

## Подход проверки эквивалентности для оценки Существенное посредничество

Наталья Берибски<sup>a</sup>, Констанс А. Мара<sup>b, c</sup> и Роберт А. Крибби<sup>a, b</sup>

<sup>a</sup>Кафедра психологии, Йоркский университет

<sup>b</sup>Поведенческая медицина и клиническая психология, Медицинский центр детской больницы Цинциннати

<sup>c</sup>Кафедра педиатрии, Медицинский колледж Университета Цинциннати

Резюме В прошлом исследователи часто использовали незначительность прямого пути от предиктора к результату в сочетании со значительным косвенным эффектом, чтобы делать заявления о «полной полноте» посредничества. Однако нулевая гипотеза (т. е. полное опосредование) нереалистична и хорошо известна. что незначительную тестовую статистику нельзя использовать для установления точности исследовательской гипотезы. В этой статье мы обсуждаем процедуры, основанные на проверке эквивалентности, для оценки того, когда посредник объясняет значительную часть взаимосвязи между предиктором и результатом. Монте Моделирование Карло используется для оценки эффективности предлагаемой процедуры и ее сравнения. против конкурирующих альтернатив, включая традиционные тесты полного опосредования и подход, опосредованный долей. Предлагаемые процедуры, основанные на проверке эквивалентности, и пропорция, опосредованная подход выполнялся одинаково во всех исследованных условиях. Рекомендации предоставляются для выбора между подходами.

Ключевые слова: Посредничество, проверка эквивалентности, содержательное посредничество.

Исполняющий обязанности редактора Дени Кузино (Университет Оттавы)

Рецензенты

■ Два анонимных рецензента.

B [cribbie@yorku.ca](mailto:cribbie@yorku.ca)

 10.20982/tqmp.16.4.p424

### Введение

Опосредующие переменные используются во всех поведенческих и социальных науках, чтобы помочь объяснить и лучше понять связь между исходом и предиктором. Опосредующие переменные — это промежуточные переменные, которые передают влияние предиктора (X) на переменную результата (Y). Опосредующая переменная (M) может составлять большую часть связь между X и Y или может быть только частично учитывать связь между X и Y. Как правило, диаграмма пути используется для изображения посредничества, как показано на рисунке 1. Косвенный эффект представлен произведением путей bMX (наклон регрессии, полученный при регрессии M по X, часто называемый путем a) и bY MX (наклон регрессии для M при регрессии Y как по M, так и по X). X, часто называемый путем b), и общее влияние X на Y представлен путем bY X (часто называемым путем c). Далее, прямое влияние X на Y с учетом M равно представлена путем bY XM (часто называемым путем c<sup>0</sup>).

Количество исследований, изучающих гипотезы о посредничестве, неуклонно росло за последние пару лет. десятилетий, и в журнале появилось множество статей с инструкциями.

дипломы из многих различных предметных областей (например, барон и Кенни, 1986 год; Каппеллери и Бушмакин, 2014; Каро, 2015 г.; Фрейзер, Тикс и Бэррон, 2004 г.; Холмбек, 2002 г.; Джадд и Кенни, 1981 год; Кил, Тингли и Ямамото, 2015 г.; Лаховиц, Проповедник и Келли, 2018 г.; Намази и Намази, 2016 г.; Проповедник и Хейс, 2008 г.). Опосредующие переменные важны, потому что когда связь между двумя переменными установлено, исследователи часто рассматривают роль третьей переменной в этом отношении (Lazarsfeld, 1955; Маккиннон, Крулл и Локвуд, 2000). Существует широкий ряд исследований, оценивающих, может ли посредник объяснить причинно-следственная связь между двумя переменными. Например, Ритт-Олсон и др. (2005) изучали, влияет ли влияние сверстников на (переменная-посредник) отвечала за связь между курением и депрессией у подростков. Исследователи пришли к выводу, что связь между курением и депрессией полностью опосредована одобрением сверстников. В другом исследовании Hadlandsmyth and Vowles (2009) изучали, опосредована ли депрессией взаимосвязь между утомляемостью и психосоциальной инвалидностью. Авторы пришли к выводу, что депрессия полностью опосредовала связь между утомляемостью и психосоциальной инвалидностью. Селла,

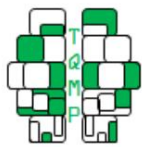
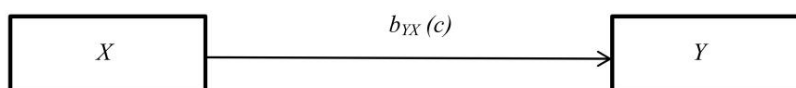
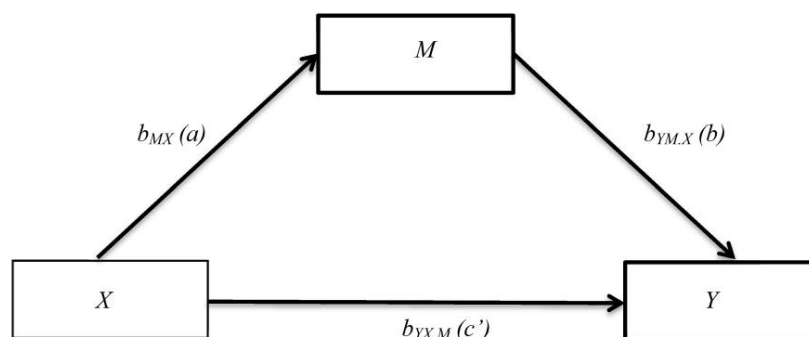


Рисунок 1 представляет Барона и Кенни (1986) модели посредничества с тремя переменными. В модели А  $b_{YX}$  представляет общее влияние  $Y$  на  $X$ . В модели В  $b_{MX}$  представляет влияние  $X$  на  $M$ ,  $b_{YMX}$  представляет влияние  $M$  на  $Y$  с контролем  $X$ , а  $b_{YXM}$  представляет прямое влияние  $X$  на  $Y$  с контролем  $M$ .

Model A



Model B



Садер, Лоллиот и Коэн Кадош (2016) оценили, взаимосвязь между базовыми вычислительными навыками и математическими знаниями полностью опосредована продвинутыми математическими навыками. В качестве последнего примера Kukihiro et al. (2020) исследовали, полностью ли устойчивость опосредовала отношения между группой упражнений/внимательности и психическими расстройствами. В каждом из этих примеров автор оценивал полностью ли посредник отвечал за отношения между предиктором и результатом.

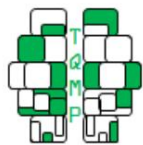
Полное (иногда называемое «полным» или «совершенным») опосредование имеет место, когда отношения между  $X$  и  $Y$  полностью определяется  $M$ . Другими словами,  $M$  полностью отвечает за отношения между  $X$  и  $Y$ . Соответственно, при полном посредничестве отношение между  $X$  и  $Y$  полностью исчезает, когда  $M$  контролируется. В Напротив, частичное посредничество имеет место, когда отношения между  $X$  и  $Y$  уменьшается, но все еще присутствует, когда  $M$  контролируется. Другими словами, отношение между  $X$  и  $Y$  только частично приходится на  $M$ .

По уважительной причине концепция полного посредничества в последние годы исследователи рекомендовали сосредоточить внимание на силе непрямого эффекта.

влияет, а не на то, полностью или частично переменная объясняет взаимосвязь между  $X$  и  $Y$  (см. Hayes, 2009 г.; Ракер, Проповедник, Тормала и Петти, 2011 г.). В частности, поскольку полное/завершенное опосредование почти всегда является нереалистичной целью исследователей, оценивающих опосредование, и что маловероятно, что в этих случаях отсутствует посредничество, предполагается, что почти все оценки посредничества случаи частичного посредничества в той или иной степени. Соответственно, это делает полное и частичное различие неэффективным.

Исследователи, заинтересованные в проверке того, посредник объясняет большую часть отношений между предиктор и результат (вместо того, чтобы объяснять все изменчивость отношений между предиктором и исход) требуют процедуры оценки этой гипотезы. Поэтому целью данного исследования является обсуждение теста посредничества, которое позволит оценить, составляет ли конкретный посредник существенную долю отношений между  $X$  и  $Y$ . Другими словами, процедура должна не только различать посредничества и обнаружение существенного посредничества. (в отличие от менее полезного различия между

полное и частичное посредничество). Что представляет собой существенное



посредничество будет описано ниже.

Наша цель — предоставить исследователям в области поведенческих и социальных наук с методом, который можно использовать для оценки того, объясняет ли третья переменная существенную часть общей изменчивости между предиктором и результатом. Во-первых, мы рассмотрим традиционные методы оценки посредничества. Во-вторых, введем понятие проверка эквивалентности (теоретическая основа, на которой построен тест существенного опосредования). В-третьих, мы опишем предлагаемый тест на существенное опосредование. В-четвертых, мы опишем (вымышленный) иллюстративный пример, чтобы направлять исследователей в процессе использования нового теста медиации (по сравнению с традиционными подходами). Пятый, мы представляем имитационное исследование, которое оценивает статистические свойства каждого из методов, описанных в статье.

Традиционные методы оценки полного посредничества

Бэрон и Кенни (БК) подходят. Статистические методы Анализ медиации широко обсуждается в психологии. Один из самых популярных методов анализа посредничества был предложен Джаддом и Кенни (1981) и Бароном и Кенни (1986). Барон и Кенни (1986) предложили, чтобы оценка посредничества проводилась в несколько этапов:

1) Продемонстрировать, что  $Y$  можно предсказать по  $X$  (т. е. оценить и тестовый путь  $Y$  на  $X$ ). Этот шаг устанавливает, что существует опосредуемый эффект; 2) продемонстрировать, что  $M$  можно предсказать с помощью  $X$  (т. е. оценить и проверить путь  $bMX/a$ ); 3) Продемонстрируйте, что  $Y$  можно предсказать по  $M$ , когда  $X$  и  $M$  — предикторы в той же регрессионной модели (т. е. оценка и тестовый путь  $bY$  на  $M$ ); 4) установить, что  $M$  полностью опосредует отношения  $XY$ , влияние  $X$  на  $Y$  'контролирующий  $M$ , должен быть равен нулю (т. е. путь  $bY$  на  $X$  при  $M$  должен быть равно нулю), тогда как для установления того, что  $M$  частично опосредует отношение  $XY$ , влияние  $X$  на  $Y$  должно быть уменьшена (относительно простой регрессии  $Y$  на  $X$ ). Здесь важно подчеркнуть, что полное посредничество часто сделан вывод, если шаги с 1 по 3 выполнены, и если проверка  $H_0: b_{YXM} = 0$  (6 представляет наклон популяции) не отклонено (Rucker et al., 2011). Однако хорошо известно что неотвержение нулевой гипотезы не может быть использовано для поддерживать нуль как истинный эффект (как будет объяснено в подробно, когда мы вводим проверку эквивалентности). Подход моделирования структурными уравнениями (SEM). Джеймс и Бретт (1984) рекомендуют использовать моделирование структурными уравнениями для проверки гипотез о посредничестве. в отличие подходы регрессии, SEM использует максимальную вероятность оценщик (по сравнению с методом наименьших квадратов в регрессии) и тестирует более широкий спектр моделей. Различия между оспаривались два подхода (например, Hayes, Mon troy, & Rockwood, 2017; Pek & Hoyle, 2016). Джеймс и Бретт (1984) и Джеймс, Мулайк и Бретт (2006) выступают за использование полной модели посредничества в качестве базовой модели

для оценки посредничества (см. рис. 2), поскольку нет требования, чтобы  $X$  и  $Y$  были связаны априори. Таким образом, это модель не проверяет наличие прямого влияния

$X$  на  $Y$  и вместо этого фокусируется на косвенном эффекте, проверено. Посредничество установлено, если оба пути из  $X$  в  $M$  и от  $M$  до  $Y$  отличны от нуля, и если модель соответствует

данные с использованием критерия согласия (например, критерия отношения правдоподобия).

Поскольку в полном опосредовании есть только одна степень свободы модели, тест на доброту оценивает, является ли прямой эффект от  $X$  к  $Y$  равен нулю. Как и в случае с методом БК, важно отметить, что обычно считается, что существует полное посредничество. если пути от  $X$  к  $M$  и от  $M$  к  $Y$  статистически

значимым и если критерий  $H_0: b_{YXM} = 0$  не отвергается (что в данном случае следует из незначительной вероятности

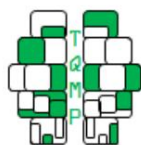
отношение  $\chi^2$  тест). Если исследователь вместо этого заинтересован в тестировании модель частичного посредничества, прямой эффект от  $X$  к  $Y$  может быть включенным, чтобы оценить, является ли  $M$  частично опосредующим отношение между  $X$  и  $Y$ . Чтобы частичное посредничество было установлены, все пути в модели ( $Y$  на  $X$ ,  $Y$  на  $M$  и  $M$  на  $X$ ) должно быть ненулевым.

Iacobucci, Saldanha и Deng (2007) провели исследования моделирования, сравнивая методы БК и SEM для тестирования посредничества. Они обнаружили, что для всех размеров выборки (включая размеры выборки до 30) и для разных степени посредничества, что подход SEM был слегка превосходит метод регрессии Барона и Кенни для правильное обнаружение посредничества. Эти авторы утверждают, что подход SEM следует всегда использовать при проверке гипотез о посредничестве из-за экономии средств. подбор единой модели, которая оценивает все параметры в модели одновременно.

При оценке посредничества через БК или SEM исследователи иногда дополняют результаты БК или SEM-подхода со статистической проверкой значимости косвенного влияние  $X$  на  $Y$  через  $M$  (т. е. проверить значимость  $bMXbYMX$ ). Текущие рекомендации предполагают, что тест косвенного эффекта должен быть единственным проводимым тестом, а не просто дополнением (см. Hayes, 2009; Hayes и др., 2017). Этот тест традиционно проводился с использованием теста предложен Собелем (1982, 1986), хотя совсем недавно оценивается статистическая значимость косвенного эффекта с использованием более надежных методов, таких как доверительные интервалы с привязкой к процентилям (Fritz, Taylor, & MacKinnon, 2012 г.; Маккиннон, Локвуд, Хоффман, Уэст и Шитс, 2002 г.; Проповедник и Хейс, 2004).

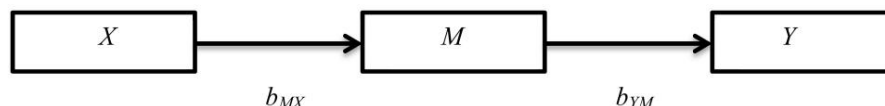
Проблемы с оценкой «полного» посредничества

Одним из важных ограничений способа оценки полного опосредования с помощью подходов БК и SEM является использование незначимой тестовой статистики в качестве основных критериев для объявления полного посредничества. В подходе БК недостаток статистической значимости  $X$  как предиктора  $Y$ , контроль



2020 Том 16, № 4

Рис. 2 SEM-представление модели посредничества с тремя переменными, в которой по умолчанию используется полная модель посредничества. В этой модели  $b_{MX}$  представляет влияние  $X$  на  $M$ , а  $b_{YM}$  представляет влияние  $M$  на  $Y$ .



линг для  $M$  (после обнаружения статистически значимых взаимосвязей на первых трех шагах BK-подхода) часто используется для установления полного посредничества. С подходом SEM, отсутствие статистической значимости статистики согласия

(например, критерий хи-квадрат, основанный на максимальном правдоподобии, который является тестом на соответствие по умолчанию для большинства программ SEM) часто используется для установления полного опосредования (теоретически но не статистически, тот же тест, который проводится с подходом БК, а именно тест на отсутствие статистической значимости прямой связи между  $X$  и  $Y$ , также является предиктором  $Y$ ). Если  $b_{MX}$  минимум) две проблемы при таком подходе: 1) не отвергая нулевую гипотезу отсутствие прямого эффекта от  $X$  к  $Y$  не означает, что отношение между  $X$  и  $Y$  равно нулю; и 2) мощность для обнаружения полного опосредования (т. е. не отвергание нулевой гипотезы об отсутствии прямого воздействия от  $X$  на  $Y$ ) является обратным; Другими словами, мощность увеличивается за счет уменьшения, а не увеличение размера выборки (Rucker et al., 2011).

Shrout и Bolger (2002) также обсуждают ограничения установления полного посредничества с помощью проверки нулевой гипотезы и впоследствии обсудите использование доверительных интервалов и оценка доли общей изменчивости, которая опосредуется как альтернатива использованию отсутствия статистической значимости прямого действия как доказательства опосредования. Хотя этот подход выгоден тем, что он пытается чтобы отвести дискуссию от полного или частичного различие медиации при оценке потенциальной важности одного медиатора, это не дает исследователям-психологам достоверного теста на то, является ли медиатор объясняет значительную часть изменчивости отношения между предиктором и результатом. Другая Альтернатива, предложенная Kenny (2020), утверждает, что полное посредничество может быть заключено, если  $b_{MX}b_{YM} > 0$  и  $|b_{YX}| > .2$ , где  $\beta$  представляет собой стандартизованный коэффициент (т. е. коэффициент регрессии, если все переменные стандартизованы априори). Преимущество такого подхода в том, что он не на основе традиционной проверки нулевой гипотезы, и, поскольку отсечка для опосредованной доли меньше 1, это не тест на полное посредничество (и на самом деле больше связан с тест существенного посредничества, предложенный в этой статье). Однако, насколько нам известно, этот подход не был оценен. Также см. Preacher and Kelley (2011).

обсуждение вопросов с оценкой удельного веса. Этот подход упоминается ниже как К-метод.

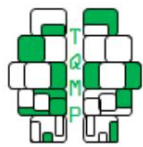
Новый подход к оценке существенного посредничества

Чтобы мотивировать новый подход к оценке посредничества, полезно взглянуть на подходы BK и SEM. к оценке полного посредничества с несколько иной точки зрения. Тест на то, является ли прямой эффект от  $X$  к  $Y$  равно нулю, сравним с вопросом, равен ли коэффициент регрессии для предсказания  $Y$  по  $X$  (т. е.  $b_{YX}$ ) коэффициент, воспроизводимый косвенным эффектом ( $b_{MX}b_{YM}$ ). Если  $b_{YX} = b_{MX}b_{YM}$ , то все отношения  $XY$  опосредованное (т. е. косвенное влияние  $X$  на  $Y$  через  $M$  объясняет наблюдаемую связь между  $X$  и  $Y$ ). Этот гипотеза может быть проверена с помощью статистического теста разницы между коэффициентами регрессии (например, Steiger, 1980; MacKinnon et al., 2002), который является альтернативным методом оценка полного посредничества, описанного в James et др. (2006). Однако этот подход имеет тот же недостаток, что и подходы BK и SEM к оценке посредничества, обсуждавшиеся выше, а именно то, что полное посредничество будет демонстрировалось, если тест различия между коэффициентами регрессии не был статистически значимым.

Новый тест на посредничество может быть установлен путем нахождения подходящего способа определения «эквивалентности»  $b_{YX}$  и  $b_{MX}b_{YM}$  или, что то же самое,  $b_{YX}$  можно пренебречь. Включая тестирование эквивалентности, исследователь можно было бы отойти от рассмотрения всего процесса посредничества и вместо этого сосредоточиться на том, отвечает ли конкретный посредник за большая часть изменчивости отношений между  $X$  и  $Y$  (т. е. существенное посредничество).

Проверка эквивалентности

Основой предлагаемого подхода является структура проверки эквивалентности, которая статистически проверяет пренебрежимо малую связь между переменными. Этот подход был популяризируется в биофармацевтических исследованиях, где цель должна была продемонстрировать биоэквивалентность лекарств, но была познакомился с литературой по поведенческим и социальным наукам благодаря влиятельным статьям Роджерса, Ховарда и Весси (1993), Морьяк и Серлин (1998), Трион (2001) и другие. Предположим, что исследователь заинтересован в демонстрации



что два средних значения населения эквивалентны по результату. В отличие от традиционных тестов, основанных на различиях, цель проверки эквивалентности состоит в том, чтобы показать, что разница между средними значениями двух популяций слишком мала, чтобы их можно было рассматривать осмысленным. Другими словами, исследователям не нужно показать, что средства «идентичны» (как и в случае с традиционным точечная нулевая гипотеза,  $H_0: \mu_1 = \mu_2$ ), но только то, что любые различия между средними значениями несут незначительны.

Для оценки эквивалентности двух средних популяций было разработано несколько тестов, в том числе Schuirmann (1987). двусторонние тесты (TOST) эквивалентности, являющиеся одним из самый популярный. Первый шаг с TOST Шуирманна эквивалентность заключается в установлении критической разности средних (или интервал эквивалентности) для объявления двух параметров совокупности (например, средних значений, параметров регрессии) эквивалентными ( $\delta$ ,  $\delta$ ). Любая средняя разница, попадающая в эквивалентность интервал будет считаться бессмысленным в контексте исследования. Две одновременные односторонние гипотезы тесты могут быть использованы для установления эквивалентности, где нуль гипотеза относится к неэквивалентности совокупности означает и может быть выражена в виде двух отдельных составных гипотез. Это эквивалентно определению того, является ли  $(1 - 2\alpha)\%$  доверительный интервал для параметра полностью содержится в заданном пользователем интервале эквивалентности. За Например, если мы оцениваем эквивалентность двух средних значений совокупности, мы можем представить гипотезы как  $H_{01}: \mu_1 - \mu_2 \leq \delta$  и  $H_{02}: \mu_1 - \mu_2 \geq -\delta$ . Отказ от  $H_{01}$  следует, что  $\mu_1 - \mu_2 < \delta$ , а отказ от  $H_{02}$  влечет что  $\mu_1 - \mu_2 > -\delta$ . Кроме того, отклонение обеих гипотез подразумевает, что разница в средних значениях находится в пределах границы от  $-\delta$  до  $\delta$  и средние значения можно рассматривать эквивалент.

Выбор интервала эквивалентности будет сильно различаться исходя из характера исследования. Хотя оба Роджерс и другие. (1993) и Коэн (1988) предоставляют возможности для  $\delta$  (например, 20% разница между двумя средними значениями, нижняя граница отсчета для небольшого стандартизированного размера эффекта, такого как  $d = 0,2$  или  $r = 0,1$ ), они обескуражили исследователей используя их в качестве строгих рекомендаций, поскольку спецификация  $\delta$  сильно зависит от предметного исследовательского вопроса.

#### Тест на эквивалентность существенного посредничества (ESM)

Более ранние работы по тестированию эквивалентности были сосредоточены на установлении эквивалентности средних (например, Крибби, и Арпин-Крибби, 2004 г.; Роджерс и др., 1993; Морьяк и Серлин, 1998 г.; Tryon, 2001), хотя более поздние исследования расширил подход к оценке отсутствия ассоциации среди переменных (например, Goertzen & Cribbie, 2010), отсутствие взаимодействия (Cribbie, Ragoonanan, & Counsell, 2016) и т. д. (см. Wellek, 2010, где подробно рассматривается эквивалентность тестирование). Заимствование из логики отсутствия ассоциации тесты, мы предлагаем тест эквивалентности для прямого эффекта

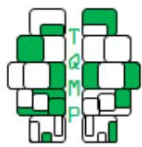
для оценки существенного посредничества. Существенное опосредование — это процедура, основанная на проверке эквивалентности, которая оценивает, способна ли переменная объяснить значительную (т. е. существенная) доля изменчивости связи между предиктором и исходом. Важно отметить, что это отличается от оценки

статистическая значимость косвенного эффекта, когда основное внимание уделяется только косвенному эффекту (и проценты не выплачиваются). к распределению изменчивости по косвенным и прямым эффектам). Предлагаемым методом можно оценить эквивалентность  $b_Y X$  и  $b_{MX}$ ,  $b_Y MX$  по прямому влиянию  $X$  на  $Y$ ,  $b_Y XM$  (Preacher & Kelley, 2011). Кроме того, доверительный интервал, это можно оценить,

доверительный интервал  $(1 - 2\alpha)\%$  для  $b_Y XM$  находится в пределах интервал эквивалентности от  $-\delta$  до  $\delta$ , где  $\delta$  представляет заранее заданная разница между коэффициентами  $b_Y X$  и  $b_{MX} b_Y MX$  (или, что то же самое, величина  $b_Y XM$ ), что будет считаться бессмысленным в рамках изучение.

Какая величина прямого воздействия считается «бессмысленно» сильно зависит от характера исследования и могут быть оформлены в различных метриках. Подобно интерпретации размера эффекта, этот выбор эффекта будет зависеть от от контекста исследования, используемых мер и того, что относится к вопросу исследования. Например, один исследователь может решить, что необработанный прямой эффект менее чем .1 будет считаться незначительным, тогда как другое исследователь может обнаружить, что 20% стандартной ошибки может быть уместным. Другой вариант — стандартизировать переменные, а затем сформулировать вопрос в терминах того, какой стандартизованный коэффициент регрессии имеет смысл. Важно отметить, что увеличение размера  $\delta$  приведет к увеличению сила. Однако это увеличение мощности происходит за счет объявление эквивалентности через больший интервал. Другой путь Другими словами, при достаточно большом интервале можно было бы объявить любой доверительный интервал вокруг прямого эффекта. эквивалент; однако было бы мало уверенности в том, что эффект на самом деле незначительный.

Следующий подход Schuirmann (1987) TOST, нуль и альтернативными гипотезами для этого теста являются  $H_{01}: b_Y XM \leq \delta$  |  $H_{11}: b_Y XM < \delta$  и  $H_{02}: b_Y XM \geq -\delta$  |  $H_{12}: b_Y XM > -\delta$ . Отказ от  $H_{01}$  означает, что прямое влияние меньше  $\delta$ , а отказ от  $H_{02}$  означает, что прямое влияние больше  $-\delta$ . Отказ от обеих нулевых гипотез означает, что прямое влияние попадает в интервал  $(-\delta, \delta)$ . Отказ от обеих гипотез требуется для того, чтобы установить эквивалентность и сделать вывод, что посредник объясняет значительную часть изменчивости исход. Опять же, это эквивалентно демонстрации того, что  $100(1 - 2\alpha)\%$  доверительный интервал для прямого эффекта полностью попадает в интервал эквивалентности. Важным требованием процедуры является то, что  $|b_Y X| > 0$  или



2020 г. 16 лет. 4



$| \beta_{MX\beta YMX} | > 0$ ; другими словами, если общий эффект и косвенный эффект близок к нулю, тогда это не имело бы смысла сделать вывод, что косвенный эффект составляет существенную долю общего эффекта. Хотя величина требуемого эффекта будет зависеть от контекста исследования мы предполагаем, что  $| \beta_{YX} | > .15$  или  $| \beta_{MX\beta YMX} | > 0,15$  как возможности, и поэтому мы предлагаем два варианта процедура. Для ESMtot существенное опосредование делается, если  $\beta_{YX} > 0,15$  и бутстрап 1-2 $\alpha$  процентиля доверительный интервал для  $\beta_{YX}$  полностью попадает в интервала эквивалентности, а для ESMind существенное опосредование делается, если  $\beta_{MX\beta YMX} > .15$  и 1-2 $\alpha$  процентильный доверительный интервал начальной загрузки для падения  $\beta_{YX}$  полностью в интервале эквивалентности.

#### Иллюстративный пример

Чтобы проиллюстрировать использование ESM и альтернативных методов, мы используем смоделированные данные, основанные на исследовательской гипотезе Хэдландсмит и Воулз (2009). В частности, наш интерес заключалась в том, связана ли связь между утомляемостью (X) и психосоциальная инвалидность (Y) была в значительной степени опосредована депрессия (M). Данные, N = 900, очень точно совпадают. корреляционная структура исходных данных. Код для иллюстративный пример доступен по адресу <https://osf.io/75a3x/>.

Перед демонстрацией процедур, описанных выше, полезно также посмотреть на размер эффекта, связанный с этим эффектом. Таким образом, прежде чем мы представим подробные результаты из различных подходов посредничества мы используем ипсилон ( $u^*$ ) и скорректированный ипсилон ( $u^*$ ) как меры размера эффекта, которые эквивалентно квадрату полностью стандартизированного косвенного эффекта (Lachowicz et al., 2018). Мы также используем пропор  $\beta_{MX\beta YMX}$  суммарного эффекта, который опосредуется ( ), который описывает долю общего влияния утомления на психосоциальная инвалидность, опосредованная депрессией. Все эти меры доступны в пакете MBESS.

в R (Келли, 2007). Соответственно, квадрат полностью стандартизированный непрямой эффект  $u^* = 6,57\%$ , 95% ДИ [4,66%, 8,87%] или  $u^* = 6,52\%$ , 95% ДИ [4,61%, 8,82%]. Доля общего опосредованного эффекта составляет 66,42%.

Для BK-подхода мы следовали традиционной процедуре, описанной выше, которая включает запуск трех регрессионных моделей: первая регрессия Y на X, вторая регрессия M на X и третья регрессия Y на M и X.

Для подхода SEM мы использовали модель на рисунке 2, регрессируя Y на M и M на X.

Для подходов ESM и K мы использовали функцию R `esm` (доступен по адресу <https://osf.io/75a3x/>), где мы указали стандартизированное решение и наименьший значимый стандартизованный коэффициент 0,2; другими словами, для процедур ESM мы бы заявили, что существенное посредничество произошло, если стандартизованный коэффициент прямого влияния утомления на психосоциальную инвалидность находится в

тервал { .20, .20} и другие условия выполнены. Этот указывает на то, что значительная часть взаимосвязи между утомляемостью и психосоциальной инвалидностью может объяснить депрессией. Для ESMtot существенное посредничество завершается, если  $| \beta_{YX} | > 0,15$  и доверительный интервал начальной загрузки 1-2 $\alpha$  процентиля (в этом случае  $\alpha = 0,05$ , так что 90% доверительный интервал) для  $\beta_{YX}$  полностью падает в пределах интервала эквивалентности { .20, .20}.

В этом примере  $\beta_{YX} = 0,386$  ( $p < 0,001$ ),  $\beta_{MX} = 0,409$  ( $p < 0,001$ ),  $\beta_{YMX} = 0,129$  ( $p < 0,001$ ) и доверительная вероятность 90% процентиля начальной загрузки интервал для  $\beta_{YX}$  равен {0,090, 0,179}. Таким образом, вслед за шагами для BK, мы не можем сделать вывод о полном посредничестве, потому что даже несмотря на то, что пути  $\beta_{YX}$ ,  $\beta_{MX}$  и  $\beta_{YMX}$  значительны, путь  $\beta_{YMX}$  также значительны. Одинаковый вывод сделан для подхода SEM, где, хотя значение  $\chi^2$  статистика и  $\beta_{MX}$  значимы,  $\chi^2$  статистика  $\beta_{YMX}$  также значимо [ $\chi^2(1 \text{ df}) = 23,735$ ,  $p < 0,001$ ], что указывает на то, что  $\beta_{YMX}$  не равно нулю.

Для подхода ESM  $| \beta_{YX} | > .15$  и 90% доверительный интервал для  $\beta_{YX}$  полностью попадает в интервал эквивалентности и, следовательно, необходимые условия соблюдены, и мы можем заключить, что депрессия существенно опосредует взаимосвязь между усталостью и психосоциальной инвалидностью.

Для процедуры K мы можем заключить, что существенная часть изменчивости связана с посредничеством, если  $\beta_{MX\beta YMX} > 0,80$  и  $| \beta_{YX} | > .2$ . В этом примере  $\beta_{MX\beta YMX} = \frac{\beta_{MX\beta YMX}}{\beta_{YX}} = \frac{0,409(0,627)}{0,386} = 0,664$  и, как указано выше,  $\beta_{YX} = 0,386$ . Таким образом, мы не можем сделать вывод, что депрессия полностью (или полностью) опосредует взаимосвязь между утомлением и психосоциальной инвалидностью, поскольку, хотя  $\beta_{YX} > 0,2$ ,  $\beta_{MX\beta YMX} < 0,8$ .

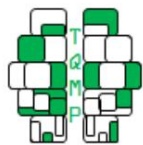
#### Исследование Монте-Карло

Исследование Монте-Карло было использовано для сравнения процедуры ESM, предложенной в этом исследовании, с ранее предложенной процедурой. Методы BK и РЭМ для выявления полного посредничества и метод доли изменчивости (K). Исследование Монте-Карло моделирует данные, которые репрезентативны для природы данных, найденных в дисциплине, а затем оценивает выполнение соответствующих процедур. В этом исследовании мы моделируем данные с разной степенью посредничества, а затем сравниваем эффективность соответствующих процедур в разных группах. эти условия (и другие условия, описанные ниже).

Важно отметить, что эти методы проверяют различные исследовательские гипотезы; подходы BK и SEM

проверяют, не является ли прямое влияние X на Y статистически значимым, K-подход проверяет, является ли доля изменчивости, связанная с косвенным эффектом велик, и подход ESM проверяет, является ли ди





Прямое влияние  $X$  на  $Y$  попадает в интервал эквивалентности. Для подхода ESM оценивались как ESMtot, так и ESMind. Как обсуждалось выше, оба подхода защищают исследователя от заключения о существенном посредничестве, когда на самом деле нет полного или косвенного эффекта соответственно.

В обоих случаях стандартные ошибки были получены с использованием метода процентильного бутстрапа (500 бутстрапов).

Для моделирования и анализа использовался статистический пакет R с открытым исходным кодом (R Development Core Team, 2020). Был принят подход, предложенный Caron and Valois (2018) для моделирования трех переменных моделей посредничества. Пакет lavaan в R использовался для проведения SEM-анализа в модели посредничества (Rosseel, 2012). Следуя Caron and Valois (2018), следующие уравнения использовались для получения стандартизованных  $X$ ,  $M$  и  $Y$  с использованием функции `rnorm` в R для случайных нормально распределенных переменных (обратите внимание, что заменить  $b$  с  $\beta$ ). Начнем с моделирования медиатора ( $M$ ) в виде:

$$M_i = b_{MX} X_i + e_{1i} \quad (1)$$

где  $X_i$  — нормально распределенная переменная с  $\mu = 0$  и  $\sigma = 1$ , а  $e_{1i}$  — нормально распределенная переменная с

$\mu = 0$  и  $\sigma = 1$ .  $Y_i$  моделируется как:

$$Y_i = b_{YX} X_i + b_{YM} M_i + e_{2i} \quad (2)$$

где  $e_{2i}$  — нормально распределенная переменная с  $\mu = 0$  и

$$\sigma = \sqrt{1 - h^2(b_{YX} + b_{YM}^2)} \quad (3)$$

Интервал эквивалентности ( $-\delta$ ,  $\delta$ ) для ESM был установлен равным  $(-0,15, 0,15)$ . Как отмечалось ранее, установление соответствующего интервала эквивалентности зависит от характера исследования, и, таким образом, при отсутствии существенной проблемы этот интервал был выбран несколько произвольно. Увеличение или уменьшение размера  $\delta$  приведет к соответствующему увеличению или уменьшению, соответственно, мощности теста ESM, и поэтому мы не исследовали несколько условий.

В этом исследовании манипулировали двумя основными факторами: размером выборки и величиной эффекта. Размеры выборки были установлены на уровне 50, 100, 200, 350, 500 и 1500, выбранных для сравнения с размерами выборки, распространенными в социальных науках и науках о поведении. Коэффициенты регрессии для  $b_{MX}$  и  $b_{MY}$  пути на рисунках 1 и 2 были установлены равными 0 ( $b_{MX} = 0$ ), 0,30 ( $b_{MX} = 0,30$ ), 0,50 ( $b_{MX} = 0,50$ ), 0,75 ( $b_{MX} = 0,75$ ) и 1,00 ( $b_{MX} = 1,00$ ). Влияние различных коэффициентов  $b_{MX}$  и  $b_{MY}$  на  $re_{MX}$  и  $re_{MY}$

В результате мы также исследовали условия, при которых один коэффициент был больше другого. В частности, мы рассмотрели

в случаях, когда один коэффициент равен 0 и один коэффициент равен 0,50 (при  $b_{MX} = 0$ ), один коэффициент равен 0,50 и один коэффициент 0,09 (при  $b_{MX} = 0,09$ ), где один коэффициент равен 0,353 и один коэффициент 0,709 (для  $b_{MX}$  один коэффициент 0,735 (для  $b_{MX}$  один коэффициент 0,75), один коэффициент 0,490 (для  $b_{MX}$  один коэффициент 0,49). Обратите внимание, что отношение этих коэффициентов  $(0/0,50 = 0, 0,173/0,519 = 0,33, 0,353/0,709 = 0,5, 0,490/0,735 = 0,665, 0,665/0,835 = 0,797)$  не превосходит 1, что допустима большая вариабельность коэффициентов, когда значения не приближаются к эффекту потолка).

Коэффициенты регрессии для  $b_{MX}$  и  $b_{MY}$  пути были 0,25, 0,36 и 0,49, когда  $b_{MX} = 0$ , присутствуют полное опосредование (BK / SEM), существенное опосредование (ESMtot / ESMind) и доля опосредованного  $> 0,80$ , и, таким образом, симуляционное исследование используется для оценки мощности каждой из процедур (хотя важно помнить, что K-процедура не является процедурой вывода и, следовательно, не имеет строго определенных показателей типа I и/или мощности). Для  $b_{MX} = 0,25, 0,36$  и  $0,49$ , когда  $b_{MY} = 0$ , поскольку прямое влияние  $X$  на  $Y$  попадает в интервал эквивалентности  $(-0,15, 0,15)$ , так что условия не позволяют мощности для ESMtot / ESMind процедуры. Однако подходы BK и SEM должны отклонить нулевую гипотезу  $H_0: b_{MX} = 0$  и указывают, что полное посредничество не происходит. Для процедуры K опосредованная пропорция превышает 0,80, и, таким образом, это также условия мощности. Для  $b_{MX} = 0,25, 0,36$  и  $0,49$ ,  $b_{MY} = 0,25$ , опять же, подходы BK и SEM должны отклонять, что полное опосредование не происходит. Такая же общая ситуация существует и для K-процедуры (опосредованная доля не  $> 0,80$  ни при каких условиях, поэтому полное опосредование не следует заключать), однако опять же напомним, что формальной проверки гипотез для K-процедуры не существует.

Для процедур ESMtot / ESMind прямой эффект выходит за пределы интервала эквивалентности  $(-0,15, 0,15)$ , когда  $b_{MX} = 0,25$ , и поэтому этот тест не должен указывать на то, что  $M$  является существенным медиатором (т. е. отклонение нулевой гипотезы является ошибкой первого рода).

Стоит отметить, что когда  $b_{MX} = 0$  косвенный эффект отсутствует, поэтому это условие аналогично тестированию частоты ошибок для различных процедур, так как сам косвенный эффект не отвечает за влияние  $b_{MX}$ . Анонимный рецензент предложил условие  $b_{MX} = 0,09$  и это является сложным. Хотя существуют темные выводы относительно существенного посредничества, что и для  $b_{MX} = 0,25, 0,36$  и  $0,49$ , поскольку общий эффект  $(0,14)$  или косвенный эффект  $(0,09)$  не превышает  $\delta = 0,15$ , его продолжение является существенное

большинстве случаев (хотя с дисперсией выборки в некоторых случаях общий/косвенный эффект может превышать 0,15).

Номинальная частота ошибок типа I (а) была установлена равной 0,05 для всех условий. Для оценки мощности процедур мы провели 1000 симуляций для каждого условия.

### Полученные результаты

Мощности для подходов BK и SEM были практически одинаковыми (за исключением условий с малым N и малым  $b = Y_{XM}$ ), поэтому результаты будут обсуждаться вместе. Точно так же, если не указан иной частота отказов для двух процедур ESM (ESM<sub>b</sub> и ESM<sub>mx</sub>) была почти одинаковой во всех условиях и поэтому будет обсуждаться вместе в разделе «ESM». Мощности для BK, SEM, K и обеих процедур ESM для  $b = MXb = 0, .09, .25, .36$  и  $.49$  представлены в табл. 1, 2, 3, 4 и 5 соответственно при конец этой статьи.

## Проверка достоверности процедуры ESM

Чтобы оценить, обеспечивает ли процедура ESM достоверную проверку составной нулевой гипотезы (H01 и H02), эмпирическую частоту ошибок типа I для процедуры сравнивали с номинальным уровнем  $\alpha$  (0,05) с использованием размера выборки  $N = 500$  и  $b = b = .5$ . Для оценки  $MX$  и  $MX$

эмпирической частоте ошибок первого рода необходимо было положить  $\gamma_{\text{ХМ}} = 0,054$ , что и было сделано.

Присутствует полное/существенное посредничество ( $\beta\gamma_{XM} = 0$ )

При условии  $b \cdot \gamma_{XM} = 0,25, 0,36 \text{ и } 0,49$ , важно отметить  $MX_b$  это условие мощности для ESM, поскольку  $\beta$  меньше  $\gamma_{XM}$ .

8. Подходы BK/SEM обладали большей мощностью, чем подходы ESM, пока размер выборки не стал очень большим. Например, мощность для процедур ESM была близка к 0, пока размер выборки не превышал  $N = 100$ , и приближалась к единице, когда размер выборки достигал  $N = 1500$ . С другой стороны, мощности для BK/SEM увеличился с  $N = 50$  до  $N = 1500$ , но результаты при меньших размерах выборки часто были намного больше 0. Важно отметить, что показатели мощности для подходов BK/SEM достигают потолка  $1 - \alpha$ , потому что тест измеряет вероятность не объявить  $bY_{XM}$  отличным от 0 (или, как обсуждалось ранее, не отвергнуть  $H_0: b = 0$ ), что при достаточно большом размере выборки равно  $Y_{XM}$  просто  $1 - \alpha$ . Когда  $b \cdot MX_b = 0,25$ , мощность процедуры K находилась между процедурами ESM и BK/SEM при размере выборки от  $N = 50$  до  $N = 350$ , но как и другие процедуры приближалась к единице при  $N = 500$  и быстрее к единице, чем ESM и BK/SEM. При этом для коррелируемых переменных методы ESM приближались к 0,7 при  $N = 100$ . Когда  $b \cdot$

обычно ниже, чем когда  $b_{MX} < b_{dure}$  без  $\gamma_{XM}$  для всех процессов учета SEM. Этот эффект был более выражен для процедур ЭСМ.

Для малого косвенного влияния  $b$   $MXb \times mX = 0,09$ , подходы ESM не достигли высокой мощности даже при больших размерах выборки (напомним, что минимальное требование для общих/косвенных эффектов, 0,15, не было соблюдено, и, таким образом, в большинстве условий существенное тестирование посредничества не проводилось). Подход ESMtot имел несколько большую мощность, чем подход ESMind. К-подход имел низкую мощность при всех размерах выборки, но частота снижалась до 0 по мере того, как размер выборки приближался к 1500. Как и в случае с процедурами ESM, требование минимального соотношения  $\beta_{ux}$  не выполнялось. Подходы BK/SEM имели низкую мощность при  $N = 50$  (от 0,014 до 0,36), но приближались к 0,95 при  $N = 1500$ .

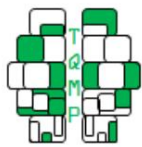
Процедуры ESM почти никогда не заявляли, что full medi = 0 при b MXb (единственная ненулевая скорость была 0,10 % при N = 200, b MX < b ↓ Процедуры ESM логичную таковой процедур ESM. Напротив, процедуры BK/SEM объявили о полном посредничестве, когда b MXb = 0 до 3,10% времени.

Существенное посредничество присутствует ( $b_{YXM} = 0,05$ )

Когда  $b_{YXM} = 0,05$ , снова прямая эффект находится в пределах интервала эквивалентности, и, таким образом, это условие мощности для ESM. Учитывая, что подход BK оценивает, не отвергается ли тест  $H_0: b_{YXM} = 0$ , а подход ESM оценивает, не отвергается ли тест  $H_0: b_{YXM} = 0,05$ , то для ESM, в отличие от BK, эффект от  $X$  до  $Y$  равен нулю в соответствии с критерием согласия, это условие должно не соответствовать этим оценкам и не указывать на наличие полного опосредования (т. е. любые неотклонения являются ошибками типа II). Аналогично предыдущему условию, при  $b_{MXb} = 0,25, 0,36$  и  $0,49$  процедуры ESM имеют почти нулевую мощность до  $N = 100$ , но приближаются к единице при  $N = 500$ . В то время как для подхода BK/ESM увеличились  $N = 50$  до  $N = 100/200$ , а затем уменьшились по мере увеличения размера выборки до  $N = 1500$ . Эти частоты ошибок являются функцией требования этих подходов, чтобы были оба значительных эффекта ( $b_{MX}$ ,  $b_{YMX}$  и  $b_{YX}$ ) и незначительные эффекты ( $b_{YXM}$ ). Таким образом, при больших размерах выборки имеется большая мощность для отклонения  $H_0: b_{YXM} = 0$ , а также для отклонения  $H_0: b_{YX} = 0$ .

$Y_{XM}$   
 $Y_{MX} = 0$  и  $H_0: b_{MX} = 0$ . При  $N = 1500$  не  
 хотя  $b_{XM}$  равен нулю, еще примерно  
 до 68% вероятности объявления полного посредничества с  
 использованием процедур BK/SEM. При  $b_{MX} > b_{XM}$  значение  $ESM$  становится  
 ниже, чем при  $b_{MX} < b_{XM}$  обратной  $Y_{XM}$   
 верно для BK/SEM при  $N > 100 = 0,25, 0,36$  и  $0,49$ ,  
 При  $b_{MX} \neq b_{XM}$  как в полном медиа  
 Для меньших размеров выборки мощность процедуры К находилась  
 между BK/SEM и обеими процедурами ESM.





дур. При умеренных размерах выборки показатели мощности для К были аналогичны процедурам ESM при меньших значениях  $b_{MXb}$  и  $b_{YXM}$ . Для процедур ESM при больших значениях  $b_{MXb}$  процедуры BK/SEM, тогда как при больших размерах выборки показатели К были выше, чем у процедур BK/SEM. Это имеет смысл, поскольку процедура К основана на величине эффекта, тогда как процедуры BK/SEM основаны на проверке гипотез; при больших N процедуры BK/SEM имеют высокую мощность для отклонения  $H_0: b = 0$ , даже несмотря на то, что величина эффекта очень мала.  $= 0,09$ , подходы ESM имели низкую мощность для всех размеров выборки. Как обсуждалось ранее, минимальное требование к общему/косвенному влиянию ( $b_{YXM}$ ) не было соблюдено, и таким образом, в большинстве случаев

Когда  $b_{MXb}$   $b_{YXM}$

тестирование не проводилось. Мощность была заметно выше для подхода ESMtot по сравнению с процедурой ESMind, поскольку суммарный эффект был ближе к порогу отсечки. Например, при  $N = 1500$  мощность была между 0,279 и 0,356 для ESMtot, но была равна 0 для ESMind. Как и для  $b = 0$ , К-процедура имела стабильно низкие показатели, поскольку ни одно из условий процедуры (опосредованная доля  $> 0,80$  и общий эффект  $> 2$ ) не выполнялось (т. е. процедура выполнялась должным образом). Показатели мощности увеличивались для процедуры BK/SEM до  $N = 500$ , а затем снижались при  $N = 1500$ ; это аналогичная картина для других условий косвенного воздействия: мощность для эффектов  $b_{MX}$ ,  $b_{YMX}$  и  $b_{YX}$  увеличивается с размером выборки, но мощность для (почти нулевого) прямого эффекта ниже при  $N < 1500$ .

Процедуры ESM (соответственно) почти никогда не заявляли о полном посредничестве, когда  $b_{MXb} = 0$  (ошибка в размере была 0,10% в условии  $N = 200$ ,  $b < b_{MXb}$ ). Частота ошибок была выше, достигая 5,6%. Процедура К, что также уместно, почти никогда не объявляла о существенном посредничестве.

В общем случае, когда  $b_{YXM} = 0,05$ , было много случаев повышенной мощности обнаружения посредничества (по сравнению с условием  $b = 0$ ). Однако из-за причин этой мощности  $b_{YXM}$  до 0,05 увеличивает увеличение заключается в том, что, фиксируя  $b_{YXM}$  отношение между X и Y (общий эффект). Напротив, при фиксировании  $b$  равным 0 общий эффект ( $b_{YX}$ ) может по-прежнему быть недостаточно большим, чтобы быть статистически значимым (особенно при меньших выборках), удовлетворять требованиям минимального общего эффекта для процедур ESMtot и К или косвенно завышать требования минимального косвенного эффекта для процедуры ESMind.

Чтобы удостовериться, что это действительно минимальное требование общего или косвенного воздействия, которое завышало уровни мощности при  $b = 0,05$  для процедуры ESM (в отличие от требования доверительного требования минимального эффекта для каждой из процедур), было выполнено при  $N = 50$ , для  $b$

$b_{YXM}$

$= 0$  и  $b_{YXM} = 0,05$ . Мы обнаружили, что минимальный  $b_{YXM}$  требование совершенства выполнялось чаще при  $b$ , чем при  $b_{YXM} = 0,05$ . Во-вторых, мы повторно исследовали условия, в которых не требовалось минимального общего или косвенного эффекта для процедур ESM. Мы обнаружили, что увеличение мощности при  $b = 0,05$  исчезло для обоих методов. Мы видим меньше случаев посредничества, когда величина косвенного эффекта становится больше (меньше случаев с  $b_{MXb}$

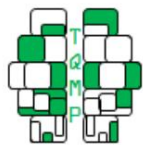
$b_{YXM} = 0,49$  по сравнению с  $b_{MXb} b_{YXM} = 0,09$ ).

Полное/существенное посредничество отсутствует ( $b_{YXM} = 0,25$ )

Когда  $b_{YXM} > \delta$ , полное или существенное опосредование не существует, и поэтому любые указания на полное опосредование с помощью подходов BK или SEM, существенное опосредование с помощью подходов ESM или пропорцию, опосредованную  $> 0,8$  с помощью К-подхода, являются ошибками. Процедуры ESM почти никогда не указывали на наличие существенного посредничества, когда на самом деле его не было, ни при каких условиях (наибольшая наблюдаемая частота составила 0,004). С другой стороны, BK/SEM и, в меньшей степени, К-подходы были безошибочными только при больших размерах выборки. При меньших размерах выборки подходы BK/SEM часто обнаруживали, что существует полное посредничество, хотя на самом деле это не так, при этом частота ошибок ниже при больших значениях  $b_{MXb}$ . Например, для  $b = 0,5$  и  $N = 50$  BK/SEM  $b_{YXM}$  для подходы иногда неверно указывали полное посредничество более чем в 50% случаев. В меньшей степени К-подход в тех же условиях указывал на то, что полное опосредование существовало до 20% времени.

Важно подчеркнуть, что коэффициенты ошибок, когда  $b_{YXM} = 0$ , сложны, потому что они являются функцией требований, чтобы были значительные эффекты ( $b_{MX}$ ,  $b_{YMX}$  и  $b_{YX}$ ) и незначительные эффекты ( $b_{YXM}$ ). При меньших размерах выборки одним из требований является то, что является медиации с традиционными подходами, потому что связь очень мало статистической мощности. Однако снижается и статистическая мощность для отбрасывания  $H_0: b = 0$  или оценки доли изменчивости. Таким образом, трудно понять закономерность частоты ошибок для подходов BK/SEM до тех пор, пока размер выборки не становится настолько большим, что не приблизится к единице; однако в целом для этого условия следствием является то, что многие ложные заявления о полном посредничестве более вероятны при использовании методов BK / SEM при меньших размерах выборки.

Процедуры ESM никогда не объявляли полное  $me = 0$ . Частота ошибок при использовании  $b_{YMX}$  для BK/SEM процедуры  $b_{MXb}$  были низкими при больших размерах выборки ( $N > 300$ ), но достигали 9,50 % при  $N = 50$ .



2020 Tom. 16 нет. 4



заведомо никогда не заявлял о полном посредничестве в этом состоянии.

## Обсуждение

Исследователи в области психологии обычно заинтересованы в изучении потенциальных посредников предполагаемых отношений. В качестве изложенные во введении, эти исследования могут включать оценку того, полностью или полностью медиатор определяет взаимосвязь между предиктором и

и переменная результата. Исторически исследователи использовали отсутствие статистической значимости прямого эффекта между предиктор и результат, после учета медиатора, как свидетельство полного опосредования. Хотя язык «полное» и «частичное» опосредование оказалось малоприменимым для понимания статистической значимости косвенный эффект, исследователи все еще озабочены оценкой этих форм посредничества, чтобы понять характер интересующего их посредника. Например, исследования, подобные исследованиям Ritt-Olson et al. (2005), Hadlandsmyth and Vowles (2009), Sella et al. (2016) и Kuki hara et al. (2020), теоретически заинтересованы в том,

одна переменная может объяснить большую часть связи между предиктором и результатом, и эту информацию лучше всего понять с точки зрения того, может ли опосредующая переменная по существу объяснить связь

между независимой переменной и результатом.

В этом исследовании были предложены два новых теста существенного опосредования, основанные на тестировании эквивалентности, и их сравнили с традиционно используемые методы оценки полного опосредования. Методы ESM требуют от исследователя априорного указания какая величина прямого эффекта будет рассматриваться не имеет значения по характеру исследования. Несмотря на то что это априорное определение может быть сложной задачей, исследователи регулярно обдумывайте, какой уровень размера эффекта имеет смысл в контексте их исследовательского вопроса и предыдущего литературы (Берибиски, Дэвидсон и Крибби, 2019). Выбор интервала эквивалентности тесно связан с этим процесс - исследователь должен рассматривать в контексте их исследовательский вопрос и существующая литература, какой эффект представляет собой соответствующее несущественное различие.

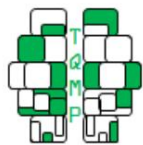
Хотя предлагаемые испытания ЭСМ снизили мощность для обнаружения существенного посредничества при меньших размерах выборки, у них тоже нет общих с БК недостатков и подходы SEM, нарушающие принципы проверки нулевой гипотезы (т. е. полагающиеся на неотвержение нулевой гипотезы) и обычно объявляющие о полном посредничестве, когда это необходимо. не существует. В частности, мощность обнаружения существенного посредничества с помощью подходов ESM (для условий, исследованных в этой статье) была низкой при небольшой выборке. размеры, и достигли приемлемых уровней только при  $N = 350$  для прямых эффектов 0,25, 0,36 и 0,49, что, безусловно, является ограничивающим фактором для многих исследователей (хотя следует отметить, что довольно использовался строгий интервал эквивалентности с учетом контекстно-независимого

характер имитационного исследования). Лучшие тарифы на электроэнергию для процедуры ESM происходили, когда  $bY\ MX > bMX$  из -за к более узкому доверительному интервалу вокруг прямого эффекта

когда посредник был более тесно связан с переменной результата, чем независимая переменная. Этот результат связано с коллинеарностью и уменьшенной стандартной ошибкой когда посредник более тесно связан с результатом (см. Kenny & Judd, 2013).

С другой стороны, при  $N = 50$  вероятность объявления «полного» посредничества, когда оно не было достигнуто до 94% с процедурами BK и SEM, и как достигает 93% при  $N = 100$ , когда  $\beta MX > \beta Y\ MX$  In. Напротив, подходы ESM почти никогда не заявляли о существенном посредничестве, когда оно отсутствовало в небольшой выборке. размеры. Все подходы редко заявляли о полном посредничестве, когда  $b\ MX \times MX = 0$ , но подходы ESM были лучшими на формация. Результаты для процедуры K находятся между процедуры BK/SEM и процедуры ESM, а именно что существует большая доля риска ложного декларирования изменчивости, приписываемой косвенному эффекту с небольшим размеры выборки были небольшими, но не нулевыми. При большей выборке размеры, все подходы редко встречаются полными или существенными опосредование, когда оно не существовало, и обладало достаточной силой для обнаружения полного или существенного опосредования, когда оно имело место. Однако важно отметить, что мощность для Подходы BK и SEM имеют потолок 1 -  $\alpha$ , потому что они полагаются на неотвержение нулевой гипотезы  $H_0: \beta Y\ XM = 0$ , тогда как мощность для подходов ESM и K будет приближаться к единице по мере увеличения размера выборки. выбор между процедурой K или процедурами ESM при небольших размерах выборки сводится к тому, будет ли мощность важнее (и в этом случае предпочтительнее K-процедура) или строгий контроль за вероятностью ложное заключение о полном/существенном посредничестве более важно (в этом случае предпочтительны процедуры ESM).

Есть несколько ограничений исследования/метода которые необходимо выделить. Во-первых, как и во всех имитационных исследованиях, результаты специфичны для исследуемых условий. Тем не менее, мы уверены, что общие выводы исследования являются надежными, учитывая разнообразие представленных возможных условий. Во-вторых, как обсуждалось ранее, выбор подходящего интервала эквивалентности ключевая часть проверки эквивалентности и ее важность не могут быть упущен из виду. Это сложная задача, учитывая, что мы исследуем параметры регрессии, распределение которых менее чем прямой. Для получения стандартная ошибка для разницы между коэффициентами, однако то, что представляет собой наименьшую значимую разницу ( $\delta$ ), все еще остается предметом споров. В нашем симуляционном исследовании мы использовали стандартизированные переменные, чтобы обеспечить некоторый контекст процессу выбора подходящего  $\delta$ , однако, как мы заявили ранее, соответствующая величина также будет определять



зависит от характера исследования и т. д. В качестве проверки эквивалентности становится все более популярным, есть надежда, что будет проведено гораздо больше исследований в соответствующих границах для этих типов задач (см. Beribisky et al., 2019).

Нельзя переоценить тот факт, что подходы BK и SEM к проверке на полное посредничество нарушают основополагающие принципы проверки нулевой гипотезы, поскольку исследовательская гипотеза согласуется с нулевой гипотезой (H0:

$\beta_{XM} = 0$ ), а не с альтернативной гипотезой.

Процедуры ESM, с другой стороны, сосредоточены на концепции существенного опосредования, и исследовательская гипотеза правильно согласуется с альтернативной гипотезой. Подходы ESM оценивают, является ли прямое влияние Y на X, контролируя M ( $\beta_{XM}$ ), незначительным (и требуют, чтобы либо стандартизированный общий эффект,  $\beta_{YX}$ , или стандартизированный прямой эффект,  $\beta_{MX}$ , не являлись незначительными). При условии основное внимание уделяется прямому эффекту (т. е. эквивалентности косвенные и общие эффекты), должна быть изменчивость в необработанные отношения к посреднику.

Есть еще пара важных моментов

с точки зрения оформления нашего исследования в рамках более крупного аналитического рамки. Во-первых, хотя мы сосредоточимся на трех простых вариативной модели посредничества, концепция существенного посредничества также может быть проверена с помощью современных моделей посредничества.

включая лонгитюдные модели, каузальные модели и т. д. (MacKinnon, Fairchild, & Fritz, 2007; Preacher, 2015; Selig & Preacher, 2009). В соответствующей заметке, это может быть возможно

то, что несколько посредников объединяются, чтобы объяснить существенную часть отношений между ситуациями X и Y, должно быть изучено в будущих исследованиях. Во-вторых, это

теперь хорошо известно, что проверка значимости нулевой гипотезы сама по себе не может дать полной картины взаимосвязи между переменными, и поэтому исследователям крайне важно указать размеры эффекта (и доверительные интервалы).

для размеров эффекта), чтобы сопровождать их тесты значимости. Методы, представленные в этой статье, основаны на проверке нулевой гипотезы и, соответственно, всегда должны сопровождаться соответствующей мерой величины эффекта. На сегодняшний день есть нет единого мнения относительно наилучшего способа количественной оценки размеры эффекта посредничества (Preacher & Kelley, 2011; Wen & Fan, 2015). Однако в иллюстративном примере, помимо доли опосредованного общего эффекта, мы решили использовать недавнюю рекомендацию Lachowicz et al. (2018) о квадрате полностью стандартизированного косвенного эффекта (также интерпретируется как дисперсия в результате, объясненная совместно предиктором и медиатором в качестве жизнеспособного размера эффекта мера). Предоставление нескольких показателей размера эффекта обычно очень информативно, и это рекомендуется, учитывая текущее состояние отчетов о размере эффекта для посредничества.

Подводя итог, исследователи часто проверяют, является ли конкретный посредник объясняет значительную часть изменчивость в отношениях, и поэтому важно, чтобы

должен быть доступен соответствующий тест этого явления. Традиционные подходы к оценке полной медиации, такие как те, кто использует Барона и Кенни (1986) и Джеймса и Модели Бретта (1984) не подходят для этого исследования.

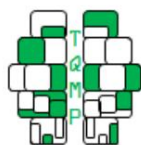
вопрос. Результаты этого исследования показывают, что лучший способ оценить вопрос о полном/существенном посредничестве либо использовать метод, основанный на размере эффекта, например, предложенный Кенни (2020), или проверка эквивалентности на основе Процедуры ЭОР, предложенные в данной статье.

Примечание авторов

Это исследование финансировалось Советом по исследованиям в области социальных и гуманитарных наук Канады (SSHRC-CRSH).

#### использованная литература

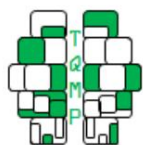
- Барон, Р. М., и Кенни, Д. А. (1986). Переменное различие модератора-медиатора в социально-психологическом исследования: Концептуальные, стратегические и статистические соображения. *Журнал личности и социальной психологии*, 51 (6), 1173–1182. [doi: 10.1037/0022-3514.51.6.1173](https://doi.org/10.1037/0022-3514.51.6.1173)
- Берибиски, Н., Дэвидсон, Х., и Крибб, Р.А. (2019). Изучение восприятия осмысленности в визуальных представлениях двумерных отношений. *PeerJ*, 7, e6853. [doi: 10.7717/peerj.6853](https://doi.org/10.7717/peerj.6853)
- Каппеллер, Дж. К., и Бушмакин, А. Г. (2014). Интерпретация результатов, о которых сообщают пациенты. *Статистические методы в медицинских исследованиях*, 23(5), 460–483. [doi: 10.1177/0962280213476377](https://doi.org/10.1177/0962280213476377)
- Каро, Д.Х. (2015). Каузальное посредничество в образовательных исследованиях: иллюстрация с использованием международной оценки данные. *Журнал исследований эффективности образования*, 8(4), 577–597. [doi: 10.1080/19345747.2015.1086913](https://doi.org/10.1080/19345747.2015.1086913)
- Кэрон, П.-О., и Валуа, П. (2018). Вычислительное описание простого анализа посредничества. *Количественный Методы психологии*, 14 (2), 147–158. [doi: 10.20982/tqmp.14.2.p147](https://doi.org/10.20982/tqmp.14.2.p147)
- Козн, Дж. (1988). *Статистический анализ мощности для поведенческих наук* (2-е изд.) Mawhaw: Lawrence Erlbaum Партнеры.
- Крибб, Р.А., Груман, Дж.А., и Арпин-Крибб, Калифорния (2004). Рекомендации по применению тестов эквивалентности. *Журнал клинической психологии*, 60 (1), 1–10. [doi: 10.1002/jclp.10217](https://doi.org/10.1002/jclp.10217)
- Крибб, Р.А., Рагунанан, К., и Коунселл, А. (2016). Тестирование для незначительного взаимодействия: последовательный и надежный подход. *Британский математический и статистический журнал Психология*, 69(2), 159–174. [doi: 10.1111/bmsp.12066](https://doi.org/10.1111/bmsp.12066)
- Фрейзер, П.А., Тикс, А.П., и Бэррон, К.Е. (2004). Тестирование эффектов модератора и посредника в исследованиях по психологии консультирования. *Журнал консультативной психологии*, 51 (1), 115–134. [doi: 10.1037/0022-0167.51.1.115](https://doi.org/10.1037/0022-0167.51.1.115)



2020 Том 16 № 4



- Фриц, М.С., Тейлор, А.Б., и Маккиннон, Д.П. (2012). Объяснение двух аномальных результатов в статистическом анализе медиации. Многомерное поведенческое исследование, 47, 61–87. doi: [10.1080/00273171.2012.640596](https://doi.org/10.1080/00273171.2012.640596)
- Герцен, Дж., и Крибби, Р.А. (2010). Обнаружение отсутствия ассоциации: подход к проверке эквивалентности. Британский журнал математической и статистической психологии, 63(3), 527–537. doi: [10.1348/000711009X475853](https://doi.org/10.1348/000711009X475853)
- Хэдландсмит, К., и Воулз, К.Е. (2009). Депрессия опосредуют связь между тяжестью утомления и инвалидностью у больных с синдромом хронической усталости? Журнал психосоматических исследований, 66 (1), 31–35. doi: [10.1016/j.jpsychores.2008.08.002](https://doi.org/10.1016/j.jpsychores.2008.08.002)
- Хейс, А.Ф. (2009). Помимо барона и кенни: статистика анализ медиации в новом тысячелетии. Коммуникационные монографии, 76(4), 408–420. doi: [10.1080 / 03637750903310360](https://doi.org/10.1080/03637750903310360)
- Хейс, А.Ф., Монтойя, А.К., и Роквуд, Нью-Джерси (2017). Анализ механизмов и их непредвиденных обстоятельств: Моделирование процесса и структурного уравнения. Австралийский журнал маркетинга, 25(1), 76–81. doi: [10.1016/j.ausmj.2017.02.001](https://doi.org/10.1016/j.ausmj.2017.02.001)
- Холмбек, Г. Н. (2002). Апостериорное зондирование значительных умеренные и опосредованные эффекты в исследованиях педиатрических популяций. Журнал детской психологии, 27(1), 87–96. doi: [10.1093/jpepsy/27.1.87](https://doi.org/10.1093/jpepsy/27.1.87)
- Якобуччи, Д., Салдана, Н., и Денг, Х. (2007). Медитация на посредничестве. Журнал потребительской психологии, 17 (2), 140–154. doi: [10.1016/S1057-7408\(07\)70020-7](https://doi.org/10.1016/S1057-7408(07)70020-7)
- Джеймс, Л.Р., и Бретт, Дж.М. (1984). Медиаторы, модераторы и тесты на посредничество. Журнал прикладной психологии, 69(2), 307–321. doi: [10.1037/0021-9010.69.2.307](https://doi.org/10.1037/0021-9010.69.2.307)
- Джеймс, Л.Р., Мулайк, С.А., и Бретт, Дж.М. (2006). Сказка о двух методы. Организационные методы исследования, 9 (2), 233–244. doi: [10.1177/1094428105285144](https://doi.org/10.1177/1094428105285144)
- Джадд, К.М., и Кенни, Д.А. (1981). Анализ процесса: оценка посредничества в оценке лечения. Обзор оценки, 5 (5), 602–619. doi: [10.1177 / 0193841C8100500502](https://doi.org/10.1177/0193841C8100500502)
- Кил, Л., Тингли, Д., и Ямамото, Т. (2015). Идентификация механизмы, лежащие в основе политических вмешательств через причинно-следственную связь. Посреднический анализ. Журнал анализа политики и Менеджмент, 34(4), 937–963. doi: [10.1002/пам.21853](https://doi.org/10.1002/пам.21853)
- Келли, К. (2007). Методы поведенческого, воспитательного, и социальные науки: пакет R. Поведенческие исследования Методы, 39(4), 979–984. doi: [10.3758/BF03192993](https://doi.org/10.3758/BF03192993)
- Кенни, Д.А. (2020). Посредничество. Проверено 1 января 2020 г., с <http://davidakenny.net/cm/mediate.htm>
- Кенни, Д.А., и Джадд, К.М. (2013). Аномалии власти при тестировании посредничества. Психологическая наука, 25 (2), 334–339. doi: [10.1177/0956797613502676](https://doi.org/10.1177/0956797613502676)
- Кукихара Х., Ямаваки Н., Андо М., Нисио М., Кога, К., Кимура, Х., и Мацуда, Т. (2020). Влияние упражнений и программ йоги, основанных на осознанности, на повышение устойчивости и психического здоровья пожилых людей в Японии: рандомизированное контролируемое исследование. Психология, 11(2), 285–298. doi: [10.4236/psych.2020.112018](https://doi.org/10.4236/psych.2020.112018)
- Лавович, М.Дж., Проповедник, К.Дж., и Келли, К. (2018). А новая мера размера эффекта для анализа посредничества. Психологические методы, 23(2), 244–261. doi: [10.1037 / встретил0000165](https://doi.org/10.1037/встретил0000165)
- Лазарсфельд, П.Ф. (1955). Интерпретация статистических отношений как исследовательская операция. В PF Lazardsfeld & М. Розенберг (ред.), Язык социальных исследований: А читателю в методологии социальных исследований (стр. 115–115). 125). Гленко, Иллинойс: Free Press.
- Маккиннон, Д.П., Фэйрчайлд, А.Дж., и Фриц, М.С. (2007). Медиационный анализ. Ежегодный обзор психологии, 58, 593–614. doi: [10.1146/annurev.psych.58.110405.085542](https://doi.org/10.1146/annurev.psych.58.110405.085542)
- Маккиннон, Д.П., Крулл, Дж.Л., и Локвуд, К.М. (2000). Эквивалентность эффектов посредничества, смешения и подавления. Профилактическая наука, 1(4), 173–186. doi: [10.1023/A:1026595011371](https://doi.org/10.1023/A:1026595011371)
- Маккиннон, Д.П., Локвуд, К.М., Хоффман, Дж.М., Уэст, С.Г. и Шитс, В. (2002). Сравнение методов с проверить значимость опосредованного эффекта. Психологические методы, 7(1), 83–104. doi: [10.1037/1082-989X.7.1.83](https://doi.org/10.1037/1082-989X.7.1.83)
- Намази, М., и Намази, Н.Р. (2016). Концептуальный анализ модераторных и медиаторных переменных в бизнес-исследованиях. Procedia Economics and Finance, 36, 540–554. doi: [10.1016/S2212-5671\(16\)30064-8](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(16)30064-8)
- Пек, Дж., и Хойл, Р. Х. (2016). О (не)валидности тестов простого посредничества: угрозы и решения. Социальное и Компас психологии личности, 10 (3), 150–163. doi: [10.1111/spc3.12237](https://doi.org/10.1111/spc3.12237)
- Проповедник, К.Дж. (2015). Достижения в анализе посредничества: Обзор и обобщение новых разработок. Ежегодный обзор психологии, 66, 825–852. doi: [10.1146/annurev-psych-010814-015258](https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010814-015258)
- Проповедник, К. Дж., и Хейс, А. Ф. (2004). Процедуры spss и sas для оценки косвенных эффектов в простых моделях медиации. Методы исследования поведения, инструменты, и компьютеры, 36 (4), 717–731. doi: [10.3758/BF03206553](https://doi.org/10.3758/BF03206553)
- Проповедник, К. Дж., и Хейс, А. Ф. (2008). Современные подходы к оценке медиации в коммуникации исследовательская работа. В AF Hayes, MD Slater и LB Synder (ред.), Мудрый справочник передовых методов анализа данных для коммуникационных исследований (стр. 13–54). Таузенд-Оукс, Калифорния: Sage Publications.
- Проповедник, К.Дж., и Келли, К. (2011). Показатели размера эффекта для модели посредничества: количественные стратегии для



2020 Том 16. № 4



- сообщения о косвенных эффектах. Психологические методы, 16(2), 93–115. doi: [10.1037/a0022658](https://doi.org/10.1037/a0022658)
- Основная команда разработчиков R. (2020). R: Язык и среда для статистических вычислений. Вена, Австрия: R Фонд статистических вычислений. Извлекаются из <http://www.R-project.org/>
- Ритт-Олсон А., Унгер Дж., Валенте Т., Незами Э., Чоу С.-П., Тринидад, Д., ... Андерсон-Джонсон, К. (2005). Изучение сверстников как посредника в ассоциации между депрессия и курение у подростков. Использование и злоупотребление веществами, 40(1), 77–98. doi:[10.1081/JA-200030505](https://doi.org/10.1081/JA-200030505)
- Роджерс, Дж. Л., Ховард, К. И. и Весси, Дж. Т. (1993). Использование тестов значимости для оценки эквивалентности между двумя экспериментальными группами. Психологический бюллетень, 113(3), 553–565. doi: [10.1037/0033-2909.113.3.553](https://doi.org/10.1037/0033-2909.113.3.553)
- Россил, Ю. (2012). Lavaan: пакет r для структурных моделирование уравнений и многое другое. Журнал Статистики Программное обеспечение, 48, 1–36. doi: [10.18637/jss.v048.i02](https://doi.org/10.18637/jss.v048.i02)
- Ракер, Д. Д., Проповедник, К. Дж., Тормала, З. Л., и Петти, Р. Е. (2011). Анализ посредничества в социальной психологии: современная практика и новые рекомендации. Социальные и Компас психологии личности, 5, 359–371. doi:10.1111/j.1751-9004.2011.00355.x
- Шуирманн, ди-джей (1987). Сравнение процедуры двух односторонних тестов и подхода мощности для оценки эквивалентности средней биодоступности. Журнал фармакокинетики и биофармацевтики, 15(6), 657–680. doi: [10.1007/BF01068419](https://doi.org/10.1007/BF01068419)
- Моряк, Массачусетс, и Серлин, Р.К. (1998). Доверительные интервалы эквивалентности для двухгрупповых сравнений средних. Психологические методы, 3(4), 403–411. doi:10.1037/1082-989X.3.4.403
- Селиг, Дж. П., и проповедник, К. Дж. (2009). Модели посредничества для продольных данных в исследованиях развития. Ре поиск по человеческому развитию, 6 (2-3), 144–164. doi: 10.1080/15427600902911247
- Селла, Ф., Садер, Э., Лоллиот, С., и Коэн Кадош, Р. (2016). Базовые и расширенные числовые характеристики относятся к математические знания, но полностью опосредованы зрительно-пространственными навыками. Журнал экспериментальной психологии: Обучение, память и познание, 42 (9), 1458–1472. doi: [10.1037/xlm0000249](https://doi.org/10.1037/xlm0000249)
- Шраут, ЧП, и Болджер, Н. (2002). Посредничество в эксперименте и неэкспериментальные исследования: новые процедуры и рекомендации. Психологические методы, 7 (4), 422–445. doi:[10.1037/1082-989X.7.4.422](https://doi.org/10.1037/1082-989X.7.4.422)
- Собель, Мэн (1982). Асимптотические интервалы для косвенных эффектов в моделях структурных уравнений. В С. Лейнхарт (ред.), Социологическая методология (стр. 290–312). Сан-Франциско: Джосси-Басс.
- Собель, Мэн (1986). Некоторые новые результаты о косвенных эффектах и их стандартные ошибки в ковариационной структуре модели. Социологическая методология, 16, 159–186. doi: 10.2307/270922
- Стайгер, Дж. Х. (1980). Тесты для сравнения элементов корреляционной матрицы. Психологический бюллетень, 87 (2), 245–251. doi: [10.1037/0033-2909.87.2.245](https://doi.org/10.1037/0033-2909.87.2.245)
- Трион, WW (2001). Оценка статистической разницы, эквивалентность и неопределенность с использованием выводных доверительных интервалов: интегрированная альтернатива метод проведения статистической проверки нулевой гипотезы. Психологические методы, 6 (4), 371–386. doi:10.1037/1082-989X.6.4.371
- Веллек, С. (2010). Проверка статистических гипотез эквивалентности и не меньшей эффективности (2-е изд.) Boca Raton: CRC Нажимать.
- Вен, З., и Фан, Х. (2015). Монотонность размеров эффекта: использование каппа-квадрата как меры размера эффекта опосредования. Психологические методы, 20 (2), 193–203. doi:10.1037/мет0000029

## Цитата

- Берибиски, Н., Мара, Калифорния, и Крибби, Р.А. (2020). Подход к проверке эквивалентности для оценки существенного посредничества. Количественные методы психологии, 16 (4), 424–441. doi:[10.20982/tqmp.16.4.p424](https://doi.org/10.20982/tqmp.16.4.p424)

Copyright © 2020, Берибиски, Мара и Крибби. Это статья с открытым доступом, распространяемая на условиях лицензии Creative Commons Attribution License. (CC BY). Использование, распространение или воспроизведение на других форумах разрешено при условии, что автор(ы) или лицензиар оригинала указаны и что оригинал публикация в этом журнале цитируется в соответствии с принятой академической практикой. Запрещается использование, распространение или воспроизведение без соблюдать эти условия.

Получено: 24.03.2020 Принято: 01.10.2020

Таблицы с 1 по 5 следуют.





