

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. ФЗ от 29.12.2012 N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации». [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_146342/ (дата обращения 11.03.2018).
2. Баева И.А. Сопровождение психологической безопасности учащихся в образовательной среде // Вестн. Челяб. гос. пед. ун-та. 2015. № 6. С. 135–141.
3. Барышников Е.Н. Становление воспитательной системы образовательного учреждения: учеб.-метод. пособие. СПб.: СПбАППО, 2005. 242 с.
4. Бысюк А.С. К вопросу о профессиональной готовности педагога к работе в инклюзивной практике // Традиции и новации в профессиональной подготовке и деятельности педагога: сб. науч. тр. Всерос. науч.-практ. конф. 2017. С. 157–161.
5. Сиротюк А.С. Воспитание ребенка в инклюзивной среде. Методика, диагностика / А. С. Сиротюк. М.: ТЦ Сфера, 2014. –128 с.
6. Суханов Е., Суханова С. Опросник психологической безопасности // Школьный психолог. № 1. С. 42–48.
7. Ясвин В.А. Школа как развивающая среда: монография. М.: Институт научной информации и мониторинга РАО, 2010. 332 с.

Об авторах:

БЫСЮК Анна Сергеевна – кандидат психологических наук, доцент кафедры дошкольной педагогики и психологии ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», e-mail: annatver@yandex.ru

НЕКРАСОВА Ксения Дмитриевна – магистрант 2 курса ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», учитель начальных классов МОУ СОШ №51 г. Тверь, e-mail: ksen-nekras@yandex.ru

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ СОВРЕМЕННОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ В ДЕФЕКТОЛОГИИ

А.А. Серов

ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»

Рассматриваются особенности дефектологии в применении методов современного профессионального статистического анализа данных, и возможные подходы к их решению. Приведен пример применения анализа мощности теста, оценки воспроизводимости результатов с помощью байесова фактора и выполнения простейшего мета-анализа в дефектологии на примере парного t-критерия Стьюдента.

Ключевые слова: статистический анализ данных, эмпирическое исследование в дефектологии, мета-анализ, воспроизводимость результатов исследования, байесов фактор.

В настоящее время во всех разделах современной науки существенно возрастает роль математической обработки данных. При этом главное место отводится методам современного профессионального статистического анализа данных. Данная методология очень бурно развивается и совершенствуется: создаются новые методы обработки эмпирических данных, появляются новые пакеты компьютерных программ как общего назначения, так и специализированные, для решения конкретных задач в разных отраслях знаний. При этом дефектология в части применения методов профессионального статистического анализа данных в силу своей специфики занимает особое место среди других разделов современной науки.

Данные особенности, на наш взгляд, могут заключаться в следующем:

1. Специальная структура данных: малый объем выборок, наличие большого числа показателей, присутствие случайных факторов (шума), наличие неполных (цензурированных) данных, отсутствие нормальности распределений и др.

2. Отсутствие доступных стандартизованных баз данных по видам нарушений и результатам их коррекции.

3. Отсутствие специализированного программного обеспечения.

4. Не разработаны методические рекомендации по выполнению статистического анализа данных в дефектологии: максимальный уровень значимости, минимальная мощность теста, рекомендуемый объем выборок, требования к проведению мета-анализа, анализа мощности и многое другое.

5. Отсутствие специализированной литературы.

6. Большие сложности в повторном проведении подобного эмпирического исследования для оценки воспроизводимости его результатов и др.

Вместе с тем полагаем, что применение статистических методов в дефектологии по своим основным параметрам может быть достаточно близким к использованию данной методологии в психологических (анализ пригодности теста, параметрические тесты, многомерное шкалирование и др.) и медицинских исследованиях (анализ выживаемости, точный тест Фишера, отношения шансов и др.).

В данной статье мы разберем применение анализа мощности теста, оценку воспроизводимости результатов с помощью байесова фактора и выполнение простейшего мета-анализа в дефектологии на примере парного t -критерия Стьюдента. Для вычислений будем использовать наиболее популярную и свободно распространяемую статистическую среду R [1, 2]. В вычислениях будем руководствоваться стандартными рекомендациями.

Анализ мощности теста позволяет определить минимальный размер выборки, необходимый для выявления эффекта заданной величины с заданной долей уверенности. Верно и обратное: этот анализ позволяет оценить вероятность обнаружения эффекта заданной величины с заданной долей уверенности при данном объеме выборки. Если эта вероятность мала (менее стандартного значения 0.8), будет разумно изменить эмпирическое исследование.

Воспроизводимость результатов связана с возможностью повторного эмпирического исследования с получением аналогичных (значимых) результатов. В настоящее время в статистике воспроизводимость можно оценить с помощью байесовых факторов bf в пользу основной или альтернативной гипотез: если bf более 10, то результаты исследования считаются воспроизводимыми. Для вычисления байесова фактора обычно используют пакет R BayesFactor, существует и онлайн-калькулятор [3]. Реализация метода для отдельных тестов также представлена в пакете IBM SPSS Statistics v.25.

Мета-анализ (англ. meta-analysis) – одно из важнейших понятий современной научной методологии. Данное понятие означает объединение

результатов нескольких однородных исследований методами математической статистики для проверки одной или нескольких научных (и статистических!) гипотез. Существуют специальные ресурсы Интернет и специальное программное обеспечение для выполнения глубокого мета-анализа на основе опубликованных и проверенных исследований (только в медицине и некоторых других отраслях науки): например, международный кокрейновский обзор (в сотрудничестве с ВОЗ). В России ведущую роль в этом направлении занимает Казанский федеральный университет. Для выполнения мета-анализа в рамках кокрейновского обзора предназначен пакет программ RevMan 5.

Проведем вычисления, связанные с анализом эффективности коррекционной работы для линейного исследования (одна и та же группа детей до и после воздействия). Эмпирическое исследование связано с коррекцией звукопроизношения у детей в течение пятого года жизни.

При выполнении анализа мощности для определения необходимых параметров целесообразно использовать литературные данные или провести предварительное исследование. Для оценки размера эффекта и оценки объема выборки (выборок) можно руководствоваться примерными данными таблицы, представленной в [1, с. 349] (в данном примере – для теста Стьюдента).

Сначала загружаем исходные данные – количества правильно произносимых детьми звуков до и после коррекции:

```
x<-c(20,22,23,20,23,23,20,24,20,23)# до коррекции
y<-c(23,25,24,24,27,24,24,24,27,24)# после коррекции.
```

Вычисляем средние значения:

```
mean(x)[1] 21.8 , mean(y)[1] 24.6 , z<-x-y # изменение значений.
```

Размер эффекта в данном случае вычисляется следующим образом:

$d = \text{delta}/\text{sd}(z)$, где $\text{sd}(z)$ – оценка стандартного отклонения различий в парах.

```
delta<- 24.6-21.8# delta – ожидаемое изменение среднего значения.
```

```
delta
```

```
[1] 2.8
```

```
d = 2.8/sd(z)
```

```
d
```

```
[1] 1.334848
```

Другой подход:

```
library("lsr")
```

```
cohensD(x, y, method = "paired")
```

```
[1] 1.334848
```

В данном случае размер эффекта d равен 1.33. Вычисляем минимальный объем выборки:

```
power.t.test(delta = 2.8,
```

```
sd = 2.1,
```

```
sig.level = 0.05,
```

```
power = 0.8, alternative = "one.sided",
```

```
type = "paired") #
```

```
Paired t test power calculation
```

```
n = 5.124736
```

```
delta = 2.8
sd = 2.1
sig.level = 0.05
power = 0.8
```

При данных показателях необходима выборка объемом не менее 6 наблюдений ($n = 5.12473$).

Вычисляем мощность теста:

```
power.t.test(delta = 2.8, sd = 2.1, sig.level = 0.05,
n = 10, alternative = "one.sided",
type = "paired")
```

Paired t test power calculation

```
n = 10, delta = 2.8, sd = 2.1, sig.level = 0.05
power = 0.9870911 alternative = one.sided.
```

Мощность теста в данном случае очень высокая: $power = 0.9870911$.

Выполним параметрический тест Стьюдента для парных (зависимых) выборок для односторонней альтернативы:

```
t.test(y, x, alternative = "greater", paired = TRUE)
```

Paired t-test

data: x and y

```
t = 4.2212, df = 9, p-value = 0.001118.
```

Вычисляем байесов фактор – оцениваем воспроизводимость результатов данного эмпирического исследования:

```
library(BayesFactor)
```

```
exp(ttest.tstat(t=4.22, n1=10, rscale= 0.707)[[ 'bf' ]])
[1] 20.94083
```

Делаем вывод: так как байесов фактор bf_{10} (20.94083) в пользу альтернативной гипотезы более 10, то значимые результаты коррекции считаются воспроизводимыми.

Применим байесовский подход для оценки среднего изменения количеств правильно произносимых звуков. Генерируем 10 000 псевдовыборок:

```
bf = meta.ttestBF(t=4.22, n1=10, rscale=1)
```

```
chains = posterior(bf, iterations = 10000).
```

```
mean(chains) # вычисляем среднее значение d
```

```
[1] 1.210156.
```

Вычисляем 95% доверительные интервалы для среднего изменений d и $delta$ (числа звуков):

```
quantile(chains, prob=c(0.025,0.975)) # с 95% доверительной вероятностью
2.5%          97.5%
```

```
d    0.4389558  2.1101531
```

```
delta 0.9218072  4.431322
```

Покажем одну из возможных реализаций мета-анализа в данном случае. Пусть известны результаты еще трех подобных (однородных) эмпирических исследований. По этим исследованиям представлены t -статистики парного t -теста Стьюдента и объемы соответствующих выборок:

$t = c(6, 6, 4)$, $N = c(15, 9, 11)$. Объединим основные результаты всех четырех исследований: $t = c(4.22, 6, 6, 4)$, $N = c(10, 15, 9, 11)$. Заметим, что все эти эмпирические исследования показали эффективность коррекционной работы (все t-статистики превосходят критическое значение 1.96). Вычислим байесов фактор по всем четырем исследованиям:

```
bf = meta.ttestBF(t=t, n1=N, nullInterval=c(0,Inf), rscale=1)
```

Bayes factor analysis

```
[1] Alt., r=1: 7524127754 ±0%
```

Байесов фактор в пользу альтернативной гипотезы существенно увеличился (7524127754 ±0%).

Вычислим среднее значение изменений и его 95% доверительный интервал:

```
bf = meta.ttestBF(t=t, n1=N, rscale=1)
```

```
chains = posterior(bf, iterations = 10000); mean(chains)#
```

```
[1] 1.428376
```

Вывод: среднее изменение равно примерно 1.428376 * 2.1 = 2.99959 (звука).

```
quantile(chains, prob=c(0.025,0.975)) # с 95% доверительной вероятностью
```

```
2.5% 97.5%
```

```
d 0.9887839 1.8538833
```

```
delta 2.076446 3.893155
```

Вывод: с 95% доверительной вероятностью границы изменений количеств правильно произносимых звуков после проведения коррекционной работы находятся в пределах от 2.076446 до 3.893155 (звука).

Заметим, что проведение мета-анализа позволило существенно повысить байесов фактор bf_{10} (в пользу альтернативной гипотезы), уточнить (увеличить!) изменение среднего значения и уменьшить его 95% доверительный интервал. Сравнительный анализ всех полученных результатов представлен в таблице.

Статистики \ Источник	Первоначальное исследование	Мета-анализ
Байесов фактор bf_{10}	20.94083	7524127754 ±0%
Средний размер эффекта (байесовский подход)	1.210156 (1.3348 – прямые вычисления)	1.428376
Среднее изменений (число звуков)	2.541328 (2.8 – прямые вычисления)	2.99959
95% доверительный интервал (байесовский подход) для среднего изменений (число звуков)	0.9218072- 4.431322	2.076446- 3.893155

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Роберт И. Кабаков. R в действии. Анализ и визуализация данных в программе R / пер. с англ. Полины А. Волковой. М.: ДМК Пресс, 2014. 588 с.
2. Мастицкий С.Э., Шитиков В.К. (2015) Статистический анализ и визуализация данных с помощью R. [Электронный ресурс]. URL: <http://r-analytics.blogspot.ru/2014/12/r.html#comment-form> (дата обращения: 25.02.2018).
3. Онлайн-калькулятор для вычисления байесова фактора [Электронный ресурс]. URL: <http://pcl.missouri.edu/bayesfactor> (дата обращения: 25.02.2018).

Об авторе:

СЕРОВ Анатолий Александрович – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математического и естественнонаучного образования ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», e-mail: Serov.AA@tversu.ru