



УДК 004+378.14+37.03+159.91

Научная статья / **Research Full Article**DOI: [10.15293/2658-6762.2503.08](https://doi.org/10.15293/2658-6762.2503.08)Язык статьи: русский / **Article language: Russian**

Модель интеграции нейрокогнитивного ассистента в образовательный процесс вуза: структурно-содержательный анализ

В. И. Токтарова¹, Д. А. Семенова¹¹ Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, Россия

Проблема и цель. В статье представлены результаты исследования по проблеме персонализации образовательного процесса посредством нейрокогнитивных технологий в условиях цифровой трансформации высшего образования. Цель статьи – теоретически обосновать и представить структурно-содержательную модель интеграции нейрокогнитивного ассистента в образовательную среду вуза, определить компоненты и описать результаты оценки ее эффективности в процессе подготовки будущих педагогов.

Методология. Методологическую основу исследования составили системный, личностно-ориентированный, когнитивно-деятельностный и информационно-коммуникационный подходы. Использованы теоретические методы анализа и синтеза, эмпирические методы педагогического эксперимента, диагностические методики (Edinburgh Handedness Inventory, SOLAT) и методы математико-статистической обработки данных. Экспериментальная работа по оценке эффективности интеграции нейрокогнитивного ассистента в образовательный процесс проводилась в рамках дисциплины «Управление проектной деятельностью» на базе педагогического института Марийского государственного университета. В исследовании приняли участие 104 студента.

Результаты. Основные результаты заключаются в разработке и реализации структурно-содержательной модели, включающей функционально-целевой, содержательно-технологический и результативно-критериальный компоненты. В статье исследуются актуальные аспекты внедрения нейрокогнитивных технологий в педагогическую практику и выявляются механизмы их интеграции в образовательную среду.

Подчеркивается, что такие технологии способствуют более точному учету индивидуальных когнитивных особенностей студентов на основе диагностики функциональной асимметрии головного мозга, подбору оптимальных форм и методов подачи учебного материала и предоставлению персонализированных рекомендаций студентам. Выявлены и описаны особенности участников команды при реализации каждого проектного этапа в зависимости от их

Финансирование проекта: Исследование выполнено в рамках реализации Федеральной инновационной площадки Минобрнауки России по теме «Модель непрерывной подготовки педагогов в новой цифровой реальности» (2021–2025 гг.)

Библиографическая ссылка: Токтарова В. И., Семенова Д. А. Модель интеграции нейрокогнитивного ассистента в образовательный процесс вуза: структурно-содержательный анализ // Science for Education Today. – 2025. – Т. 15, № 3. – С. 159-179. DOI: <http://dx.doi.org/10.15293/2658-6762.2503.08>

✉ Автор для корреспонденции: Дина Алексеевна Семенова, dinaseменова@gmail.com

© В. И. Токтарова, Д. А. Семенова, 2025

функциональной асимметрии мозга. Экспериментальные данные подтвердили высокий уровень (коэффициент корреляции $R = 0,7$) эффективности использования нейрокогнитивного ассистента для персонализации учебного процесса, повышения академической успеваемости и развития проектной компетентности студентов.

Заключение. В заключении делаются выводы о том, что разработанная модель интеграции нейрокогнитивного ассистента имеет высокий потенциал для модернизации высшего образования при проектировании образовательных программ, создании рекомендаций для адаптации учебного контента под индивидуальные когнитивные особенности студентов, разработки цифровых систем персонализированного обучения нового поколения. Для более широкой интеграции данной технологии требуется дальнейшая разработка алгоритмов персонализации, устранение технических ограничений и подготовка преподавателей к их использованию.

Ключевые слова: нейрокогнитивный ассистент; персонализация обучения; когнитивные особенности студентов; функциональная асимметрия мозга; структурно-содержательная модель; цифровая образовательная среда; педагогический эксперимент.

Постановка проблемы

В условиях стремительного развития цифровых технологий образование сталкивается с новыми вызовами и задачами. Сегодня от выпускников вузов требуется не только наличие глубоких теоретических знаний, но и способность к критическому мышлению, креативности, адаптивности и готовность к постоянному саморазвитию. В этом контексте становится очевидной необходимость внедрения новых подходов, которые позволили бы персонализировать образовательный процесс, учитывая когнитивные особенности каждого студента.

Нейрокогнитивные технологии представляют собой совокупность методов и инструментов, направленных на изучение и использование когнитивных процессов в мозге человека для оптимизации различных аспектов его деятельности. В образовательной сфере эти технологии открывают новые возможности для создания адаптивных систем обучения, способных учитывать индивидуальные различия в восприятии, обработке и усвоении информации. Их применение позволяет не только повысить эффективность обучения,

но и сделать его более гибким и персонализированным, что особенно важно в условиях растущей гетерогенности студенческой аудитории.

Так, D. Ansari, B. De Smedt и R. Grabner [7] в своей работе считают нейрообразование новой областью, которая эффективно использует инструменты нейронауки. Доступность неинвазивных средств для визуализации человеческого мозга позволила исследователям изучить, как изменяется мозговая активность в ходе обучения математике, чтению и развитию памяти. На основе анализа данных авторы разработали и предложили междисциплинарные программы обучения, включающие двуплечное взаимодействие знаний нейронауки и педагогики, позволяющее обогатить познавательные процессы и вывести образование на новый уровень.

На необходимость знания и понимания современными педагогами нейрокогнитивных технологий и образовательной нейронауки указывают в своем исследовании M. Nachev, K. Daignault и G. Wilcox [10]. В связи с разнообразием академических потребностей обучающихся возрастает и значимость построения персонализированного процесса обучения с



учетом их нейрокогнитивного развития. Результаты исследования доказали повышение успеваемости обучающихся по различным предметам после изменения педагогами стиля обучения и применения новых стратегий и рекомендаций, основанных на нейрокогнитивных технологиях.

Исследования функционирования человеческого мозга с позиции нейрообразования нашли также свое отражение в работе J. Geake, P. Cooper “Cognitive Neuroscience: Implications for Education?” [8], где описаны основополагающие для образования аспекты когнитивного поведения: обучение, память, интеллект, эмоции. Авторы утверждают, что результаты исследований когнитивной нейронауки имеют важное значение для образовательной практики и предлагают педагогам использовать принципы нейрообразования в своей деятельности, разрабатывать образовательные программы с учетом нейрокогнитивных технологий и тем самым вносить значимый вклад в исследования нейронауки.

Тем не менее во многих исследованиях, таких как [7–9], подчеркивается, что между стремительно развивающейся нейронаукой и образованием существует значительный разрыв, что обусловлено рядом факторов. Во-первых, недостаток междисциплинарного сотрудничества между учеными в области нейронауки и профессионалами в сфере образования затрудняет перевод теоретических знаний в практические образовательные методы. Во-вторых, существует дефицит систематического обучения педагогов основам нейронауки, что ограничивает их способность

применять эти знания в образовательной практике. Кроме того, многие инновационные нейрокогнитивные технологии, разработанные в рамках нейронауки, еще не достигли зрелости и не прошли достаточную апробацию в реальных образовательных условиях. Это приводит к тому, что педагоги часто не располагают инструментами и методиками, которые помогли бы эффективно интегрировать нейронаучные открытия в образовательный процесс.

Одним из перспективных решений для преодоления разрыва между стремительно развивающейся нейронаукой и образованием является внедрение нейрокогнитивных ассистентов. Они предлагают новый уровень персонализации и адаптации учебного процесса, основанный на индивидуальных когнитивных и эмоциональных характеристиках каждого обучающегося.

Ученые L. F. Medeiros и M. Garcia¹ описали процесс создания и внедрения когнитивного ИИ-ассистента, предназначенного для студентов вузов. В основе его разработки лежит теория осмысленного вербального научения, предложенная Д. П. Аусубелем². Данная теория на основе оценки имеющихся знаний обучающегося позволяет создавать ментальные структуры, повышающие мотивацию и эффективность обучения. ИИ-ассистент был создан для углубленного изучения учебного материала и обеспечения высокого уровня взаимодействия между пользователями и интерфейсами.

В своей работе R. Sajja и соавторы [143] представили архитектуру интеллектуального

¹ Medeiros L. F., Garcia M. Principal Component Analysis on the Students' Perception of a Cognitive Assistant for Content Reinforcement in Higher Education // Cognitive Computing in Technology-Enhanced Learning Advances in Educational Technologies and Instructional Design. –

2019. – P. 63-87. DOI: <http://dx.doi.org/10.4018/978-1-5225-9031-6.ch004>

² Novak J. Ausubelian Theory of Learning // Encyclopedia of Science Education. – 2015. – P.104-111. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-94-007-2150-0_91

ассистента для персонализированного обучения в контексте высшего образования. Модель основана на передовых методах искусственного интеллекта и обработки естественного языка, направлена на оптимизацию когнитивной нагрузки обучающихся. Это достигается за счет создания условий, обеспечивающих сбалансированное воздействие на оперативную память, что является ключевым фактором для эффективного усвоения учебного материала. Ассистент обеспечивает упрощенный доступ к информации, помогает в оценке знаний и предоставляет индивидуальную поддержку обучающимся на основе их потребностей и стиля обучения.

И. В. Смирновым с соавторами [3] предложена концепция и архитектура когнитивного персонального ассистента – виртуального интеллектуального агента, помогающего решать различные задачи. Авторы описывают функционал использования ассистента в процессе онлайн-обучения: выбор образовательной траектории, адаптация программы обучения по выбранной пользователем теме в зависимости от его когнитивных особенностей, ответы на стандартные вопросы по курсу, организация прокторинга, автоматическая проверка выполненных заданий, предоставление рекомендаций педагогу во время подготовки или проведения занятия, мотивация обучающихся посредством генерации соответствующих его состоянию и психологическим особенностям реплик или вывод его на диалог. Для эффективной реализации функций ассистента требуется его способность к ведению полноценных диалогов, способствующих повышению качества взаимодействия с пользователем.

Современные исследования в области нейрообразования и нейроассистентов (D. Ansari, B. De Smedt, R. Grabner [7], J. Geake, P. Cooper [8], M. Hachem,

K. Daignault, G. Wilcox [10] и др.) демонстрируют высокую значимость нейрокогнитивного подхода к организации обучения. В частности, доказана эффективность образовательных программ, адаптированных к индивидуальным когнитивным и эмоциональным особенностям обучающихся. Однако анализ литературных источников показывает, что исследования преимущественно сосредоточены на обосновании возможности применения нейрокогнитивных технологий и описании их компонентов, тогда как проблема системной интеграции нейроассистентов в образовательный процесс вуза остается недостаточно проработанной.

Существующие решения демонстрируют перспективные модели ассистентов, но в большинстве случаев ограничены экспериментальными установками, локальными кейсами или не учитывают специфику вузовского образования как сложной социальной системы. Таким образом, наблюдается противоречие между объективной потребностью в персонализации обучения с опорой на нейрокогнитивные технологии и отсутствием концептуально выстроенной модели интеграции нейрокогнитивного ассистента в образовательный процесс вуза, обеспечивающей его структурную и содержательную согласованность с индивидуальными особенностями студентов и образовательными целями.

На основании выявленного противоречия определена цель исследования, которая заключается в теоретическом обосновании, разработке и оценке эффективности структурно-содержательной модели интеграции нейрокогнитивного ассистента в образовательную среду высшей школы, выявлении ключевых функциональных компонентов, обеспечивающих согласованность с индивидуальными когнитивными особенностями студентов.

Методология исследования

Для достижения поставленной цели использовался комплексный методологический подход, включающий теоретические, эмпирические и математические методы.

Построение модели осуществлялось на основе совокупности взаимодополняющих методологических подходов: системного подхода, обеспечивающего целостность анализа и проектирования структуры модели; лично ориентированного подхода, направленного на адаптацию образовательного процесса к индивидуальным особенностям обучающегося; когнитивно-деятельностного подхода, раскрывающего механизмы усвоения знаний и формирования умений в контексте нейрокогнитивных закономерностей; информационно-коммуникационного подхода, отражающего специфику использования нейрокогнитивных ассистентов в цифровой образовательной среде.

В рамках исследования была проведена экспериментальная работа, направленная на изучение эффективности использования нейрокогнитивного ассистента в образовательном процессе. Эксперимент проходил в течение текущего учебного года в рамках дисциплины «Управление проектной деятельностью» на базе педагогического института ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет». Участниками эксперимента стали студенты педагогического института. Выборочная совокупность составила 104 респондента.

Основным инструментом исследования выступил нейрокогнитивный ассистент, разработанный для персонализации учебного процесса на основе анализа когнитивных особенностей обучающихся. Ассистент включал

модули диагностики функциональной асимметрии мозга обучающихся (на основе Эдинбургского теста – Edinburgh Handedness Inventory и теста SOLAT – Your Style of Learning and Thinking), формирования учебного контента, обработки данных и создания персонализированных рекомендаций.

Результаты исследования

Обучение – это сложная и многогранная совокупность когнитивных, эмоциональных и поведенческих характеристик, определяющая способы восприятия, обработки, интерпретации и применения информации в процессе обучения. Эти особенности развиваются под воздействием биологических, психологических и социальных факторов, включая работу полушария головного мозга, нейропсихологическую организацию личности, а также жизненный опыт и образовательную среду.

В рамках Национальной технологической инициативы (НТИ) реализуется рынок Нейронет³, который охватывает широкий спектр инновационных решений, включая нейрокогнитивные технологии. В качестве ключевых сегментов рынка среди прочего являются нейроассистенты и нейрообразование, открывающие новые горизонты в обучении и создающие условия для подготовки квалифицированных специалистов цифровой экономики.

Нейроассистенты – это программные и аппаратные системы, которые используют передовые технологии искусственного интеллекта и нейрокогнитивных технологий для поддержки и улучшения когнитивных функций человека. Они интегрируют данные о мозговой активности, когнитивных процессах и поведенческих реакциях человека для предо-

³ Нейронет // Национальная технологическая инициатива. URL: <https://nti2035.ru/markets/mneuronet>



ставления ему персонализированных рекомендаций при решении различных задач или реализации деятельности. К основным возможностям нейрокогнитивных ассистентов в образовательной сфере относятся:

- персонализация процесса обучения на основе анализа когнитивных стилей и стратегий обучения каждого обучающегося;

- адаптация содержания курсов и учебных материалов под индивидуальные когнитивные и эмоциональные характеристики студентов;

- мониторинг когнитивной нагрузки обучающихся и активности мозга, уровня концентрации, эмоционального состояния, стресса и других характеристик для адаптации процесса обучения в реальном времени;

- поддержка мотивации и вовлеченности обучающихся посредством использования нейроассистентом игровых механик и адаптивного подхода при взаимодействии;

- автоматизация рутинных задач, позволяющая оптимизировать проверку домашних заданий, тестов и эссе, тем самым снижая нагрузку на преподавателей;

- обработка и интерпретация собранных данных, выявление паттернов и предложение рекомендаций по улучшению учебного процесса;

- предоставление мгновенной обратной связи на основе анализа поведения и ответов студентов, помощь в выявлении сильных и слабых сторон и предложение путей их улучшения и др.

При проектировании модели интеграции нейрокогнитивного ассистента в образовательный процесс вуза использовался принцип системного единства, согласно которому суть любой педагогической системы, независимо от ее уровня, определяется наличием взаимосвязанных и взаимозависимых компонентов, что обеспечивает ее функционирование. Ключевыми элементами такой системы являются совокупность функционально-целевого, содержательно-технологического и результативно-критериального компонентов.

Функционально-целевой компонент модели формируется под воздействием внешней среды и фокусируется на ключевых функциях, определяя приоритетные направления развития нейрокогнитивных наук, обусловленные социальным запросом и процессами модернизации российского образования.

Данная модель направлена на удовлетворение актуальных потребностей образовательной системы в условиях цифровизации с учетом разнообразных когнитивных особенностей обучающихся. Отметим, мозг человека характеризуется функциональной асимметрией, при которой каждое полушарие выполняет особые задачи. Эта асимметрия формирует основы когнитивных стилей^{4 5 6}[1; 13]. Функциональная асимметрия мозга тесно связана с нейрокогнитивными процессами, такими как память, внимание, восприятие, мышление и эмоциональная регуляция. Исследования показывают, что особенности полушар-

⁴ Брагина Н. Н., Доброхотова Т. А. Функциональные асимметрии человека. – М.: Издательство "Медицина" (Москва), 1988. – 240 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21177680>

⁵ Бурдаков Д. С. Саморегуляция лиц с различными типами функциональной асимметрии мозга и психиче-

ская напряженность // Экспериментальная психология. – 2010. – Т. 3, № 3. – С. 123–134. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15280716>

⁶ Михайлов И. В., Ткаченко П. В. Значение функциональной асимметрии при обучении сложным целенаправленным бимануальным движениям // Современные наукоемкие технологии. – 2009. – № 9. – С. 59–62. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=12910264>



ной специализации определяют характер обработки информации, индивидуальный когнитивный стиль и предрасположенность к видам деятельности [2; 11; 13; 15].

Для оценки моторных и сенсорных предпочтений наиболее часто используемым методом являются психофизиологические тесты. При проектировании нейрокогнитивного ассистента для функционального модуля диагностики нами в исследовании были использованы два теста: Эдинбургский тест (Edinburgh Handedness Inventory)^{7 8} для определения доминирующей руки при выполнении различных повседневных действий и тест SOLAT (Your Style of Learning and Thinking) [12; 16], предназначенный для определения доминирующего стиля мышления и обучения у человека, основываясь на различиях между полушариями головного мозга.

На основе проведенной диагностики была сформирована база данных с когнитивными профилями студентов, которая стала основой для дальнейшей персонализации образовательного процесса, позволяющая:

- определить стратегии обучения, адаптированные к когнитивным возможностям;
- создать рекомендации для преподавателей и студентов;
- подготовить основу для нейрокогнитивного ассистента с целью динамического сопровождения обучающегося.

Основа модели – *содержательно-технологический компонент*, обеспечивающий инте-

грацию содержания дисциплины, а также реализацию функциональных связей между составляющими модели.

Содержательная часть определяется предметным контентом в рамках дисциплины «Управление проектной деятельностью», которая рассматривает методы и подходы к планированию, организации, выполнению и контролю проектов с целью достижения заданных результатов в установленные сроки и с соблюдением ограничений. Модуль учебного контента ассистента включал в себя материалы и ресурсы, используемые в процессе обучения по видам:

- теоретический контент: видео, аудио, интерактивные презентации и анимации для повышения эффективности усвоения знаний;
- практический контент: проектные задания, интерактивные упражнения, которые позволяют студентам активно участвовать в учебном процессе и получать обратную связь в режиме реального времени;
- оценочный контент: тесты, упражнения, задания для анализа и оценки знаний, умений и навыков.

Наблюдение за поведением участников проектной деятельности, анализ реальных действий участников на разных этапах работы над проектом (постановка целей, планирование, координация и т. д.), фиксирование характерных стратегий принятия решений, предпочитаемых форматов работы – все это позволило выделить следующие особенности участников команды в зависимости от их функциональной асимметрии мозга (табл.).

⁷ Дмитриев Д. А., Анисимова Н. В. Сравнительный анализ оценки функциональной асимметрии головного мозга с помощью эдинбургского теста и тестов на моторную и сенсорную асимметрию // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. – 2015. – № 3. – С. 8–16.
URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24309761>

⁸ Oldfield R. C. The Assessment and Analysis of Handedness: the Edinburgh Inventory // Neuropsychologia. – 1971. – Vol. 9 (1). – P. 97–113.
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0028-3932\(71\)90067-4](http://dx.doi.org/10.1016/0028-3932(71)90067-4)

Таблица

**Особенности участников команды при реализации проектной деятельности
в зависимости от их функциональной асимметрии мозга**

Table

**Characteristics of team members during the implementation of project activities
depending on their functional brain asymmetry**

Этап	Левополушарные участники	Правополушарные участники	Смешанный стиль
Постановка целей и задач проекта	Анализируют данные и формулируют точные, измеряемые цели, опираются на логические аргументы и последовательность действий	Видят проект в рамках его более продолжительной миссии и долгосрочных последствий, генерируют креативные идеи и применяют нестандартные подходы к достижению целей	Способствуют осуществлению объединения стратегического и тактического планирования
План разработки, оценка ресурсов и сроков	Тщательно рассчитывают временные рамки и ресурсы, используют созданные диаграммы и математические модели	Работают визуальными и интуитивными методами, эффективно адаптируют планы к изменениям	Сочетают аналитическую строгость с гибкостью к новым обстоятельствам
Организация и координация работы команды	Четко структурируют процессы и восстанавливают роли, следят за выполнением задач в установленные сроки	Создают эмоциональную комфортную атмосферу, способствуют творческому взаимодействию и нахождению решений	Обеспечивают баланс между структурностью и креативностью в управлении командой
Анализ рисков и управление изменениями	Системно контролируют риски и разрабатывают стратегии их минимизации	Быстро реагируют на изменения и находят нестандартные решения	Сочетают конкурентность и адаптивность
Контроль, завершение проекта и оценка результатов	Проводят анализ выполнения задач и соответствия плану	Оценивают проект благодаря успеху общего результата и эмоциональному удовлетворению команды	Обеспечивают всестороннюю оценку, объединяя качественные и количественные подходы

Технологическая составляющая модели реализуется формированием на основе результатов диагностических тестов и предоставлением персонализированных рекомендаций для корректировки образовательного процесса, направленных на подбор и оптимизацию методов обучения и адаптацию учебных программ с учетом индивидуальных особенностей студентов.

Так, рекомендации для организации образовательного процесса для студентов с левополушарной асимметрией выглядят следующим образом:

– структурированное обучение – использование четких схем и классификаций, структурированных данных для представления информации [4];

– индуктивные методы – применение индуктивного подхода к обучению, начиная с конкретных примеров и переходя к общим выводам;

– письменные задания – увеличение объема письменных работ, таких как эссе или отчеты, что позволит левополушарным студентам проявить свои сильные стороны в организации и формулировании мыслей;



– обратная связь – обеспечение регулярной обратной связи по выполненным заданиям, чтобы студенты могли самостоятельно анализировать свои ошибки и находить пути их исправления⁹ [2].

Рекомендации для организации образовательного процесса для студентов с правополушарной асимметрией заключаются в следующем:

– образный подход – использование визуальных материалов, таких как схемы, графики и изображения, чтобы помочь правополушарным студентам лучше воспринимать информацию;

– творческие задания – включение в учебный процесс заданий, требующих креативности и нестандартного мышления, таких как проектные работы или групповые обсуждения на открытые темы;

– эмоциональная мотивация – применение элементов геймификации и положительного подкрепления в обучении для повышения мотивации¹⁰;

– разнообразие методов обучения – включение различных форм обучения (аудиовизуальных, кинетических) для обеспечения многосенсорного восприятия материала¹¹ [2].

Создание таких рекомендаций на основе данных, полученных из диагностического модуля нейрокогнитивного ассистента, обеспечивает гибкость обучения, способствует более

глубокому пониманию материала и помогает каждому студенту достигать свои образовательные цели, учитывая их когнитивные предпочтения и особенности.

Результативно-критериальный компонент модели интеграции нейрокогнитивного ассистента в образовательный процесс вуза направлен на реализацию функций диагностического, корректирующего и рефлексивного характера.

В рамках текущего учебного года было проведено экспериментальное обучение с целью изучения эффективности использования нейрокогнитивного ассистента в образовательной деятельности в рамках дисциплины «Управление проектной деятельности». В качестве целевого назначения рассматривался уровень сформированности проектной компетентности студентов. Обучающиеся, используя нейрокогнитивного ассистента, проходили диагностику, по результатам которой проводилась оценка функциональной асимметрии головного мозга. В зависимости от доминирующего полушария они получали учебный материал и рекомендации, которые помогали им эффективно организовать обучение с учетом индивидуальных особенностей. Преподаватель, в свою очередь, также мог просмотреть информацию о доминирующем полушарии студента в его профиле и краткие рекомендации о выстраивании процесса обучения (рис. 1).

⁹ Михайлов И. В., Ткаченко П. В. Значение функциональной асимметрии при обучении сложным целенаправленным бимануальным движениям // Современные наукоемкие технологии. – 2009. – № 9. – С. 59–62. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=12910264>

¹⁰ Антропова Л. К., Андронникова О. О., Куликов В. Ю., Козлова Л. А. Функциональная асимметрия мозга и индивидуальные психофизиологические

особенности человека // Медицина и образование в Сибири. – 2011. – № 3. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17739244>

¹¹ Михайлов И. В., Ткаченко П. В. Значение функциональной асимметрии при обучении сложным целенаправленным бимануальным движениям // Современные наукоемкие технологии. – 2009. – № 9. – С. 59–62. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=12910264>



Рис. 1. Фрагменты функционального содержания нейрокогнитивного ассистента

Fig. 1. Fragments of the functional content of the neurocognitive assistant

В зависимости от результатов диагностики изменялась и подача информации для обучающихся с учетом особенностей восприятия и обработки информации студентами с разной функциональной асимметрией мозга.

К примеру, для обучающихся с доминированием левополушарного мышления характерна высокая эффективность работы с текстовыми материалами, схемами и таблицами, поэтому образовательные ресурсы для данной категории студентов были логично выстроены и структурированы. Важное значение имели

алгоритмический подход и поэтапные инструкции, обеспечивающие последовательное усвоение информации и снижение когнитивной нагрузки. Применение аналитических методов, таких как расчет критического пути, способствовали развитию стратегического планирования и системного анализа. Оценка знаний и умений обучающихся строилась на основе точности выполнения заданий, соблюдения установленных сроков и соответствия предъявляемым инструкциям.

Обучающиеся с доминированием правополушарного мышления демонстрировали наибольшую эффективность при использовании визуальных образовательных материалов, таких как инфографика, диаграммы и карты знаний. Оптимальным способом передачи информации для данной категории студентов являлся сторителлинг, а также анализ примеров из реальных проектов. В процессе обучения особое место занимали творческие задания, включая разработку оригинального дизайна проектов, а также участие в групповых обсуждениях и мозговых штурмах, позволяющих генерировать нестандартные идеи и решения. Оценка успешности выполнения заданий в данном случае основывалась на оригинальности и инновационности предложенных решений, а также на способности обучающегося воспринимать ситуацию в целом, анализируя взаимосвязь ее различных аспектов.

Для студентов со смешанным стилем восприятия информации наиболее эффективным оказалось применение комбинированного метода, сочетающего текстовые и визуальные материалы. Оптимальный формат подачи информации предполагал баланс между детализированными инструкциями, необходимыми для пошагового освоения материала, и представлением общей концепции, позволяющей формировать целостное понимание проекта. Оценка успеваемости таких обучающихся базировалась как на качестве выполнения конкретных заданий, так и на способности интегрировать различные подходы к решению проблемы, демонстрируя как аналитическое, так и креативное мышление.

В рамках эмпирического исследования было проведено анкетирование респондентов с целью их восприятия возможностей использования нейрокогнитивного ассистента. Анкета включала в себя вопросы, направленные

на выявление удобства использования ассистента, полезности предоставляемых рекомендаций, влияния на учебный процесс, а также возможных трудностей при его применении.

Так, применение нейрокогнитивного ассистента в образовательном процессе оказалось востребованным среди студентов и продемонстрировало ряд значительных преимуществ (рис. 2). Наибольшее число студентов (90,38 %) подчеркнули важность упрощения доступа к учебным материалам и персонализированным ресурсам, который обеспечивается благодаря использованию ассистента, тем самым оптимизируя процесс обучения и снижая временные затраты на поиск необходимых данных. 85,58 % респондентов сочли полезным получение персонализированных рекомендаций, учитывающих их когнитивные особенности, что позволило эффективнее организовать процесс усвоения учебного материала, ориентируясь на те методы и форматы подачи информации, которые соответствуют их способу восприятия и обработки данных. Еще одним важным аспектом стало развитие навыков самообразования и самостоятельной работы – 76,92 % респондентов отметили, что использование нейрокогнитивного ассистента способствовало повышению их самостоятельности в изучении дисциплины. Повышение учебной мотивации и вовлеченности в образовательный процесс было отмечено 67,31 % участниками исследования. Улучшение организации учебной деятельности и планирования стало значимым фактором для 62,50 % студентов. Возможность заранее структурировать процесс обучения, учитывать индивидуальные когнитивные особенности и оптимизировать способы работы с материалом позволила многим респондентам более рационально распоряжаться своим временем и ресурсами.



Рис. 2. Результаты анкетирования по вопросу о преимуществах интеграции нейрокогнитивного ассистента в образовательный процесс

Fig. 2. Results of the survey on the benefits of integrating a neurocognitive assistant into the educational process

Несмотря на выявленные преимущества использования нейрокогнитивного ассистента в образовательном процессе, студенты также отметили ряд трудностей, с которыми им пришлось столкнуться. Наиболее распространенной проблемой стала необходимость адаптации к новому формату обучения – 43,27 % респондентов указали, что им потребовалось время, чтобы привыкнуть к работе с ассистентом и понять, как наиболее эффективно использовать его рекомендации. Технические проблемы, связанные с работой ассистента, затронули 15,38 % студентов, в их числе необходимость постоянного доступа к интернету. Еще одним важным барьером, на который указали 18,27 % респондентов, стала ограниченность ассистента в учете всех индивидуальных особенностей студентов.

Для оценки динамики уровня сформированности проектной компетентности студентов, обучающихся по направлению подготовки «Педагогическое образование», были

определены экспериментальная и контрольная группы. Количественное распределение результатов студентов экспериментальной группы (ЭГ, 52 студ.) на констатирующем этапе эксперимента было представлено следующим образом: низкий уровень проектной компетентности выявлен у 36,54 % обучающихся, средний – у 46,15 % и высокий – у 17,31 %; студентов контрольной группы (КГ, 52 студ.): низкий – у 34,62 %, средний – у 53,85 % и высокий – у 11,53 %. Средняя оценка выполнения входного контрольного среза составила 3,82.

Формирующий этап эксперимента включал организацию учебного процесса для студентов экспериментальной группы с применением нейрокогнитивного ассистента. Объем дисциплины «Управление проектной деятельностью» составлял 3 зачетные единицы (108 часов), включал в себя 5 учебных модулей.

На контрольном этапе педагогического эксперимента проводилась статистическая обработка экспериментальных данных. Оценка результатов контрольного этапа, направлен-

ная на определение показателей уровня проектной компетентности Z_{ijk} , проводилась на основе выборок, сформированных по результатам итогового контроля каждого студента по j -ой теме k -ой модуля по формуле:

$$z_{ijk} = \frac{X_{ijk} - \bar{X}_{jk}}{\sigma_{jk}}, \text{ где } \bar{X}_{jk} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_{ijk} \text{ и } \sigma_{jk} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_{ijk} - \bar{X}_{jk})^2,$$

где X_{ijk} – количество баллов, полученных i -м студентом при выполнении итогового контроля по j -й теме k -му модулю; n – количество студентов, $\bar{X}_{jk}$ – среднее выборочное значение случайной величины, σ_{jk} – выборочное среднее квадратическое отклонение.

Были проанализированы результаты контрольной и экспериментальной групп на основе выполнения контрольных работ, проектных и кейс-заданий. Средняя оценка по результатам итогового контроля составила 4,61. Полученные данные показали положительную динамику уровня проектной компетентности в обеих группах, при этом в экспериментальной группе эта динамика более выражена (рис. 3).

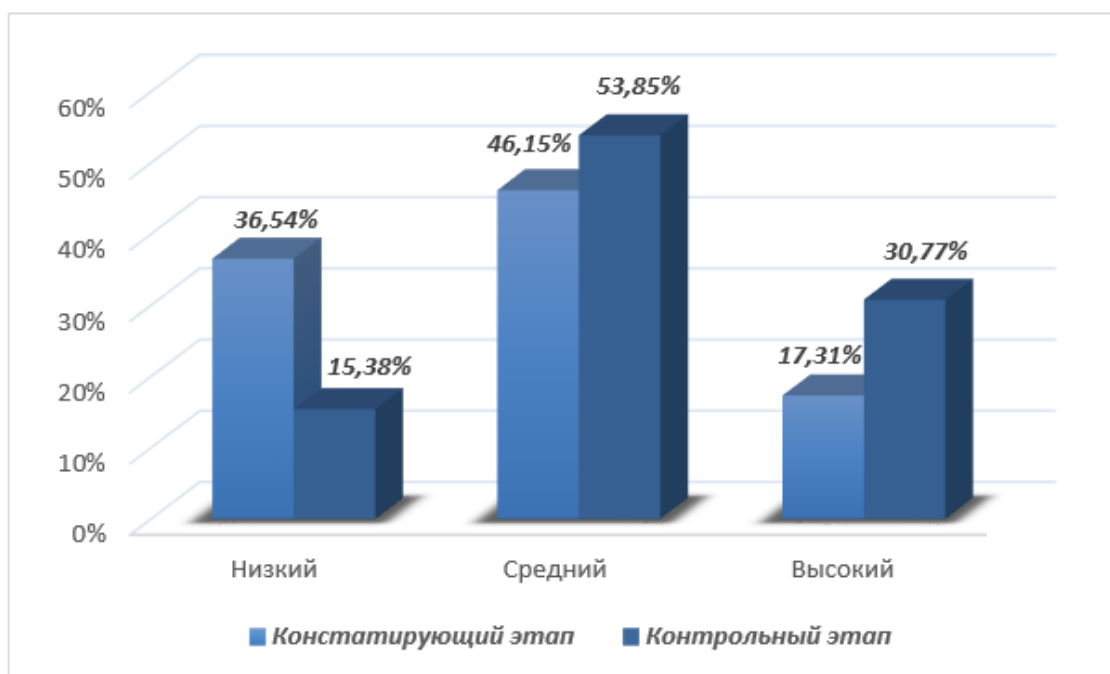


Рис. 3. Динамика уровня проектной компетентности студентов ЭГ на констатирующем и контрольном этапах эксперимента

Fig. 3. Dynamics of the level of project competence of students of the EG at the ascertaining and control stages of the experiment

Коэффициент корреляции между входными и выходными результатами, определяемый по формуле

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}},$$

где X_i и Y_i – входные и выходные результаты соответственно, $\bar{X}$ и $\bar{Y}$ – их средние значения, равен 0,7. Данное значение говорит о сильной связи между полученными значениями эксперимента. Таким образом, на основе полученных результатов исследования можно сделать вывод о высокой эффективности применения нейрокогнитивного ассистента в образовательном процессе.

Заключение

Проведенное исследование обосновало необходимость интеграции нейрокогнитивных технологий в образовательный процесс вуза. В условиях цифровизации высшего образования и увеличения гетерогенности студенческой аудитории актуализирована задача создания адаптивных инструментов, способных учитывать когнитивные особенности обучающихся.

В рамках работы был осуществлен анализ современного состояния проблемы взаимодействия нейронауки и образования, выявлено противоречие между объективной необходимостью персонализации обучения с использованием нейрокогнитивных технологий и отсутствием целостной модели их интеграции в образовательный процесс вузов. На основе этого противоречия были определены научные основания проектирования модели.

Разработанная модель включает ключевые компоненты: функционально-целевой, со-

держательно-технологический и результативно-критериальный, обеспечивающие структурную согласованность между образовательными целями, когнитивными особенностями студентов и содержанием обучения. Модель базируется на системном, личностно-ориентированном, когнитивно-деятельностном и информационно-коммуникационном подходах, что обеспечивает ее научную обоснованность и практическую применимость.

В рамках проведенного исследования персонализация обучения включала подбор оптимальных форм и методов подачи материала (структурированных схем и алгоритмов для студентов с доминированием левополушарного мышления; визуальных и креативных заданий — для правополушарных студентов) и предоставление персонализированных рекомендаций студентам на основе данных когнитивной диагностики.

Экспериментальная работа, проведенная на базе Марийского государственного университета с участием 104 студентов, доказала эффективность предложенной модели. Динамика повышения уровня сформированности проектной компетентности студентов, рост академических результатов и положительная обратная связь обучающихся свидетельствуют о практической результативности использования нейрокогнитивного ассистента в образовательной среде вуза. Статистическая обработка результатов показала значимый положительный эффект от использования нейрокогнитивного ассистента, что подтверждается коэффициентом корреляции $R = 0,7$, интерпретируемым как сильная связь между применением модели и улучшением образовательных результатов.

Анкетирование студентов показало, что большинство респондентов высоко оценили удобство интерфейса, полезность предостав-



ляемых рекомендаций и их соответствие индивидуальным особенностям восприятия информации. При этом были выявлены проблемы, требующие дальнейшей проработки, включая необходимость адаптационного периода для студентов и технические ограничения.

Полученные результаты имеют важное значение для развития цифровой дидактики,

демонстрируя перспективность нейрокогнитивного подхода и указывая на направления дальнейшего совершенствования технологии. Проведенная работа открывает перспективы для исследований, связанных с расширением функциональности нейрокогнитивных ассистентов, их глубокой интеграцией в образовательные экосистемы и обеспечением их большей совместимости с традиционными методами обучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Игнатова Ю. П., Макарова И. И., Зенина О. Ю., Аксенова А. В. Современные аспекты изучения функциональной межполушарной асимметрии мозга (обзор литературы) // Экология человека. – 2016. – № 9. – С. 30–39. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26606113> DOI: <http://dx.doi.org/10.33396/1728-0869-2016-9-30-39>
2. Лукьянова И. Е., Сигида Е. А., Утенкова С. Н. Функциональная асимметрия мозга: новые возможности в дефектологии // Специальное образование. – 2020. – № 2. – С. 62–72. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43152466> DOI: <http://dx.doi.org/10.26170/sp20-02-06>
3. Смирнов И. В., Панов А. И., Скрынник А. А., Чистова Е. В. Персональный когнитивный ассистент: концепция и принципы работы // Информатика и ее применения. – 2019. – Т. 13, № 3. – С. 105–113. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41264226> DOI: <http://dx.doi.org/10.14357/19922264190315>
4. Степанова Г. К., Кривошапкин К. А., Макаров А. А., Слюгров Н. И. Особенности полушарного доминирования у студентов // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М. К. Аммосова. Серия: Медицинские науки. – 2017. – № 4 (09). – С. 96–99. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32260371>
5. Токтарова В. И., Ребко О. В., Семенова Д. А. Сравнительно-сопоставительный анализ моделей цифровых компетенций педагогов в условиях цифровой трансформации образования // Science for Education Today. – 2023. – Т. 13, № 5. – С. 79–104. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54808511> DOI: <http://dx.doi.org/10.15293/2658-6762.2305.04>
6. Abushihab I. The Theory of Multiple Intelligences and its Implications in Teaching Foreign Languages: An Analytical Study // Journal of Southwest Jiaotong University. – 2024. – Vol. 59 (1). – P. 4. DOI: <http://dx.doi.org/10.35741/issn.0258-2724.59.1.4>
7. Ansari D., De Smedt B., Grabner R. Neuroeducation – A Critical Overview of an Emerging Field // Neuroethics. – 2011. – Vol. 5 (2). – P. 105–117. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s12152-011-9119-3>
8. Geake J., Cooper P. Cognitive Neuroscience: Implications for Education? // Westminster Studies in Education. – 2003. – Vol. 26 (1). – P. 7–20. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/0140672030260102>
9. Goswami U. Neuroscience and Education: from Research to Practice? // Nature Reviews Neuroscience. – 2006. – Vol. 7 (5). – P. 406–413. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/nrn1907>
10. Hachem M., Daignault K., Wilcox G. Impact of Educational Neuroscience Teacher Professional Development: Perceptions of School Personnel // Frontiers in Education. – 2022. – Vol. 7. – P. 912827. DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/feduc.2022.912827>



11. Hellige J., Cox P., Litvac L. Information Processing in the Cerebral Hemispheres: Selective Hemispheric Activation and Capacity Limitations // Journal of experimental psychology. General. – 1979. – Vol. 108 (2). – P. 251–279. DOI: <http://dx.doi.org/10.1037/0096-3445.108.2.251>
12. Khanal L., Shah S., Koirala S., Rimal J., Adhikari B. R., Baral D. Relationship between Hemispheric Preference Score and Academic Performance among Preclinical Medical Students Studying Medicine and Dentistry // International Journal of Applied Basic Medical Research. – 2023. – Vol. 13 (1). – P. 16–22. DOI: http://dx.doi.org/10.4103/ijabmr.ijabmr_440_22
13. Maedche A., Morana S., Schacht S., Werth D., Krumeich J. Advanced User Assistance Systems // Business and Information Systems Engineering. – 2016. – Vol. 58 (5). – P. 367–370. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12599-016-0444-2>
14. Sajja R., Sermet, Y., Cikmaz M. Cwiertny D., Demir I. Artificial Intelligence-Enabled Intelligent Assistant for Personalized and Adaptive Learning in Higher Education // ArXiv. – 2023. – Vol. 15 (10). – P. 596. DOI: <http://dx.doi.org/10.48550/arXiv.2309.10892>
15. Sperry R. W. Hemisphere Deconnection and Unity in Conscious Awareness // American Psychologist. – 1968. – Vol. 23 (10). – P. 723–733. DOI: <https://doi.org/10.1037/h0026839>
16. Weinmann M., Schneider C., Brocke J. Digital Nudging // Business & Information Systems Engineering. – 2016. – Vol. 58 (6). – P. 433–436. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12599-016-0453-1>

Поступила: 01 марта 2025 Принята: 10 мая 2025 Опубликовано: 30 июня 2025

Заявленный вклад авторов:

Токтарова В. И.: организация исследования, концепция и дизайн исследования, интерпретация результатов и общее руководство.

Семенова Д. А.: сбор эмпирического материала, выполнение статистических процедур, оформление текста статьи.

Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Информация о конфликте интересов:

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи

Информация об авторах

Токтарова Вера Ивановна

доктор педагогических наук, профессор,
проректор по стратегическому развитию,
кафедра прикладной математики и информатики,
Марийский государственный университет,
424000, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 1, Россия.
ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-3590-3053>
SPIN-код: 6414-8541
E-mail: toktarova@yandex.ru



Семенова Дина Алексеевна

кандидат педагогических наук, доцент,
кафедра прикладной математики и информатики,
Марийский государственный университет,
424000, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 1, Россия.
ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-7892-3003>
SPIN-код: 1998-9657
E-mail: dinasemenova@gmail.com



The model of integrating a neurocognitive assistant into the educational process of the HEI: Structural and content analysis

Vera I. Toktarova¹, Dina A. Semenova  ¹

¹ Mari State University, Yoshkar-Ola, Russian Federation

Abstract

Introduction. The article is devoted to the problem of personalization of the educational process through neurocognitive technologies in the context of digital transformation of higher education. The purpose of the article is to theoretically substantiate and present a structural and content model of integrating a neurocognitive assistant into the educational environment of a HEI, to determine the components and describe the results of assessing its effectiveness in the process of preparing future teachers.

Materials and Methods. The methodological basis of the study was formed by the systemic, personality-centered, cognitive-activity and information-communication approaches. Theoretical methods of analysis and synthesis, empirical methods of educational experiment, diagnostic methods (Edinburgh Handedness Inventory, SOLAT) and methods of mathematical and statistical data processing were used. Experimental work on assessing the effectiveness of integrating a neurocognitive assistant into the educational process was carried out within the framework of the discipline 'Project Activity Management' at the Pedagogical Institute of the Mari State University. 104 students took part in the study.

Results. The main results consist in the development of a structural and content model, including functional-target, content-technological and result-criterial components. The article examines the current aspects of the implementation of neurocognitive technologies in teaching practice and identifies the mechanisms of their integration into the educational environment. It is emphasized that such technologies contribute to a more accurate consideration of individual cognitive characteristics of students based on the diagnosis of functional asymmetry of the brain, the selection of optimal forms and methods of presenting educational material and providing personalized recommendations to students. The characteristics of team members during the implementation of each project stage are identified and described depending on their functional asymmetry of the brain. Experimental data confirmed a high

Acknowledgments

The study was financially supported by the Ministry of Education and Science of Russia (on the Federal Innovation Platform 2021-2025). ("Model of Continuous Training of Educators within New Digital Reality")

For citation

Toktarova V. I., Semenova D. A. The model of integrating a neurocognitive assistant into the educational process of the HEI: Structural and content analysis. *Science for Education Today*, 2025, vol. 15 (3), pp. 159–179. DOI: [http://dx.doi.org/10.15293/2658-6762.2503.08](https://doi.org/10.15293/2658-6762.2503.08)

  Corresponding Author: Dina A. Semenova, dinaseменова@gmail.com

© Vera I. Toktarova, Dina A. Semenova, 2025



level (correlation coefficient $R = 0.7$) of the effectiveness of using a neurocognitive assistant to personalize the educational process, improve academic performance and develop students' project competence.

Conclusions. The study concludes that the proposed model of integration of the neurocognitive assistant has high potential for modernization of higher education in designing educational programs and recommendations for adjusting educational content to individual cognitive characteristics of students, and developing digital systems of personalized learning. For wider integration of this technology, further development of personalization algorithms, elimination of technical limitations and training teachers for their use are required.

Keywords

Neurocognitive assistant; Personalization of learning; Cognitive characteristics of students; Functional asymmetry of the brain; Structural and content model; Digital educational environment; Pedagogical experiment.

REFERENCES

1. Ignatova J. P., Makarova I. I., Zenina O. J., Aksenova A. V. Current aspects of functional hemispheric asymmetry studying (literature review). *Human Ecology*, 2016, vol. 23 (9), pp. 30-39. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26606113> DOI: <http://dx.doi.org/10.33396/1728-0869-2016-9-30-39>
2. Luk'yanova I. E., Sigida E. A., Utenkova S. N. Functional asymmetry of the brain: New opportunities in defectology. *Special Education*, 2020, no. 2, pp. 62-72. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43152466> DOI: <http://dx.doi.org/10.26170/sp20-02-06>
3. Smirnov I. V., Panov A. I., Skrynnik A. A., Chistova E. V. Personal cognitive assistant: Concept and key principals. *Computer Science and its Applications*, 2019, vol. 13 (3), pp. 105-113. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41264226> DOI: <http://dx.doi.org/10.14357/19922264190315>
4. Stepanova G. K. I., Krivoshepin K. A. I., Makarov A. A., Sliyugrov N. I. Hemispheric dominance in students. *Bulletin of the North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov. Series: Medical Sciences*, 2017, vol. 4 (9), pp. 96-99. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32260371>
5. Toktarova V. I., Rebko O. V., Semenova D. A. Comparative analysis of models of educators' digital competencies in the context of digital transformation of education. *Science for Education Today*, 2023, vol. 13 (5), pp. 79-104. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54808511> DOI: <http://dx.doi.org/10.15293/2658-6762.2305.04>
6. Abushihab I. The Theory of multiple intelligences and its implications in teaching foreign languages: An analytical study. *Journal of Southwest Jiaotong University*, 2024, vol. 59 (1), pp. 4. DOI: <http://dx.doi.org/10.35741/issn.0258-2724.59.1.4>
7. Ansari D., De Smedt B., Grabner R. Neuroeducation – A critical overview of an emerging field. *Neuroethics*, 2011, vol. 5 (2), pp. 105–117. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s12152-011-9119-3>
8. Geake J., Cooper P. Cognitive neuroscience: Implications for education? *Westminster Studies in Education*, 2003, vol. 26 (1), pp. 7-20. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/0140672030260102>
9. Goswami U. Neuroscience and education: From research to practice? *Nature Reviews Neuroscience*, 2006, vol. 7(5), pp. 406-413. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/nrn1907>



10. Hachem M., Daignault K., Wilcox G. Impact of educational neuroscience teacher professional development: Perceptions of school personnel. *Frontiers in Education*, 2022, vol. 7, pp. 912827. DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/feduc.2022.912827>
11. Hellige J., Cox P., Litvac L. Information processing in the cerebral hemispheres: Selective hemispheric activation and capacity limitations. *Journal of Experimental Psychology. General*, 1979, vol. 108 (2), pp. 251-279. DOI: <http://dx.doi.org/10.1037/0096-3445.108.2.251>
12. Khanal L., Shah S., Koirala S., Rimal J., Adhikari B. R., Baral D. Relationship between hemispheric preference score and academic performance among preclinical medical students studying medicine and dentistry. *International Journal of Applied Basic Medical Research*, 2023, vol. 13 (1), pp. 16-22. DOI: http://dx.doi.org/10.4103/ijabmr.ijabmr_440_22
13. Maedche A., Morana S., Schacht S., Werth D., Krumeich J. Advanced user assistance systems. *Business and Information Systems Engineering*, 2016, vol. 58 (5), pp. 367-370. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12599-016-0444-2>
14. Sajja R., Sermet, Y., Cikmaz M. Cwiertny D., Demir I. Artificial intelligence-enabled intelligent assistant for personalized and adaptive learning in higher education. *ArXiv*, 2023, vol. 15 (10), pp. 596. DOI: <http://dx.doi.org/10.48550/arXiv.2309.10892>
15. Sperry R. W. Hemisphere disconnection and unity in conscious awareness. *American Psychologist*, 1968, vol. 23 (10), pp. 723-733. DOI: <https://doi.org/10.1037/h0026839>
16. Weinmann M., Schneider C., Brocke J. Digital nudging. *Business & Information Systems Engineering*, 2016, vol. 58 (6), pp. 433-436. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12599-016-0453-1>

Submitted: 01 March 2025

Accepted: 10 May 2025

Published: 30 June 2025



This is an open access article distributed under the [Creative Commons Attribution License](#) which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. (CC BY 4.0).

The authors' stated contribution:

V. I. Toktarova:

Contribution of the co-author: organization of the study, concept and design of the study, interpretation of the results and general guidance of the study.

D. A. Semenova:

Contribution of the co-author: collecting empirical material, performing statistical procedures, formatting the text of the article.

All authors reviewed the results of the work and approved the final version of the manuscript.

Information about competitive interests:

The authors declare no apparent or potential conflicts of interest in connection with the publication of this article





Information about the Authors

Vera Ivanovna Toktarova

Doctor of Pedagogical Sciences, Professor,
Vice-Rector for Strategic Development,
Department of Applied Mathematics and Computer Science,
Mari State University,
Lenin Square, 1, 424000, Yoshkar-Ola, Mari El Republic, Russian Federation.
ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-3590-3053>
E-mail: toktarova@yandex.ru

Dina Alekseevna Semenova

Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor,
Department of Applied Mathematics and Computer Science,
Mari State University,
Lenin Square, 1, 424000, Yoshkar-Ola, Mari El Republic, Russian Federation.
ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-7892-3003>
E-mail: dinasemenova@gmail.com