

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДИЗАЙНА»

Кафедра математики

**КВАЛИМЕТРИЯ.
КУРСОВАЯ РАБОТА.**

Методические указания к курсовой работе
для студентов, обучающихся по направлениям подготовки:
Технологии и проектирование текстильных изделий
(профиль «Стандартизация и сертификация»)

Составители:
Н. Н. Рожков
Н. А. Мерзлякова

Санкт-Петербург
2023

Утверждено

на заседании кафедры

02.09.2016 г., протокол № 1

Рецензент О. Б. Тёрушкина

Данные методические указания по дисциплине «Квалиметрия» составлены по материалам курса, разработанного на кафедре математики в соответствии с требованиями действующего учебного плана и ФГОС по направлениям подготовки бакалавров 29.03.02 Технологии и проектирование текстильных изделий. Они содержат подробное описание курсовой работы, выполнение которой используются в качестве инструмента промежуточной аттестации при изучении данной дисциплины и которая должна быть выполнена обучающимися в соответствии с рабочей программой.

Методические указания также содержат необходимые рекомендации по выполнению всех этапов курсовой работы, практические примеры и комментарии.

Предназначены для студентов всех форм обучения, обучающихся по направлению подготовки 29.03.02 – Технологии и проектирование текстильных изделий.

Учебное электронное издание сетевого распространения

Издано в авторской редакции

Системные требования:

электронное устройство с программным обеспечением для воспроизведения файлов формата PDF

Режим доступа: http://publish.sutd.ru/tp_get_file.php?id=2017_156, по паролю. – Загл. с экрана.

Дата подписания к использованию 09.03.2017 г. Рег. № 156/17

ФГБОУВО «СПбГУПТД»

Юридический и почтовый адрес: 191186, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 18.

<http://sutd.ru>

ВВЕДЕНИЕ

Целью выполнения данной курсовой работы является формирование у обучающихся профессиональных компетенций, связанных с оценкой качества продукта или услуги путем проведения анкетного опроса и последующей обработки его результатов квалиметрическими методами. Это достигается за счет приобретения практических навыков определения основных количественных и качественных показателей, характеризующих качество объектов, разработки и описания необходимых для этого квалиметрических шкал, разработки анкет и проведения анкетного опроса с последующей обработкой результатов анкетирования квалиметрическими методами, а также построения комплексного показателя качества, учитывающего вклад всех показателей, характеризующих качество объекта.

Курсовая работа опирается на дисциплины «Квалиметрия», «Математика», «Прикладная математика». Для выполнения данной курсовой работы студенту необходимо изучить соответствующий теоретический материал по дисциплине "Квалиметрия" по указанным ниже литературным источникам.

Задачи курсовой работы:

1. Ознакомиться с практикой построения квалиметрических шкал на примере выбранного объекта (промышленного изделия или вида услуг);
2. Выработать навыки обработки данных о значениях показателей качества, измеряемых в нечисловых шкалах;
3. Освоить основные методы анализа нечисловой информации, представленной в виде данных экспертного опроса или опроса потребителей.

Успешное выполнение этих задач реализует потребность в квалифицированных работниках, компетентных, ориентирующихся в смежных областях деятельности, конкурентоспособных на рынке труда.

Выполнение курсовой работы позволит студенту приобрести глубокие знания о методах обработки комплекса числовых и нечисловых показателей и применить теоретические знания на практике, сформировав навыки самостоятельной работы.

Основной формой курсовой работы является отчет и выступление с презентацией с представлением основных результатов и выводов о проделанной работе.

1. ТЕМАТИКА И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

1.1 Тематика курсовой работы

Для курсовой работы студентами может быть выбрана тема «Комплексная оценка качества *выбранного объекта* на основе анализа экспертных оценок», отредактированная с учетом конкретики по выбранным объектам для анализа.

1.2 Содержание курсовой работы

Отчет должен быть выполнен в печатном виде на формате А4 и включает в себя следующие обязательные пункты:

- Титульный лист (Приложение А)
- ВВЕДЕНИЕ
- ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ:

Выбор объекта для исследования и основных показателей, характеризующих его качество;

Разработка анкеты и проведение анкетного опроса;

Первичная обработка результатов опроса. Оценка согласованности мнений комитета экспертов;

Цензурирование комитета экспертов (нахождение "эксперта-диссидента") (при необходимости);

Нахождение коэффициентов ранговой корреляции;

Анализ результатов расчета коэффициентов корреляций;

Расчет и анализ комплексного показателя качества.

- ЗАКЛЮЧЕНИЕ
- СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ
- ПРИЛОЖЕНИЯ

1.3. Требования к выполнению и представлению результатов курсовой работы

Курсовая работа должна быть выполнена с использованием программной среды Microsoft Excel и сдана в распечатанном виде преподавателю в установленный срок. Работа выполняется на протяжении всего семестра поэтапно. Завершенные этапы работы необходимо присылать в оформленном виде преподавателю по электронной почте или в распечатанном виде.

Выявленные при проверке ошибки, если таковые имеются, следует исправить, после чего представить работу на повторную проверку в распечатанном виде.

Название файла с выполненным заданием (этапом работы), присылаемого преподавателю на проверку по электронной почте, должно отражать информацию, по которой возможно идентифицировать студента (фамилия студента, название выполненного этапа работы, учебная группа). Например, «Иванов, Разработка анкеты, 2-МДП-1».

В файле с выполненным заданием на первой странице должен быть представлен заполненный титульный лист (Приложение А). Номер страницы на титульном листе не ставится. По каждому из выполненных этапов работы составляется краткий вывод о результатах исследования.

Результаты работы представляются в виде пояснительной записки объемом 25–30 с.

Приложения: образец анкеты, результаты анкетного опроса – заполненные анкеты экспертов.

Шрифт Times New Roman; не менее 12 пунктов; междустрочный интервал – 1,5. Выравнивание по ширине. Каждый пункт начинается с новой страницы. Численные значения округлять до третьего знака после запятой.

Выравнивание в таблицах делать посередине.

После выполнения всех этапов работы и оформления ее в виде итогового отчета, студенту необходимо подготовить презентацию в программе Microsoft Power Point и выступить с кратким докладом о результатах своего исследования.

1.4 Требования к оформлению презентации

В презентации должен присутствовать титульный лист с указанием наименования университета, наименования кафедры, дисциплины, название расчетно-графической работы, ФИО и учебная группа студента, должность и ФИО преподавателя. На последующих слайдах кратко в виде тезисов должны быть описаны и проиллюстрированы выполненные этапы работы, представлена разработанная анкета, основные таблицы (фрагменты таблиц), результаты расчетов, выводы по этапам работы, а также итоговый вывод по всей работе.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАЗДЕЛОВ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

2.1 Введение

В этом разделе формулируются цели и задачи курсовой работы, актуальность выполненного исследования. Раскрывается понятие экспертного опроса и обосновывается выбор объектов для сравнения. (объем 1–1,5 с.)

2.2 Выбор объекта для исследования и основных показателей, характеризующих его качество

На данном этапе обучающемуся следует самостоятельно выбрать объект для последующего исследования, кратко описать его и обосновать актуальность сделанного выбора. Объектом исследования может быть выбран какой-либо продукт: телевизор, компьютер, автомобиль, продукты питания и т. п. Также в качестве объекта может быть выбрана услуга (фирма-поставщик услуги): парикмахерская, автомойка, кафе, ресторан быстрого питания).

Далее следует сформировать (выбрать) набор показателей (не менее 10)

$$X_1, X_2, \dots, X_n,$$

наиболее полно, по мнению обучающегося, характеризующих качество объекта. Выбирая тот или иной показатель, следует сразу же определить и указать шкалу, с помощью которой данный показатель измеряется или оценивается (шкала отношений, шкала интервалов, шкала порядка, номинальная шкала).

Шкалы, с помощью которых оцениваются нечисловые показатели, необходимо подробно описать, перечислив возможные пункты этих шкал и приведя определение каждого из них.

Затем следует подобрать 10 - 12 конкретных примеров объектов данного типа, далее обозначаемых как

$$O_1, O_2, \dots, O_m,$$

(аналогичного класса моделей телевизоров, компьютеров, парикмахерских, кафе и т.д.), качество которых будет оцениваться и сравниваться. Значения показателей для каждого из этих объектов должно быть известно (найденно обучающимся самостоятельно из рекламных буклетов, из информации, размещаемой на сайтах и т.п.)

Пример. Предположим, что объекты исследования – автошколы Санкт-Петербурга. Нелишне отметить, что оцениванию подлежит не качество знаний, полученных в процессе обучения в той или иной автошколе, а качество предоставляемой услуги и ее доступность для потребителя.

Рассмотрим возможный набор показателей, характеризующих качество услуг, предоставляемых автошколами.

Предлагается следующий перечень показателей и пояснения:

X_1 :Стоимость обучения, р. (шкала отношений)

X_2 :Доступность филиала – оценивается как время пешком от ближайшей станции метро, мин. (шкала отношений)

X_3 :Квалификация инструкторов. Этот показатель будем оценивать по следующей порядковой шкале:

«отлично»– если выполнены следующие критерии:

- 1) отличные отзывы об инструкторах автошкол;
- 2) высокий процент сдачи экзаменов в ГАИ (более 85 % группы систематически сдает экзамен хотя бы со второго раза);
- 3) низкий процент аварий и нарушений у выучившихся студентов (отсутствие штрафов и нарушений у более половины группы);
- 4) лицензии и награды у данного филиала.

«хорошо» – отсутствует 1 критерий из перечисленных выше,

«удовлетворительно» – отсутствуют 2 критерия,

«неудовлетворительно» – 3 и более.

X_4 :Ассортимент автомобилей. Для этого показателя предлагается порядковая шкала, содержащая следующие пункты:

«А» – автошколы, в парке которых находится большой выбор автомобилей – различные марки, страны производители, различных кузов, коробка передач (механическая/автоматическая);

«В» – ассортимент не так широк, но студент автошколы имеет выбор страны производителя автомобиля, типа коробки передач;

«С» – одна-две марки автомобилей;

X_5 :Дефекты автомобилей – для этого показателя также строим порядковую шкалу:

А – автомобили без видимых повреждений, проходили ежегодное обслуживание, ремонтировались после ДТП;

В – «царапанные», не мытые, не ухоженные автомобили, но видимых повреждений и следов ДТП нет;

С – большое количество дефектов, заметно участие автомобиля в ДТП, неопрятный вид, грязный кузов и салон.

X_6 :Дополнительные услуги – оценивается в баллах (0-5), (порядковая шкала)

Дополнительные услуги – это дополнительные бесплатные уроки, помощь на экзамене, бесплатные «бонусы» (выдача литературы, курсы переподготовки, курсы экстремального вождения), автобус до ГАИ в день экзамена, скидка на медицинскую комиссию, скидка на обучение (студентам, ученикам колледжей, пенсионерам, инвалидам).

Наличие хотя бы 5 таких критериев – 5 баллов. Автошколы, предоставляющие какие-либо 4 из указанных дополнительных услуг – 4 балла и т. д. по убыванию.

Замечание. Число пунктов порядковой шкалы может быть любым, но не менее трёх. Описание пунктов должно быть достаточно ясным, позволяющим однозначно отнести каждый из объектов к тому или иному пункту шкалы.

По окончании выбора объектов исследования и их показателей составляется *табл. 1* (таблица «объект-показатель»), которая содержит собранные обучающимся данные значений каждого показателя для каждого из объектов: $X_i(O_j)$. Эта таблица далее входит в анкету и служит экспертам как основной источник информации при проведении экспертного оценивания.

Таблица 1. Характеристика объектов

Объекты		Показатели					
		X_1	X_2	...	X_i	...	X_n
O_1	(наименование)			...		...	
...	...			...		...	
O_j	...			...	$X_i(O_j)$	...	
...	...			...		...	
O_m	...			...		...	

2.3 Разработка анкеты и проведение анкетного опроса

Число опрашиваемых респондентов (экспертов) зависит от количества объектов (m) и количества показателей (n), используемых при оценке объектов. Рекомендуется, чтобы число респондентов было не меньше, чем число m оцениваемых объектов.

Анкета должна включать следующие обязательные пункты:

- приветствие;
- краткое описание выбранного для исследования объекта;
- таблицу «объект-показатель», где указаны все значения показателей по каждому из выбранных объектов;

- пояснения с описанием показателей и их уровнями качества;
- два вопроса для каждого из экспертов:

Вопрос 1) упорядочьте показатели по степени их важности с точки зрения их влияния на качество объекта в целом. Для этого следует присвоить ранг 1 тому показателю, который является наиболее значимым с Вашей точки зрения, и т. д., ранг n – наименее значимому.

При этом можно присваивать одинаковые ранги сразу нескольким показателям, если они, по Вашему мнению, в равной мере влияют на качество объекта.

Ответ на данный вопрос следует оформить, заполнив следующую таблицу:

Показатель	X_1	X_2	...	X_n
Ранг				

Вопрос 2) упорядочьте объекты по степени их качества с Вашей субъективной точки зрения, присваивая им ранги: ранг 1 – наиболее качественному объекту, ..., ранг m – наименее качественному. Вы можете присваивать одинаковые ранги сразу нескольким объектам, если, по Вашему мнению, их качество одинаково.

Ответ на данный вопрос следует оформить, заполнив следующую таблицу:

Объект	O_1	O_2	...	O_m
Ранг				

- для последующего выявления возможных возрастных групп экспертов, рекомендуется включить в анкету пункт, где опрашиваемому эксперту (респонденту) предлагается указать свой возраст и пол;

- в завершении анкеты следует включить фразу, выражающую благодарность за участие в анкетировании.

Примерный вид анкеты представлен в Приложении Б.

При наличии в анкете указанных выше обязательных пунктов отдельные детали ее содержания и оформления можно менять по усмотрению обучающегося.

2.4 Первичная обработка результатов опроса. Оценка согласованности мнений комитета экспертов

Пусть p – количество опрошенных экспертов;

n – количество показателей, используемых для оценки качества исследуемых объектов;

m – количество объектов, участвующих в исследовании.

По результатам анкетирования следует составить две матрицы «эксперт – показатель» (табл. 2) размерами $p \times n$ – для результатов анкетирования по вопросу оценки значимости показателей, и «эксперт – объект» (табл. 3) размерами $p \times m$ – для результатов анкетирования по вопросу оценки качества объектов.

Таким образом, содержание табл. 2, 3 – собранные воедино результаты опроса экспертов. Табл. 2 – ранжировки экспертов по первому вопросу анкеты (упорядочивание показателей по степени их важности для эксперта), а табл. 3 – результаты ответа на второй вопросы анкеты (упорядочивание объектов по степени их привлекательности).

Таблица 2. Матрица
«эксперт-показатель»

	X_1	X_2	...	X_n
$\mathcal{E}_1$	R_{11}	R_{12}	...	...
$\mathcal{E}_2$	...	...	...	...
...	...	...	...	...
$\mathcal{E}_p$	R_{p1}	R_{p2}	...	R_{pn}

Таблица 3. Матрица
«эксперт-объект»

	O_1	O_2	...	O_m
$\mathcal{E}_1$	R_{11}	R_{12}	...	...
$\mathcal{E}_2$	...	...	...	...
...	...	...	...	...
$\mathcal{E}_p$	R_{p1}	R_{p2}	...	R_{pm}

Вполне возможно, что некоторые эксперты не смогли выявить различие между некоторыми из оцениваемых показателей (или объектов). В этих случаях таблица будет содержать связные ранги и потребует следующей предварительной обработки (на примере табл. 2; табл. 3 – аналогичным образом):

Сумма всех рангов в каждой строке табл. 2 будет равна

$$S = \frac{n(n+1)}{2}. \quad (1)$$

Показателям, оцененным экспертом одинаково, ранги должны приписываться по следующему правилу. Общее значение ранга этих показателей полагается равным среднему арифметическому рангов, которые им «достались бы» при условии, что эксперт смог бы установить строгий порядок для всех показателей [1]. Тогда ранг каждого из n_1 показателей, относящихся к i -му уровню качества будет равен

$$R = n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_{i-1} + \frac{(n_i+1)}{2} \quad (2)$$

Продолжение примера. Допустим, что *табл. 2* изначально имела вид, представленный в *табл. 4*.

Таблица 4 – Пример исходной матрицы «эксперт–показатель»

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
Ξ_1	1	3	6	2	4	5
Ξ_2	1	2	3	1	4	1
Ξ_3	4	2	5	1	2	3
Ξ_4	1	3	4	1	2	3
Ξ_5	3	2	1	6	5	6
Ξ_6	6	1	4	2	5	3

После обработки с учетом равенства (1) и правила (2) получаем следующие значения, представленные в *табл. 5*.

Таблица 5 – Пример матрицы «эксперт–показатель» с обработанными рангами

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
Ξ_1	1	3	6	2	4	5
Ξ_2	2	4	5	2	6	2
Ξ_3	5	2,5	6	1	2,5	4
Ξ_4	1,5	4,5	6	1,5	3	4,5
Ξ_5	3	2	1	5,5	4	5,5
Ξ_6	6	1	4	2	5	3

Убедиться в правильности результатов обработки пересчета рангов можно сравнив сумму по строке с результатами расчетов по формуле (1). В примере $n = 6$, тогда по формуле (1) получаем $S = 21$. Сложив ранги по строкам, получаем то же значение.

По расчетам аналогичным расчетам примера 1 получаем новые *табл. 2* («эксперт – показатель») и *табл. 3* («эксперт – объект»), где ранги, присвоенные показателям и объектам, расставлены согласно правилу и сумма рангов соответствует (1).

Далее для каждой из двух *табл. 2* «эксперт–показатель» и *табл. 3* «эксперт–объект» следует найти суммы рангов по столбцам (т. е. по каждому из m объектов (n показателей)):

$$S_j = \sum_{i=1}^m R_{i,j}. \quad (3)$$

Наименьшая сумма рангов говорит о том, что, по мнению экспертной комиссии, данный объект является лучшим (данный показатель – наиболее значимый), а наибольшее значение S_j – что он является худшим по качеству объектом (наименее значимым показателем).

Далее следует вычислить:

- среднюю сумму рангов S_{cp} , приходящуюся на один оцениваемый объект

$$S_{cp} = \frac{p(n+1)}{2}; \quad (4)$$

- сумму отклонений от средней суммы:

$$\sum_{j=1}^n (S_j - S_{cp})^2; \quad (5)$$

- поправочные коэффициенты (для каждого i -го эксперта)

$$T_i = \sum_{l=1}^{k_i} n_{il} (n_{il}^2 - 1), \quad (6)$$

где k_i – количество различных уровней качества у i -го эксперта;

n_{il} – количество объектов, которые i -й эксперт отнес на l -й уровень качества.

Если в строке отсутствуют связные ранги, то, как нетрудно видеть, $T_i = 0$

Далее следует вычислить коэффициент конкордации W , который служит в качестве критерия согласованности мнений комитета экспертов.

Для проверки согласованности мнений экспертов относительно важности показателей коэффициент конкордации вычисляется по формуле:

$$W = \frac{12 \sum_{j=1}^n (S_j - S_{cp})^2}{p^2 n (n^2 - 1) - p \sum_{i=1}^p T_i}. \quad (7)$$

Для проверки согласованности мнений экспертов относительно качества объектов при вычислении W в формуле (7) следует заменить n на m .

Коэффициент W всегда лежит в пределах от 0 до 1. При этом только при полном совпадении мнений всех экспертов имеет место равенство: $W = 1$.

Проверка статистически значимой согласованности мнений у комитета экспертов осуществляется с помощью процентных точек распределения хи-квадрат с числом степеней свободы $f = n - 1$ (для данных табл. 2) или $f = m - 1$ (для данных табл. 3).

Для этого при заданном уровне значимости α (рекомендуемое значение $\alpha = 0,05$) следует проверить выполнение неравенства

$$\chi^2_{расч} = p \cdot f \cdot W > \chi^2_{табл}, \quad (8)$$

где $\chi^2_{\text{табл}}$ – α -процентная точка распределения хи-квадрат (Приложение В).

Если неравенство (8) выполняется, то можно говорить о наличии согласованности мнения экспертной комиссии при оценке сравнительной важности показателей (при оценке качества объектов).

Если (8) не выполнено, то согласованность мнений отсутствует, причиной чего может являться наличие в составе комитета экспертов лица (лиц), чье мнение резко отличается от мнений остальных экспертов.

Такого эксперта принято называть "диссидент", и вполне возможно, что исключив его из состава комитета экспертов, удастся достигнуть согласованности мнений оставшихся экспертов.

Продолжение примера. Используя табл. 5 из примера 2, применим формулы (3) – (6), необходимые для дальнейших расчетов коэффициента конкордации W .

Рассчитав S_j по формуле (3) можно сделать предварительный вывод, что в данном случае наиболее значимым показателем является показатель X_4 .

Далее по формуле (4) находим $S_{\text{ср}} = \frac{6(6+1)}{2} = 21$ и вычисляем отклонения $S_j - S_{\text{ср}}$ от средней суммы рангов и сумму их квадратов по формуле (5), а также поправочные коэффициенты T_i по формуле (6).

Таблица 6 – Матрица «эксперт – показатель» - результат обработки

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	T_i
Ξ_1	1	3	6	2	4	5	0
Ξ_2	2	4	5	2	6	2	24
Ξ_3	5	2,5	6	1	2,5	4	6
Ξ_4	1,5	4,5	6	1,5	3	4,5	12
Ξ_5	3	2	1	5,5	4	5,5	6
Ξ_6	6	1	4	2	5	3	0
S_j	18,5	17	28	14	24,5	24	
$S_j - S_{\text{ср}}$	-2,5	-4	7	-7	3,5	3	
$(S_j - S_{\text{ср}})^2$	6,25	16	49	49	12,25	9	

Просуммировав элементы последней строки, находим

$$\sum_{j=1}^n (S_j - S_{\text{ср}})^2 = 141,5 ,$$

Суммирование элементов последнего столбца дает значение

$$\sum_{j=1}^p T_i = 48.$$

Это позволяет вычислить коэффициент конкордации W по формуле (7):

$$W = \frac{12 \cdot 141,5}{6^2 6(6^2 - 1) - 6 \cdot 48} = 0,23.$$

Для проверки статистически значимой согласованности мнений у комитета экспертов определяем число степеней свободы, $f = 5$. При уровне значимости $\alpha = 0,05$ из таблиц процентных точек распределения хи-квадрат. Находим $\chi^2_{\text{табл}} = 11,07$. Согласно формуле (8) $\chi^2_{\text{расч}} = 6 \cdot 5 \cdot 0,23 = 7,00$.

Таким образом, $\chi^2_{\text{расч}} < \chi^2_{\text{табл}}$ и, следовательно, мнение комитета экспертов нельзя считать согласованным. Следует выполнить проверку наличия в составе комитета эксперта-диссидента.

2.5 Цензурирование комитета экспертов (нахождение "эксперта-диссидента")

Пусть $R(Sj)$ обозначает ранг j -го показателя (или объекта) в итоговом упорядочении. Таким образом, $R(Sj) = 1$ для показателя (объекта) с минимальной суммой рангов Sj и т. д., ..., $R(Sj) = n$ (или, соответственно m) для показателя (объекта), имеющего максимальную сумму рангов.

На данном этапе работы необходимо составить таблицу из значений

$$\Delta R_{i,j} = |R_{i,j} - R(Sj)| \quad (9)$$

- абсолютных величин разностей между тем рангом, который i -й эксперт присвоил j -му объекту, и рангом, который этот же объект получил в итоговой ранжировке.

Сумма $\sum \Delta R_{i,j}$, взятая по элементам i -й строки, указывает на то, в какой мере оценки i -го эксперта отличаются от общей точки зрения всего комитета экспертов в целом. Таким образом, если (8) не выполняется, то из состава комитета следует в первую очередь исключить того эксперта, у которого эта сумма будет максимальна. Исключив данного эксперта-диссидента, необходимо пересчитать заново значения величин (4), (5) и коэффициента конкордации (7). Если вновь вычисленное значение W будет удовлетворять условию (8), то это значит, что новый (сокращенный) комитет экспертов имеет

согласованное мнение, которое и следует принять за окончательное решение. Если же по-прежнему (8) не выполнено, то процесс сокращения комитета может быть повторен столько раз, сколько это необходимо.

Продолжение примера. Используя результаты расчетов для данных, рассмотренных в приведенных выше таблицах 5 и 6, определим ранги $R(S_j)$ (минимальный ранг получает тот показатель, у которого сумма S_j минимальна и т. д.).

Таблица 7 – Ранжировка сумм рангов

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
S_j	18,5	17	28	14	24,5	24
$R(S_j)$	3	2	6	1	5	4

Далее составляем *табл. 8* со значениями разностей, вычисленных согласно формуле (9):

Таблица 8 – Абсолютные величины разности

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	$\Sigma \Delta R_{i,j}$
$\mathcal{E}_1$	2	1	0	1	1	1	6
$\mathcal{E}_2$	1	2	1	1	1	2	8
$\mathcal{E}_3$	2	0,5	0	0	2,5	0	5
$\mathcal{E}_4$	1,5	2,5	0	0,5	2	0,5	7
$\mathcal{E}_5$	0	0	5	4,5	1	1,5	12
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	$\Sigma \Delta R_{i,j}$
$\mathcal{E}_6$	3	1	2	1	0	1	8

Таким образом, чтобы найти элементы первого столбца *табл. 8*, нужно вычесть $R(S_1) = 3$ из соответствующих элементов *табл. 5* и взять модуль от этой разности и далее аналогично для других столбцов.

Из таблицы видно, что максимальное значение $\Sigma \Delta R_{i,j}$, равное 12, достигается для эксперта № 5. Ранжировку, полученную от этого эксперта, следует исключить из дальнейших расчетов. Тем самым выполняется цензурирование комитета экспертов.

Расчет нового значения W следует выполнять на основе сокращенной таблицы данных, получаемой из *табл. 5* путем исключения строки, соответствующей эксперту $\mathcal{E}_5$. На основе этой таблицы, получаем новые данные (аналогичные *табл. 6*):

Таблица 9 – Расчеты на основе цензурированного комитета экспертов

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	T_i
Ξ_1	1	3	6	2	4	5	0
Ξ_2	2	4	5	2	6	2	24
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	T_i
Ξ_3	5	2,5	6	1	2,5	4	6
Ξ_4	1,5	4,5	6	1,5	3	4,5	12
Ξ_6	6	1	4	2	5	3	0
S_j	15,5	15	27	8,5	20,5	18,5	
$S_j - S_{cp}$	-2	-2,5	9,5	-9	3	1	
$(S_j - S_{cp})^2$	4	6,25	90,25	81	9	1	

Отметим, что так как нами был исключен один из экспертов, значение p уменьшилось на единицу: новое значение $p = 5$, и теперь, согласно формуле (4), $S_{cp} = 17,5$.

После пересчета значений в последних трёх строках, которые изменились по сравнению с *табл. 6*, находим

$$\sum_{i=1}^p T_i = 42,$$

$$\sum_{j=1}^n (S_j - S_{cp})^2 = 191,5.$$

Следовательно, новое значение коэффициента конкордации W будет равно

$$W = \frac{12 \cdot 191,5}{5^2 6(6^2 - 1) - 5 \cdot 42} = 0,46.$$

Табличное значение $\chi^2_{\text{табл}}$ остается прежним, так как число степеней свободы не изменилось: $\chi^2_{\text{табл}} = 11,07$.

Находим $\chi^2_{\text{расч}} = 5 \cdot 5 \cdot 0,46 = 11,40$. Таким образом, $\chi^2_{\text{расч}} > \chi^2_{\text{табл.}}$, и, следовательно, новый (цензурированный) комитет экспертов имеет согласованное мнение. Это позволяет (на основе данных *табл. 9*) сделать вывод о том, что в данном примере наиболее значимым показателем, по мнению экспертов, является X_4 , а наименее значимым – X_3 .

2.6 Нахождение коэффициентов ранговой корреляции

Для выявления меры схожести мнений экспертов друг с другом и, возможно, дальнейшего разбиения комитета экспертов на группы, со схожими результатами экспертизы, следует найти значения парных коэффициентов ранговой корреляции Спирмена или Кендалла. Допускается в работе использовать какой-либо один из них – по выбору обучающегося.

Коэффициент ранговой корреляции Спирмена

При отсутствии связанных рангов ранговый коэффициент корреляции Спирмена ρ следует находить по формуле

$$\rho = 1 - \frac{6 \cdot S}{n(n^2 - 1)}, \quad (10)$$

где S – сумма квадратов разностей рангов, полученных по данным от двух данных экспертов (т. е. по двум строкам табл. 2 или табл. 3):

$$S = \sum_{i=1}^n (R_i^{(x)} - R_i^{(y)})^2. \quad (11)$$

Если хотя бы в одной из двух ранжировок присутствуют связанные ранги, то следует применять формулу, аналогичную формуле для вычисления парного коэффициента корреляции:

$$\rho = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i y_i - \frac{1}{4} (n+1)^2}{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}, \quad (12)$$

где $x_i = R_i^{(x)}$ – ранги, полученные от первого эксперта;

$y_i = R_i^{(y)}$ – ранги, полученные от второго эксперта.

Выборочные средние $\bar{x}$ и $\bar{y}$ для рангов оба будут равны $\frac{(n+1)}{2}$.

Продолжение примера. Пусть 3 эксперта проранжировали 6 показателей следующим образом (табл. 10):

Таблица 10 – Результаты опроса трёх экспертов

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
$\mathcal{E}_1$	1	3	6	2	4	5
$\mathcal{E}_2$	5	2,5	6	1	2,5	4
$\mathcal{E}_3$	6	1	4	2	5	3

Пусть требуется рассчитать ранговые коэффициенты корреляции Спирмена: $\rho_{1;2}$ (между $\mathcal{E}_1$ и $\mathcal{E}_2$) и $\rho_{1;3}$ (между $\mathcal{E}_1$ и $\mathcal{E}_3$).

1. Расчет для $\rho_{1;2}$ выполняем по формуле (12), поскольку в ранжировке $\mathcal{E}_2$

имеются связанные ранги.

Находим: $\frac{1}{6} \sum_{i=1}^n x_i y_i = 13,42$.

Средние значения рангов $\bar{x}_1$ и $\bar{x}_2$ будут оба равны $\frac{1}{6} \cdot 21 = 3,5$.

Далее вычисляем знаменатель в формуле (12):

для $\bar{x}_1$: $\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = 17,5$. $\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = 1,71$;

для $\bar{x}_2$: $\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = 17,0$. $\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = 1,68$.

Окончательно находим

$$\rho_{1,2} = \frac{13,42 - 3,5 \cdot 3,5}{1,71 \cdot 1,68} \approx 0,41.$$

2. Расчеты для $\rho_{1,3}$ удобно проследить с помощью табл. 11.

Таблица 11 – Таблица расчетов коэффициента ранговой корреляции ρ

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
$\bar{x}_1$	1	3	6	2	4	5
$\bar{x}_3$	6	1	4	2	5	3
$R_i^{(1)} - R_i^{(2)}$	-5	2	2	0	-1	2
$(R_i^{(1)} - R_i^{(2)})^2$	25	4	4	0	1	4

Так как в ранжировках $\bar{x}_1$ и $\bar{x}_3$ отсутствуют связанные ранги, вычисления проводим по формуле (10).

Сумму квадратов разностей рангов, полученных от двух данных экспертов, находим по формуле (11), получаем $S=38$. Тогда

$$\rho_{1,3} = 1 - \frac{6 \cdot 38}{6(6^2 - 1)} = -0,09.$$

Коэффициент ранговой корреляции Кендалла

Предположим, что ранжировка n объектов содержит k различных уровней качества. А именно пусть n_1 объектов отнесены к первому (высшему) уровню качества, ..., n_k объектов – к k -му (низшему) уровню. Ясно, что $n_1 + \dots + n_k = n$.

Вычислим величину δ

$$\delta = 1 - \sum_{i=1}^k \left(\frac{n_i}{n} \right)^2, \quad (13)$$

где k – число различных уровней качества, имеющих в ранжировке (если связанных рангов нет, то $k = n$), n_i – число объектов, отнесенных к i -му уровню качества.

Также следует построить вспомогательную матрицу $T = \{t_{ij}\}$, размерами $n \times n$, элементы которой имеют следующий вид:

$$t_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } R_i < R_j, \\ 0, & \text{если } R_i = R_j, \\ -1, & \text{если } R_i > R_j. \end{cases} \quad (14)$$

Таким образом, если качество i -го объекта выше, чем качество j -го объекта, то на пересечении i -й строки и j -го столбца матрицы T стоит единица, а нули присутствуют как минимум на главной диагонали этой матрицы.

Рассмотрим две ранжировки: $R^{(1)}$ и $R^{(2)}$, для которых вычислены согласно (13) и (14) соответствующие значения $\delta^{(1)}$ и $\delta^{(2)}$, а также матрицы $T^{(1)}$ и $T^{(2)}$.

Найдем поэлементное произведение матриц $T^{(1)}$ и $T^{(2)}$:

$$C = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n t_{ij}^{(1)} t_{ij}^{(2)} \quad (15)$$

и вычислим отношение

$$\tau = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n t_{ij}^{(1)} t_{ij}^{(2)}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n [t_{ij}^{(1)}]^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n [t_{ij}^{(2)}]^2}} = \frac{C}{\sqrt{n^2 \delta^{(1)}} \sqrt{n^2 \delta^{(2)}}}, \quad (16)$$

которое называется *ранговым коэффициентом корреляции Кендалла*.

Если в обеих ранжировках связные ранги отсутствуют, то коэффициент τ может быть вычислен проще, на основе подсчета *числа соответствий*.

Соответствие – пара оцениваемых объектов, упорядочение которых в двух данных ранжировках совпадает.

Пусть M – общее число соответствий. Тогда с его помощью ранговый коэффициент корреляции Кендалла можно вычислить следующим образом:

$$\tau = \frac{4M}{n(n-1)} - 1. \quad (17)$$

Пример 6. Пусть исходные данные, как и в примере 4, представлены *табл. 10*. Требуется вычислить значения рангового коэффициента корреляции Кендалла $\tau_{1;2}$ (между $\mathcal{E}_1$ и $\mathcal{E}_2$) и $\tau_{1;3}$ (между $\mathcal{E}_1$ и $\mathcal{E}_3$).

1. Вычисление $\tau_{1;2}$

Так как (см. *табл. 10*) в ранжировке эксперта № 2 присутствуют связные ранги, то следует применить формулу (16). Найдем δ , используя формулу (13), получим

$$\delta^{(1)} = 1 - 1/6 \approx 0,83, \delta^{(2)} = 1 - 4/36 - 1/9 \approx 0,78.$$

Построим вспомогательную матрицу $T^{(1)}$

0	1	1	1	1	1
-1	0	1	-1	1	1
-1	-1	0	-1	-1	-1
-1	1	1	0	1	1
-1	-1	1	-1	0	1
-1	-1	1	-1	-1	0

и матрицу $T^{(2)}$

0	-1	1	-1	-1	-1
1	0	1	-1	0	1
-1	-1	0	-1	-1	-1
1	1	1	0	1	1
1	0	1	-1	0	1
1	-1	1	-1	-1	0

Рассчитываем значение $\tau_{1,2}$ по формуле (16). Для этого по формуле (15) найдем сумму поэлементных произведений матриц $T^{(1)}$ и $T^{(2)}$. В результате расчетов находим $C = 12$.

Окончательно
$$\tau = \frac{12}{\sqrt{6^2 \cdot 0,83} \sqrt{6^2 \cdot 0,78}} \approx 0,42.$$

2. Вычисление $\tau_{1,3}$.

Так как в ранжировках $\mathcal{E}_1$ и $\mathcal{E}_3$ отсутствуют связные ранги, вычисления проводим по формуле (17).

Находим $M = 7$, соответственно, $\tau = -0,07$.

2.7 Анализ результатов расчета коэффициентов корреляций

По результатам расчетов ранговых коэффициентов корреляции получаем две таблицы: одна для коэффициентов корреляции по оценкам показателей и вторая – по оценкам объектов. Каждая ячейка таблицы – значение коэффициента ранговой корреляции для пары экспертов.

Рекомендуется для удобства последующего анализа округлить элементы таблицы следующим образом:

- попадающие в интервал $(0,7; 1)$ положить равными «1»;
- попадающие в интервал $(0,3; 0,7)$ положить равными «0,5»;
- попадающие в интервал $(-0,3; 0,3)$ положить равными «0»;
- попадающие в интервал $(-0,7; -0,3)$ положить равными «-0,5»;
- попадающие в интервал $(-1; -0,7)$ положить равными «-1».

Исходя из округленных результатов коэффициентов, предлагается сделать вывод о наличии групп экспертов, имеющих близкие точки зрения и попытаться объяснить, с чем это может быть связано (пол, возраст, образование, место работы).

Допустимо, что в конкретной работе обучающегося такие группы не обнаружатся.

Продолжение примера. Пусть матрица коэффициентов ранговой корреляции представлена в виде *табл. 12*.

Таблица 12 – Парные коэффициенты корреляции

	Э ₁	Э ₂	Э ₃	Э ₄	Э ₅	Э ₆	Э ₇	Э ₈
Э ₁	1	-0,53	-0,74	-0,52	0,02	-0,84	0,55	0,82
Э ₂	-0,5	1	-0,38	-0,83	-0,58	-0,14	-0,27	-0,41
Э ₃	-1	-0,5	1	0,71	0,07	0,88	0,47	-0,88
Э ₄	-0,5	-1	1	1	-0,38	0,53	-0,03	-0,72
Э ₅	0	-0,5	0	-0,5	1	0,12	0,34	0,19
Э ₆	-1	0	1	0,5	0	1	0,24	-0,74
Э ₇	0,5	0	0,5	0	0,5	0	1	0,06
Э ₈	1	-0,5	-1	-1	0	-1	0	1

Для наглядности в части таблицы, лежащей выше главной диагонали, содержатся фактические значения коэффициентов, рассчитанные одним из описанных выше методов. Ниже главной диагонали – округленные по указанному выше правилу. После округления данных становится более наглядно, какие из экспертов могут быть объединены в группы и имеют схожее мнение.

Например, видно, что мнения экспертов Э₃, Э₄ и Э₆ коррелируют на высоком уровне. А эксперты Э₈ и Э₁ имеют кардинально другую точку зрения по сравнению с этими тремя экспертами. Кроме того, судя по матрице, эксперт Э₂ скорее всего окажется «экспертом-диссидентом», так как его мнение отрицательно коррелирует с мнениями всех остальных.

2.8 Расчет и анализ комплексного показателя качества

Для нахождения комплексного показателя качества Q необходимо прежде всего нормировать значения показателей, приведя интервалы их изменения к отрезку [0,1] так, чтобы значение 0 отвечало уровню качества у наихудшего объекта, а значение 1 – у наилучшего.

Для позитивных признаков, т. е. таких, с увеличением значения которых увеличивается качество всего объекта в целом, следует воспользоваться формулой

$$X_i^*(O_j) = \frac{X_i(O_j) - X_{i(\min)}}{X_{i(\max)} - X_{i(\min)}}, \quad (18)$$

а для негативных показателей, при увеличении которых качество объекта ухудшается:

$$X_i^*(O_j) = \frac{X_{i(\max)} - X_i(O_j)}{X_{i(\max)} - X_{i(\min)}}, \quad (19)$$

где: $X_{i(\min)}$, $X_{i(\max)}$ – соответственно, минимальное и максимальное значения для показателя X_i ;

$X_i(O_j)$ – значение показателя X_i для объекта O_j .

Для каждого объекта O_j комплексный показатель Q принимает свое значение $Q(O_j)$, которое следует находить по формуле

$$Q(O_j) = \sum_{i=1}^n X_i^*(O_j) p_i, \quad (20)$$

где $p_1, p_2, \dots, p_n$ – весовые коэффициенты, которые вычисляются по формуле

$$p_i = \frac{1/S_i}{\sum_{k=1}^n 1/S_k}, \quad (21)$$

где S_i – сумма рангов показателя X_i , вычисленная ранее по формуле (3).

Для удобства расчетов рекомендуется составить далее *табл. 13*, содержащую «нормированные» значения показателей для каждого из объектов, а ниже представлены необходимые для расчета Q результаты вычислений.

Таблица 13 – Таблица для расчета комплексного показателя качества

	X^*_1	...	X^*_n	Q
O_1				$Q(O_1)$
O_2				$Q(O_2)$
...				...
O_m				$Q(O_m)$
S_i				
$1/S_i$				
p_i	p_1	...	p_n	$\sum p_i = 1$

Вычислив комплексный показатель Q для всех объектов, следует составить следующую *табл. 14*.

Таблица 14 – Ранжировка объектов по комплексному показателю качества

Объект №	O_1	O_2	...	O_m
Значение Q	$Q(O_1)$	$Q(O_2)$	...	$Q(O_m)$
Ранжировка (по Q)	$R(Q_1)$	$R(Q_2)$	...	$R(Q_m)$
Сумма рангов S_j	S_1	S_2	...	S_m
Ранжировка (по S_j)	$R(S_1)$	$R(S_2)$	...	$R(S_m)$

Используя любой из двух методов расчета коэффициента корреляции (см. этап 5), находим значение коэффициента корреляции между ранжировками по Q и по S_j , что позволяет сделать вывод о схожести результатов непосредственной оценки экспертной комиссией качества объектов и оценки, полученной с помощью комплексного показателя.

Продолжение примера. Вернемся к задаче оценки качества автошкол (показатели $X_1, \dots, X_6$ те же, что и в примере 1). Пусть табл. 1 исходных данных $X_i(O_j)$ имеет вид, представленный в следующей табл. 15.

Таблица 15 – Пример исходных данных (табл. 1) для примера 1

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
O_1	17500	8 мин	Хорошая	А	В	«4»
O_2	20500	15 мин	Хорошая	В	С	«3»
O_3	21000	7 мин	Отличная	А	В	«4»
O_4	16500	50 мин	Хорошая	А	С	«5»
O_5	16000	15 мин	Отличная	В	С	«3»
O_6	22000	20 мин	Удовл.	С	С	«4»
O_7	20000	15 мин	Хорошая	В	В	«3»
O_8	18000	45 мин	Неудовл.	В	А	«2»
O_9	21500	5 мин	Хорошая	С	В	«3»
O_{10}	20000	70 мин	Отличная	В	С	«3»

Пронормируем значения в каждом столбце таблицы по формулам (18) и (19).

Показатель X_1 – негативный (чем выше цена обучения, тем менее доступна данная услуга, тем ниже качество для потребителя), применяя формулу (19) получаем следующее нормированное значение, например, для объектов O_3 и O_4 . Поскольку $X_{1\max} = 22000$, а $X_{1\min} = 16000$, то нормированные значения будут иметь вид

$$X_1^*(O_3) = \frac{22000 - 21000}{22000 - 16000} = 0,17,$$

$$X_1^*(O_4) = \frac{22000-16500}{22000-16000} = 0,92.$$

Аналогично проводятся расчеты для показателя X_2 , который также является негативным (предполагается, чем больше времени тратится на дорогу, тем ниже качество объекта), поэтому применяем формулу (19).

Поскольку $X_{2\max} = 70$, а $X_{2\min} = 7$, то, например, для O_1 нормированное значение показателя X_2 будет иметь вид

$$X_2^*(O_1) = \frac{70-8}{70-7} = 0,98.$$

Если показатель нечисловой, как показатель X_3 , то высшему уровню качества («отлично») присваивается значение 1, а низшему («неудовл.») присваивается значение 0. Промежуточным уровням качества присваиваем равноотстоящие значения: «удовл.» – $1/3 \approx 0,33$, «хорошо» – $2/3 \approx 0,67$.

Для показателей X_4 и X_5 : 1 присваивается высшему уровню «А», 0 присваивается уровню «С», а промежуточному уровню «В» присваивается значение 0,5.

Показатель X_6 – позитивный (чем больше дополнительных услуг, тем качество объекта выше), при этом он – нечисловой, так как его значения – баллы, которые мы начисляем автошколам по правилам примера 1. Нормировка проводится аналогично расчетам нормированных значений показателя X_3 . Находим максимальное значение $X_{6\max} = \langle 5 \rangle$, присваиваем ему значение 1, и минимальное $X_{6\min} = \langle 2 \rangle$, присваивая новое значение 0. Промежуточным градациям присваиваем равноотстоящие значения: «3» – $1/3 \approx 0,33$, «4» – $2/3 \approx 0,67$.

Рассчитав нормированные значения по каждому показателю и объекту, необходимо далее найти весовые коэффициенты p_i . Для этого следует воспользоваться формулой (21) и суммами рангов по показателям из *табл. 2* (после обработки связных рангов).

$$p_2 = \frac{0,03}{0,19} = 0,17 \text{ и т. д. для каждого показателя.}$$

Далее следует по формуле (20) вычислить значения Q для каждого из объектов.

Проделанные расчеты позволят заполнить *табл. 16*.

Таблица 16 – Пример данных *табл. 15*

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	Q
O_1	0,75	0,95	0,67	1	0,5	0,67	0,75
O_2	0,25	0,85	0,67	0,5	0	0,33	0,43

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	Q
O ₃	0,17	0,97	1	1	0,5	0,67	0,65
O ₄	0,92	0,31	0,67	1	0	1	0,66
O ₅	1	0,85	1	0,5	0	0,33	0,70
O ₆	0	0,77	0,33	0	0	0,67	0,26
O ₇	0,33	0,85	0,67	0,5	0,5	0,33	0,52
O ₈	0,67	0,38	0	0,5	1	0	0,46
O ₉	0,08	1	0,67	0	0,5	0,33	0,42
O ₁₀	0,33	0	1	0,5	0	0,33	0,36
S _j	18,5	31,5	30	44	0,5	50	
1/S _j	0,054	0,032	0,033	0,023	0,028	0,020	Σ=0,19
p _i	0,28	0,17	0,17	0,12	0,15	0,11	Σ=1

Табл. 14 в данном примере примет следующий вид:

Таблица 17 – Результаты расчетов (пример данных табл. 14)

Объект №	O ₁	O ₂	O ₃	O ₄	O ₅	O ₆	O ₇	O ₈	O ₉	O ₁₀
Значение Q	0,75	0,43	0,65	0,66	0,70	0,26	0,52	0,46	0,42	0,36
Ранжировка (по Q)	1	7	4	3	2	10	5	6	8	9
Сумма рангов S _j	34,5	41,5	29,5	57	22,5	82	48,5	94,5	61,5	78,5
Ранжировка (по S _j)	3	4	2	6	1	9	5	10	7	8

Рассчитаем коэффициент корреляции Спирмена ρ между двумя данными ранжировками, используя формулу (10). В итоге получаем значение $\rho = 0,72$. Такое значение не говорит о сильной положительной корреляции показаний экспертного опроса и расчета комплексного показателя. Тем не менее, можно предположить, что отвечая на предложенные в анкете два вопроса, каждый эксперт следовал одной и той же логике: полагая, что выше качество имеют объекты, у которых наиболее высокий уровень именно по тем показателям, которые эксперт признает наиболее значимыми.

В случае, когда результат расчета оказывается близким к нулю (или отрицательный), можно сделать вывод о том, что при ответе на каждый из двух вопросов анкеты, большинство экспертов не сохраняли свои критерии неизменными, рассматривая каждый вопрос по отдельности.

2.9 Заключение

В заключении должны быть представлены основные выводы по работе, включающие ответы на следующие вопросы:

1. Который из объектов следует признать наилучшим (наихудшим)?
2. Который из показателей качества следует признать наиболее (наименее) значимым?
3. Какой вывод можно сделать о том, насколько согласованны мнения экспертов при оценке значимости показателей и оценке качества объектов?
4. Имеются ли внутри комитета экспертов подгруппы, внутри которых мнения экспертов сильно коррелируют между собой? Если да, то что объединяет экспертов внутри этих подгрупп?
5. В какой мере оценка качества на основе комплексного показателя согласуется с оценкой, полученной непосредственно из экспертного опроса (из ответов на вопрос № 2 анкеты)?
6. Общий вывод о том, насколько согласованны мнения экспертов при оценке значимости показателей и оценке качества объектов.

Рекомендуемая литература.

а) основная

1. Рожков, Н. Н. Квалиметрия и управление качеством. Математические методы и модели / Н. Н. Рожков. – СПб.: СПГУТД, 2007. – 185 с.
2. Ягелло, О. И. Методы квалиметрии в задачах повышения качества машиностроительной продукции / О. И. Ягелло. – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2012.– 158 с.
3. Социальная квалиметрия, оценка качества и стандартизация социальных услуг: учебник для бакалавров. – М.: Дашков и К, 2014.– 182 с.

б) дополнительная литература и другие информационные источники

1. Иванов, М. Н. Основы технических измерений и метрологическое обеспечение испытаний для подтверждения соответствия: учеб. пособие / М. Н. Иванов, А. Е. Рудин, Н. Н. Рожков. – СПб.: СПГУТД, 2004. – 151с.
2. Сазонов, А. Л. Теория вероятностей и математическая статистика. Анализ систем числовых и нечисловых случайных переменных: учеб. пособие / А. Л. Сазонов, Н. Н. Рожков. – СПб.: СПГУТД, 2014. – 177 с.
3. Хвастунов, Р. М. Экспертные оценки в квалиметрии машиностроения: учеб. пособие / Р. М. Хвастунов. – Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2012. – 36 с.
4. Шнейдер, Ю. А. Равенство, сходство, порядок / Ю. А. Шнейдер. – М.: Наука, 1971– 256 с.
5. Миркин, Б. Г. Анализ качественных признаков / Б. Г. Миркин. – М.: Статистика, 1976. – 166 с.
6. Окрепилов, В. В. Управление качеством / В. В. Окрепилов. – М.: Экономика, 1998.

Использованная литература

1. *Рожков, Н. Н.* Квалиметрия и управление качеством. Математические методы и модели: учебник и практикум для академического бакалавриата / Н. Н. Рожков. - 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во Юрайт, 2018. – 167 с. *(лекции, самостоятельная работа)*.

2. ГОСТ 7.32-2001 «Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления».

Титульный лист

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДИЗАЙНА»

Кафедра математики

РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА
по дисциплине «Квалиметрия»

«Комплексная оценка качества _____
на основе анализа экспертных оценок»

Руководитель: _____

Студент: _____

Учебная группа: _____

Санкт-Петербург

20__

Анкета

Оценка качества _____.

Здравствуйте! В данной анкете Вам, уважаемые эксперт, предлагается оценить качество _____.

Вашему вниманию предлагается набор из _____, сравнительную характеристику услуг которых предстоит выполнить.

В таблице содержится описание объектов и показатели, характеризующие качество, предоставляемых ими услуг.

Показатели	(O1)	(O2)	(O3)	...	(Om)
X ₁					
X ₂					
X ₃					
...					
X _n					

Пояснение:

X₁-X_n: Название показателей

Описание уровней качества

Вам предлагается ответить на 2 вопроса:

1. Упорядочьте показатели по степени их важности для Вас при оценке качества этих объектов, где 1 – самый важный показатель, n – наименее важный, Вы можете ставить одинаковые ранги нескольким показателям.

X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	...	X _n

2. Упорядочьте объекты по степени их привлекательности для Вас, где 1 – самый привлекательный, m – наименее привлекательный, Вы можете ставить одинаковые ранги нескольким показателям.

O ₁	O ₂	O ₃	O ₄	...	O _m

Пожалуйста, укажите свой возраст и пол.

Возраст:

Ж	М

Процентные точки распределения χ^2

Число ст. свободы	$\alpha = P(X > x(n))$					
	0,01	0,025	0,05	0,95	0,975	0,99
1	6,63	5,02	3,84	0,004	0,001	0,0002
2	9,21	7,38	5,99	0,10	0,05	0,02
3	11,34	9,35	7,81	0,35	0,22	0,11
4	13,28	11,14	9,49	0,71	0,48	0,30
5	15,09	12,83	11,07	1,15	0,83	0,55
6	16,81	14,45	12,59	1,64	1,24	0,87
7	18,48	16,01	14,07	2,17	1,69	1,24
8	20,09	17,53	15,51	2,73	2,18	1,65
9	21,67	19,02	16,92	3,33	2,70	2,09
10	23,21	20,48	18,31	3,94	3,25	2,56
11	24,73	21,92	19,68	4,57	3,82	3,05
12	26,22	23,34	21,03	5,23	4,40	3,57
13	27,69	24,74	22,36	5,89	5,01	4,11
14	29,14	26,12	23,68	6,57	5,63	4,66
15	30,58	27,49	25,00	7,26	6,26	5,23
16	32,00	28,85	26,30	7,96	6,91	5,81
17	33,41	30,19	27,59	8,67	7,56	6,41
18	34,81	31,53	28,87	9,39	8,23	7,01
19	36,19	32,85	30,14	10,12	8,91	7,63
20	37,57	34,17	31,41	10,85	9,59	8,26
21	38,93	35,48	32,67	11,59	10,28	8,90
22	40,29	36,78	33,92	12,34	10,98	9,54
23	41,64	38,08	35,17	13,09	11,69	10,20
24	42,98	39,36	36,42	13,85	12,40	10,86
25	44,31	40,65	37,65	14,61	13,12	11,52
26	45,64	41,92	38,89	15,38	13,84	12,20
27	46,96	43,19	40,11	16,15	14,57	12,88
28	48,28	44,46	41,34	16,93	15,31	13,56
29	49,59	45,72	42,56	17,71	16,05	14,26
30	50,89	46,98	43,77	18,49	16,79	14,95
31	52,19	48,23	44,99	19,28	17,54	15,66
32	53,49	49,48	46,19	20,07	18,29	16,36
33	54,78	50,73	47,40	20,87	19,05	17,07
34	56,06	51,97	48,60	21,66	19,81	17,79
35	57,34	53,20	49,80	22,47	20,57	18,51
36	58,62	54,44	51,00	23,27	21,34	19,23
37	59,89	55,67	52,19	24,07	22,11	19,96
38	61,16	56,90	53,38	24,88	22,88	20,69
39	62,43	58,12	54,57	25,70	23,65	21,43
40	63,69	59,34	55,76	26,51	24,43	22,16