



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Управление качеством»

СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕСОМОСТЕЙ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА

**Методические указания
я к практической работе №2
по дисциплине**

«КВАЛИМЕТРИЯ»

Авторы
В.П. Димитров
О.А. Голубева
В.И. Мирный

Ростов-на-Дону, 2017



Аннотация

«Тип электронного ресурса» предназначен для студентов очных форм обучения направлений 27.03.02 «Управление качеством».

Авторы

д.т.н., профессор,
Декана ф-та ПиТР
Димитров В.П.

к.т.н., доцент
каф. «Управление
качеством»
О.А. Голубева

к.т.н., доцент
каф. «Управление
качеством»
Мирный В.И.



Оглавление

Стоимостной способ.....	7
Вероятностный способ.....	8
Экспертный способ.....	10
Метод предпочтений.....	14
Метод ранга.....	16
Задание.....	17
Рекомендуемая литература.....	18

Значения показателей качества получаются либо в результате использования измерительных инструментов, либо без них. При инструментальном способе качество измерений (качество технических средств) определяет и качество результата измерений. Логично предположить, что чем точнее измерение, тем больше доверие к его результату, тем больше вес этого результата.

Точность результата однократного измерения определяется точностью показания средства измерения. Последняя, в свою очередь, характеризуется средним квадратическим отклонением σ или стандартным отклонением S , заменяющим σ при определении характеристик точности конкретного средства измерения:

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \hat{X})^2},$$

где \hat{X} - среднее арифметическое значения значения показаний при n независимых измерительных экспериментах;

$$\hat{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i.$$

При получении результата многократного измерения по логике среднего взвешенного результата однократных измерений Q_i сумми-

руются с учётом их значимости (веса) g_i ; вес каждого результата однократного измерения выбирают обратно пропорционально оценке дисперсии $S_{X_i}^2$. Кроме того, для удовлетворения условиям нормировки

$\sum_{i=1}^n g_i = 1$), полученные числовые значения весомостей делят на их сумму. В результате

$$g_i = \frac{\frac{1}{S_{Xi}^2}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{S_{Xi}^2}}$$

находится в пределах от 0 до 1.

Пример 1: Определить весомости измерений параметров комнаты которые учитываются при определении комплексного показателя – объёма, если длина четыре раза измерялась рулеткой со стандартным отклонением

$S_p = 0,2$, ширина – один раз линейкой со стандартным отклонением $S_l = 0,1$, а высота - пятнадцать раз сантиметром со стандартным отклонением $S_c = 0,5$.

Стандартное отклонение многократного измерения длины составляет

$$S_{дл.} = \sqrt{\frac{1}{4\left(\frac{1}{0,2}\right)^2}} = 0,08$$

; стандартное отклонение измерения ширины со-

ставляет $S_{шир.} = 0,1$, а стандартное отклонение многократного измерения высоты - $S_{выс.} = 0,13$.

Соответственно ненормированные значения весомостей составляют:

$$g_{дл.}'' = \frac{1}{0,08} = 12,5; \quad g_{шир.}'' = \frac{1}{0,1} = 10; \quad g_{выс.}'' = \frac{1}{0,13} = 7,7.$$

После нормировки - $g_{дл.} = 0,41; \quad g_{шир.} = 0,33; \quad g_{выс.} = 0,26$.

Не инструментальные способы определения весомостей подразделяются на стоимостные, вероятностные, экспертные и смешанные.

Основу стоимостного способа составляет следующая посылка: весо-

мость g_i является монотонно возрастающей функцией от аргумента S_i , выражающего денежные или трудовые затраты, необходимые для обеспе-

чения существования i-го свойства. Иначе говоря, если $g_i = f(S_i)$, то при

условии, что $S_i > S_j$ $g_i > g_j$.

Одной из разновидностью стоимостного способа является методика определения весомости по следующей зависимости:

$$g_i = \frac{S_i}{\sum_{i=1}^n S_i};$$

таким образом весомость свойства оказывается идентичной весомости соответствующих затрат. Само понятие «весомость» в этом случае иногда заменяется понятием «экономичность».

Пример 2: Себестоимость партии зубных щёток складывается из стоимости проекта (S_1), стоимости материалов (S_2), стоимости производства (S_3), стоимости контроля (S_4), стоимости транспортировки и хранения (S_5) и стоимости реализации (S_6). Учитывая что $S_1=20$ тыс. руб., $S_2=50$ тыс. руб., $S_3=10$ тыс. руб., $S_4=10$ тыс. руб., $S_5=5$ тыс. руб. и $S_6=5$ тыс. руб., определяем весомости единичных показателей, составляющих качество партии зубных щёток:

$$g_1=0,2; g_2=0,5; g_3=0,1; g_4=0,1; g_5=0,05; g_6=0,05.$$

При использовании этой разновидности необходимость нормировки отпадает.

Другая методика заключается в том, что весомость g_i каждого свойства вычисляется своим специфическим способом. Так для станков, машин и т.д. весомость такого свойства, как «производительность» должна определяться выражением

$$g_i = \frac{S_i}{S_i^{эм}},$$

где S_i и $S_i^{эм}$ - стоимость единицы выработанной продукции рассматриваемого и эталонного изделия.

Аналогично определяется весомость «долговечности»:

$$g_i = \frac{T_i}{T_i^{эм.}},$$

где T_i и $T_i^{эм.}$ - сроки службы оцениваемого и эталонного образцов.

Несколько иначе реализуется третья методика, в которой

$$g_i = \alpha_i + \beta_i,$$

где α_i - изменение затрат в производстве при улучшении параметра i на 1%;

β_i - изменение затрат в эксплуатации при улучшении параметра i на 1%.

Однако первой из методик стоимостного способа является предложенная ещё в 1907 году методика академика А.Н.Крылова, нацеленная на выбор лучшего проекта военного корабля и заключающаяся в следующем. Для нескольких проектов боевого корабля определённого класса вычислялись средние значения основных параметров, характеризующих его качество: огневой мощи, броневой защиты, скорости хода и дальности плавания. Полученные показатели характеризовали «средний корабль» такого класса. Затем расчётом определялось, на какую величину P_i , % необходимо было бы увеличить водоизмещение «среднего корабля», чтобы увеличить на определённый процент каждый из его основных параметров, сохраняя остальные неизменными. Соотношение P_i отображало соотношение весомостей.

Последние методы нуждаются в заключительном нормировании весомостей.

Достоинство всех методов **стоимостного способа** – крайняя простота, недостаток – интенсивное изменение стоимостных показателей во времени, что приводит к необходимости частого пересчёта весомостей.

Вероятностный способ применим к тем объектам, для которых существует достаточно большое количество модификаций, позволяющих использовать аппарат математической статистики. Способ базируется на предположении, что среди свойств, определяющих качество любого объекта, для каждого i -го свойства всегда можно подобрать хотя бы одно «конкурирующее» j -е свойство, взаимосвязь между которыми в конечном виде будет определяться выражением

$$Q_i \neq Q_i^{\text{эм.}} \quad \text{при} \quad Q_j = Q_j^{\text{эм.}}$$

где $Q_i^{\text{эм.}}$ и $Q_j^{\text{эм.}}$ - эталонные значения абсолютных показателей i -го и j -го свойств качества.

В этих условиях естественно предположить, что любой проектировщик будет стремиться в большей степени приблизить к эталону те свойства, которые он считает более важными. В результате, для достаточно большой совокупности проектировщиков среднее значение приближения каждого свойства к соответствующему эталону будет для важных свойств больше, чем для свойств, имеющих меньшее значение. В этом случае среднее значение приближения к эталону может рассматриваться как мера важности (весомости) каждого свойства.

$$f\left(\frac{Q_i}{Q_i^{\text{эм.}}}\right)$$

Если $f\left(\frac{Q_i}{Q_i^{\text{эм.}}}\right)$ - некоторая функция, показывающая степень приближения абсолютного показателя свойства к эталонному, то в соответствии с основной идеей метода можно записать

$$g_i = F\left[f\left(\frac{Q_i}{Q_i^{\text{эм.}}}\right)\right].$$

^

Приближённое значение g_i вычисляется как среднее арифметическое при обработке достаточного большого количества проектов. когда субъективные факторы, свойственные каждому проектировщику максимально нейтрализуются.

$$g_i^{\wedge} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n g_i.$$

Название дисциплины

$$\sum_{i=1}^n g_i = 1$$

Для выполнения условия полученные значения необходимо нормировать.

Пример 3: Качество легкового автомобиля определяется следующими единичными показателями:

Q_1 -мощность двигателя, л.с.;

Q_2 -максимальная скорость, км/час.;

Q_3 -время разгона до 100 км/час., с;

Q_4 -комфортабельность, баллов;

Q_5 -средний расход топлива л/100 км.

Значения единичных показателей для пяти реализованных проектов автомобилей, а также эталонные значения, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Единичные показатели качества

Обозначение показателя	Эталон	Волга 3401	Москвич 2141	ВАЗ 2107	ВАЗ 2109	ВАЗ 1101
Q_1	200	90	75	70	70	45
Q_2	250	150	125	140	150	120
Q_3	5	12	14	12	10	15
Q_4	5	4	3	4	3	2
Q_5	6	12	10	9	8	7

Значения весомостей единичных показателей в каждом проекте, а также средние и нормированные значения, полученные расчётом, сведены в табл. 2.

Таблица 2 – Значения весомостей показателей качества

Весомости единичных по- казателей	Волга 3401	Москвич 2141	ВАЗ 2107	ВАЗ 2109	ВАЗ 1101	$g_{иср.}$	$g_{инорм.}$
g_1	0,45	0,375	0,35	0,35	0,225	0,55	0,21
g_2	0,6	0,5	0,56	0,6	0,48	0,49	0,19
g_3	0,41	0,38	0,42	0,5	0,33	0,56	0,215
g_4	0,8	0,6	0,8	0,6	0,4	0,56	0,215
g_5	0,5	0,6	0,67	0,75	0,86	0,46	0,17

Кратко принципиальную основу вероятностного способа можно сформулировать в следующем виде: весомость тем выше, чем больше в среднем степень приближения к эталону.

Достоинство способа заключается в возможности учитывать мнение очень большого числа проектировщиков, не прибегая к непосредственному контакту между ними, а недостатки – в неоднозначности подходов проектировщиков к выбору свойств объектов и сравнительной трудоёмкости расчётов.

Экспертный способ определения весомостей не имеет ограничений в противоположность двум рассмотренным ранее. Главное его требование – наличие квалифицированных экспертов, выполняющих роль измерительных средств. Чем выше уровень подготовки (компетентность) экспертов, тем точнее будут определены весомости свойств качества объектов.

Существует несколько методов экспертного определения весомостей: метод предпочтений, метод ранга, группа методов попарного сопоставления и др.

Из группы методов попарного сопоставления наиболее простым и доходчивым является метод полного попарного сопоставления. Его сущность заключается в следующем: эксперту сообщается набор свойств модели качества объекта, а в его функции входит попарно сопоставить их между собой и выразить, например, цифрой «2» - предпочтение одного свойства другому (в табл. 3 предпочтение свойства 1 свойству n или свойства 3 свойству 1, цифрой «1» – равенство (например свойств 2 и 3) и «0» - проигрыш одного другому (например свойства 1 свой-

ству 3 или свойства n с свойству 1), а результаты представить в виде таблицы (табл. 1). При этом диагональ таблицы (слева направо, сверху вниз) будет состоять из единиц (в этих клетках сравниваются одни и те же свойства - свойство 1 со свойством 1, свойство 2 со свойством 2 и т.д.). Для того, чтобы не ошибиться, рекомендуется сопоставлять свойства сначала в прямом порядке – 1 со 2, затем с 3 и т.д. до n-1 с n, а результат внести в верхнюю часть таблицы, потом наоборот – n с n-1 и до конца, а результат внести в нижнюю часть таблицы.

Таблица 3 – Таблица попарного сопоставления

№	Наименование свойства	Данные сопоставления						$\sum_{i=1}^n R_i$	$g_i = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{\sum \sum_{i=1}^n R_i}$
		1	2	3			n		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Свойство 1	1		0			2		
2	Свойство 2		1	1					
3	Свойство 3	2	1	1					
	Свойство ...				1				
	Свойство ...					1			
n	Свойство n	0					1		
								$\sum \sum_{i=1}^n R_i$	

Далее сумма по строкам проставляется в столбце 9, а весомости

g_i , определённые каждым из участвующих экспертов – в столбце 10. Итоговая весомость, объединяющая мнения всех экспертов, опреде-

Название дисциплины

ляется по зависимости

$$g_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^n g_i}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^r g_i},$$

где i – количество свойств; $i=(1...n)$,
 j – количество экспертов; $j=(1...r)$.

Пример 4: В определении весомостей единичных показателей качества (ПК) автомобиля методом полного попарного сопоставления принимают участие 5 экспертов; они выразили своё мнение следующим образом (табл. 4):

Таблица 4 – Результаты экспертного опроса

Эксперт 1							Эксперт 2							
ПК	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	Q_5	R_{i1}	ПК	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	Q_5	R_{i2}	
Q_1	1	2	2	2	1	8	Q_1	1	2	2	2	0	7	
Q_2	0	1	1	2	0	4	Q_2	0	1	1	0	0	2	
Q_3	0	1	1	1	0	3	Q_3	0	1	1	2	0	4	
Q_4	0	0	1	1	0	2	Q_4	0	2	0	1	0	3	
Q_5	1	2	2	2	1	8	Q_5	2	2	2	2	1	9	
Эксперт 3							Эксперт 4							

Название дисциплины

ПК	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	Q_5	R_{i3}	ПК	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	Q_5	R_{i4}
Q_1	1	2	2	2	2	9	Q_1	1	2	2	2	1	8
Q_2	0	1	1	2	0	4	Q_2	0	1	2	0	0	3
Q_3	0	1	1	0	0	2	Q_3	0	0	1	1	0	2
Q_4	0	0	2	1	0	3	Q_4	0	2	1	1	0	4
Q_5	0	2	2	2	1	7	Q_5	1	2	2	2	1	8
Эксперт 5													
ПК	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	Q_5	R_{i5}							
Q_1	1	2	2	2	2	9							
Q_2	0	1	1	0	0	2							
Q_3	0	1	1	1	0	3							
Q_4	0	2	1	1	0	4							

Q_5	0	2	2	2	1	7
-------	---	---	---	---	---	---

Таблица 5 – Значения весомостей единичных показателей

ПК	R_{i1}	R_{i2}	R_{i3}	R_{i4}	R_{i5}	R_{ij}	g_{ij}
Q_1	8	7	9	8	9	41	0,3 3
Q_2	4	2	4	3	2	15	0,1 2
Q_3	3	4	2	2	3	14	0,1 1
Q_4	2	3	3	4	4	16	0,1 3
Q_5	8	9	7	8	7	39	0,3 1

Метод предпочтений заключается в том, что каждого эксперта просят проранжировать (пронумеровать) свойства в порядке их предпочтений с таким расчётом, чтобы наименее предпочитаемое (наименее важное) свойство получило бы ранг (номер) 1, следующее – 2 и т.д. Расчётная формула весомости i -го свойства

$$g_i = \frac{\sum_{j=1}^n R_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^r R_{ij}},$$

где R_{ij} - ранг (место) весомости i -го свойства у j -го эксперта.

Степень согласованности мнений экспертов, т.е. степень доверия к

результатам экспертирования, определяется с помощью эмпирического коэффициента – коэффициента **конкордации**, который рассчитывается следующим образом:

$$W = \frac{12S}{r^2(n^3 - n)},$$

где S – сумма квадратов отклонений средней суммы рангов от суммы рангов каждого фактора.

Если значение $W \geq 0,75$, считается, что степень согласованности удовлетворительна.

Пример 5: Весомости единичных показателей легкового автомобиля методом предпочтений определяли пять экспертов. Результаты сведены в табл. 6.

Таблица 6 – Результаты определения весомостей и степени согласованности мнений экспертов

ПК	Мнения экспертов R_{ij}					$\sum R_{ij}$	g_i	$R_{ij} - R_{cp.}$	$(R_{ij} - R_{cp.})^2$
	R_{i1}	R_{i2}	R_{i3}	R_{i4}	R_{i5}				
Q_1	4	4	5	5	4	22	0,2 9	7	49
Q_2	2	1	3	1	2	9	0,1 2	-6	36
Q_3	3	2	1	2	3	11	0,1 5	-4	16
Q_4	1	3	2	3	1	10	0,1 3	-5	25

Название дисциплины

Q_5	5	5	4	4	5	23	0	8	64
							, 3 1		

$$\sum \sum R_{ij} = 75$$

$$S = \sum (R_{ij} - R_{cp})^2 = 190$$

В нашем случае W=0,76, следовательно полученные значения весо-
мостей вполне достоверны.

Метод ранга позволяет эксперту большую свободу выбора: важность каждого свойства может быть оценена по шкале относитель-
ной значимости в любом установленном диапазоне (например от 1 до 10), причём разрешено выбирать любые, не только целые, но и дробные числа. В этом случае весомость

$$g_i = \frac{\sum_{i=1}^n g_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^r g_{ij}},$$

где

$$g_{ij} = \frac{P_{ij}}{\sum_{i=1}^n P_{ij}},$$

причём P_{ij} - оценка весомости i-го свойства у j-го эксперта.

Суть смешанного способа заключается в использовании некоторой комбинации (обычно линейной) весо-
мостей, полученных с использова-
нием комбинаций из различных ранее рассмотренных способов: стои-
мостного и экспертного, стоимостного и вероятностного, вероятностного
и экспертного или всех трёх.

Задание

Определить весомости единичных показателей качества стиральной машины, пользуясь данными таблицы 7 и применяя различные вышеперечисленные способы и методы.

Таблица 7 – Абсолютные значения единичных показателей и их весомостей

Наименование показателя качества	Весомость I	Весомость II	Марка стиральной машины / страна-производитель						
			Лавама	Томсон	БИО-663		П-565	Тамат	Вятка-автомат
Германия		Польша		Чехия		Россия			
Загрузка, кг	Не учитывается	По заданию преподавателя или по методике	5	4,5	5	4	5	4	
Затраты эл.энерг., кВт.ч.			0,35	0,52	0,75	0,92	0,75	0,86	
Затраты воды, л			71	117	90	147	110	120	
Время обработки, мин.			105	105	130	109	170	165	
Масса, кг			65	67	75	77	90	85	
Цена, у.е.			59	50	126	130	215	145	

Примечание: цена представлена в виде процентного коэффициента соотношения стоимости машины и средней заработной плате в стране-производителе.

Рекомендуемая литература:

1. Методы квалиметрии в задачах повышения качества машиностроительной продукции: Учебное пособие. Ягелло О.И. – Саратов: «Ай Пи Эр Медиа», 2012.

2. Решение задач квалиметрии машиностроения: Учебное пособие. Кершенбаум В.Я., Хвастунов Р.М. – Саратов: «Ай Пи Эр Медиа», 2012.

3. Экспертные методды в квлиметрии машиностроения: Учебное пособие. Хвастунов Р.М., Ягелло О.И., Корнеева В.М. – Саратов: «Ай Пи Эр Медиа», 2012.

4. Методы квалиметрии в машиностроении: Учебное пособие. Кершенбаум В.Я., Хвастунов Р.М. – Саратов: «Ай Пи Эр Медиа», 2012.