Когнитивные процессы в преподавании: связь с достижениями учащихся в математике

Г. С. Ларина, А. В. Капуза

Статья поступила в редакцию в июле 2019 г.

Ларина Галина Сергеевна
кандидат наук об образовании, научный сотрудник Центра психометрики и измерений в образовании Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики». E-mail: larina.gala@gmail.com
Капуза Анастасия Васильевна
научный сотрудник Международной лаборатории оценки практик и инноваций в образовании Национального исследовательского университета«Высшая школа экономики». E-mail: akapuza@hse.ru

Адрес: 101000 Москва, ул. Мясницкая, 20.

Статья подготовлена в ходе работы по Программе фундаментальных исследований Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» и с использованием средств субсидии в рамках государственной поддержки ведущих университетов Российской Федерации «5–100»

Аннотация. В современном информационном обществе школьное образование должно обеспечивать развитие умения решать незнакомые задачи, быстро ориентироваться в больших объемах информации, принимать решения в ситуации неопределенности. Экспериментально установлено, что такие умения можно сформировать, если чаще использовать на уроках задания, в решение которых вовлечены когнитивные процессы высокого порядка. Однако остается открытым вопрос об эффектах использования таких заданий для усвоения предметных знаний, в частности по математике. На данных лонгитюдного исследования «Траектории в образовании и профессии», включающего тесты TIMSS и PISA, авторы оценивают представленность в повседневной учебной работе практик преподавания, вовлекающих два типа когнитивных процессов — высокого и низкого порядка, и их связь с характеристиками учителей. Также рассматривается связь между этими практиками и результатами учащихся по математике в конце 9-го класса. Установлено, что использование и тех и других практик положительно связано с результатами учеников по математике. Однако задания, вовлекающие когнитивные процессы высокого порядка, дают более сильный положительный эффект с точки зрения результатов по математике в 8-м классе и спустя один учебный год. Эффекты практик преподавания, направленных на развитие когнитивных навыков низкого порядка, спустя год теряют значимость или становятся отрицательными. Показано, что использование рассматриваемых практик не связано с такими характеристиками учителя, как квалификационная категория или полученное образование.

Ключевые слова: когнитивные процессы, основная школа, практики преподавания, математика, PISA, TIMSS, структурное моделирование.

DOI: 10.17323/1814-9545-2020-1-70-96

Экономические и технологические изменения в современном мире повышают значимость когнитивных процессов высокого порядка (*higher-order thinking skills*), которые являются составной частью навыков XXI в. [Pellegrino, Hilton, 2012; Griffin, McGaw, Care, 2012]. Традиционно система образования была нацелена преимущественно на запоминание материала и его отработку. Однако значимость и распространенность автоматизированного и рутинного труда неуклонно сокращается, и сегодня уже к окончанию основной школы человек нуждается в навыках, которые обеспечат ему успешное функционирование в постоянно изменяющемся мире [Фрумин и др., 2018].

Согласно таксономии педагогических целей Б. Блума [Bloom, 1956] когнитивные процессы, необходимые для учебного действия, можно представить в качестве отдельных уровней, отличающихся друг от друга сложностью выполнения мыслительных операций. Например, задания, требующие анализа или оценки, сопряжены с большой когнитивной нагрузкой, в их выполнении участвуют когнитивные процессы высокого порядка. А в выполнении заданий, где нужно применить выученный алгоритм действий, например решить уравнение с двумя переменными, участвуют когнитивные процессы низкого порядка (*lower-order thinking skills*). К когнитивным процессам высокого порядка относятся анализ (*analyzing*), оценка (*evaluating*) и создание (*creating*), а к когнитивным процессам низкого порядка — запоминание (*remembering*), понимание (*understanding*) и применение (*applying*) [Anderson, Krathwohl, 2001].

В литературе широко обсуждается вопрос об эффективности отдельных методов и приемов для улучшения когнитивных процессов высокого порядка у учащихся. Однако остается открытым вопрос о том, как большая частота использования таких методов в классе отразится на усвоении предметных знаний. Снижение значимости когнитивных процессов низкого порядка предполагает не только использование других заданий, но и смещение парадигмы взаимодействия в классе в целом. Так, при выполнении заданий, вовлекающих когнитивные процессы низкого порядка, скорее осуществляется педагогическое воздействие, так как первоочередное значение имеют инструкции учителя о том, как следует выполнить задание и что является верным результатом решения [Paniagua, Istance, 2018; Обухов, 2014]. Учебные задания, направленные на когнитивные процессы высокого порядка, не решаются по алгоритму, являются сложносоставными и имеют несколько правильных ответов [Resnick, 1987]. Поэтому в ходе их решения предполагается выстраивание педагогического взаимодействия между учителем и учеником по принципу диалога [Barr, Tagg, 1995]. В обоих случаях роль учителя в школьном обучении остается центральной, так как практики преподавания должны быть направле-

ны на структурирование деятельности учащегося относительно предметного материала и на стимуляцию активности учеников.

Цель настоящей работы заключается в анализе практик преподавания, направленных на когнитивные процессы высокого и низкого порядка, и их связи с результатами учащихся по математике в основной школе. Эмпирической основой исследования послужили российские данные двух международных исследований — TIMSS[1] и PISA[2]. Россия — единственная страна, в которой одни и те же ученики приняли участие сначала в TIMSS-2011, а затем в PISA-2012[3]. Кейс России представляет большой интерес еще и по той причине, что, судя по результатам этих обследований, российские учащиеся основной школы плохо справляются с заданиями, требующими использования когнитивных процессов высокого порядка (например, с задачами на соотнесение информации, представленной в таблице и тексте), однако на довольно высоком уровне применяют уже известные им алгоритмы решения задач, воспроизводят выученный материал [Тюменева, Вальдман, Карной, 2014]. Такая разница в успешности решения заданий, различающихся уровнем лежащих в их основе когнитивных процессов, была показана и для математики, и для дисциплин естественнонаучного цикла. Программы обучения в России ориентированы преимущественно на использование стандартных заданий, заучивание алгоритмов [Болотов, Седова, Ковалева, 2012; Капуза и др., 2017; Ларина, 2016; Фрумин и др., 2018]. Согласно данным национального опроса, большинство российских учителей считают, что развитие когнитивных процессов высокого порядка не является задачей школьного образования [Добрякова, Юрченко, Новикова, 2018]. Таким образом, изучение результатов применения практик преподавания, стимулирующих когнитивные процессы

---

[1] Trends in International Mathematics and Science Study (Международное мониторинговое исследование качества школьного математического и естественнонаучного образования) — мониторинг, в рамках которого оцениваются знания учащихся по математике и предметам естественнонаучного цикла. Проводится каждые четыре года в 4-х и 8-х классах. Включает анкетирование учащихся, учителей и администрации школы: timssandpirls.bc.edu

[2] Programme for International Student Assessment (Международная программа по оценке образовательных достижений учащихся) — мониторинг, в рамках которого оценивается математическая, читательская и естественнонаучная грамотность 15-летних учащихся. Проводится каждые три года. Включает анкетирование учащихся и администрации школы: oecd.org/pisa

[3] В рамках лонгитюдного исследования «Траектории в образовании и профессии» (ТрОП), где TIMSS и PISA были первыми двумя первыми волнами исследования. Подробная информация об исследовании представлена в [Malik, 2018] и на сайте trec.hse.ru

разного уровня, представляется важной и актуальной задачей именно на примере России.

В настоящей работе были поставлены следующие исследовательские вопросы.

1. Какова связь между практиками преподавания, направленными на когнитивные процессы низкого и высокого порядка, и профессиональными характеристиками учителей математики?
2. Различается ли связь практик преподавания, направленных на когнитивные процессы низкого и высокого порядка, с достижениями учащихся по математике в конце обучения в основной школе?

1. Обзор существующих исследований связи практик преподавания с развитием когнитивных процессов и предметной подготовки учащихся

Отношения между отдельными методами и приемами преподавания и результатами учащихся по математике широко изучаются в разных странах и разных системах образования. При этом используются как данные широкомасштабных мониторингов качества образования, так и экспериментальные исследования в классах. Среди практик преподавания, используемых учителем в классе, выделяют две группы. К первой группе относят задания, направленные на запоминание фактов, формул, правил решения типичных задач, а ко второй группе — задания, предполагающие самостоятельную работу учащихся с информацией, использование ИКТ, работу в малых группах и т. д. В международных исследованиях практики первой группы обычно называют традиционными (*traditional*), название второй группы практик менее устойчиво — «современные» (*modern*) [Bietenbeck, 2014; Lavy, 2016], «обучение через исследование» (*inquiry-based*) [Miri, David, Uri, 2007], «активное обучение» (*active learning*) [Cordero, Gil-Izquierdo, 2018]. В соответствии со спецификой используемых заданий эти две группы практик можно также обозначить как практики, включающие работу с когнитивными процессами низкого или высокого порядка. В настоящем исследовании при обсуждении двух типов заданий, используемых учителем в классе, мы будем использовать сокращения «практики НП» и «практики ВП». Под практиками преподавания мы будем понимать комплекс действий учителя во время работы в классе: методы обучения, отдельные приемы и формы организации работы.

Согласно данным экспериментальных исследований, частота использования практик преподавания, поощряющих вовлечение когнитивных процессов ВП, положительно связана с развитием этих процессов у учеников. Например, в лонгитюдном экспериментальном исследовании была показана положительная связь использования таких практик ВП, как решение на уро-

ках реалистичных задач, поощрение открытых дискуссий, с развитием у учащихся критического мышления, которое является примером когнитивных процессов высокого порядка [Miri, David, Uri, 2007]. В другом исследовании с похожим дизайном было установлено, что использование практик ВП на уроках способствует концептуальному пониманию материала, установлению связи между фактами и идеями и вовлекает учеников в применение когнитивных процессов высокого порядка при решении задач [Baumert et al., 2010]. В результате оказалось, что практики ВП положительно связаны с достижениями учащихся в математике в конце 10-го класса даже при контроле достижений в 8-м классе.

Одновременно практики преподавания ВП положительно связаны и с развитием когнитивных процессов низкого порядка. В работе Ж. Гамино и ее коллег оценивался эффект программы обучения SMART для двух типов запоминания информации: запоминание фактической информации (*fact-learning*, т. е. когнитивные процессы НП) и сути текста (*gist-reasoning*, т. е. когнитивные процессы ВП) [Gamino et al., 2010]. В рамках программы SMART учителя использовали задания, направленные на когнитивные процессы ВП: ученики должны быть научиться извлекать информацию из текста с помощью абстрагирования от второстепенных деталей и реферирования текста. В другой группе практики учителей были направлены на механическое запоминание информации. Использование учителем программы SMART оказалось положительно связанным с обоими типами запоминания информации — и фактических данных, и сути текста. При этом использование практик, направленных на когнитивные процессы низкого порядка, повысило только запоминание фактов в тексте.

Положительный эффект практик ВП для когнитивных процессов низкого порядка был продемонстрирован и на выборке учеников 7–8-х классов в США [Cohen et al., 1997]. В классах, где преподавание социальных наук строилось с использованием практик ВП (открытые групповые задания, активизирующие взаимодействие учащихся), школьники значительно лучше справились с заданиями, требующими когнитивных процессов высокого порядка, чем ученики в контрольном классе. Причем достижения учеников в экспериментальном и контрольном классах не различались в заданиях, где требовалось воспроизвести выученные факты, т. е. использовать когнитивные процессы низкого порядка.

Наконец, использование практик ВП положительно связано и с прогрессом в навыках саморегуляции у учащихся. В экспериментальном исследовании было показано, что с включением в обучение практик ВП у подростков 12–15 лет улучшилась способность контролировать импульсивные и автоматические

реакции — ингибиторный контроль [Motes et al., 2014]. В свою очередь, ингибиторный контроль в составе исполнительных функций положительно связан с достижениями учеников в математике (см., например, [Bull, Lee, 2014; Liew, 2012]).

Учитывая подтвержденный положительный эффект практик ВП для различных когнитивных процессов, можно предположить, что они положительно связаны и с предметной подготовкой учащихся. Иными словами, если учитель начинает чаще использовать на уроках математики задания, например, на установление связи между содержанием урока и повседневной жизнью, результаты учеников должны повышаться. Однако в подавляющем большинстве исследований была показана положительная связь только между традиционными практиками преподавания (практики НП) и достижениями учащихся в основной школе, а для практик ВП преподавания эта связь либо незначима, либо отрицательна, причем как в математике, так и в предметах естественнонаучного цикла. Например, на данных PISA и TALIS[4] в Испании было установлено, что практики НП, направленные на запоминание и воспроизведение информации, положительно связаны с баллами PISA по математике, а практики ВП, вовлекающие учащихся в самостоятельную работу с информацией, — наоборот, отрицательно [Cordero, Gil-Izquierdo, 2018]. Схожие результаты были получены и на данных TIMSS в США [Bietenbeck, 2014] (математика и естествознание), и в лонгитюдных исследованиях в США [Schwerdt, Wuppermann, 2011] (математика и естествознание) и Израиле [Lavy, 2016] (математика, естествознание, языки). Наконец, в России — на данных лонгитюдного исследования «Траектории в образовании и профессии», включающего TIMSS и PISA, было показано, что интенсивность работы на уроках с такими основополагающими математическими понятиями, как квадратичная функция и линейное уравнение, положительно связана с достижениями учащихся в PISA по математике, а активное использование учителями современных практик преподавания — отрицательно [Carnoy et al., 2016].

Несмотря на подтвержденную значимость практик преподавания для достижений учащихся, большинство исследований факторов, обусловливающих академическую успешность школьников, посвящено изучению профессиональных характеристик учителей [Hanushek, Rivkin, 2006; Ladd, 2008; Wayne, Youngs, 2003]. В частности, была показана значимая положительная связь достижений учащихся с уровнем и характером полученного учителем образования [Carnoy et al., 2016; Clot-

[4] Teaching and Learning International Survey (Международное сравнительное исследование качества подготовки учителей). http://www.oecd.org/edu/school/talis.htm

felter, Ladd, Vigdor, 2007], продолжительностью педагогического опыта [Clotfelter, Ladd, Vigdor, 2007; Rivkin, Hanushek, Kain, 2005; Тюменева, Хавенсон, 2012] и такой специфичной для России характеристикой, как профессиональная категория учителя [Carnoy et al., 2016; Zakharov, Carnoy, Loyalka, 2014]. Выявлена, например, отрицательная связь с достижениями учащихся наличия у учителя математического педагогического образования (специальность «учитель математики»), и напротив, наличие у учителя математического непедагогического образования (специальность «математик») положительно связано с достижениями учащихся [Carnoy et al., 2016]. Причем эффект от этих характеристик учителей сильнее проявляется в академических достижениях учащихся из семей со средним и высоким социально-экономическим статусом.

Таким образом, проведенные исследования скорее свидетельствуют об отрицательном или незначимом эффекте от практик ВП для предметной подготовки учащихся по математике. Однако при интерпретации представленных результатов необходимо учитывать ряд ограничений, свойственных специфике сбора данных в этих работах. Во-первых, в рамках PISA информация о практиках преподавания в классе в ряде исследований собирается преимущественно в ученических анкетах, за исключением нескольких стран [OECD, 2013]. Однако разброс мнений учащихся в классе может вносить смещение в оценку практик преподавания. Во-вторых, в мониторингах сбор информации о практиках преподавания проводится в тот же момент времени, что и само тестирование. В отличие от мониторингов, в экспериментальных исследованиях становится возможной оценка отложенного эффекта практик преподавания, так как и практики учителей, и достижения учащихся оцениваются как минимум дважды. В ряде исследований предпринимались попытки оценить отложенный эффект на лонгитюдных данных, однако в анализ были включены только характеристики учителей, а не их практики [Clotfelter, Ladd, Vigdor, 2007; Rivkin, Hanushek, Kain, 2005; Wayne, Youngs, 2003]. Наконец, соотношение между практиками преподавания и достижениями учащихся может различаться в зависимости от характеристик и особенностей образовательной системы [Caro, Lenkeit, Kyriakides, 2016].

В нашем исследовании мы предпринимаем попытку преодолеть ограничения международных мониторингов как источников информации о соотношении практик преподавания с результатами учеников по математике. С одной стороны, мы используем данные учительского опросника TIMSS для получения сведений о том, какие задания и как часто учитель использует в классе, и тем самым решаем проблему надежности оценки практик преподавания. С другой стороны, наши данные являются лонгитюдными, что позволяет оценить отложенный эффект разных

практик преподавания. Лонгитюдные данные помогут нам ответить на вопрос, как связано использование учителем заданий, направленных на когнитивные процессы разного уровня, с достижениями учащихся в математике, с использованием метода добавленной стоимости (*value-added production function*).

2. Методология исследования

2.1. Данные

В работе использованы данные первых двух волн лонгитюда «Траектории в образовании и профессии»: международных исследований TIMSS-2011 (8-й класс) и PISA-2012 (9-й класс), проведенных в России на одной и той же выборке учащихся. В 2011 г. в исследовании приняли участие 4893 учащихся из 231 класса, в 2012 г. — 4472 учащихся из 229 классов. Для целей нашего исследования мы включили в выборку только тех учителей математики, которые начали преподавать в тестируемом классе хотя бы с 8-го класса. Итоговая выборка исследования состояла из 3472 учащихся и 185 учителей математики.

2.2. Переменные

Достижения учащихся были измерены с помощью инструментов TIMSS и PISA и представлены на 1000-балльной шкале. Мы использовали стандартизированные баллы TIMSS и PISA по математике. В обоих исследованиях достижения учащихся представлены в качестве 5 вероятностных баллов; для включения вероятностных баллов в наш анализ мы применили *Rubin combination* [Rubin, 1987].

В дополнение к данным тестирования достижений учащихся мы привлекли контекстную информацию из анкет учащихся, учителей и директоров, собранную в 2011 и в 2012 гг. Из анкет учителей были получены сведения об их образовании и профессиональной категории, программе углубленного изучения математики в классе и типе учебного заведения, а также об используемых практиках. Вопрос о практиках преподавания математики, которыми учителя пользуются на уроке, задавался в рамках TIMSS-2011 (8-й класс). Учителя отвечали на вопрос «Как часто на ваших уроках математики в тестируемом классе учащиеся выполняют следующие виды деятельности?» (вопрос № 19). Учителю предлагалось выбрать один из вариантов ответа о частоте использования («на каждом или почти каждом уроке», «примерно на половине уроков», «на некоторых уроках» или «никогда») для каждой из 11 предложенных практик преподавания:

a) Слушают ваши объяснения, как выполнять задания по математике;
b) Заучивают правила, методы решения и математические факты;
c) Выполняют математические задания (индивидуально или в группах) под вашим руководством;

d) Выполняют математические задания всем классом под вашим руководством;
e) Выполняют математические задания (индивидуально или в группах) без вашего руководства;
f) Применяют факты, понятия и методы для решения стандартных задач;
g) Объясняют свои ответы;
h) Устанавливают связь знаний, полученных на уроках математики, с повседневной жизнью;
i) Разрабатывают самостоятельно методы решения сложных задач;
j) Решают нестандартные задачи, которые не имеют очевидного метода решения;
k) Выполняют письменные самостоятельные или контрольные работы.

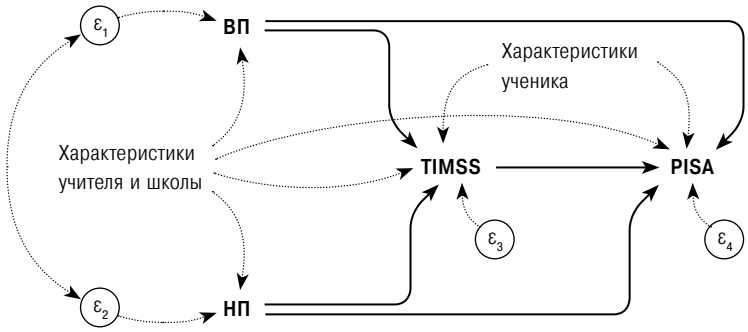
Помимо интересующих нас переменных в анализ были включены переменные контроля, в первую очередь характеристики социально-экономического статуса учащихся, чья предсказательная способность для академических достижений, в частности по математике, была продемонстрирована в ряде исследований [Кузьмина, 2016; Чиркина, 2018; Хавенсон, Чиркина, 2019]. В качестве индикаторов социально-экономического статуса использовались два показателя из анкеты учащихся: наличие у матери высшего образования (1 — высшее образование есть, 0 — нет) и количество книг дома [Хавенсон, 2016; Bodovski, Chykina, Khavenson, 2019]. Кроме того, в анализе учитывались информация о численности жителей в населенном пункте, включенная в анкету директора, и агрегированные характеристики класса: размер класса, доля девочек и средний показатель социально-экономического статуса. Описательная статистика по всем используемым в анализе переменным представлена в приложении А, а по ответам учителей о практиках преподавания — в приложении Б.

2.3. Стратегия анализа

Для ответа на поставленные исследовательские вопросы было использовано структурное моделирование (SEM). Чтобы выявить связь между практиками преподавания, направленными на когнитивные процессы низкого и высокого порядка, и профессиональными характеристиками учителей математики, мы построили и оценили несколько моделей типов практик преподавания математики с использованием конфирматорного факторного анализа. Затем с помощью структурного моделирования оценили связь получившихся практик с характеристиками учителей и классов.

Далее, чтобы понять, различается ли связь практик преподавания, направленных на когнитивные процессы высокого и низ-

Рис. 1. **Полная модель анализа**



кого уровня, с достижениями учащихся по математике в конце обучения в основной школе, мы также использовали структурное моделирование (рис. 1). На этом этапе исследования оценены связь получившихся практик с достижениями учащихся по математике в 8-м (TIMSS) и 9-м классе (PISA) при контроле характеристик учащихся, классов, учителей и школ. Учитывая кластеризованный характер данных, регрессионные остатки были скорректированы методом Хубера — Уайта.

Для анализа связи практик преподавания с достижениями учеников в разных тестах были построены три группы моделей. В первой группе моделей зависимой переменной выступал балл TIMSS по математике, во втором — балл PISA по математике, а третий тип модели был полным: зависимой переменной выступал балл PISA по математике при контроле балла TIMSS ученика (рис. 1). Внутри каждой группы построено по три модели: в первой модели в качестве независимой переменной выступали практики НП, во второй — практики ВП, в третьей — обе практики. Во всех моделях были проконтролированы характеристики ученика, учителя и школы.

3. Результаты

3.1. Конструирование типов практик преподавания математики

В соответствии с актуализированной таксономией когнитивных процессов Б. Блума [Anderson, Krathwohl, 2000] практики преподавания были отнесены к одному из двух типов в зависимости от ориентации на когнитивные процессы низкого или высокого порядка (табл. 1).

Далее с помощью конфирматорного факторного анализа была протестирована двухфакторная модель практик преподавания математики в классе (по четыре практики в каждом факторе). Мы проверили три модели. В модель № 1 были включены все практики в качестве одного фактора, в модели № 2 практики были разделены согласно теоретической модели на два факто-

Таблица 1. **Распределение утверждений, содержащихся в вопросе № 19 из анкеты учителей, по типам практик преподавания***

Фактор «Когнитивные процессы низкого порядка»	Фактор «Когнитивные процессы высокого порядка»
a) Слушают ваши объяснения, как выполнять задания по математике b) Заучивают правила, методы решения и математические факты d) Выполняют математические задания всем классом под вашим руководством f) Применяют факты, понятия и методы для решения стандартных задач	e) Выполняют математические задания (индивидуально или в группах) без вашего руководства h) Устанавливают связь знаний, полученных на уроках математики, с повседневной жизнью i) Разрабатывают самостоятельно методы решения сложных задач j) Решают нестандартные задачи, которые не имеют очевидного метода решения

*Пункты c, g и k не были включены в анализ, так как по ним не было получено распределения ответов.

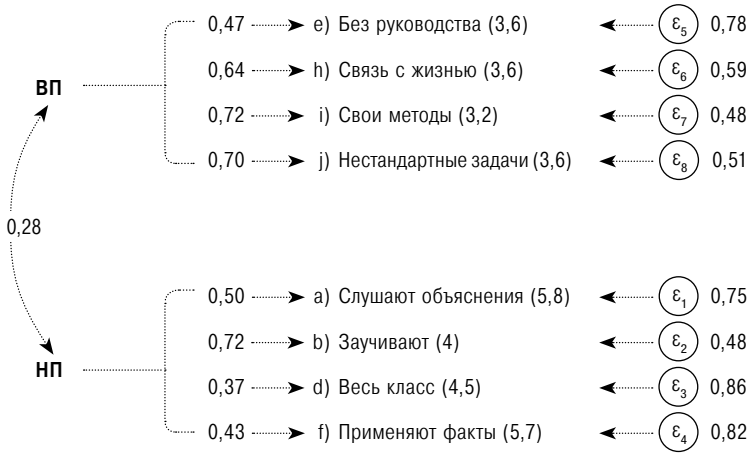
Таблица 2. **Статистики согласия сконструированных моделей практик преподавания**

Индексы	Один фактор	Два фактора	Два фактора с ковариацией
RMSEA (Root Mean Square Error of Approximation)	0,145	0,097	0,090
CFI (Comparative Fit Index)	0,684	0,856	0,884
TLI (Tucker Lewis index)	0,557	0,799	0,829
SRMR (Standardized Root Mean Square Residual)	0,105	0,091	0,064

ра — НП и ВП, а в модель № 3 была добавлена ковариация между этими двумя факторами. Согласно статистикам согласия, лучше всего данные описывает модель № 3 (табл. 2).

На рис. 2 представлены подтвержденная факторная структура и факторные нагрузки для каждой практики. Самые высокие факторные нагрузки среди вошедших в фактор ВП имеют такие практики, как решение нестандартных задач, не имеющих очевидного метода решения (пункт j), и самостоятельная разработка методов решения сложных задач (пункт i). Среди вошедших в фактор НП самая высокая нагрузка у такой практики, как заучивание правил, методов решения и математических фактов (пункт b), а самая низкая — у выполнения математических заданий всем классом под руководством учителя (пункт d). Два выделенных фактора значимо связаны друг с другом, однако коэффициент корреляции низкий (0,28).

Рис. 2. **Факторная структура типов преподавания математики в школе**



3.2. Связь практик преподавания математики с характеристиками учителя, класса и школы

Использование рассматриваемых практик преподавания не связано с такими характеристиками учителя, как квалификационная категория или полученная специализация, но связано с некоторыми характеристиками класса и школы (табл. 3). Практики НП реже используют учителя, преподающие в классах, где изучение математики ведется на профильном уровне, а также в населенных пунктах среднего размера (с населением 100–500 тыс. человек) по сравнению с крупными городами (более 500 тыс. человек). Однако уровень значимости для этих коэффициентов невысок, что свидетельствует о достаточно высокой вероятности случайной связи. Что касается практик ВП, обнаруженная связь является нелинейной — даже при контроле размера населенного пункта, учителя чаще используют такие практики в больших классах. При этом учителя, преподающие в совсем маленьких (менее 3 тыс. человек) и небольших (50–100 тыс. человек) населенных пунктах, используют практики ВП чаще, чем учителя из крупных городов.

3.3. Связь практик преподавания с достижениями учащихся по математике

Рассмотрим сначала результаты для первой и второй групп моделей, где связь между практиками преподавания и баллами по математике анализируется по отдельности для TIMSS и PISA (табл. 4). Практики НП не показывают значимой связи с баллом TIMSS, в то время как при увеличении частоты использования практик ВП на одно стандартное отклонение достижения в математике увеличиваются на 0,7 стандартного отклонения (табл. 4, модели 1 и 2). Практики НП изначально показывают

Таблица 3. **Характеристики учителей и классов, в которых используются разные типы практик преподавания**

Переменная	Типы практик преподавания	
	НП	ВП
Специализация[а] — Математика	–0,00 (0,09)	–0,09 (0,07)
Специализация — Другие	–0,10 (0,08)	–0,06 (0,07)
Тип школы (1 = лицей, гимназия)	–0,03 (0,10)	0,05 (0,08)
Профильное изучение математики (1 = да)	–0,20* (0,12)	0,01 (0,07)
Категория учителя[б] — 1-я	0,09 (0,07)	–0,00 (0,06)
Категория учителя — 2-я или нет категории	–0,05 (0,11)	0,07 (0,10)
Размер класса	–0,01 (0,01)	0,02*** (0,01)
Доля девочек в классе, %	–0,21 (0,26)	–0,02 (0,23)
Доля учеников в классе, у которых 100 и более книг дома, %	0,09 (0,25)	0,17 (0,20)
Доля учеников в классе, у чьих матерей есть высшее образование, %	0,13 (0,22)	0,10 (0,16)
Население[в] 100–500 тыс. человек	–0,23* (0,13)	0,10 (0,09)
Население 50–100 тыс. человек	–0,15 (0,19)	0,24** (0,12)
Население 15–50 тыс. человек	–0,03 (0,11)	0,15* (0,08)
Население 3–15 тыс. человек	–0,10 (0,11)	0,14 (0,10)
Население меньше 3 тыс. человек	–0,07 (0,13)	0,45*** (0,17)
Кол-во наблюдений	3414	3414

[а] Референтная категория — Учитель математики.

[б] Референтная категория — Высшая.

[в] Референтная категория — Больше 500 тыс. человек.

Стандартные ошибки указаны в скобках.
* $p < 0{,}1$; ** $p < 0{,}05$; *** $p < 0{,}01$.

Таблица 4. **Связь практик преподавания с результатами TIMSS и PISA**

	TIMSS			PISA		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Практики НП	0,01 (0,01)		–0,27*** (0,01)	0,11*** (0,02)		–0,16*** (0,03)
Практики ВП		0,70*** (0,02)	0,78*** (0,02)		0,71*** (0,02)	0,75*** (0,03)
Кол-во книг дома	0,15*** (0,01)	0,15*** (0,01)	0,15*** (0,01)	0,17*** (0,02)	0,17*** (0,02)	0,17*** (0,02)
Наличие высшего образования у матери	0,11*** (0,01)	0,11*** (0,01)	0,11*** (0,01)	0,10*** (0,02)	0,10*** (0,02)	0,10*** (0,02)
Переменные контроля	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Константа	–0,29***	–0,20***	–0,24***	–1,00***	–0,97***	–1,01***
Кол-во наблюдений	3394	3413	3357	3394	3413	3357

Стандартные ошибки указаны в скобках.
* $p < 0,1$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,01$.

значимую положительную связь с результатами PISA. Связь между практиками ВП и результатами PISA является значимо положительной с контролем и без контроля практик НП. В обоих случаях при увеличении частоты использования практик ВП в классе на одно стандартное отклонение достижения в математике повышаются на 0,71 и 0,75 стандартного отклонения соответственно. Важно отметить, что и для TIMSS, и для PISA при включении в модель обеих практик одновременно коэффициент для практик НП радикально меняется: их связь с результатами по математике становится значимой и отрицательной.

По результатам анализа третьей группы моделей, где балл PISA является зависимой переменной при контроле TIMSS, практики НП обнаруживают такую же положительную связь с баллом PISA (табл. 5), как и без контроля TIMSS (табл. 4, модель 4). Однако тенденция, отмеченная в предыдущих моделях, повторяется: при контроле использования учителем практик ВП связь между практиками НП и баллом PISA становится отрицательной, хотя и незначимой. В то же время связь между практиками ВП и баллом PISA остается положительной, хотя значение коэффициента и снижается почти в 2 раза при контроле достижений ученика в TIMSS, по сравнению с моделью без контроля баллов TIMSS: при увеличении частоты использования практик

Таблица 5. **Связь практик преподавания с результатами PISA при контроле TIMSS**

	PISA при контроле TIMSS		
	(7)	(8)	(9)
Практики НП	0,10*** (0,02)		–0,01 (0,03)
Практики ВП		0,32*** (0,02)	0,31*** (0,03)
TIMSS математика	0,59*** (0,01)	0,56*** (0,01)	0,56*** (0,01)
Кол-во книг дома	0,08*** (0,01)	0,09*** (0,01)	0,09*** (0,01)
Наличие высшего образования у матери	0,03* (0,02)	0,04* (0,02)	0,04* (0,02)
Переменные контроля	Да	Да	Да
Константа	–0,83***	–0,85***	–0,88***
Кол-во наблюдений	3394	3413	3357

Стандартные ошибки указаны в скобках.
* $p < 0,1$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,01$.

ВП в классе на одно стандартное отклонение балл PISA растет на 0,31 стандартного отклонения.

В то время как коэффициенты связи между количеством книг дома и результатами PISA несильно снижаются при контроле TIMSS и остаются значимыми на уровне $p < 0,01$, связь образования матери с результатами PISA существенно теряет свою значимость (табл. 4, модели 4–6; табл. 5, модели 7–9).

4. Обсуждение

В настоящем исследовании мы показали, что использование учителем практик преподавания, направленных на когнитивные процессы как высокого, так и низкого порядка, положительно связано с образовательными результатами учащихся по математике и в 8-м, и в 9-м классах. Однако различается величина эффекта: результативность практик, направленных на когнитивные процессы высокого порядка (например, самостоятельная разработка методов решения сложной задачи), значительно выше. Эти результаты были выявлены только при анализе практик НП или ВП по отдельности. Если же контролировать использование обоих типов практик, то связь практик НП с предметной подго-

товкой либо пропадает (для 8-го класса), либо становится отрицательной (для 9-го класса). А эффект практик ВП в таких случаях, напротив, увеличивается.

С помощью метода добавленной стоимости нам удалось проанализировать эффект обоих типов практик для достижений в математике, отложенный во времени. Спустя один учебный год связи между используемыми практиками и приростом в результатах по математике остаются теми же, что и в начале года. Так, связь предметной подготовки с практиками ВП остается положительной, хотя и уменьшается в размере, а связь с практиками НП теряет значимость при контроле предыдущих результатов. Иными словами, положительный эффект практик преподавания, направленных на когнитивные процессы ВП, остается значимым и спустя год.

Таким образом, мы продемонстрировали предпочтительность с точки зрения результатов по математике использования в классе заданий, направленных на когнитивные процессы высокого уровня. Перевес в положительных эффектах от этих практик преподавания был выявлен и в случае их использования в классе одновременно с практиками НП и, что более важно, по прошествии одного учебного года. Иными словами, такие задания, как решение нестандартных задач или установление связи между задачей и повседневной жизнью, положительно сказываются на образовательных результатах по математике в любых ситуациях, в отличие от заданий, направленных на когнитивные процессы низкого порядка.

Анализируя соотношение характеристик учителя с его предпочтениями в отношении использования тех или иных практик преподавания, мы не выявили существенных связей используемых практик с профессиональными характеристиками учителей, а также с характеристиками класса (например, доля девочек, доля детей из семей с низким социально-экономическим статусом). Практики НП реже используются в классах, где изучение математики ведется на профильном уровне, однако это различие никак не сказывается на выявленной эффективности практик ВП. Следовательно, более эффективные практики преподавания — практики ВП могут быть применены всеми учителями и будут полезны для изучения математики в самых разных классах.

Теоретическая значимость проведенного исследования состоит в прояснении связи между использованием заданий, направленных на развитие когнитивных процессов высокого порядка, и усвоением предметных знаний по математике. Полученные нами результаты противоречат другим исследованиям, также проведенным на материале международных мониторингов качества образования. Отчасти это может быть следствием использования нами метода добавленной стоимости и сбо-

ра информации о практиках преподавания из учительских анкет. Однако, учитывая вероятную связь результатов исследования с характеристиками страны, необходимо проверить выявленные эффекты в условиях других систем образования.

Полученные в исследовании выводы имеют большую практическую значимость для образовательной политики в современном мире, заинтересованном в развитии навыков XXI в. у школьников. Однако результаты, полученные на данных подобных крупномасштабных мониторингов, корректно интерпретировать относительно трендов на уровне популяции. Для разработки более точных рекомендаций для учителей необходимо проводить дополнительные исследования. Например, имеет смысл уделить внимание эффекту разных практик преподавания на подвыборках, различающихся социально-экономическим положением семей учащихся и уровнем академических достижений школьников. Так, в работе М. Карноя с коллегами было показано, что связь между практиками преподавания и академическими достижениями российских учащихся из семей с низким социально-экономическим статусом различается в зависимости от их предыдущих результатов [Carnoy et al., 2016]. Для этой группы учащихся, имевших средние или высокие баллы по математике в 8-м классе, более эффективна с точки зрения повышения достижений в математике работа в классе с заданиями по алгебре и геометрии, а не с прикладными или текстовыми задачами. При этом для учеников с низкой успеваемостью нет значимой связи между их достижениями в математике и типами заданий, которые учителя используют на уроке. Кроме того, в ряде исследований было показано, что учителя используют разные практики преподавания, направленные на разные когнитивные процессы, именно в зависимости от предыдущих достижений учащихся [Zohar, Alboher Agmon, 2018; Zohar, Dori, 2003]. Таким образом, в результате проведения исследований на подвыборках станет возможной разработка более точных рекомендаций по использованию отдельных практик преподавания с разными группами учащихся.

Анализ данных только одной предметной области ограничивает возможности интерпретации полученных результатов. В нашем случае необходимо учитывать, что в России математика традиционно выступает в роли уникального средства «интеллектуального развития в массовой школе» [Козлов, Кондаков, 2011. С. 36]. Математическое образование является значимым фактором социальной сегрегации в международном контексте [Jorgensen, Gates, Roper, 2014]. Таким образом, в будущих исследованиях необходимо проверить эффект разных практик преподавания для достижений учащихся в других предметных областях. Кроме того, важно отметить, что в данном исследовании использовались самоотчеты учителей. Хотя подобный под-

ход может вносить смещения в оценку частоты использования практик [Капуза, Тюменева, 2016], использование прямого наблюдения не позволило бы ответить на поставленные исследовательские вопросы.

Литература

1. Болотов В. А., Седова Е.., Ковалева Г. С. (2012) Состояние математического образования в РФ: общее среднее образование (аналитический обзор) // Проблемы современного образования. № 6. С. 32–47.
2. Добрякова М. С., Юрченко О. В., Новикова Е. Г. (2018) Навыки XXI в. в российской школе: взгляд педагогов и родителей // Современная аналитика образования. Вып. 4 (21). М.: НИУ ВШЭ.
3. Капуза А. В., Керша Ю. Д., Захаров А. Б., Хавенсон Т. Е. (2017) Образовательные результаты и социальное неравенство в России: динамика и связь с образовательной политикой // Вопросы образования/Educational Studies Moscow. № 4. С. 10–35. doi:10.17323/1814-9545-2017-4-10-35.
4. Капуза А. В., Тюменева Ю. А. (2016) Надежность и структура шкалы социальной желательности TALIS: оценка в рамках современной теории тестирования // Мониторинг общественного мнения: экономические и социальные перемены. Т. 6. № 136. С. 14–29.
5. Козлов В. В., Кондаков А. М. (ред.) (2011) Фундаментальное ядро содержания общего образования. М.: Просвещение.
6. Кузьмина Ю. В. (2016) Эффект «большой лягушки в маленьком пруду»: всегда ли хорошо, если ребенок обучается в сильном классе? // Психология. Журнал Высшей школы экономики. Т. 13. № 4. С. 712–740.
7. Ларина Г. С. (2016) Анализ практических задач по математике: теоретическая модель и опыт применения на уроках // Вопросы образования/Educational Studies Moscow. № 3. С. 151–168. doi:10.17323/1814-9545-2016-3-151-168.
8. Обухов А. С. (ред.) (2014) Психолого-педагогическое взаимодействие участников образовательного процесса: учебник и практикум для академического бакалавриата. М.: Юрайт.
9. Тюменева Ю. А., Вальдман А. И., Карной М. (2014) Что дают предметные знания для умения применять их в новом контексте. Первые результаты сравнительного анализа TIMSS-2011 и PISA-2012 // Вопросы образования/Educational Studies Moscow. № 1. С. 8–24.
10. Тюменева Ю. А., Хавенсон Т. Е. (2012) Характеристики учителей и достижения школьников. Применение метода first difference // Вопросы образования/Educational Studies Moscow. № 3. С. 113–140.
11. Фрумин И. Д., Добрякова М. С., Баранников К. А., Реморенко И. М. (2018) Универсальные компетентности и новая грамотность: чему учить сегодня для успеха завтра. Предварительные выводы международного доклада о тенденциях трансформации школьного образования // Современная аналитика образования. Вып. 2 (19). М.: НИУ ВШЭ.
12. Хавенсон Т. Е. (2016) Качество ответов школьников на вопросы о социально-экономическом положении семьи // Социологический журнал. Т. 22. № 4. С. 74–89.
13. Хавенсон Т. Е., Чиркина Т. А. (2019) Образовательный выбор учащихся после 9-го и 11-го классов: сравнение первичных и вторичных эффектов социально-экономического положения семьи // Журнал исследований социальной политики. Т. 17. № 4. С. 539–554.
14. Чиркина Т. А. (2018) Социально-экономическое положение и выбор образовательной траектории учащимися: теоретические подходы к изу-

чению взаимосвязи // Экономическая социология. Т. 19. № 3. С. 109–125.
15. Anderson L. W., Krathwohl D. (eds) (2001) A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives. New York: Longman.
16. Barr R. B., Tagg J. (1995) From Teaching to Learning — A New Paradigm For Undergraduate Education // Change: The Magazine of Higher Learning. Vol. 27. No 6. P. 12–26.
17. Baumert J., Kunter M., Blum W., Brunner M. (2010) Teachers' Mathematical Knowledge, Cognitive Activation in the Classroom, and Student Progress // American Educational Research Journal. Vol. 47. No 1. P. 133–180.
18. Bietenbeck J. (2014) Teaching Practices and Cognitive Skills // Labour Economics. Vol. 30 (C). P. 143–153.
19. Bloom B. S. (ed.) (1956) Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals. London: Longmans; Green.
20. Bodovski K., Chykina V., Khavenson T. (2019) Do Human and Cultural Capital Lenses Contribute to Our Understanding of Academic Success in Russia // British Journal of Sociology of Education. Vol. 40. No 3. P. 393–409.
21. Bull R., Lee K. (2014) Executive Functioning and Mathematics Achievement // Child Development Perspectives. Vol. 8. No 1. P. 36–41.
22. Carnoy M., Loyalka P., Khavenson T., Zakharov A., Schmidt W. (2016) Revisiting the Relationship Between International Assessment Outcomes and Educational Production: Evidence From a Longitudinal PISA-TIMSS Sample // American Educational Research Journal. Vol. 53. No 4. P. 1054–1085.
23. Caro D. H., Lenkeit J., Kyriakides L. (2016) Teaching Strategies and Differential Effectiveness across Learning Contexts: Evidence from PISA 2012 // Studies in Educational Evaluation. Vol. 49. September. P. 30–41.
24. Clotfelter C. T., Ladd H. F., Vigdor J. L. (2007) Teacher Credentials and Student Achievement: Longitudinal Analysis with Student Fixed Effects // Economics of Education Review. Vol. 26. No 6. P. 673–682.
25. Cohen E. G. et al. (1997) What Did Students Learn? 1982–1994 // E. G. Cohen, R. A. Lotan (eds) Working for Equity in Heterogeneous Classrooms: Sociological Theory in Practice. New York: Teachers' College. P. 137–165.
26. Cordero J. M., Gil-Izquierdo M. (2018) The Effect of Teaching Strategies on Student Achievement: An Analysis Using TALIS-PISA-link // Journal of Policy Modeling. Vol. 40. No 6. P. 1313–1331.
27. Gamino J. F., Bond Chapman S., Hull E. L., Reid Lyon G. (2010) Effects of Higher-Order Cognitive Strategy Training on Gist-Reasoning and Fact-Learning in Adolescents // Frontiers in Psychology. Vol. 1. December. P. 1–16.
28. Griffin P., McGaw B., Care E. (eds) (2012) Assessment and Teaching of 21st Century Skills. London: Springer.
29. Hanushek E. A., Rivkin S. G. (2006) Teacher Quality // E. A. Hanushek, F. Welch (eds) Handbook of the Economics of Education. Elsevier. Vol. 2. P. 1051–1078.
30. Jorgensen R., Gates P., Roper V. (2014) Structural Exclusion through School Mathematics: Using Bourdieu to Understand Mathematics As a Social Practice // Educational Studies in Mathematics. Vol. 87. No 2. P. 221–239.

31. Ladd H. F. (2008) Teacher Effects: What Do We Know? // G. Duncan, J. Spillane (eds) Teacher Quality: Broadening the Debate. Evanston, IL: Northwestern University. P. 3–26.
32. Lavy V. (2016) What Makes an Effective Teacher? Quasi-Experimental Evidence // CESifo Economic Studies. Vol. 62. No 1. P. 88–125.
33. Liew J. (2012) Effortful Control, Executive Functions, and Education: Bringing Self-Regulatory and Social-Emotional Competencies to the Table // Child Development Perspectives. Vol. 6. No 2. P. 105–111.
34. Malik V. (2018) The Russian Panel Study 'Trajectories in Education and Careers' // Longitudinal and Life Course Studies. Vol. 10. No 1. P. 125–144.
35. Miri B., David B. C., Uri Z. (2007) Purposely Teaching for the Promotion of Higher-Order Thinking Skills: A Case of Critical Thinking // Research in Science Education. Vol. 37. No 4. P. 353–369.
36. Motes M. A., Gamino J. F., Bond Chapman S., Patel N. (2014) Inhibitory Control Gains from Higher-Order Cognitive Strategy Training // Brain and Cognition. Vol. 84. No 1. P. 44–62.
37. OECD (2013) PISA 2012. Assessment and Analytical Framework: Mathematics, Reading, Science, Problem Solving and Financial Literacy. https://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/PISA%202012%20framework%20e-book_final.pdf.
38. Paniagua A., Istance D. (2018) Teachers as Designers of Learning Environments, Educational Research and Innovation. Paris: OECD.
39. Pellegrino J. W., Hilton M. L. (eds) (2012) Education for Life and Work: Developing Transferable Knowledge and Skills in the 21st Century. Washington, DC: The National Academy.
40. Resnick L. B. (1987) Education and Learning to Think. Washington, DC: National Academy.
41. Rivkin S. G., Hanushek E. A., Kain J. F. (2005) Teachers, Schools, and Academic Achievement // Econometrica. Vol. 73. No 2. P. 417–458.
42. Rubin D. (1987) Multiple Imputation for Nonresponse in Surveys. New York: John Wiley & Sons Inc.
43. Schwerdt G., Wuppermann A. C. (2011) Is Traditional Teaching Really All that Bad? A Within-Student Between-Subject Approach // Economics of Education Review. Vol. 30. No 2. P. 365–379.
44. Wayne A. J., Youngs P. (2003) Teacher Characteristics and Student Achievement Gains: A Review // Review of Educational Research. Vol. 73. No 1. P. 89–122.
45. Zakharov A., Carnoy M., Loyalka P. (2014) Which Teaching Practices Improve Student Performance on High-Stakes Exams? Evidence from Russia // International Journal of Educational Development. No 36. P. 13–21.
46. Zohar A., Alboher Agmon V. (2018) Raising Test Scores vs Teaching Higher Order Thinking (HOT): Senior Science Teachers' Views on How Several Concurrent Policies Affect Classroom Practices // Research in Science and Technological Education. Vol. 36. No 2. P. 243–260.
47. Zohar A., Dori Y. J. (2003) Higher Order Thinking Skills and Low-Achieving Students: Are They Mutually Exclusive? // The Journal of the Learning Sciences. Vol. 12. No 2. P. 145–181.

Приложения

Приложение А. **Описательная статистика по переменным, включенным в анализ**

Переменные	Среднее	Стандартное отклонение
Стандартизированный балл TIMSS по математике	0,02	0,12
Стандартизированный балл PISA по математике	0,04	0,11
Размер населенного пункта: > 500 тыс. человек	0,31	0,46
Размер населенного пункта: 100–500 тыс. человек	0,22	0,41
Размер населенного пункта: 50–100 тыс. человек	0,08	0,27
Размер населенного пункта: 15–50 тыс. человек	0,17	0,38
Размер населенного пункта: 3–15 тыс. человек	0,14	0,35
Размер населенного пункта: < 3 тыс. человек	0,08	0,27
Образование учителя: математика	0,14	0,35
Образование учителя: учитель математики	0,67	0,47
Образование учителя: другое	0,19	0,39
Тип школы: лицей, гимназия	0,20	0,40
Размер класса	21,07	4,77
Доля девочек в классе	0,50	0,14
Доля учеников, у которых дома более 100 книг	0,33	0,19
Доля учеников, чьи матери имеют высшее образование	0,46	0,23
Углубленное изучение математики в классе	0,13	0,33
Категория учителя: высшая	0,41	0,49
Категория учителя: первая	0,43	0,50
Категория учителя: вторая или нет	0,16	0,37
У ученика дома более 100 книг	0,33	0,47
Пол = девочка	0,50	0,50
Мать ученика имеет высшее образование	0,46	0,50

Приложение Б. **Описательная статистика ответов учителей на вопрос № 19 из учительской анкеты**

Переменные	Среднее	Стандартное отклонение
Как часто на ваших уроках математики ученики слушают ваши объяснения, как выполнять задания по математике		
На некоторых уроках	0,08	0,27
Примерно на половине уроков	0,21	0,41
На каждом или почти каждом уроке	0,71	0,45
Как часто на ваших уроках математики ученики заучивают правила, методы решения и математические факты		
Никогда	0,02	0,13
На некоторых уроках	0,19	0,40
Примерно на половине уроков	0,43	0,50
На каждом или почти каждом уроке	0,36	0,48
Как часто на ваших уроках математики ученики выполняют математические задания всем классом под вашим руководством		
На некоторых уроках	0,16	0,37
Примерно на половине уроков	0,33	0,48
На каждом или почти каждом уроке	0,50	0,51
Как часто на ваших уроках математики ученики применяют факты, понятия и методы для решения стандартных задач		
На некоторых уроках	0,09	0,29
Примерно на половине уроков	0,16	0,37
На каждом или почти каждом уроке	0,75	0,44
Как часто на ваших уроках математики ученики выполняют математические задания (индивидуально или в группах) без вашего руководства		
Никогда	0,02	0,13
На некоторых уроках	0,49	0,50
Примерно на половине уроков	0,37	0,48
На каждом или почти каждом уроке	0,13	0,34
Как часто на ваших уроках математики ученики устанавливают связь знаний, полученных на уроках математики, с повседневной жизнью		
Никогда	0,01	0,11
На некоторых уроках	0,49	0,50
Примерно на половине уроков	0,36	0,48
На каждом или почти каждом уроке	0,13	0,34

Переменные	Среднее	Стандартное отклонение
Как часто на ваших уроках математики ученики разрабатывают самостоятельно методы решения сложных задач		
Никогда	0,17	0,37
На некоторых уроках	0,68	0,47
Примерно на половине уроков	0,13	0,34
На каждом или почти каждом уроке	0,02	0,16
Как часто на ваших уроках математики ученики решают нестандартные задачи, которые не имеют очевидного метода решения		
Никогда	0,19	0,39
На некоторых уроках	0,72	0,45
Примерно на половине уроков	0,09	0,29

Thinking Skills in Teaching Practices: Relationship with Students' Achievement in Mathematics

Authors

Galina Larina
PhD in Education, Research Fellow, Centre for Psychometrics and Measurement in Education, National Research University Higher School of Economics. E-mail: larina.gala@gmail.com

Anastasia Kapuza
Research Fellow, International Laboratory for Evaluation of Practices and Innovations in Education, National Research University Higher School of Economics. E-mail: akapuza@hse.ru

Address: 20 Myasnitskaya Str., 101000 Moscow, Russian Federation.

Abstract

The present-day knowledge society expects school education to ensure the development of higher-order thinking skills, such as novel problem solving. Experimental evidence shows that such skills can be developed in students by using classroom activities enhancing higher-order cognitive processes more often. However, the impact of such activities on knowledge acquisition in specific disciplines, mathematics in particular, remains unclear. Data obtained in the longitudinal study Trajectories in Education and Careers conducted on a TIMSS-PISA sample is used to evaluate the presence of teaching practices that promote higher- and lower-order thinking in the classroom and the correlations between those strategies, on the one hand, and teacher characteristics and mathematics achievement at the end of 9th grade, on the other hand. Teaching practices of both types were found to be related positively to student achievement in mathematics. Yet, higher-order thinking teaching practices have a stronger positive effect on mathematics achievement gains between 8th and 9th grades, whereas the effects of practices implying lower-order thinking lose their significance or become negative a year later. It is also shown that the use of a specific type of teaching practices is not related to teacher credentials or qualifications.

Keywords

higher-order thinking skills, secondary school, mathematics, teaching practices, PISA, TIMSS, structural equation modeling.

References

Anderson L. W., Krathwohl D. (eds) (2001) *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives.* New York: Longman.

Barr R. B., Tagg J. (1995) From Teaching to Learning—A New Paradigm For Undergraduate Education. *Change: The Magazine of Higher Learning*, vol. 27, no 6, pp. 12–26.

Baumert J., Kunter M., Blum W., Brunner M. (2010) Teachers' Mathematical Knowledge, Cognitive Activation in the Classroom, and Student Progress. *American Educational Research Journal*, vol. 47, no 1, pp. 133–180.

Bietenbeck J. (2014) Teaching Practices and Cognitive Skills. *Labour Economics*, vol. 30 (C), pp. 143–153.

Bloom B. S. (ed.) (1956) *Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals.* London: Longmans; Green.

Bodovski K., Chykina V., Khavenson T. (2019) Do Human and Cultural Capital Lenses Contribute to Our Understanding of Academic Success in Russia. *British Journal of Sociology of Education*, vol. 40, no 3, pp. 393–409.

Bolotov V., Sedova Y., Kovaleva G. (2012) Sostoyanie matematicheskogo obrazovaniya v RF: obshchee srednee obrazovanie (analiticheskiy obzor) [The Status of Mathematics Education in Russia: Middle School (Analytical Review)]. *Problems of Modern Education*, no 6, pp. 32–47.

Bull R., Lee K. (2014) Executive Functioning and Mathematics Achievement. *Child Development Perspectives*, vol. 8, no 1, pp. 36–41.

Carnoy M., Loyalka P., Khavenson T., Zakharov A., Schmidt W. (2016) Revisiting the Relationship Between International Assessment Outcomes and Educational Production: Evidence From a Longitudinal PISA-TIMSS Sample. *American Educational Research Journal*, vol. 53, no 4, pp. 1054–1085.

Caro D. H., Lenkeit J., Kyriakides L. (2016) Teaching Strategies and Differential Effectiveness across Learning Contexts: Evidence from PISA 2012. *Studies in Educational Evaluation*, vol. 49, September, pp. 30–41.

Chirkina T. (2018) Sotsialno-ekonomicheskoe polozhenie i vybor obrazovatelnoy traektorii uchashchimisya: teoreticheskie podkhody k izucheniyu vzaimosvyazi [Review of Theoretical Approaches to the Study of the Relationship between Students' Socioeconomic Status and Educational Choice]. *Ekonomicheskaya sotsiologiya/Journal of Economic Sociology*, vol. 19, no 3, pp. 109–125.

Clotfelter C. T., Ladd H. F., Vigdor J. L. (2007) Teacher Credentials and Student Achievement: Longitudinal Analysis with Student Fixed Effects. *Economics of Education Review*, vol. 26, no 6, pp. 673–682.

Cohen E. G. et al. (1997) What Did Students Learn? 1982–1994. *Working for Equity in Heterogeneous Classrooms: Sociological Theory in Practice* (eds E. G. Cohen, R. A. Lotan), New York: Teachers' College, pp. 137–165.

Cordero J. M., Gil-Izquierdo M. (2018) The Effect of Teaching Strategies on Student Achievement: An Analysis Using TALIS-PISA-link. *Journal of Policy Modeling*, vol. 40, no 6, pp. 1313–1331.

Dobryakova M., Yurchenko O., Novikova E. (2018) Navyki XXI v. v rossiyskoy shkole: vzglyad pedagogov i roditeley [21st Century Skills in the Russian School: Teacher and Parental Perspectives]. *Sovremennaya analitika obrazovaniya*, iss. 4 (21). Moscow: HSE.

Froumin I., Dobryakova M., Barannikov K., Remorenko I. (2018) Universalnye kompetentnosti i novaya gramotnost: chemu uchit segodnya dlya uspekha zavtra. Predvaritelnye vyvody mezhdunarodnogo doklada o tendentsiyakh transformatsii shkolnogo obrazovaniya [Universal Competencies and New Literacies: What to Teach Today to Succeed Tomorrow. Preliminary Findings of an International Report on Trends in the Transformation of School Education]. *Sovremennaya analitika obrazovaniya*, iss. 2 (19). Moscow: HSE.

Gamino J. F., Bond Chapman S., Hull E. L., Reid Lyon G. (2010) Effects of Higher-Order Cognitive Strategy Training on Gist-Reasoning and Fact-Learning in Adolescents. *Frontiers in Psychology*, vol. 1, December, pp. 1–16.

Griffin P., McGaw B., Care E. (eds) (2012) *Assessment and Teaching of 21st Century Skills*. London: Springer.

Hanushek E. A., Rivkin S. G. (2006) Teacher Quality. *Handbook of the Economics of Education* (eds E. A. Hanushek, F. Welch), Elsevier, vol. 2, pp. 1051–1078.

Jorgensen R., Gates P., Roper V. (2014) Structural Exclusion through School Mathematics: Using Bourdieu to Understand Mathematics As a Social Practice. *Educational Studies in Mathematics*, vol. 87, no 2, pp. 221–239.

Kapuza A., Kersha Y., Zakharov A., Khavenson T. (2017) Obrazovatelnye rezultaty i sotsialnoe neravenstvo v Rossii: dinamika i svyaz s obrazovatelnoy politikoy [Educational Attainment and Social Inequality in Russia: Dynamics

and Correlations with Education Policies]. *Voprosy obrazovaniya/Educational Studies Moscow*, no 4, pp. 10–35. doi:10.17323/1814-9545-2017-4-10-35.

Kapuza A., Tyumeneva Yu. (2016) Nadezhnost i struktura shkaly sotsialnoy zhelatelnosti TALIS: otsenka v ramkakh sovremennoy teorii testirovaniya [Reliability and Dimensionality of the TALIS Scale of Social Desirability: Evidence from the Item Response Theory]. *Monitoring obshchestvennogo mneniya: ekonomicheskie i sotsialnye peremeny*, vol. 6, no 136, pp. 14–29.

Khavenson T. (2016) Kachestvo otvetov shkolnikov na voprosy o sotsialno-ekonomicheskom polozhenii semyi [Quality of School Age Children Reports on Family's Socioeconomic Status]. *Sotsiologicheskiy zhurnal/Sociological Journal*, vol. 22, no 4, pp. 74–89.

Khavenson T., Chirkina T. (2019) Obrazovatelny vybor uchashchikhsya posle 9-go i 11-go klassov: sravnenie pervichnykh i vtorichnykh effektov sotsialno-ekonomicheskogo polozheniya semyi [Student Educational Choice after the 9th and 11th Grades: Comparing the Primary and Secondary Effects of Family Socioeconomic Status], *Zhurnal issledovaniy sotsialnoy politiki/Journal of Social Policy Studies*, vol. 17, no 4, pp. 539–554.

Kozlov V., Kondakov A. (eds) (2011) *Fundamentalnoe yadro soderzhaniya obshchego obrazovaniya* [The Fundamental Guidelines for Middle School Curriculum Development]. Moscow: Prosveshchenie.

Kuzmina Yu. (2016) Effekt "bolshoy lyagushki v malenkom prudu": vsegda li khorosho, esli rebenok obuchaetsya v silnom klasse? [Big-Frog-in-a-Small-Pond Effect: Is It Always Good for a Child to Study in a Strong Class?]. *Psikhologiya. Zhurnal Vysshey shkoly ekonomiki/Psychology. Journal of the Higher School of Economics*, vol. 13, no 4, pp. 712–740.

Ladd H. F. (2008) Teacher Effects: What Do We Know? *Teacher Quality: Broadening the Debate* (eds G. Duncan, J. Spillane), Evanston, IL: Northwestern University, pp. 3–26.

Larina G. (2016) Analiz prakticheskikh zadach po matematike: teoreticheskaya model i opyt primeneniya na urokakh [Analysis of Real-World Math Problems: Theoretical Model and Classroom Application]. *Voprosy obrazovaniya/Educational Studies Moscow*, no 3, pp. 151–168. doi:10.17323/1814-9545-2016-3-151-68.

Lavy V. (2016) What Makes an Effective Teacher? Quasi-Experimental Evidence. *CESifo Economic Studies*, vol. 62, no 1, pp. 88–125.

Liew J. (2012) Effortful Control, Executive Functions, and Education: Bringing Self-Regulatory and Social-Emotional Competencies to the Table. *Child Development Perspectives*, vol. 6, no 2, pp. 105–111.

Malik V. (2018) The Russian Panel Study 'Trajectories in Education and Careers'. *Longitudinal and Life Course Studies*, vol. 10, no 1, pp. 125–144.

Miri B., David B. C., Uri Z. (2007) Purposely Teaching for the Promotion of Higher-Order Thinking Skills: A Case of Critical Thinking. *Research in Science Education*, vol. 37, no 4, pp. 353–369.

Motes M. A., Gamino J. F., Bond Chapman S., Patel N. (2014) Inhibitory Control Gains from Higher-Order Cognitive Strategy Training. *Brain and Cognition*, vol. 84, no 1, pp. 44–62.

Obukhov A. (ed.) (2014) *Psikhologo-pedagogicheskoe vzaimodeystvie uchastnikov obrazovatelnogo protsessa: uchebnik i praktikum dlya akademicheskogo bakalavriata* [Psycho-Pedagogical Relationship Among Stakeholders in Education: Textbook and Tutorial for Bachelor's Degree Studies]. Moscow: Yurayt.

OECD (2013) *PISA 2012. Assessment and Analytical Framework: Mathematics, Reading, Science, Problem Solving and Financial Literacy*. Available at: https://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/PISA%202012%20framework%20e-book_final.pdf (accessed 31 January 2020).

Paniagua A., Istance D. (2018) *Teachers as Designers of Learning Environments, Educational Research and Innovation*. Paris: OECD.

Pellegrino J. W., Hilton M. L. (eds) (2012) *Education for Life and Work: Developing Transferable Knowledge and Skills in the 21st Century*. Washington, DC: The National Academy.

Resnick L. B. (1987) *Education and Learning to Think*. Washington, DC: National Academy.

Rubin D. (1987) *Multiple Imputation for Nonresponse in Surveys*. New York: John Wiley & Sons Inc.

Rivkin S. G., Hanushek E. A., Kain J. F. (2005) Teachers, Schools, and Academic Achievement. *Econometrica,* vol. 73, no 2, pp. 417–458.

Schwerdt G., Wuppermann A. C. (2011) Is Traditional Teaching Really All that Bad? A Within-Student Between-Subject Approach. *Economics of Education Review*, vol. 30, no 2, pp. 365–379.

Tyumeneva Y., Valdman A., Carnoy M. (2014) Chto dayut predmetnye znaniya dlya umeniya primenyat' ikh v novom kontekste. Pervye rezultaty sravnitelnogo analiza TIMSS-2011 i PISA-2012 [What Does Subject Knowledge Give for Its Applying in New Context. The First Results from Studies TIMSS-2011 and PISA-2012]. *Voprosy obrazovaniya/Educational Studies Moscow*, no 1, pp. 8–24.

Tyumeneva Y., Khavenson T. (2012) Kharakteristiki uchiteley i dostizheniya shkolnikov. Primenenie metoda firstdifference k dannym TIMSS-2007 [Teacher Characteristics and Student Performance at School. Applying the First Difference Method to TIMSS2007 Data]. *Voprosy obrazovaniya/Educational Studies Moscow*, no 3, pp. 113–140.

Wayne A. J., Youngs P. (2003) Teacher Characteristics and Student Achievement Gains: A Review. *Review of Educational Research*, vol. 73, no 1, pp. 89–122.

Zakharov A., Carnoy M., Loyalka P. (2014) Which Teaching Practices Improve Student Performance on High-Stakes Exams? Evidence from Russia. *International Journal of Educational Development*, no 36, pp. 13–21.

Zohar A., Alboher Agmon V. (2018) Raising Test Scores vs Teaching Higher Order Thinking (HOT): Senior Science Teachers' Views on How Several Concurrent Policies Affect Classroom Practices. *Research in Science and Technological Education*, vol. 36, no 2, pp. 243–260.

Zohar A., Dori Y. J. (2003) Higher Order Thinking Skills and Low-Achieving Students: Are They Mutually Exclusive? *The Journal of the Learning Sciences*, vol. 12, no 2, pp. 145–181.

.