	62,38	60,31

13.

предмет город	Русский язык (баллы)	Математика (баллы)	Физика (баллы)	Информатика (баллы)
Кемерово	49,75	37,80	44,43	56,42
Новокузнецк	39,10	41,20	64,52	39,48
Белово	35,84	49,62	54,52	53,47
Прокопьевск	50,20	49,68	53,96	54,95
Киселёвск	60,12	51,18	54,34	37,18
Таштагол	48,52	44,21	58,32	42,24
Ленинск-Кузнецк	36,18	37,25	41,29	54,11
Кемеровская обл.	60,32	62,34	64,01	39,39

14.

предмет город	Русский язык (баллы)	Математика (баллы)	Физика (баллы)	Информатика (баллы)
Кемерово	55,61	61,23	45,12	42,37
Новокузнецк	62,15	39,57	36,10	51,71
Белово	43,28	58,16	59,13	63,13
Прокопьевск	54,36	64,12	64,82	36,41
Киселёвск	37,45	44,92	63,73	52,20
Таштагол	61,17	49,29	45,81	49,10
Ленинск-Кузнецк	64,99	37,92	37,92	64,13
Кемеровская обл.	57,31	44,18	44,18	59,16

15.

предмет город	Русский язык (баллы)	Математика (баллы)	Физика (баллы)	Информатика (баллы)
Кемерово	64,38	57,85	42,73	39,81
Новокузнецк	56,41	63,61	59,75	64,19
Белово	45,54	39,40	49,32	37,22
Прокопьевск	61,67	51,78	36,25	44,18
Киселёвск	38,55	62,43	39,68	58,11
Таштагол	44,71	44,59	48,47	59,28
Ленинск-Кузнецк	59,69	36,60	64,34	61,64
Кемеровская обл.	64,40	55,42	59,17	45,56

16.

предмет город	Русский язык (баллы)	Математика (баллы)	Физика (баллы)	Информатика (баллы)
Кемерово	44,85	61,44	59,48	42,33
Новокузнецк	50,52	61,34	54,45	43,45
Белово	39,41	64,45	50,11	51,58
Прокопьевск	36,46	52,57	40,45	60,12
Киселёвск	48,93	57,44	39,82	58,36
Таштагол	52,39	58,99	49,12	45,36
Ленинск-Кузнецк	51,46	45,51	50,23	52,42
Кемеровская обл.	60,36	61,45	64,45	50,56

17.

предмет город	Русский язык (баллы)	Математика (баллы)	Физика (баллы)	Информатика (баллы)
Кемерово	46,76	60,12	59,45	42,32
Новокузнецк	50,51	61,33	54,44	43,45
Белово	39,40	64,45	50,01	51,58
Прокопьевск	36,45	52,56	40,44	60,11
Киселёвск	48,92	57,39	39,81	58,33
Таштагол	52,38	58,98	49,11	45,35
Ленинск-Кузнецк	51,45	45,50	50,22	52,41
Кемеровская обл.	60,35	61,45	64,44	50,55

18.

предмет город	Русский язык (баллы)	Математика (баллы)	Физика (баллы)	Информатика (баллы)
Кемерово	54,70	50,30	61,94	64,99
Новокузнецк	39,44	52,87	55,25	40,41
Белово	39,99	42,87	49,70	61,27
Прокопьевск	60,70	59,84	57,27	62,81
Киселёвск	64,79	63,23	60,74	64,96
Таштагол	42,71	54,31	53,78	54,89
Ленинск-Кузнецк	38,26	42,54	46,64	52,92
Кемеровская обл.	62,70	36,11	51,70	39,49

19.

предмет город	Русский язык (баллы)	Математика (баллы)	Физика (баллы)	Информатика (баллы)
Кемерово	37,33	43,52	54,22	60,28
Новокузнецк	60,21	55,90	39,81	54,90
Белово	62,94	63,50	64,91	60,21
Прокопьевск	48,12	49,50	50,14	52,08
Киселёвск	63,84	39,87	57,64	48,28
Таштагол	39,42	40,28	40,34	57,27
Ленинск-Кузнецк	39,41	39,52	40,42	50,81
Кемеровская обл.	59,41	61,21	63,33	64,21

20.

предмет город	Русский язык (баллы)	Математика (баллы)	Физика (баллы)	Информатика (баллы)
Кемерово	61,23	51,71	50,5	39,47
Новокузнецк	55,61	45,43	60,3	42,4
Белово	36,71	65,31	60,6	43,57
Прокопьевск	60,33	44,45	55,44	46,56
Киселёвск	49,61	48,37	43,4	47,9
Таштагол	50,89	51,3	46,7	49,5
Ленинск-Кузнецк	52,14	40,1	57,3	59,1
Кемеровская обл.	47,47	35,5	37,7	62,4

4. РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЗАДАНИЯ

Задание 1.

Определить характер и силу связи между результатами ЕГЭ по математике и информатике, используя данные таблицы.

Ученик	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Матем.	93	87	81	79	77	72	69	63	58	57	63	52	51	45	37
Информ.	37	52	73	88	76	73	33	48	48	89	31	39	74	85	99

Решение:

Определим характер и силу связи между результатами ЕГЭ по математике и информатике, вычислив коэффициент корреляции Спирмена по формуле (1). Для этого проранжируем табличные данные в порядке убывания и найдем квадраты разностей соответствующих рангов.

Матем. (ранг)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Информ. (ранг)	13	9	7.5	3	5	7.5	14	10.5	10.5	2	15	12	6	4	1
d_i^2	144	49	20.25	1	0	2.25	49	6.25	2.25	64	16	0	49	100	196

$$\sum_i d_i^2 = 699, n=15, r_s = 1 - \frac{6 \cdot 699}{(15-1) \cdot 15 \cdot (15+1)} = 0.25.$$

Вывод: прямая слабая связь.

Задание 2.

Определить характер и силу связи между оценками, в проведенных контрольных работ по математике и физике (найти ковариацию и выборочный коэффициент корреляции).

		Оценка по математике	2	3	4	5
Оценка по физике	2	-	1	2	3	
	3	1	4	1	2	
4	4	4	3	-		
5	2	-	3	-		

Решение:

Объем выборки: $n=30$.

Пусть X —оценки по физике, Y —оценки по математике.

Для нахождения выборочных средних составим таблицы:

Оценка по физике (X)	2	3	4	5
Количество чел.	6	8	11	5

Оценка по математике (Y)	2	3	4	5
Количество чел.	7	9	9	5

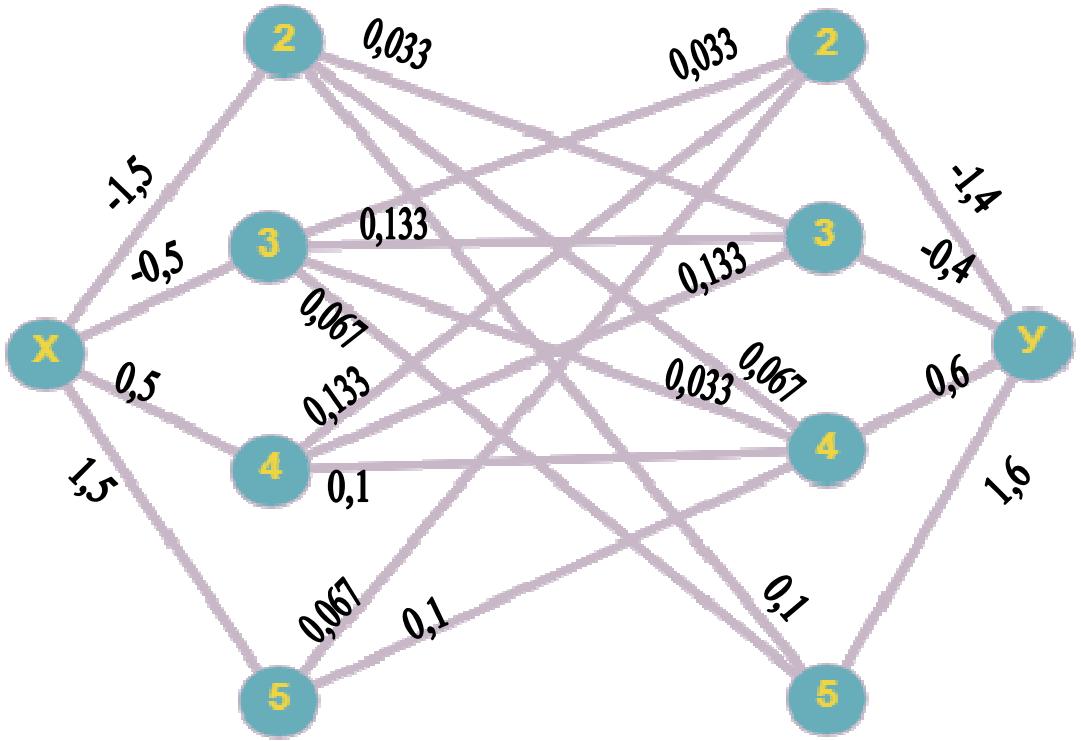
Найдем выборочные средние:

$$\bar{x}_e = \frac{2 \cdot 6 + 3 \cdot 8 + 4 \cdot 11 + 5 \cdot 5}{30} = 3.50;$$

$$\bar{y}_e = \frac{2 \cdot 7 + 3 \cdot 9 + 4 \cdot 9 + 5 \cdot 5}{30} = 3.40;$$

Построим:

- 1) На ребрах, соединяющих X с x_i запишем значения разностей $x_i - \bar{x}_e$.
- 2) На ребрах, соединяющих Y с y_j запишем значения разностей $y_j - \bar{y}_e$.
- 3) На ребрах, соединяющих x_i с y_j запишем отношения $\frac{n_{ij}}{n}$.



По графу находим ковариацию:

$$\begin{aligned}
 k(X;Y) = & -1.5 \cdot 0.033 \cdot (-0.4) + (-1.5) \cdot 0.067 \cdot 0.6 + (-1.5) \cdot 0.1 \cdot 1.6 + \\
 & + (-0.5) \cdot 0.033 \cdot (-1.4) + (-0.5) \cdot 0.133 \cdot (-0.4) + (-0.5) \cdot 0.033 \cdot 0.6 + \\
 & + (-0.5) \cdot 0.067 \cdot 1.6 + 0.5 \cdot 0.133 \cdot (-1.4) + 0.5 \cdot 0.133 \cdot (-0.4) + 0.5 \cdot 0.1 \cdot 0.6 + \\
 & + 1.5 \cdot 0.067 \cdot (-1.4) + 1.5 \cdot 0.1 \cdot 0.6 = -0.4347
 \end{aligned}$$

Найдем по графу выборочные дисперсии:

$$\begin{aligned}
 D(X) = & (-1.5)^2 \cdot (0.033 + 0.067 + 0.1) + (-0.5)^2 \cdot (0.033 + 0.133 + 0.033 + 0.067) + \\
 & + (0.5)^2 \cdot (0.133 + 0.133 + 0.1) + (1.5)^2 \cdot (0.067 + 0.1) = 1.096; \\
 D(Y) = & (-1.4)^2 \cdot (0.033 + 0.133 + 0.067) + (-0.4)^2 \cdot (0.033 + 0.133 + 0.133) + \\
 & + (0.6)^2 \cdot (0.067 + 0.033 + 0.133 + 0.1) + (1.6)^2 \cdot (0.067 + 0.1) = 1.052.
 \end{aligned}$$

Тогда выборочный коэффициент корреляции:

$$r_e = \frac{-0.4347}{\sqrt{1.096 \cdot 1.052}} = -0.40.$$

Таким образом, между оценками по физике и математике существует обратная умеренная связь.

Задание 3.

Построить корреляционную матрицу ранговой попарной связи результатов трех тестирований 15 студентов. Результаты ранжирования тестирования студентов представлены в таблице.

Тест А (ранг)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Тест В (ранг)	2	5	7	10	14	12	15	9	1	8	3	11	6	4	13
Тест С (ранг)	5	12	6	1	8	15	3	10	2	11	4	13	7	14	9

Решение:

Добавим строки в исходную таблицу и найдем квадраты разностей соответствующих рангов.

Тест А (ранг)- 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Тест В (ранг)- 2	2	5	7	10	14	12	15	9	1	8	3	11	6	4	13
Тест С (ранг)- 3	5	12	6	1	8	15	3	10	2	11	4	13	7	14	9
$d_{12_i}^2$	1	9	16	36	81	36	64	1	64	4	64	1	49	100	4
$d_{13_i}^2$	16	100	9	9	9	81	16	4	49	1	49	1	36	0	36
$d_{23_i}^2$	9	49	1	81	36	9	144	1	1	9	1	4	1	100	16

$$\sum_i d_{12_i}^2 = 530, \sum_i d_{13_i}^2 = 465, \sum_i d_{23_i}^2 = 462.$$

Найдем коэффициенты корреляции Спирмена:

$$r_{12} = 1 - \frac{6 \cdot 530}{(15-1) \cdot 15 \cdot (15+1)} = 0.05;$$

$$r_{13} = 1 - \frac{6 \cdot 465}{(15-1) \cdot 15 \cdot (15+1)} = 0.17;$$

$$r_{23} = 1 - \frac{6 \cdot 462}{(15-1) \cdot 15 \cdot (15+1)} = 0.18.$$

Построим корреляционную матрицу ранговой попарной связи результатов трех тестирований 15 студентов:

$$(r) = \begin{pmatrix} 1 & r_{12} & r_{13} \\ & 1 & r_{23} \\ & & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0.05 & 0.17 \\ & 1 & 0.18 \\ & & 1 \end{pmatrix}.$$

Задание 4.

Итоги ЕГЭ по 4 предметам (средний балл за 2010 год по Кемеровской области) приведены в таблице.

- 1) Определить как связаны успехи по всем 4 предметам, рассчитать коэффициент конкордации.
- 2) Рассчитать коэффициенты корреляции Спирмена, составить корреляционную матрицу.

предмет город	Русский язык (баллы)	Математика (баллы)	Физика (баллы)	Информатика (баллы)
Кемерово	61,23	51,71	50,5	39,47
Новокузнецк	56,61	45,43	60,3	45,4
Белово	36,71	65,31	62,6	43,57
Прокопьевск	60,33	46,45	55,44	46,56
Киселёвск	49,61	48,37	43,4	47,9
Таштагол	52,89	51,3	46,7	49,5
Ленинск-Кузнецк	52,14	42,1	58,3	59,1
Кемеровская обл.	47,47	35,5	37,7	63,4

Решение:

- 1) Коэффициент конкордации рассчитаем по формуле (3). Для этого запишем ранги в таблице и найдем суммы рангов по R_i строкам:

предмет город	Русский язык (ранг)	Математика (ранг)	Физика (ранг)	Информатика (ранг)	R_i	R_i^2
Кемерово	1	2	5	8	16	256
Новокузнецк	3	5	2	6	16	256
Белово	8	1	1	7	17	289
Прокопьевск	2	6	4	5	17	289
Киселёвск	6	4	7	4	21	441
Таштагол	4	3	6	3	16	256
Ленинск-Кузнецк	5	7	3	2	17	289
Кемеровская обл.	7	8	8	1	24	576

$$\sum_i R_i = 144; \sum_i R_i^2 = 2652; S = 2652 - \frac{144^2}{8} = 60.$$

Коэффициент конкордации:

$$w = \frac{12 \cdot 60}{4^2 \cdot (8-1) \cdot 8 \cdot (8+1)} = 0.09.$$

Вывод: между рассмотренными результатами ЕГЭ по четырем предметам наблюдается слабая связь.

2) Рассчитаем коэффициенты корреляции Спирмена. Для этого найдем квадраты разностей соответствующих рангов в таблице.

Русск. язык (ранг)- 1	Математ. (ранг)- 2	Физика (ранг)- 3	Информатика (ранг)- 4	$d_{12_i}^2$	$d_{13_i}^2$	$d_{14_i}^2$	$d_{23_i}^2$	$d_{24_i}^2$	$d_{34_i}^2$
1	2	5	8	1	16	49	9	36	9
3	5	2	6	4	1	9	9	1	16
8	1	1	7	49	49	9	0	36	36
2	6	4	5	16	4	9	4	1	1
6	4	7	4	4	1	4	9	0	9
4	3	6	3	1	4	1	9	0	9
5	7	3	2	4	4	9	16	25	1
7	8	8	1	1	1	36	0	49	49

$$\sum_i d_{12_i}^2 = 80, \sum_i d_{13_i}^2 = 80, \sum_i d_{14_i}^2 = 126,$$

$$\sum_i d_{23_i}^2 = 56, \sum_i d_{24_i}^2 = 148, \sum_i d_{34_i}^2 = 130.$$

$$r_{12} = 1 - \frac{6 \cdot 80}{(8-1) \cdot 8 \cdot (8+1)} = 0.05; r_{13} = 1 - \frac{6 \cdot 80}{(8-1) \cdot 8 \cdot (8+1)} = 0.05;$$

$$r_{14} = 1 - \frac{6 \cdot 126}{(8-1) \cdot 8 \cdot (8+1)} = -0.5; r_{23} = 1 - \frac{6 \cdot 56}{(8-1) \cdot 8 \cdot (8+1)} = 0.33;$$

$$r_{24} = 1 - \frac{6 \cdot 148}{(8-1) \cdot 8 \cdot (8+1)} = -0.76; r_{34} = 1 - \frac{6 \cdot 130}{(8-1) \cdot 8 \cdot (8+1)} = -0.55.$$

Составим корреляционную матрицу:

$$(r) = \begin{pmatrix} 1 & 0.05 & 0.05 & -0.5 \\ & 1 & 0.33 & -0.76 \\ & & 1 & -0.55 \\ & & & 1 \end{pmatrix}.$$

5. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Максимальное количество, которое может набрать студент по итогам изучения трех модулей дисциплины (в ходе текущей работы и её контроля) по обязательным формам работы – **80 баллов**. Это составляет 80% от общего возможного количества баллов.

1. Посещение лекций и конспектирование добавляет в рейтинг студента по **1 баллу** за каждое занятие.

2. Посещение практического занятия с конспектированием – **1 балл**.

3. По итогам изучения каждого модуля студент выполняет индивидуальное задание, за выполнение каждого пункта которого, он может заработать **2 балла**.

Студент может воспользоваться возможностью увеличить число набранных баллов, используя формы работы дополнительного модуля. При этом, если студент набирает **от 10 до 20 баллов** дополнительного модуля, он освобождается от прохождения итогового контроля (в виде зачёта). Зачетное задание включает в себя 2 части: теоретическую и практическую. За каждую из частей зачетного задания студент может набрать до **10 баллов**.

Второй модуль включает в себя изучение темы «Ранговые корреляции и взаимосвязи в педагогических исследованиях». Максимальное количество баллов, которое может набрать студент по итогам изучения этой темы – **20 баллов**.

Рейтинг студента по дисциплине определяется в результате суммирования данных текущей работы и итогового контроля. Максимальное число баллов – **100**. Студент, набравший по итогам работы в семестре менее **30 баллов**, не получает допуск к зачёту.

Оценка «зачтено» ставится в случае, если студент набирает **50–100 баллов**, «не зачтено» – ниже **50 баллов**.

В случае зачёта с оценкой набранные баллы переводятся в традиционные оценки по следующей шкале:

– 86 и более – «отлично»;

– 70–85 – «хорошо»;

- 50–69 – «удовлетворительно»;
- 49 и менее – «неудовлетворительно».

6. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература

1. Острайковский, В. А. Статистические методы обработки экспериментальных данных с использованием пакета MathCad [Электронный ресурс]: учебное пособие/ В. А. Острайковский, Ф. И. Карманов. - Электронные текстовые данные. — Москва: КУРС; ИНФРА-М, 2015. - 208 с. - ISBN 978-5-16-103020-2. – URL: <http://znanium.com/bookread2.php?book=508241> (дата обращения: 10.11.2019). – Текст: электронный.
2. Соколов, Г. А. Основы математической статистики [Электронный ресурс]: учебник / Г.А. Соколов. - 2е изд. - Электронные текстовые данные. — Москва: ИНФРА-М, 2014. - 368 с. - ISBN 978-5-16-101131-7. – URL: <http://znanium.com/bookread2.php?book=405699> (дата обращения: 10.11.2019). – Текст: электронный.
3. Шелехова, Л. В. Математические методы в психологии и педагогике: в схемах и таблицах: Учебное пособие. – 2 - е изд., испр. – Спб.: Издательство «Лань», 2015. – 224 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература). – ISBN 978-5-8114-1722-3. – URL: <https://e.lanbook.com/book/60659?category=917> (дата обращения: 10.11.2019). – Текст: электронный.

Дополнительная литература

1. Вуколов, Э. А. Основы статистического анализа. Практикум по статистическим методам и исследованию операций с использованием пакетов STATISTICA и EXCEL [Электронный ресурс]: учебное пособие / Э. А. Вуколов - 2 изд., испр. и доп. - Электронные текстовые данные. - Москва: Форум; Инфра-М, 2013. - 464 с. - ISBN 978-5-16-101131-7. – URL: <http://znanium.com/bookread2.php?book=369689> (дата обращения: 25.09.2019). – Текст: электронный.
2. Теория вероятностей и математическая статистика [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. С. Мхитарян [и др.] ; под ред. В. С. Мхитаряна. - 2-е изд., перераб. и доп. - Электронные текстовые данные. — Москва: Московский финансово-промышленный университет «Синергия», 2013. –

336 c. – ISBN 978-5-4257-0106-0. – URL:
<http://znanium.com/bookread2.php?book=451329> (дата обращения:
10.11.2019). – Текст: электронный.