

Роль измерений в научных исследованиях

- «Измеряй измеримое и делай неизмеримое измеримым»

(Галилео Галилей)

- «Наука начинается с измерения»

(Д.И. Менделеев)

- «Если что-то существует, то оно существует в каком-то количестве»

(Э.Торндайк)

- «История науки – это история измерений»

(Р. Кеттелл)

Измерения

в педагогике и психологии

Существует множество определений «измерения», в зависимости от точки зрения исследователя. Общее во всех таких определениях заключается в следующем.

Измерение – это приписывание чисел объектам в соответствии с определенными правилами. Например, измерить рост человека – это значит приписать число расстоянию между макушкой человека и подошвой его ног. Измерить коэффициент интеллектуальности ребенка – это приписать число множеству его ответов на набор тестовых задач.

Шкалы измерения

В педагогике и психологии выделяются следующие четыре вида измерительных шкал:

- **шкала наименований** (номинальная шкала);
- **порядковая шкала** (ранговая шкала);
- **интервальная шкала**;
- **шкала отношений**.

Измерения, осуществляемые с помощью двух первых шкал, считаются качественными, а измерения, осуществляемые с помощью двух последних шкал, - количественными. Принято также шкалы, приводящие к качественным измерениям, называть дискретными, а шкалы, приводящие к количественным измерениям, - непрерывными.

Шкала наименований (определение)

Это самая простая шкала. Объекты, принадлежащие к одному классу, идентичны в отношении измеряемого отклика.

Измерение в такой шкале состоит фактически в отнесении объекта к тому или иному классу. Далее классам даются обозначения, причем вместо обозначений часто используются числа. Так, психологи часто кодируют «пол», обозначая «особей женского рода» нулем, а «особей мужского рода» - единицей.

Отклик, который измеряется в шкале наименований, называется качественным. Примеры: пол, темперамент, диеты.

Шкала наименований (свойства)

Несмотря на кажущуюся примитивность шкалы наименований, она широко используется как в педагогике, так и в психологии. Здесь обработка данных проводится не с самими классами, а с числами, характеризующими количества объектов, попавших в каждый класс. Статистические методы, применяемые для обработки данных, измеренных по шкале наименований, называют методами обработки долей и частот или методами анализа качественных признаков.

Шкала наименований

(статистические процедуры)

- В шкала наименований можно использовать достаточно большой класс статистических процедур:
- определение абсолютной и относительной частоты каждого класса;
 - вычисление моды, - класса с наибольшей абсолютной частотой, - которую можно использовать для решения задач прогноза;
 - нахождение показателей корреляции качественных признаков, например, есть ли взаимосвязь между успеваемостью учащихся и их полом;
 - определение близости распределения признаков, например эмпирического с теоретическим равномерным, при помощи критерия Хи-квадрат;
 - проверка гипотез относительно долей признаков с помощью биномиального критерия.

Порядковая шкала (определение)

Порядковая шкала или шкала порядка - это шкала более сложная, чем шкала наименований, - она классифицирует не по принципу «эквивалентно – неэквивалентно», а по принципу "больше - меньше".

В шкале наименований было безразлично, в каком порядке располагались классификационные ячейки (темперамент), то в порядковой шкале они образуют последовательность от ячейки "самое малое значение" к ячейке "самое большое значение" (или наоборот). Ячейки теперь уместнее называть классами (или категориями). Это обусловлено тем, что именно по отношению к ним используются определения "низкий", "средний" и "высокий" класс и т.д.

Порядковая шкала (свойства)

Важным аспектом является число классов в порядковой шкале. По определению в порядковой шкале должно быть не менее трех классов, например "положительная реакция - нейтральная реакция - отрицательная реакция". Однако все многообразие объектов не рационально помещать только в три класса, потому что в один и тот же класс могут попасть объекты, достаточно сильно отличающиеся друг от друга.

Чем больше классов в шкале, тем больше возможностей для проверки статистических гипотез (тем больше разрешающая способность статистических критериев). С другой стороны, если число классов равно числу объектов, как, например, в принудительном ранжировании, то есть опасность искусственного преувеличения различия между объектами.

Порядковая шкала (расстояние между объектами)

От классов легко перейти к числам, если, например, условиться, что низший класс получает ранг 1, средний класс - ранг 2, а высший класс - ранг 3, или наоборот.

В порядковой шкале неизвестно истинное расстояние между классами, неизвестно также равны эти расстояния или нет. Известно лишь то, что они образуют последовательность. Значения величин можно заменять квадратами, логарифмами, нормализовать и т.д. При таких монотонных преобразованиях места объектов на порядковой шкале не меняются.

Единица измерения в шкале порядка - расстояние в в 1 ранг, при этом, еще раз подчеркнем, расстояние между рангами может быть разным.

Порядковая шкала (примеры)

Шкалы порядка, наверное, чаще других шкал используются как в педагогике, так и в психологии. Все психологические методы, использующие ранжирование, построены на применении шкалы порядка.

Например, рейтинг студентов в учебном процессе, рейтинг вузов, рейтинг регионов, рейтинг стран.

Теория измерения латентных переменных позволяет интегрировать разнородные переменные в одну латентную переменную и проводить ее измерение на линейной шкале.

Порядковая шкала (статистические процедуры)

Для обработки данных можно использовать все статистические процедуры, которые применимы к данным, полученным в шкале наименований. Кроме того, можно использовать:

- медиану – в качестве меры центральной тенденции выборки;
- квантили - в качестве меры разброса объектов выборки по тому или иному показателю;
- так называемые ранговые критерии, например коэффициент ранговой корреляции Спирмена для определения взаимосвязи между двумя выборками, критерий для сравнения двух зависимых выборок и др.

Однако числовые значения порядковой шкалы нельзя складывать, вычитать, делить и умножать.

Интервальная шкала (определение)

Интервальная шкала классифицирует объекты по правилу "больше на определенное количество единиц - меньше на определенное количество единиц". Шкала интервалов в отличие от порядковой шкалы позволяет определить не только различие между объектами, но и величину различий между объектами в проявлении того или иного свойства.

Возможны арифметические операции над измерениями. Например, можно утверждать, что $5 - 4 = 4 - 3$, чего нельзя сделать, если измерения получены по шкале порядка. Интервальная шкала используется тогда, когда с помощью отклика можно установить количество некоторого свойства в объекте исследования, и зафиксировать равные различия.

Для интервальной шкалы устанавливается единица измерения.

Интервальная шкала (свойства)

Единственное ограничение - нельзя определить, во сколько раз один объект больше другого по измеряемому свойству. Так, шкала для измерения температуры по Цельсию имеет масштабную единицу, но положение нуля на ней произвольно. Поэтому, например, если один объект имеет температуру 30°C , а другой - 10°C , то это не означает, что первый объект имеет втрое большую температуру, чем второй. Этот же недостаток имеет и шкала времени, которая не имеет начала отсчета и поэтому является интервальной шкалой. Такая ситуация характерна и для педагогики и для психологии. Так, нет смысла говорить об абсолютном нуле при измерении знаний или умственного развития. Здесь нуль верных ответов на вопросы задания не означает полного отсутствия знаний у учащегося, - это условный нулевой уровень.

Интервальная шкала (статистические процедуры)

Значения интервальной шкалы инвариантны относительно линейных преобразований: $y = ax + b$. Это означает, что можно изменять масштаб шкалы (?) и производить ее сдвиг (?).

Интервальная шкала позволяет для анализа данных применять практически все статистические методы. Помимо медианы и моды для характеристики центральной тенденции используется среднее арифметическое, а для оценки разброса - дисперсия. Для оценки величины статистической связи между переменными применяется коэффициент линейной корреляции Пирсона и т.д.

Исключение составляет вычисление коэффициента вариации, который определяется по формуле $V = \sigma / \bar{x}$, где σ - среднеквадратическое отклонение $\bar{x}$ - среднее значение выборки.

Шкала отношений (определение)

Шкала отношений или шкала равных отношений - наиболее часто используемая в естественных науках и, прежде всего, в физике. Это еще более гибкая шкала, здесь кроме определения равенства, рангового порядка, равенства интервалов известно еще и равенство отношений. Шкала отношений позволяет определить не только, на сколько больше (меньше) один объект другого в отношении измеряемого свойства, но и во сколько раз больше (меньше). Например, для четырех объектов с откликами 3, 4, 6 и 8 выполняется отношение $3/4 = 6/8$. Это обусловлено тем, что в шкала отношений в отличие от интервальной шкалы, нулевое значение отклика указывает на полное отсутствие измеряемого свойства.

Шкала отношений (свойства)

Измерения массы, длины, веса, температуры по Кельвину, времени реакции и выполнения тестового задания - примеры шкалы отношений. В интервальной же шкале выбор нулевой точки произволен, т.е. оцениваемое свойство объекта не равно нулю, когда результат измерения равен нулю. Так, вода при нуль градусов по Цельсию имеет все же некоторую температуру.

Интервальную шкалу можно превратить в шкалу отношений, если возможно зафиксировать начало отсчета, как например при измерении температуры по Кельвину. Другой пример - измерение того или иного свойства числом верных ответов.

В психологии шкалы отношений встречаются редко. Считается, что такими шкалами являются шкалы порогов абсолютной чувствительности.

Шкала отношений (статистические процедуры)

В шкале отношений к измерениям применимы все арифметические операции и, следовательно, все понятия и методы математической статистики.

Для интервальной шкалы и шкалы отношений используются одни и те же методы планирования и анализа эксперимента, и поэтому в дальнейшем они не будут дифференцироваться.

В дальнейшем будем пользоваться термином «количественная шкала».

Шкала Бине

Показателем интеллекта в шкалах Бине был умственный возраст, который мог расходиться с хронологическим. Умственный возраст определялся по успешности выполнения тестовых заданий. Испытание начиналось с определения тестовых заданий, соответствующих хронологическому возрасту ребенка. Если он справился со всеми заданиями, то ему предлагались задания группы старшей по возрасту. Если он решал не все, а некоторые из них, то испытание прекращалось. Если же ребенок не справлялся со всеми заданиями своей возрастной группы, то ему давались задания, предназначенные для более младшего возраста. Испытания проводились до тех пор, пока не выявлялся возраст, все задания которого решаются испытуемым.

Процедура вычисления в шкале Бине

Максимальный возраст, все задания которого решаются испытуемым, называют базовым умственным возрастом. Если, кроме того, ребенок выполнил также некоторое количество заданий, предназначенных для более старших возрастных групп, то каждое задание оценивалось числом «умственных месяцев». Тогда к числу лет, определяемых базовым умственным возрастом, прибавлялось и некоторое число месяцев. Число месяцев определяется прямо пропорционально числу решенных заданий для детей старшей возрастной группы. Если умственный образ меньше хронологического, то это считается показателем умственной отсталости, если умственный образ выше хронологического – то одаренности.

Коэффициент интеллектуальности IQ

В Стэнфордском университете было введено само понятие **коэффициента интеллектуальности (IQ-intelligence quotient)**. Он определялся как умноженное на 100 частное, получаемое при делении умственного возраста на хронологический. Ввод этого коэффициента позволял учитывать то, что одна и та же разность между умственным и хронологическим возрастом для различных возрастных групп имеет неодинаковое значение. Показатель умственного возраста этот важный аспект не учитывает. В результате коэффициент интеллектуальности позволил оценивать детей по степени умственного развития.

Рекомендуемая литература

1. Гласс Дж., Стэнли Дж. Статистические методы в педагогике и психологии. Пер. с англ. – М.: Издательство «Прогресс», 1976. -496 с.

2. Маслак А.А. Основы планирования и анализа сравнительного эксперимента в педагогике и психологии. – Курск: РОСИ, 1998. – 167 с.

3. Анисимова Т.С. Измерение латентных переменных в образовании. - М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2004. – 148 с.

4. Маслак А.А. Измерение латентных переменных в социально-экономических системах. – Славянск-на-Кубани: Изд-во СГПИ, 2006. – 333 с.