

## Лекция 2.4 Квалиметрические шкалы

**Цель лекции** – ознакомление слушателей с методологическими основами количественной оценки качества через изучение и применение квалиметрических шкал, которые выступают математическим аппаратом квалиметрии.

### **Задачи лекции:**

- понять сущность и роль квалиметрических шкал как инструмента объективизации качества;
- изучать четыре (или пять) основных типов квалиметрических шкал (наименований, порядка, интервалов, отношений) и принципы их классификации, основанной на работах Стэнли Стивенса;
- освоить допустимые математические операции для каждого типа шкал и осознали, как выбор шкалы определяет смысл и интерпретацию результатов оценки.

В квалиметрии, как правило, применяются четыре (иногда выделяют пять) основных типов шкал, которые классифицируются по допустимым операциям и характеру отношений между присвоенными значениями. Эта классификация основана на трудах американского психолога Стэнли Стивенса, и является стандартом для измерительных процедур в различных науках.

Понятие «шкалы» общее для метрологии и квалиметрии. В метрологии – это часть отсчетного устройства средства измерения, представляющее собой упорядоченный ряд отметок, соответствующих последовательному ряду значений величины вместе со связанной с ней нумерацией.

В квалиметрии понятие «шкалы» используется в математическом смысле, т.е. как метод оценивания и сопоставления свойств различных объектов.

Практически используют пять видов квалиметрических шкал:

- шкалу наименований;
- шкалу порядка;
- шкалу интервалов;
- шкалу отношений.

### *Шкала наименований*

В тех случаях, когда несколько неизвестных размеров необходимо сопоставить с одним и определить, какие из них равны размеру, выбранному за базу для сравнения, а какие нет, используют шкалу наименований. По шкале наименований классифицируют размеры по признаку эквивалентности, тождества, равенства.

Математическое выражение сущности измерения по шкале наименований можно записать так:

$$P_i = P_j \text{ или } P_i \neq P_j, \quad (1)$$

где  $P_i$  - размер, с которым сравнивают (базовый размер);

$P_j$  -  $j$ -й из сравниваемых размеров ( $J = 1, 2 \dots n$ );

$n$  - число сравниваемых размеров.

При сопоставлении и измерении размеров по шкале наименований осуществляется, например, контроль и оценка качества чего-либо по альтернативному принципу: годен — не годен; подходит — не подходит; соответствует — не соответствует и т.п. Так, например, осуществляют калибровку деталей машин и иных изделий на предприятиях-изготовителях продукции при входном контроле, а также в ряде других случаев.

#### *Шкала порядка*

Шкала порядка - это последовательный ряд значений, дающий систематизированное представление о простейших соотношениях величин сопоставляемых размеров свойств, признаков или качеств в целом оцениваемых объектов.

При попарном сопоставлении всех измеряемых размеров устанавливают, какой размер больше или меньше другого, какой лучше или хуже другого. Если имеются одинаковые размеры, то это соотношение также устанавливается. Далее установленные соотношения размеров ранжируются в порядке возрастания и/или убывания (уменьшения) их величин. Сами величины при этом остаются неопределенными.

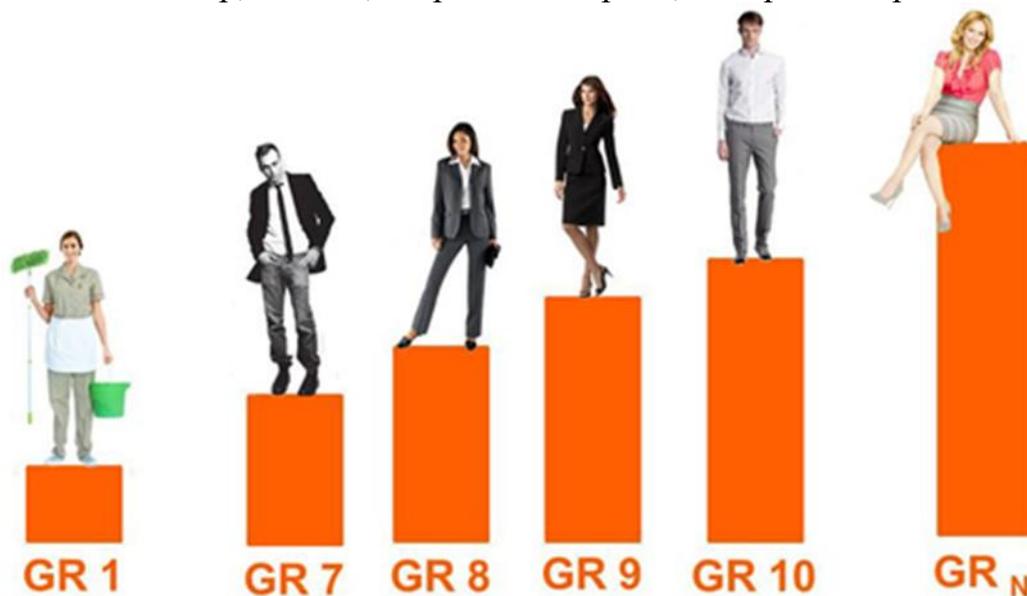
Классическим примером оценивания с применением шкалы порядка является оценивание твердости минералов на основе шкалы Мооса.

Шкала Мооса относительной твердости минералов состоит из 10 эталонов твердости: тальк — 1, гипс — 2, кальцит — 3, флюорит — 4, апатит — 5, ортоклаз — 6, кварц 7, топаз — 8, корунд — 9, алмаз — 10. Относительная твердость определяется путем царапания эталоном шкалы Мооса поверхности испытываемого объекта.



Другим примером применения шкалы порядка может служить бальная шкала при экспертном методе.

Еще одним примером порядковой шкалы является шкала должностей, которые занимают работники на предприятии: директор, заместитель директора, начальник отдела, заведующий лабораторией, старший инженер, инженер, младший инженер, техник, старший лаборант, лаборант и др.



### *Шкала интервалов*

Шкала интервалов - это такой метод оценивания, при котором существенной характеристикой является разность между значениями оцениваемых параметров,

которая может быть выражена числом установленных в этой шкале единиц. При этом начало отсчета может быть установлено произвольно.

Примером шкалы интервалов может служить шкала температур Цельсия. В шкале Цельсия за начало отсчета принята температура таяния льда. Интервал между температурой таяния льда и температурой кипения воды разбит на 100 равных интервалов - градусов. С помощью этой единицы вся шкала Цельсия разбита на градусы в положительном и в отрицательном направлениях.

Шкала интервалов применяется для характеристики таких свойств продукции, которые связаны с температурными режимами, например, минимальная рабочая температура криоинструмента, морозостойкость искусственной кожи, минимальная температура морозильной камеры в холодильнике и др.

Шкала интервалов является метрической, с ее помощью можно выполнять сложение и вычитание.



## Шкала интервалов

Марка	Рейтинг (только один вариант)									
	Очень низкое					Очень высокое				
Peugeot	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ford	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Opel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

### *Шкала отношений*

Шкала отношений описывает свойства объектов, которые удовлетворяют отношениям эквивалентности, порядка и аддитивности, а в ряде случаев и пропорциональности. Примерами таких шкал являются шкала массы (пропорциональная) и термодинамической температуры (аддитивная).

По шкале отношений определяются такие значения измеряемых размеров, как «равно» (=), «не равно» ( $\neq$ ), «больше» ( $>$ ), «меньше» ( $<$ ), «сумма» (+), «разница» ( $-$ ), «умножение» ( $\times$ ), «деление» ( $\div$ ).

Выбор шкалы в квалиметрии – это не просто техническое решение; это методологический выбор, который определяет смысл получаемой оценки.

### ***Выбор шкалы и интерпретация результатов***

1. Проектирование оценки: Прежде чем приступить к оценке качества, необходимо определить, какие вопросы нужно решить:

- Нужно ли просто различить объекты? Шкала наименований.
- Нужно ли их ранжировать? Шкала порядка.
- Нужно ли измерить разницу между оценками? Шкала интервалов.
- Нужно ли установить пропорциональные отношения (во сколько раз лучше) Шкала отношений.

2. Обработка данных: допустимые математические операции строго зависят от типа шкалы. Например, некорректно вычислять среднее арифметическое для данных, измеренных по шкале наименований или порядка, поскольку это приводит к бессмысленным результатам.

*Пример:* Вычисление среднего арифметического для номеров на спортивных футболках (шкала наименований) не имеет смысла.

3. Безразмерное шкалирование: для получения комплексного показателя качества (КПУ) часто необходимо свести разнородные показатели, измеренные в разных шкалах и единицах, к безразмерному виду. Для этого используются методы перевода в безразмерную шкалу (например, шкалу желательности Харрингтона), которая обычно имеет свойства шкалы интервалов или отношений (например, в диапазоне от 0 до 1, где 1 — максимальное качество).

#### *Этапы квалитетического шкалирования*

Процесс использования квалитетических шкал при оценке качества включает следующие ключевые шаги:

1. Определение номенклатуры показателей качества: выбор всех единичных показателей, которые будут использоваться для оценки объекта;

2. Выбор метода и шкалы измерения: для каждого единичного показателя выбирается наиболее подходящий тип квалитетической шкалы (например, для физической характеристики - шкала отношений, для потребительской - шкала порядка/интервалов);

3. Определение весомости (значимости) показателей: оценка относительной важности каждого показателя (например, с помощью экспертных методов или шкалы отношений);

4. Шкалирование показателей: непосредственное измерение и присвоение числовых значений по выбранным шкалам;

5. Нормирование и сведение в комплексный показатель: перевод всех показателей к безразмерному виду, и агрегирование их (с учетом весомости) в единый комплексный показатель (например, используя аддитивную или мультипликативную модель).

Квалитетические шкалы - это не просто теоретический концепт, а практический инструмент управления качеством.

Объективизация качества: Шкалы позволяют перевести субъективные оценки (например, потребительские предпочтения) в объективные, сопоставимые числовые данные.

Сравнительный анализ: они дают возможность сравнивать объекты, измеряя их качество: *A лучше B* (шкала порядка), или *A на 10% лучше B* (шкала отношений).

Принятие решений: на основе данных, полученных с помощью шкал, менеджеры могут принимать обоснованные решения: о выборе поставщика, о необходимости улучшения конкретной характеристики продукта, о ценообразовании.

Стандартизация: квалитетрические шкалы являются основой для разработки стандартизированных методик оценки качества, используемых в сертификации и контроле.

Таким образом, квалитетрические шкалы выступают математическим фундаментом квалитетрии, обеспечивая строгость и надежность количественной оценки качества в самых разнообразных сферах - от оценки промышленных товаров и услуг до эффективности научных исследований и устойчивого развития.

#### **Контрольные вопросы по лекции 2.4**

1. В чем состоит принципиальное различие между понятием "шкала" в метрологии и понятием "шкала" в квалитетрии, и как это различие влияет на метод оценивания?

2. Каковы ключевые критерии классификации квалитетрических шкал, и почему эта классификация основана на допустимых математических операциях?

3. Объясните сущность шкалы наименований. Приведите примеры применения этой шкалы при контроле качества по альтернативному принципу, и какие математические операции строго запрещены?

4. Шкала порядка позволяет ранжировать объекты. В чем заключается ее главный недостаток при необходимости сравнительного анализа качества, и как этот недостаток иллюстрируется на примере шкалы Мооса?

5. В чем заключается особенность шкалы интервалов по отношению к нулевой точке отсчета? Приведите пример из области оценки качества продукции, где используется произвольное начало отсчета, и объясните, почему допустимы только сложение и вычитание.

6. Шкала отношений описывает свойства, которые удовлетворяют отношениям эквивалентности, порядка, аддитивности и пропорциональности. Какие дополнительные математические операции становятся допустимыми по сравнению со шкалой интервалов, и почему?

7. Почему выбор квалитметрической шкалы называется "методологическим выбором", а не просто техническим решением, и как этот выбор определяет смысл получаемой оценки?

8. Опишите процесс проектирования оценки качества через призму выбора необходимой шкалы, отвечая на четыре ключевых вопроса (различить, ранжировать, измерить разницу, установить пропорции).

9. Объясните необходимость и процесс безразмерного шкалирования при оценке качества. Какую роль играет этот этап в получении комплексного показателя качества (КПУ), и свойства какой шкалы обычно принимает безразмерная шкала?

10. Сформулируйте практическое значение квалитметрических шкал для управления качеством. Как они способствуют объективизации оценки и принятию обоснованных управленческих решений?