Новые возможности обработки данные психолого-педагогических исследований в системе SPSS: обобщенная линейная модель

А.Н. Гусев

Факультет психологии МГУ имени М.В. Ломоносова

[angusev@mail.ru](mailto:angusev@mail.ru)

Чаще всего в результате проведения научных исследований в психологии образования психолог или педагог работает с данными низкого уровня измерения, полученными по шкале наименований или шкале порядка (Гусев, Уточкин, 2011). Это так называемые неметрические данные. Их источником является использование разнообразных процедур классификации (номинальные или мультиноминальные данные) или ранжирования с использование числовой или графической шкал (порядковые данные). Результат проведенных психологических измерений, как правило, выражается в числах, но крайне важно иметь в виду, что эти числа являются результатом установления отношений невысокого уровня – номинальных или порядковых (там же).

Невысокий уровень получаемых «сырых» данных несколько лет назад являлся причиной невозможности для исследователей использовать достаточно мощные и широко распространенные в психологии статистические процедуры дисперсионного анализа (группа процедур «Общая линейная модель» в статистической системе IBM SPSS Statistics), поскольку они работают исключительно с количественными данными (шкалы интервалов и шкалы отношений), требуют нормального распределения результатов измерений и ограничены рядом других допущений (Гусев, 2000). Указанная причина не позволяла проводить анализ экспериментальных эффектов межфакторного взаимодействия, обрабатывать данные экспериментов, включающих одновременно как межгрупповые, так и внутригрупповые факторы (т.е. реализовывать так называемый смешанный дизайн исследования). На наш взгляд, такое ограничение весьма серьезно, поскольку в психолого-педагогических работах исследователи весьма часто проводят повторные измерения (например, оценивая динамику успеваемости, по четвертям или полугодиям), одновременно контролируя межгрупповые независимые переменные (например, пол, возраст учащегося или вид образовательной технологии). Более того, психологи не имели возможности оценивать влияние на измеряемые (зависимые) переменные так называемых *разноуровневых* независимых переменных, таких как школа, район, регион и др., и таким образом обрабатывать *иерархически* организованные (кластеризованные) данные, проверяя более сложные и более интересные гипотезы.

В последние годы получили распространение новые статистические процедуры групп «Обобщенные линейные модели» и «Смешанные модели», предоставляющие психологам и педагогам более широкие возможности анализа данных низкого уровня измерения. Это группа весьма современных процедур, основанных на методологии так называемой *обобщенной* линейной модели. Ниже мы дадим общую характеристику этих процедур, описав их особенности и подчеркивая специфику решаемых ими задач по статистическому анализу данных, получаемых в исследованиях по психологии образования.

Главная специфика процедур, основанных на обобщенной линейной модели – это многоуровневый и многофакторный анализ неметрических данных. Естественно, что с помощью них мы можем обрабатывать и метрические данные тоже, но это возможно делать также с помощью уже хорошо известных психологам процедур из группы «Общая линейная модель» - одномерный дисперсионный анализ, многомерный дисперсионный анализ и дисперсионный анализ с повторными измерениями. Уникальная возможность, предоставляемая процедурами «Обобщенной линейной модели», состоит в том, что привычные психологам задачи оценки факторных эффектов и эффектов межфакторного взаимодействия решаются для *номинальных* (категориальные оценки типа «да-нет», «выполнил – не выполнил»), *мультиноминальных* (несколько оценочных категорий) и *порядковых* («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «плохо») данных. Таким образом, эти более современные модели позволяют психологу преодолеть известную дефицитарность процедур дисперсионного анализа в рамках ставшей уже классической общей линейной модели за счет расширения тех данных, которые подвергаются многофакторному статистическому анализу.

Еще одним принципиальным преимуществом одной из процедур, основанной на обобщенной линейной модели, является возможность обработки так называемых *многоуровневых данных* - это достаточно новый подход к статистическому анализу данных, имеющих вложенную или иерархическую структуру. Иначе говоря, это построение моделей, в которых наши эмпирические наблюдения представлены в разных контекстах. В современной литературе по статистике этот подход описывается разными терминами: случайные коэффициенты, смешанные эффекты, иерархические линейные или многоуровневые регрессионные модели (Heck, Thomas, Tabata, 2012). Поясним на примере, что означает психологическое исследование с многоуровневыми данными. Представим себе исследовательский проект, в рамках которого мы планируем изучение психофизиологических ресурсов (различные оценки функционального состояния – ФС, по индексам по показателям периферической и центральной нервной систем) студентов большого вуза, включающего несколько факультетов и множество кафедр. Обозначим три уровня анализа данных:

1 уровень анализа: показатели ФС зависят от ряда индивидуальных особенностей студентов – пол, опыт обучения, навыки, установки, мотивация и др.

2 уровень: показатели ФС зависят от особенности обучения, организации учебного процесса, требований учебного процесса на конкретном факультете:

3 уровень: показатели ФС зависят от набора и сложность учебных дисциплин, требований преподавателей, возможности профессионального развития на конкретной кафедре.

В данном случае с точки зрения структуры получаемых данных изучение вариации некоторой зависимой переменной (например, стабильности частоты сердечных сокращений) на одном уровне – это сравнение регрессионных прямых при разных условиях этого уровня. Наклон регрессионной прямой мы можем рассматривать как показатель влияния условия нашего вымышленного эксперимента (например, уровня мотивации достижения или личностной тревожности). При многоуровневом подходе мы рассматриваем отношение зависимых и независимых переменных на разных уровнях, которые, по сути, являются модераторами или медиаторами исследуемых соотношений на нижнем уровне. Это так называемы cross-level interaction модели.

Укажем на основные особенности многоуровнего анализа:

1) изучаемые нами факторы более высокого уровня – это не случайные (вложенные или nesting) факторы, а модераторы и медиаторы;

2) проводя сравнительный анализ вариации зависимой переменной при переходе от уровня к уровню, мы выделяем источники вариации для *каждого* уровня;

3) мы не делаем усреднение данных по группам испытуемым на каждом уровне, т.е. мы их не анализируем только на одном уровне, исключая из анализа вариацию зависимой переменной по испытуемым в каждой группе на каждом уровне;

4) мы рассматриваем вариацию зависимой переменной на каком-либо уровне не как признак индивидуальности испытуемого, а как характеристику уровня его анализа;

5) мы стараемся оценить *эффекты межуровневого взаимодействия* как предикторы различий между группами испытуемых на разных уровнях анализа, полагая, что вертикальные связи высокоуровневых факторов с переменными на более низком уровне *модерируют* их связи между собой.

Основа рассматриваемого нами многоуровневого подхода – это работы Роденбаша и Брика (так называемые slopes-as-outcome model), в которых предлагается, что в ходе статистического анализа данных нужно оценивать не только вариабельность групповых средних – интерсептов на каком-либо уровне, но и вариабельность регрессионных коэффициентов, т.е. наклонов прямых (Raudenbush, Bryk, 2002). В рамках рассматриваемой модели мы предполагаем, что межуровневые взаимодействия объясняют вариацию наклонов регрессионных прямых, соответствующих разным группам испытуемых (уровням независимой переменной) на нижележащем уровне.

Рассматривая наш вымышленный эксперимент, мы можем проверить, например, такую гипотезу: чем больше вклад факультета в учебный процесс в рамках всего вуза (т.е. на макро уровне), тем выше связь мотивации достижения с уровнем ФС студента перед сессией. Или такую гипотезу: особенности модульной системы обучения на данном факультете снижают для «сильных» студентов связь между их научной мотивацией и оптимальным уровнем их ФС.

Далее остановимся на основных идеях, положенных в основу обобщенной линейной модели как нового статистического подхода к анализу неметрических данных:

1. Обобщенная линейная модель (GenLin-model) – это расширение общей линейной модели, описывающая зависимую ппременную как линейно связанную с факторами и ковариатами посредством соответствующей *функции связи*. GenLin-model позволяет эмпирически оцененной зависимой переменной иметь ненормальное распределение и различный уровень измерения, что покрывает широкий ряд статистических моделей:

* Линейная регрессия для нормально распределенных данных.
* Логистические модели для бинарных данных.
* Лог-линейные модели для частотных данных.
* Лог-лог модели для интервальных данных. И др.

Для *каждого типа* распределения эмпирических данных и для *каждого уровня* измерения подбирается соответствующая ему функция связи. Например, функция связи вида*f(x)=log(−log(1−x))*соответствует биноминальному распределению, а функция *f(x) = tan(π (x – 0.5))*соответствует только мультиноминальному распределению. Таким образом, в соответствие со спецификой полученных данных в рамках обобщенной линейной модели подбирается соответствующее преобразование, делающее их линейными.

Кратко опишем те процедуры, которые стали доступны исследователям в статистической системе IBM SPSS Statistics (начиная с версии 2010 г.):

1. Обобщенные линейные модели: позволяет проводить многофакторный анализ влияния *межгрупповых* факторов и ковариат на количественные, порядковые, номинальные и мультиноминальные зависимые переменные.

2. Обобщенные уравнения оценки: позволяет проводить многофакторный анализ совокупного влияния *внутригрупповых и межгрупповых* факторов и ковариат на количественные, порядковые, номинальные и мультиноминальные зависимые переменные.

3. Смешанные линейные модели: позволяет проводить многофакторный анализ совокупного влияния внутригрупповых и межгрупповых факторов и ковариат, а также случайных факторов на количественные, порядковые, номинальные и мультиноминальные зависимые переменные. Специфика данной процедуры – возможность реализации экспериментальных планов со *случайными* факторами.

4. Обобщенные смешанные модели: самая универсальная и многофункциональная процедура. Позволяет проводить многофакторный анализ совокупного влияния внутригрупповых и межгрупповых факторов (фиксированных и/или случайных) и ковариат на порядковые, номинальные и мультиноминальные зависимые переменные. Специфика данной процедуры – возможность проведения *многоуровнего* анализа данных, т.е. оценки вклада в общую дисперсию факторов высшего порядка.

Для знакомства с указанными процедурами мы рекомендуем обратиться к соответствующей документации статистической системы IBM SPSS Statistics, свободно представленной на сайте компании IBM. Для детального освоения этих процедур с использованием хороших примеров из психолого-педагогических исследований и детальным разбором сути каждой процедуры следует обратиться к блестящей книге “Multilevel Modeling of Categorical Outcomes Using IBM SPSS” Рональда Хека, Скотта Томаса и Лин Табата.

Литература

Гусев А.Н. Дисперсионный анализ в экспериментальной психологии. М., УМК «Психология», 2000.

Гусев А.Н., Уточкин И.С. Психологические измерения: Теория. Методы. М., Аспект-Пресс, 2011.

Heck R.H., Thomas S.L., Tabata L.N. (2012). Multilevel Modeling of Categorical Outcomes Using IBM SPSS. Routledge, Naylor & Francis Group, New York, London.

Raudenbush S.W., Bryk A.S. (2002). Hierarchical linear models: Applications and data analysis method. (2nd ed.). Thousand Oaks,CA: Sage Publications.

.