



Check for updates

Статьи

УДК 159.9

EDN RLJXGA

<https://doi.org/10.33910/2687-0223-2024-6-3-183-191>

Подход к оценке эффективности усвоения материалов с помощью бикомпонентной модели на примере курса «Прикладная статистика»

Е. Г. Вергунов ^{✉1, 2}

¹ Научно-исследовательский институт нейронаук и медицины,
630117, Россия, г. Новосибирск, ул. Тимакова, д. 4

² Новосибирский государственный университет, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Пирогова, д. 2

Сведения об авторе

Евгений Геннадьевич Вергунов,
SPIN-код: 9940-3675,
Scopus AuthorID: 57191523873,
ResearcherID: N-7962-2014,
ORCID: 0000-0002-8352-5368,
e-mail: e.vergunov@g.nsu.ru

Для цитирования:

Вергунов, Е. Г. (2024) Подход к оценке эффективности усвоения материалов с помощью бикомпонентной модели на примере курса «Прикладная статистика». *Комплексные исследования детства*, т. 6, № 3, с. 183–191. <https://doi.org/10.33910/2687-0223-2024-6-3-183-191>
EDN RLJXGA

Получена 14 октября 2023; прошла рецензирование 22 октября 2023; принята 22 октября 2023.

Финансирование: Исследование не имело финансовой поддержки.

Права: © Е. Г. Вергунов (2024). Опубликовано Российским государственным педагогическим университетом им. А. И. Герцена. Открытый доступ на условиях лицензии CC BY-NC 4.0.

Аннотация. Субъективность процесса оценки работы учащихся активно обсуждается в литературе. Именно поэтому мечта любого педагога — студенты, которые осознают процесс собственного познания, а также инструмент, который позволяет проводить оценку таких способностей и описывать тревогу, которую студенты переживают в процессе обучения у данного педагога, или уверенность обучающихся в пройденном материале. Метакогнитивное осознание — это стремление человека самому контролировать свой процесс познания, осуществлять мониторинг и коррекцию этого процесса. Особое значение метапознание приобретает в условиях, когда педагог предлагает студентам получать знания из разных источников, представленных на разных носителях, что требует дополнительной распределенности познания, что особенно важно при прохождении курса «Прикладная статистика».

Предложен подход на основе построения современной обучаемой модели (например, бикомпонентной — 2B-PLS, Two-Block Partial Least Squares) по результатам Цветовых метафор для студентов, который помог бы преподавателю для группы:

- формировать целостную картину учебного процесса в целом с включением в нее материалов модуля как подмножества целевой функции;
- повышать мотивацию группы к изучению материалов модуля;
- оценивать степень уверенности в усвоении материала и свободного владения им;
- наглядного примера получения и математической обработки понятных студентам данных с использованием методов математической и психологической лингвистики, а также системного подхода к анализу таких результатов (для последующих занятий).

Анализ результатов метода Цветовых метафор с помощью построения бикомпонентной модели дал важные выводы для подачи материала в учебном модуле и организации учебного процесса в целом. Апробация предложенного подхода «Цветовые метафоры+бикомпонентная модель» показала высокую эффективность, его можно рекомендовать как дополнительный инструмент промежуточного контроля.

Ключевые слова: фундаментальная и прикладная лингвистика, бакалавриат, метакогнитивное осознание, бикомпонентная модель, метод цветовых метафор

Using 2B-PLS to assess the effectiveness of learning: The case of the Applied Statistics course

E. G. Vergunov ^{1,2}

¹ Scientific Research Institute of Neurosciences and Medicine, 4 Timakova Str., Novosibirsk 630117, Russia

² Novosibirsk State University, 2 Pirogova Str., Novosibirsk 630090, Russia

Author

Evgeny G. Vergunov,
SPIN: 9940-3675,
Scopus AuthorID: 57191523873,
ResearcherID: N-7962-2014,
ORCID: 0000-0002-8352-5368,
e-mail: e.vergunov@g.nsu.ru

For citation: Vergunov, E. G. (2024) Using 2B-PLS to assess the effectiveness of learning: The case of the Applied Statistics course. *Comprehensive Child Studies*, vol. 6, no. 3, pp. 183–191. <https://doi.org/10.33910/2687-0223-2024-6-3-183-191> EDN RLJXGA

Received 14 October 2023;
reviewed 22 October 2023;
accepted 22 October 2023.

Funding: The study did not receive any external funding.

Copyright: © E. G. Vergunov (2024).
Published by Herzen State
Pedagogical University of Russia.
Open access under [CC BY-NC
License 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Abstract. The subjectivity of the process of evaluating students' progress is actively discussed in the literature. That is why any teacher would love to have students who are aware of the process of their own cognition and to have a tool that makes it possible to evaluate students' abilities and describe the anxiety that students experience in the process of learning from this teacher, or the confidence of students in the material they have studied.

Metacognitive awareness is an individual's desire to control his or her own process of cognition, monitor this process and adjust it. Metacognition is particularly important when the teacher offers students to obtain knowledge from different sources presented in different media, which requires additional distribution of cognition and is especially important in the Applied Statistics course.

The paper puts forward an approach utilizing Two-Block Partial Least Squares (a trainable model) based on the results of Color Metaphors for students, which allows the teacher to:

- obtain a holistic picture of the educational process with the inclusion of the module materials as a subset of the objective function,
- increase the motivation of students, and
- assess the level of confidence in the assimilation of the material and free mastery of it.

An analysis of the results of the Color Metaphor method using 2B-PLS made it possible to make important conclusions for improving the presentation of the material in the educational module and for the organization of the educational process as a whole. The testing of the proposed Color Metaphors & 2B-PLS approach showed its high efficiency. The approach can be recommended as an additional tool for interim assessment.

Keywords: fundamental and applied linguistics, undergraduate programs, metacognitive awareness, 2B-PLS, color metaphor method

Субъективность процесса оценивания работы студентов и учеников многократно обсуждалась в литературе (Николаева и др. 2014). Именно поэтому мечта любого педагога — студенты, которые осознают процесс собственного познания (Metcalfе, Shimamura 1994; Westley 2008), а также инструмент, который позволяет проводить оценку таких способностей (Askerman 2019; Hacker et al. 2008) и описывать тревогу, которую студенты переживают в процессе обучения у данного педагога, или уверенность обучающихся в пройденном материале (Boldt et al. 2019; Zhao, Linderholm 2011).

Метакогнитивное осознание — это стремление человека самому контролировать свой процесс познания, осуществлять мониторинг и коррекцию этого процесса (Николаева 2012). Сам термин был введен в 1976 г. Дж. Флейвелом (Flavell 1976) для обозначения способности определять релевантность получаемых знаний и поставленных целей. Особое значение мета-

познание приобретает в условиях, когда педагог предлагает студентам получать знания из разных источников, представленных на разных носителях, что требует дополнительной распределенности познания (Морошкина и др. 2023), что особенно важно при прохождении курса «Фундаментальная и прикладная лингвистика».

Факторы, которые затрудняют реализацию метакогнитивных компетенций, лежат в нарушении эмоционально-волевой регуляции (Бызова и др. 2019; Иванников 2006), локусе контроля, связанного с желанием проецировать на свои неудачи внешние обстоятельства (Токарева 2020). Выработать метакогнитивные возможности у студентов можно с помощью нейробиологического подхода (Тишков 2020), использования системы саморегуляции в учебной деятельности (Перикова, Бызова 2021). Оценку метакогнитивных возможностей эффективнее проводить на основе проверочных

заданий с групповым анализом (Карпов, Карпов 2022; Фомин, Богомолова 2019).

Возникло предположение о том, что можно использовать подход на основе построения современной обучаемой модели, который помогал бы преподавателю для группы студентов второго курса (бакалавриат), проходящих модуль:

- формировать целостную картину учебного процесса в целом с включением в нее материалов модуля как подмножества целевой функции;
- повышать мотивацию группы к изучению материалов модуля;
- оценивать степень уверенности в усвоении материала и свободного владения им;
- наглядного примера получения и математической обработки понятных студентам данных с использованием методов математической и психологической лингвистики, а также системного подхода к анализу таких результатов (для последующих занятий).

Это и стало целью данной работы.

Материал и методы

Для студентов второго курса бакалавриата кафедры «Фундаментальная и прикладная лингвистика» Гуманитарного института Новосибирского национального исследовательского государственного университета, выбравших модуль «Прикладная статистика» (9 человек), был проведен промежуточный контроль с помощью Методики цветных метафор И. А. Соломина (Соломин 2008). По результатам была построена бикомпонентная модель (2B-PLS, Two-Block Projection to Latent Structure, Two-Block Partial Least Squares). Бикомпонентная модель на основе ковариационного анализа эффективно выделяет имплицитные (латентные, скрытые) механизмы, которые объясняют дисперсию эксплицитных (наблюдаемых, измеренных) параметров. При этом инструменты метода частичных наименьших квадратов свободны от набора ограничений метода наименьших квадратов (Rännar et al. 1994). Использование второго блока (второго компонента с вопросами к модели) позволяет обучать первый блок (сами данные) такому повороту исходных матриц, чтобы получить наиболее информативный ответ на поставленные к модели вопросы (второй блок) (Rohlf, Corti 2000). Отметим, что бикомпонентная модель, в отличие от нейронных сетей, сама определяет в терминах исходной онтологии (задаваемых вопросов) имплицитные механизмы полученных ответов. Данные воз-

можности бикомпонентных моделей широко используются в когнитивных исследованиях различного рода (Овчинникова, Вергунов 2023).

Первой частью Цветовых метафор стали 40 ключевых слов и выражений по тематике модуля (они вошли в блок вопросов). Второй частью Цветовых метафор стал цветовой выбор, который был сгруппирован по четырем топикам:

- перспективные задачи (цели & устремления, А),
- сиюминутные задачи (текущие задачи, В),
- что не относится к своим задачам (избыточная нагрузка, С),
- что не является понятным и вызывает беспокойство (источники тревоги, D).

Бикомпонентный анализ проводился с помощью программного пакета JACOBI 4 (Polunin et al. 2019).

Результаты и их обсуждение

В результате 2B-PLS анализа получились четыре латентные структуры (имплицитных побуждений студентов), три из которых достигли уровня статистической значимости (рис. 1). Структуры 1–2 описывают общие закономерности для группы (перегиб графика на структуре 2), что относится к задачам промежуточного контроля. Структура 3 описывает частную специфику, которая не входит в задачи данного промежуточного контроля. Таким образом, в 2B-PLS модель вошли структуры 1 и 2.

Изучаемые топика сформировали три отдельных направления (рис. 2), которые можно интерпретировать как

- цели и устремления (связано с ROI-2 синего цвета),
- текущие задачи (связано с ROI-3 голубого цвета),
- избыточная нагрузка, порождающая беспокойство (связано с ROI-1 зеленого цвета).

При этом «онтогенез» ROI-4 еще не завершен — эта ROI в дальнейшем может войти в ROI-1, ROI-3 или выделиться в отдельное направление как источник тревоги.

Все результаты обобщены на схеме (рис. 3).

Сначала рассмотрим ключевые слова и выражения, которые вызывают тревогу у студентов (через ощущение избыточности нагрузки).

В ROI-1 вошли 14 ключевых слов и выражений:

- **популяция (генеральная совокупность);**
- **график распределения, закон Гаусса — Лапласа;**
- **статистическая ошибка I рода α , уровень значимости $p < 0,05$;**
- **корреляция;**

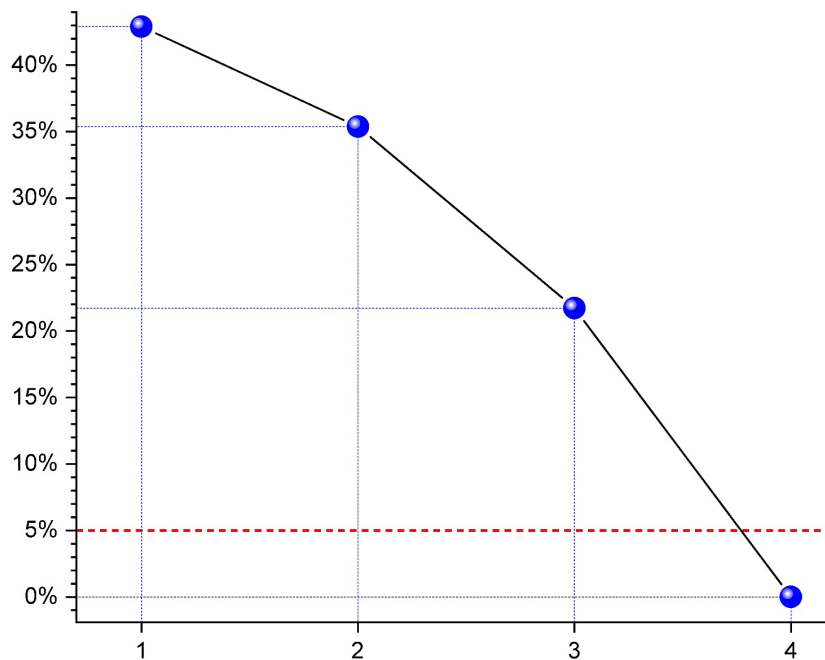


Рис. 1. График осыпи латентных структур (LS) для 2B-PLS модели. По горизонтали даны номера латентных структур, по вертикали — описываемая доля общей наблюдаемой дисперсии, горизонтальная пунктирная линия — порог статистической значимости $p = 0,05$

Fig. 1. Scree plot of latent structures of 2B-PLS. The latent structure numbers are given horizontally, the described proportion of the total observed variance is given vertically, the horizontal dotted line is the threshold of statistical significance $p = 0.05$

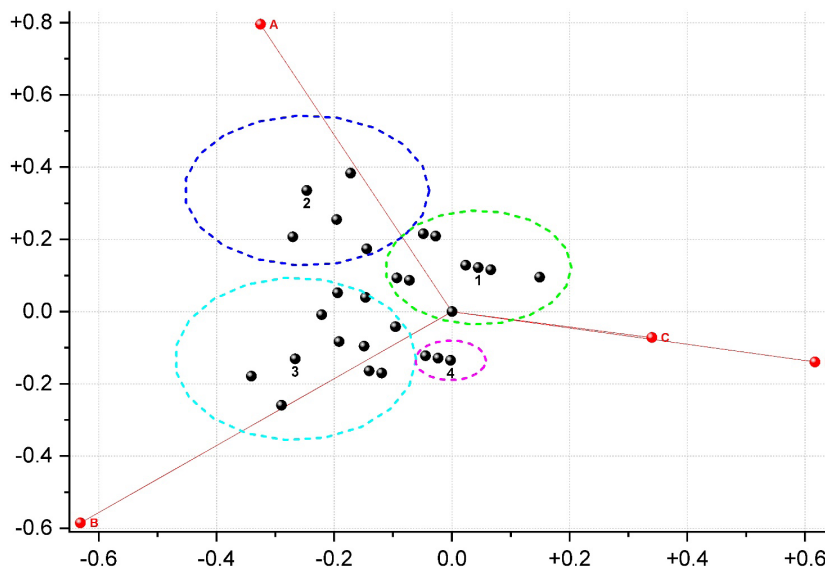


Рис. 2. Нагрузки для первых двух латентных структур (LS) в 2B-PLS модели. По горизонтальной и вертикальной осям отложены коэффициенты корреляции, шариками с буквами даны исследуемые топики (A — цели & устремления, B — текущие задачи, C — избыточная нагрузка, D — источники тревоги), шариками без букв показаны ключевые слова и выражения (положение некоторых совпадает друг с другом), окружностями из пунктирных линий с цифрами в центрах — выделенные ROI (непересекающиеся области интереса, Regions of Interest)

Fig. 2. Loads for the first two latent structures of 2B-PLS. Correlation coefficients are given along the horizontal and vertical axes, the balls with letters are the studied topics (A — goals & aspirations, B — current tasks, C — excessive load, D — sources of anxiety), the balls without letters show keywords and expressions (the positions of some coincide), circles of dotted lines with numbers in the centers — highlighted ROI (disjoint Regions of Interest)



Рис. 3. Обобщающая схема результатов

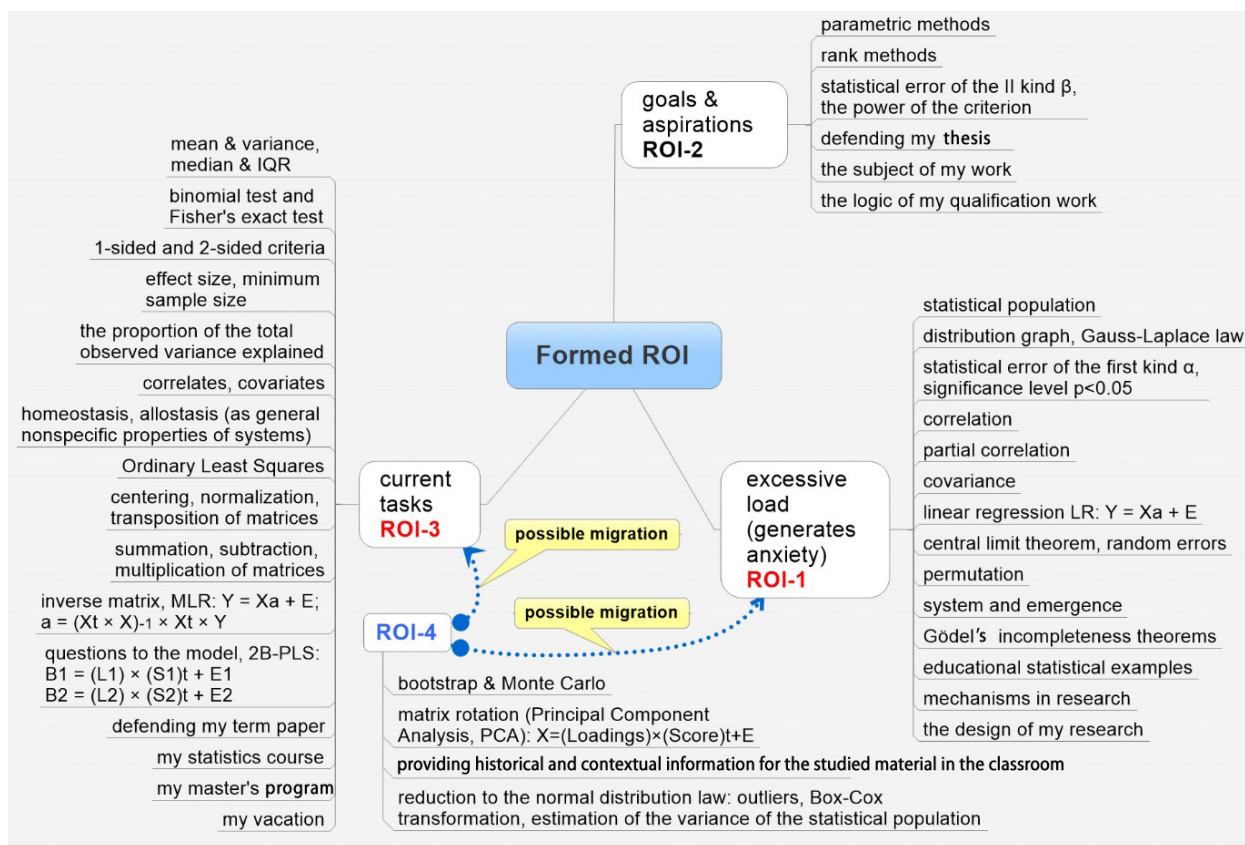


Fig. 3. General scheme of the results

- частная корреляция;
- ковариация;
- линейная регрессия LR: $Y = Xa + E$;
- центральная предельная теорема, случайные ошибки;
- пермутации (permutation);
- система и эмерджентность;
- теоремы Гёделя о неполноте;
- числовые примеры со статистикой;
- механизмы в исследованиях;
- дизайн моего исследования.

В ROI-1 вошли как хорошо известные темы (в том числе проработанные в предыдущих модулях), так и темы, которые студенты отработали, вероятно, недостаточно. В первом случае (например, статистическая ошибка I рода) можно предположить ощущение избыточности от повторения на занятиях, во втором случае (например, переход к генеральной совокупности с помощью метода пермутации) — недопонимание темы.

Можно предположить, что ключевое выражение «числовые примеры со статистикой» может вызывать тревогу в связи с тем, что как раз в период проведения промежуточного контроля студенты выполняли самостоятельное расчетное задание по ранговой статистике с последующим докладом перед аудиторией.

К этому можно добавить, что последующий разбор со студентами результатов данного промежуточного контроля выступит специфическим кейсом для понимания темы системного подхода к анализу данных: система и эмерджентность, механизмы в исследованиях, теоремы Гёделя и т. д.

Ключевое выражение «дизайн моего исследования» ожидаемо вызывает беспокойство у группы: на втором курсе студентов еще этому не учили.

Теперь рассмотрим ключевые слова и выражения, которые студенты связывают со своими целями. В ROI-2 вошли 6 ключевых слов и выражений:

- параметрическая статистика;
- ранговая статистика;
- статистическая ошибка II рода β , мощность критерия;
- защита моего диплома;
- тематика моей работы;
- логика моей квалификационной работы.

В целом можно заключить, что логика, тематика и защита ВКР ассоциируются в группе с изучением инструментов параметрической и ранговой статистики, а также с представлением о мощности статистического критерия (как основы для анализа размера выборки). На заняти-

ях этим вопросам уделяется достаточно внимания. Так что это один из главных результатов полуторамесячных занятий по модулю.

Представляют интерес ключевые слова и выражения, которые студенты связывают со своими текущими задачами. В ROI-3 вошли 16 ключевых слов и выражений:

- среднее и дисперсия, медиана и IQR;
- биномиальный тест и точный тест Фишера;
- 1-сторонний и 2-сторонний критерий;
- размер эффекта, минимальный размер выборки;
- доля объясненной наблюдаемой дисперсии;
- корреляты, ковариаты;
- гомеостаз, аллостаз (как общие неспецифические свойства систем);
- метод наименьших квадратов (Ordinary Least Squares);
- центрирование, нормирование, транспонирование матриц;
- суммирование, вычитание, перемножение матриц;
- обратная матрица, MLR: $Y = Xa + E$;
 $a = (X^T \times X)^{-1} \times X^T \times Y$
- вопросы к модели, 2B-PLS: $B_1 = (L_1) \times (S_1)^T + E_1$ и $B_2 = (L_2) \times (S_2)^T + E_2$
- защита моей курсовой работы;
- курс моей статистики;
- моя магистратура;
- мои каникулы.

Группа показала хороший комплект статистической тематики, который у студентов ассоциируется с текущим учебным процессом (например, применение при освоении данного модуля или в курсовой работе). Это также является важным результатом прохождения занятий по модулю. Более того, успешное освоение этой тематики студенты связывают с возможностью раньше уйти на каникулы. Интересно, что размышления студентов о продолжении обучения в магистратуре относятся не к перспективе (решение о магистратуре еще рано принимать), а к их текущей деятельности (например, по принципу: поживем — увидим). Таким образом, количество будущих магистрантов зависит от качества текущего учебного процесса.

В ROI-4 вошли 4 ключевых слова и выражения:

- приведение к нормальному закону распределения: выбраковка, преобразование Бокса — Кокса, оценка дисперсии генеральной совокупности;
- генерация данных (bootstrap) и Монте-Карло;

- поворот матрицы (Principal Component Analysis, PCA): $X = (\text{Loadings}) \times (\text{Score})^T + E$;
- исторические и контекстные экскурсы на занятиях.

Три первые темы были только обозначены на занятиях, это предмет предстоящего рассмотрения. Так что по отношению к этим вопросам студенты действительно еще не определились. Необходимость исторических и контекстных отступлений при изложении тем нуждается в обсуждении с группой.

Заключение

Таким образом, анализ результатов метода Цветовых метафор с помощью построения бикомпонентной модели дало важные выводы для изменения подачи материала в учебном модуле и для организации учебного процесса в целом.

Апробация для промежуточного контроля учебного процесса предложенного подхода «метод Цветовых метафор + бикомпонентная модель» показала высокую эффективность, и данный подход может быть рекомендован в качестве метода промежуточного контроля в дополнение к уже применяемым.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии потенциального или явного конфликта интересов.

Conflict of Interest

The author declares that there is no conflict of interest, either existing or potential.

Соответствие принципам этики

Исследование проведено без риска для здоровья людей с соблюдением всех принципов гуманности и этических норм и соблюдением Хельсинкской декларации с последующими дополнениями.

Ethics Approval

The study was conducted without any risks to human health, adhering to all principles of humanity and ethics, and observing the Declaration of Helsinki with subsequent additions.

Благодарности

Автор выражает благодарность всем студентам ФилПЛ НГУ, которые приняли участие в исследовании.

Acknowledgements

The author expresses gratitude to all students of the Department of Fundamental and Applied Linguistics of Novosibirsk State University who took part in the study.

Литература

- Бызова, В. М., Ловягина, А. Е., Перикова, Е. И. (2019) Метакогнитивный подход в диагностике трудностей психической саморегуляции студентов. *Российский психологический журнал*, т. 16, № 2, с. 25–42. <https://doi.org/10.21702/rpj.2019.2.2>
- Иванников, В. А. (2006) *Психологические механизмы волевой регуляции*. 3-е изд. СПб.: Питер, 208 с.
- Карпов, А. В., Карпов, А. А. (2022) *Структура метакогнитивной регуляции информационной деятельности*. Ярославль: Филгрань, 816 с.
- Морошкина, Н. В., Зверев, И. В., Нездоймышапко, Л. А., Тихонов, Р. В. (2023) Метакогнитивный мониторинг и контроль в ситуации распределенного познания. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Психология*, т. 13, № 3, с. 324–346. <https://elibrary.ru/item.asp?id=54504847>
- Николаева, Е. И. (2012) Метакогнитивная компетенция — в чем проблема? *Вестник практической психологии образования*, № 3 (32), с. 34–38. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39191815> (дата обращения 01.10.2023).
- Николаева, Е. И., Вергунов, Е. Г., Плотников, С. Г. (2014) Соотношение показателей общего и невербального интеллекта и креативности с оценками по предметам у учащихся четвертых классов. *Вестник практической психологии образования*, № 3 (40), с. 106–109. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38222571> (дата обращения 01.10.2023).
- Овчинникова, К. А., Вергунов, Е. Г. (2023) Применение психофизиологического инструментария для изучения понятия «механизм» в лингвистическом исследовании. *Комплексные исследования детства*, т. 5, № 1, с. 14–25. <https://doi.org/10.33910/2687-0223-2023-5-1-14-25>
- Перикова, Е. И., Бызова, В. М. (2021) Система психической саморегуляции учебной деятельности: метакогнитивный подход. *Сибирский психологический журнал*, № 79, с. 15–29. <https://doi.org/10.17223/17267080/79/2>

- Соломин, И. Л. (2008) *Экспресс-диагностика персонала*. СПб.: Речь, 280 с.
- Тишков, Д. С. (2020) Метакогнитивный анализ влияния нейробиологического подхода на академическую успеваемость студентов. *Азимут научных исследований: педагогика и психология*, т. 9, № 4 (33), с. 241–243. <https://doi.org/10.26140/anip-2020-0904-0053>
- Токарева, В. Б. (2020) Локус контроля как метакогнитивный процесс профессиональной деятельности субъекта. *Вестник Ярославского государственного университета им. П. Г. Демидова. Серия Гуманитарные науки*, № 1 (51), с. 134–138.
- Фомин, А. Е., Богомолова, Е. А. (2019) Влияние рассуждений о знании на метакогнитивный мониторинг решения проверочных заданий. *Экспериментальная психология*, т. 12, № 1, с. 126–138. <https://doi.org/10.17759/exppsy.2019120110>
- Ackerman, R. (2019) Heuristic cues for meta-reasoning judgments: Review and methodology. *Psihologijske teme*, vol. 28, no. 1, pp. 1–20. <https://doi.org/10.31820/pt.28.1.1>
- Boldt, A., Blundell, C., de Martino, B. (2019) Confidence modulates exploration and exploitation in value-based learning. *Neuroscience of Consciousness*, vol. 2019, no. 1, article niz004. <https://doi.org/10.1093/nc/niz004>
- Flavell, J. H. (1976) Metacognitive aspects of problem solving. In: L. B. Resnick (ed.). *The nature of intelligence*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Publ., pp. 231–235.
- Hacker, D. J., Bol, L., Keener, M. C. (2008) Metacognition in education: A focus on calibration. In: J. Dunlosky, R. A. Bjork (eds.). *Handbook of metamemory and memory*. New York: Psychology Press, pp. 429–455.
- Metcalfe, J., Shimamura, A. P. (eds.). (1994) *Metacognition: Knowing about knowing*. Cambridge: The MIT Press, 334 p. <https://doi.org/10.7551/mitpress/4561.001.0001>
- Polunin, D., Shtaijer, I., Efimov, V. (2019) JACOBI4 software for multivariate analysis of biological data. *bioRxiv*, article 803684. <https://doi.org/10.1101/803684>
- Rännar, S., Lindgren, F., Geladi, P., Wold, S. (1994) A PLS kernel algorithm for data sets with many variables and fewer objects. Part 1: Theory and algorithm. *Journal of Chemometrics*, vol. 8, no. 2, pp. 111–125. <https://doi.org/10.1002/cem.1180080204>
- Rohlf, F. J., Corti, M. (2000) Use of two-block partial least-squares to study covariation in shape. *Systematic Biology*, vol. 49, no. 4, pp. 740–753. <https://doi.org/10.1080/106351500750049806>
- Westley, D. N. (2008) Accuracy of student calibration on specific topics: Very good students vs. others. In: *Proceedings of the informing science & IT education conference (I²SITE)*. Abu Dhabi: Petroleum Institute Publ., pp. 119–123. [Online]. Available at: <https://doi.org/10.28945/3287> (accessed 01.10.2023).
- Zhao, Q., Linderholm, T. (2011) Anchoring effects on prospective and retrospective metacomprehension judgments as a function of peer performance information. *Metacognition and Learning*, vol. 6, no. 1, pp. 25–43. <https://doi.org/10.1007/s11409-010-9065-1>

References

- Ackerman, R. (2019) Heuristic cues for meta-reasoning judgments: Review and methodology. *Psihologijske teme*, vol. 28, no. 1, pp. 1–20. <https://doi.org/10.31820/pt.28.1.1> (In English)
- Boldt, A., Blundell, C., de Martino, B. (2019) Confidence modulates exploration and exploitation in value-based learning. *Neuroscience of Consciousness*, vol. 2019, no. 1, article niz004. <https://doi.org/10.1093/nc/niz004> (In English)
- Byzova, V. M., Lovyagina, A. E., Perikova, E. I. (2019) Metakognitivnyj podkhod v diagnostike trudnostej psikhicheskoy samoregulyatsii studentov [A metacognitive approach to diagnosing difficulties in students' mental self-regulation]. *Rossiiskij psikhologicheskij zhurnal — Russian Psychological Journal*, vol. 16, no. 2, pp. 25–42. <https://doi.org/10.21702/rpj.2019.2.2> (In Russian)
- Flavell, J. H. (1976) Metacognitive aspects of problem solving. In: L. B. Resnick (ed.). *The nature of intelligence*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Publ., pp. 231–235. (In English)
- Fomin, A. E., Bogomolova, E. A. (2019) Vliyanie rassuzhdenij o znanii na metakognitivnyj monitoring resheniya proverochnykh zadaniy [Influence of reasoning on knowledge on metacognitive monitoring of the solution of test tasks]. *Eksperimental'naya psikhologiya — Experimental Psychology (Russia)*, vol. 12, no. 1, pp. 126–138. <https://doi.org/10.17759/exppsy.2019120110> (In Russian)
- Hacker, D. J., Bol, L., Keener, M. C. (2008) Metacognition in education: A focus on calibration. In: J. Dunlosky, R. A. Bjork (eds.). *Handbook of metamemory and memory*. New York: Psychology Press, pp. 429–455. (In English)
- Ivannikov, V. A. (2006) *Psikhologicheskie mekhanizmy volevoj regulyatsii [Psychological mechanisms of volitional regulation]*. 3rd ed. Saint Petersburg: Piter Publ., 208 p. (In Russian)
- Karpov, A. V., Karpov, A. A. (2022) *Struktura metakognitivnoj regulyatsii informatsionnoj deyatel'nosti [The structure of metacognitive regulation of information activity]*. Yaroslavl: Filigran' Publ., 816 p. (In Russian)
- Metcalfe, J., Shimamura, A. P. (eds.). (1994) *Metacognition: Knowing about knowing*. Cambridge: The MIT Press, 334 p. <https://doi.org/10.7551/mitpress/4561.001.0001> (In English)
- Moroshkina, N. V., Zverev, I. V., Nezdoimyshapko, L. A., Tikhonov, R. V. (2023) Metakognitivnyj monitoring i kontrol' v situatsii raspredelenno go poznaniya [Metacognitive monitoring and control in distributed cognition].

- Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Psikhologiya — Vestnik of Saint Petersburg University. Psychology*, vol. 13, no. 3, pp. 324–346. <https://doi.org/10.21638/spbu16.2023.303> (In Russian)
- Nikolaeva, E. I. (2012) Metakognitivnaya kompetentsiya — v chem problema? [Metacognitive competence — what is the problem?]. *Vestnik prakticheskoy psikhologii obrazovaniya — Bulletin of Practical Psychology of Education*, no. 3 (32), pp. 34–38. [Online]. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39191815> (accessed 01.10.2023). (In Russian)
- Nikolaeva, E. I., Vergunov, E. G., Plotnikov, S. G. (2014) Sootnoshenie pokazatelej obshchego i neverbal'nogo intellekta i kreativnosti s otsenkami po predmetam u uchashchikhsya chetvertykh klassov [The ratio of indicators of general and non-verbal intelligence and creativity with grades in subjects in fourth grade students]. *Vestnik prakticheskoy psikhologii obrazovaniya — Bulletin of Practical Psychology of Education*, no. 3 (40), pp. 106–109. [Online]. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38222571> (accessed 01.10.2023). (In Russian)
- Ovchinnikova, K. A., Vergunov, E. G. (2023) Primenenie psihofiziologicheskogo instrumentariya dlya izucheniya ponyatiya «mekhanizm» v lingvisticheskom issledovanii. [The use of psychophysiological tools to study the concept of “mechanism” in linguistic research.]. *Kompleksnye issledovaniya detstva — Comprehensive Child Studies*, vol. 5, no. 1, pp. 14–25 <https://doi.org/10.33910/2687-0223-2022-5-1-5-12> (In Russian)
- Perikova, E. I., Bysova, V. M. (2021) Sistema psikhicheskoy samoregulyatsii uchebnoj deyatel'nosti: metakognitivnyj podkhod [Mental self-regulatory system of educational activities: Metacognitive approach]. *Sibirskij psikhologicheskij zhurnal — Siberian Journal of Psychology*, no. 79, pp. 15–29. <https://doi.org/10.17223/17267080/79/2> (In Russian)
- Polunin, D., Shtaiher, I., Efimov, V. (2019) JACOBI4 software for multivariate analysis of biological data. *bioRxiv*, article 803684. <https://doi.org/10.1101/803684> (In English)
- Rännar, S., Lindgren, F., Geladi, P., Wold, S. (1994) A PLS kernel algorithm for data sets with many variables and fewer objects. Part 1: Theory and algorithm. *Journal of Chemometrics*, vol. 8, no. 2, pp. 111–125. <https://doi.org/10.1002/cem.1180080204> (In English)
- Rohlf, F. J., Corti, M. (2000) Use of two-block partial least-squares to study covariation in shape. *Systematic Biology*, vol. 49, no. 4, pp. 740–753. <https://doi.org/10.1080/106351500750049806> (In English)
- Solomin, I. L. (2008) *Ekspress-diagnostika personala [Express diagnostics of personnel]*. Saint Petersburg: Rech' Publ., 280 p. (In Russian)
- Tishkov, D. S (2020) Metakognitivnyj analiz vliyaniya nevrobiologicheskogo podkhoda na akademicheskuyu uspevaemost' studentov [Metacognitive analysis of the impact of the neurobiological approach on students' academic performance]. *Azimuth nauchnykh issledovaniy: pedagogika i psikhologiya — Azimuth of Scientific Research: Pedagogy and Psychology*, vol. 9, no. 4 (33), pp. 241–243. <https://doi.org/10.26140/anip-2020-0904-0053> (In Russian)
- Tokareva, V. B. (2020) Lokus kontrolya kak metakognitivnyj protsess professional'noj deyatel'nosti sub'ekta [Locus of control as a metacognitive process subject's professional activities]. *Vestnik Yaroslavskogo gosudarstvennogo universiteta im. P. G. Demidova. Seriya Gumanitarnye nauki*, no. 1 (51), pp. 134–138. (In Russian)
- Westley, D. N. (2008) Accuracy of student calibration on specific topics: Very good students vs. others. In: *Proceedings of the informing science & IT education conference (I²SITE)*. Abu Dhabi: Petroleum Institute Publ., pp. 119–123. [Online]. Available at: <https://doi.org/10.28945/3287> (accessed 01.10.2023). (In English)
- Zhao, Q., Linderholm, T. (2011) Anchoring effects on prospective and retrospective metacomprehension judgments as a function of peer performance information. *Metacognition and Learning*, vol. 6, no. 1, pp. 25–43. <https://doi.org/10.1007/s11409-010-9065-1> (In English)