УДК 37.013.77

С.П. Елшанский

ШКОЛА БУДУЩЕГО: МОЖЕТ ЛИ ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ ОБЕСПЕЧИТЬ КОГНИТИВНУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБУЧЕНИЯ?

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-29-14059.

Представлены результаты аналитического форсайт-исследования, демонстрирующего возможности построения класса будущего, интенсивно использующего идею когнитивно-эффективного образования, технологии искусственного интеллекта и современных технических средств. Целью работы было показать возможности применения технологий искусственного интеллекта и средств инструментальной психодиагностики для обеспечения эффективной работы когнитивных механизмов обучения.

Ключевые слова: когнитивно-эффективное обучение; искусственный интеллект в образовании; средства инструментальной психодиагностики; термография в образовании; окулография в образовании; прогноз будущего в образовании; форсайт-исследование в сфере образования.

Введение

Без работы когнитивных механизмов обучения научиться чему-либо невозможно. Эти механизмы обеспечивают процессы: запечатления, сохранения и воспроизведения учебной информации, учебного знания (память); восприятия, понимания и осмысления учебного знания (восприятие, мышление); концентрации на учебной деятельности (внимание); обработки и переработки учебного знания, логического, нагляднодейственного решения учебных задач (мышление); порождения и преобразования учебных образных представлений (в частности, продуцирования учебных образов по описанию), построения образов средств и результатов учебной деятельности, творческого, образного решения учебных задач (в частности, задач с высокой степенью неопределенности или неполноты данных) (воображение) и других. Эффективную работу когнитивных учебных механизмов обеспечивает своевременное формирование у ребенка необходимых когнитивных навыков, когнитивных компетенций. В современном мире тотальной цифровизации, информатизации и гаджетизации когнитивные процессы трансформируются, подстраиваются к изменяющейся реальности. Это очевидно относится и к когнитивным процессам, обеспечивающим обучение, усвоение новых знаний, формирование новых компетенций. Поэтому задача современного обучения - не просто обеспечивать эффективность когнитивных функций, задействованных в обучении, но и учитывать их возможные трансформации в существующих условиях быстро меняющегося мира. Возникает вопрос, можно ли сделать это средствами современных кибернетических технологий? Анализу когнитивных оснований эффективности активно использующих автоматизацию и цифровизацию обучающих технологий и возможностей применения этих технологий в образовательных форматах ближайшего будущего и посвящена данная работа.

Методы

Поиск и анализ литературных источников проводился по ключевым словам «искусственный интел-

лект в образовании», «автоматизация обучения», «автоматизация образования», «интеллектуализация информационных систем в образовании», «интеллектуальные образовательные платформы», «дистанционные психофизиологические методы». Анализировались теории и концепции применения искусственного интеллекта в образовании и обучении. Проводились: прогнозирование развития систем автоматизированного школьного обучения и анализ возможностей применения дистанционных психофизиологических методов в образовательной практике; анализ когнитивных оснований современных обучающих технологий и возможности их приложения в образовательных форматах ближайшего будущего.

Прогностическое (форсайт) исследование заключалось в анализе возможностей применения в ближайшем будущем систем искусственного интеллекта и дистанционных психофизиологических измерений для контроля и нивелирования негативно влияющих на эффективность обучения когнитивных факторов, для обеспечения высокой когнитивной эффективности школьного обучения.

Результаты и обсуждение

Про возможности применения искусственного интеллекта в образовании опубликовано огромное количество научных работ, но в аспекте обеспечения средствами искусственного интеллекта когнитивной эффективности обучения результатов исследований практически не представлено, если не считать отдельных идей, высказываемых пока на уровне декларации, например о возможности оценки чатботами вероятности забывания учебного материала учеником [1. С. 208] или о разработке индивидуальной образовательной траектории средствами искусственного интеллекта с учетом когнитивных особенностей ученика [2. С. 158], о возможностях моделирования когнитивных процессов учащихся [3. С. 53], адаптации информации с помощью искусственного интеллекта для повышения ее понимания [4. С. 123].

Сегодняшние идеологи и концептологи искусственного интеллекта в обучении сосредоточились на идеях адаптивных обучающих систем [5], электрон-

ных платформ, интеллектуально адаптирующих учебный контент для каждого студента [6. С. 185], образовательных чатботов (виртуальных ассистентов, тьюторов, интеллектуальных компаньонов, являющихся вариантами интеллектуальных обучающих систем [7, которые производят оценку успеваемости (например, по определенной системе баллов, при этом считается, что искусственный интеллект способен непредвзято оценивать знания учащихся [4. С. 123]), отслеживают, что и когда изучал учащийся, оценивая при этом вероятность забывания и при необходимости предлагая повторение материала, собирают мнения учеников о преподавателе [1. С. 208], прогнозируют учебные проблемы и помогают их преодолевать [9. С. 216], прогнозируют академические результаты (в частности, с помощью нейронных сетей) [3. С. 53]. В сфере персонализированного обучения использование искусственного интеллекта предлагается в рамках контроля и подбора индивидуального темпа обучения, учета интересов конкретного учащегося, обучения на понятных учащемуся примерах [10. С. 336].

Существуют декларации о задачах искусственного интеллекта в образовании, в которые входят, например, автоматизация оценивания результатов учебной деятельности; адаптация обучающих программ к индивидуальным образовательным потребностям; выявление «недоученных» разделов, пробелов в изучавшихся курсах; дополнительная поддержка от преподавателей-машин; обеспечение учащихся и преподавателей обратной связью и оповещение преподавателей о наличии учебных проблем у учащихся; адаптация поиска информации и взаимодействия с ней; расширение обучения методом проб и ошибок [11. С. 79–81].

Интеллектуализация информационных систем в образовании рассматривается как очевидное будущее [12. С. 111]. В рамках футуристической концепции «Индустрия 4.0» образование будущего переносится в глобальную сеть, заменяющую класс, и происходит постоянно в формате «24/7» [13. С. 125], прогнозируется появление новых психолого-педагогических технологий, постулируется, что искусственный интеллект в ближайшем будущем существенно трансформирует и формы, и средства обучения [14. С. 294]. Искусственный интеллект может создать подстраивающиеся цифровые интерфейсы цифровых систем обучения, помочь преподавателям разрабатывать «умный» контент для учебных программ, создавать онлайнпомощников ученика, выбирать траекторию обучения с учетом существующих учебных трудностей [15. С. 46]. Интеллектуальные образовательные платформы будут адаптироваться к индивидуальному стилю учения каждого обучающегося, адаптировать для каждого учебные тексты для лучшего понимания и запоминания, причем такие системы уже разрабатываются [15. С. 47]. При этом высказана идея, что пока ни один из электронных образовательных ресурсов, использующих искусственный интеллект, не может заменить учителя и не выступает угрозой для профессии преподавателя [6. С. 184].

Если говорить об исследованности и проработанности проблемы использования искусственного ин-

теллекта для задач обеспечения когнитивной эффективности обучения, то можно констатировать недостаточность как исследованности, так и проработанности данного вопроса. Возможности же интеграции в интеллектуальные учебные системы методов инструментальной психодиагностики, например айтрекинга — измерения психических показателей на основе фиксации параметров движения взгляда и изменения диаметра зрачка, психодиагностической термографии — диагностики психических параметров на основе дистанционного измерения изменений температуры открытых участков тела, в первую очередь лица, вообще не исследованы. При этом такие возможности представляются крайне перспективными.

Представляется также, что учебное место ученика будущего должно быть обеспечено по крайней мере несколькими инструментальными психодиагностическими каналами. В частности, это могут быть видеокамеры. С их помощью, используя методы распознавания, система искусственного интеллекта может отслеживать конкретного ученика в классе, даже при его перемещении, с помощью видеокамер интеллектуальная система может контролировать учебное внимание в классе - отвернулся ученик, спит, смотрит в окно, разговаривает с друзьями, играет в телефоне и т.п. вместо того, чтобы слушать учителя, отслеживать признаки стресса у учащихся (по нетипичным движениям, тремору и т.п.) – в состоянии стресса эффективность обеспечивающих учебную деятельность когнитивных процессов может резко снижаться. Применение камер также позволит системе искусственного интеллекта отслеживать психоэмоциональное состояние школьника по лицевой экспрессии [16. С. 26], выявляя возможные негативно влияющие на когнитивную эффективность обучения эмоциональные изменения.

Класс также может быть оборудован микрофонами, обеспечивающими аудиофиксацию происходящего с каждым учеником, система искусственного интеллекта может распознавать учащихся по звуковым параметрам речи. С помощью фиксации, распознавания и анализа речи учащихся система сможет, в частности, определять пробелы в их учебной памяти, отмечать факты забывания ранее усвоенной информации и т.п. Анализ паравербальных показателей — тонов, ритмов и тембра речи также позволит выявлять и анализировать значимые в плане обучения (в том числе и когнитивно-эффективного обучения) эмоциональные состояния школьника, стресс, усталость и т.п. [16. С. 30].

Третьим важным устройством, которым можно было бы оборудовать класс, является термовизор (также часто называемый термографом или тепловизором). Он представляет собой сверхчувствительную инфракрасную камеру, которая фиксирует изменения температуры открытых участков тела. Для психофизиологических целей необходимы термовизоры с высокой точностью измерения. По таким изменениям можно отслеживать признаки стресса, недостоверности сообщаемой информации (лжи), эмоциональные состояния, проявления симпатии или антипатии к другому человеку [17]. С помощью термовизора,

внедренного в системы искусственного интеллекта, можно отслеживать мешающий эффективной когнитивной деятельности на уроке учебный стресс и другие негативные и отрицательно влияющие на когнитивную эффективность обучения психические явления (агрессию, тревогу, «выключенность» из учебной деятельности, различные измененные состояния сознания и др.).

Четвертым устройством, применение которого в системах искусственного интеллекта в образовании представляется интересным, является айтрекер. Этот прибор, отслеживая движения глаз ученика, сможет сообщить интеллектуальной системе о наличии или потере учебного внимания, зафиксировать, куда (в какую сторону, при дополнительном интеллектуальном анализе можно даже будет определить, на что он смотрит) чаще всего смотрит ученик, если он не смотрит на информирующего его учителя, на что он отвлекается и т.п. Большинство современных айтрекеров имеют систему распознавания диаметра зрачка, по этому показателю можно диагностировать эмоциональные состояния, в частности, негативно влияющие на обучение. Сегодня для работы айтрекера пока необходима фиксация головы по отношению к отслеживающей движения глаза камере прибора, поэтому в стационарных айтрекерах применяется специальная подставка для головы. Другим вариантом является широко применяемое сегодня в маркетинговых (особенно мерчандайзинговых) исследованиях использование айтрекера на шлеме. Представляется, что в ближайшем будущем будут разработаны окулографические инструменты, позволяющие фиксировать изменения взора без необходимости фиксации головы по отношению к камере, например с интеллектуальным отслеживанием движений головы, или будет реализовано добавление окулографических функций обычным камерам и будет осуществляться окулографический мониторинг всего класса в целом несколькими такими камерами и т.д.

Помимо предложенных приборов, интересно использование и других психофизиологических методов дистанционной диагностики психических состояний: лазерной допплеровской виброметрии, биорадиолокации [16. С. 23]. Анализ биорадиолокационного сигнала позволит по дистанционному отслеживанию сокращений лёгких при дыханиии и пульсаций сердца, а также крупных поверхностно залегающих артерий выявить эмоциональные изменения и состояния школьника [18]. Лазерная допплеровская виброметрия позволяет дистанционно фиксировать связанные с психоэмоциональным состоянием параметры мышечного напряжения, сердечного ритма, тонов сердца, различные показатели дыхания [16. С. 25]. Фактически с помощью этих двух дистанционных инструментов можно реализовать неконтактный аналог полиграфа. Контроль психофизиологических параметров школьника с помощью этих приборов позволит отслеживать потенциально влияющие на когнитивную эффективность обучения изменения функционального состояния, эмоциональные реакции, усталость.

Очевидно, что в рамках системы искусственного интеллекта необходимо согласование информации,

получаемой по различным каналам — от различных видео- и аудиодатчиков, окулографических, термографических и других приборов, также как человеческий мозг обеспечивает целостное восприятие объекта, совмещая получаемую с помощью разных анализаторов информацию.

Ранее нами был выделен ряд когнитивных факторов, негативно влияющих на эффективность обучения [19. С. 56-64]. В данной статье мы попытаемся описать, как можно обеспечить контроль и учет этих и ряда других негативных когнитивных факторов обучения в целях их преодоления средствами искусственного интеллекта и инструментальной психодиагностики. Нужно отметить, что фактически эти факторы отражают различные грани единой системы общего когнитивного механизма, обеспечивающего обучение, поэтому их выделение является относительно условным. Нижепредставленные факторы связаны с когнитивной эффективностью обучения, с когнитивными основаниями эффективности современных обучающих технологий. Рассмотрим эти факторы и проанализируем возможности снижения их негативного влияния на обучение с помощью систем автоматизации и цифровизации в образовательных форматах ближайшего будущего.

Факторы, связанные с удержанием учебного знания. Фактически речь идет об одном и том же, но чтобы показать различные грани проблемы, мы сочли возможным разделить этот аспект на составляющие.

Несохранение учебного знания в долговременной памяти. При существующей системе обучения учебные знания плохо сохраняются. Часто после запечатления учебной информации происходит временное её сохранение в течение нескольких дней, недель или «до экзамена», потом же происходит частичное или полное стирание, знание не фиксируется в долговременной памяти (точнее, в истинной долговременной памяти, обеспечивающей сохранение информации на годы, а то и на всю жизнь). Из-за этого эффективность обучения становится крайне низкой. Возможными причинами несохранения учебного знания в долговременной памяти являются атрибуция психическими механизмами обработки информации этому знанию неактуальности, ненужности, а также то, что у сегодняшнего человека значительные ресурсы мозга направлены на обработку многочисленных информационных потоков и поскольку мнемические ресурсы не бесконечны, учебное знание попросту «теряется» в этих потоках.

Как можно использовать искусственный интеллект для повышения долговременного сохранения учебного знания? С помощью средств искусственного интеллекта может быть реализован контроль сохранности запомненного знания, анализ того, какое знание у конкретного человека долговременно сохраняется, а какое — нет, прогноз сохранения усвоенного знания, подбор индивидуальных методов эффективного долговременного запоминания, контроль осмысления запоминаемого (считается, что максимальное осмысление информации значительно увеличивает возможности ее сохранения в

долговременной памяти [20. С. 102]), организовано повторение знаний, в отношении которых обнаружены признаки несохранности, реализовано предложение проведения специальных мнемотехнических тренировок и т.п. Проверка остаточных знаний для систем искусственного интеллекта может осуществляться с помощью тестов или сообщаться системе учителем. В случае внедрения систем распознавания и анализа учебной речи искусственный интеллект может и сам фиксировать, что человек знал и забыл.

Также искусственный интеллект может отслеживать и оценивать влияние цифровизации на долговременное хранение учебного знания, в частности определять связь забывания с какими-то параметрами использования гаджетов и т.п. Роль искусственного интеллекта в противодействии негативным эффектам цифровизации по данному фактору заключается в том, что, во-первых, умные цифровые системы смогут вовремя выявить потерю учебного знания, предложить повторение или обучение эффективным методам запоминания, тренировку памяти, подобрать индивидуальный вариант эффективного развития когнитивной сферы для того, чтобы успешно сохранить усвоенное «пройденное». Также интеллектуальная система сможет отслеживать мешающее учебе (соответственно, и эффективной работе учебных когнитивных механизмов) неучебное использование гаджетов и информировать об этом учителя или самого ученика (например, включать в случае неучебного обращения на уроке к телефону вибрацию на смарт-браслете, сообщающую ученику, что он отвлекается).

Негомогенность учебного знания. Чем более гомогенно знание, чем более оно семантически «сфокусировано», чем сильнее его семантическое «ядро», т.е. существует увеличивающаяся и развивающаяся в процессе обучения система смыслов этого знания, с которым перманентно «сталкивается» обучающийся, тем выше эффективность усвоения знания в процессе обучения. Негомогенное же, широко распределенное знание «размывается», «теряется» в потоке информации современного цифрового мира. Условно школьные предметы можно разделить на предметы с гомогенным и негомогенным знанием. К первым относятся, например, лингвистические дисциплины, ко вторым - те предметы, для которых характерно изучение малосвязанных друг с другом разделов. Так или иначе семантическое «ядро», конечно, наличествует у любой дисциплины, но его объем, «сила» могут существенно различаться. Несмотря на то, что гомогенное знание лучше в аспекте сохранения, задача формирования и удержания семантического «ядра» для гомогенных дисциплин выступает особо важной, ведь если школьник утратит базовые знания, на которых строится вся дисциплина, то его возможности по дальнейшему развитию в рамках данного предмета станут фактически нулевыми.

Система искусственного интеллекта может осуществлять контроль сохранности семантического «ядра», которое может или быть задано ему человеком (определено экспертами, например, на основе базовых понятий дисциплины), или могут быть разра-

ботаны алгоритмы, с помощью которых искусственный интеллект сможет сам выделять такое «ядро» (при этом реализация данной возможности выступает отдельной задачей в области искусственного интеллекта). Для контроля и анализа сохранности и необходимого развития семантической базы дисциплины система искусственного интеллекта может использовать анализ учебной речи ученика (интеллектуальный семантический анализ учебной речи). Анализируя то, как ученик использует слова (значения) семантической базы, система сможет выделить пробелы и предложить дополнительные занятия, информировать учителя о существующих учебных проблемах. Очевидно, что здесь должна быть задействована интегрированная с интеллектуальным модулем система распознавания речи и должна использоваться звукозаписывающая аппаратура.

Таким образом, искусственный интеллект поможет вовремя выявить потерю или неусвоенность обязательного базового знания по дисциплине, предложить повторение и способы тренировки когнитивной сферы для того, чтобы эффективно сохранять усвоенное базовое «пройденное», или система искусственного интеллекта может сама, например в рамках образовательных чатботов осуществлять такую тренировку ученика или повторение. Нужно отметить, что возможность разработки подобной системы уже сегодня достаточно высокая.

Роль искусственного интеллекта в противодействии негативным эффектам цифровизации по данному фактору – искусственный интеллект может анализировать влияние силы неучебных цифровых информационных потоков, в которых живет современный школьник или студент, на усваиваемость и сохраняемость семантического «ядра» дисциплины, предлагать меры по противодействию деятельности таких потоков. Данные о включенности ученика в эти потоки система искусственного интеллекта может получать, например, с помощью анализа трафика смартфона ученика (конечно при решении всех необходимых юридических вопросов).

Несформированность необходимого информационно-когнитивного базиса знаний для изучения дисциплины или дальнейшего обучения в целом. Для того чтобы успешно изучать тот или иной предмет (или даже вообще продолжать обучение), школьнику необходимо иметь некую созданную ранее информационно-когнитивную базу - систему знаний, усвоенных понятий, сформированных когнитивных навыков, которые позволят успешно освоить данный предмет, обеспечат его «попадание» в зону ближайшего развития школьника. Очевидно, что невозможно учить первоклассника квантовой физике. Для каждой дисциплины существует необходимый спектр представлений и понятий, которые позволят успешно освоить данный предмет. В условиях вызванного цифровизацией масштабного информационного потока сегодня даже самые важные, значимые знания могут быть вытеснены малоценной неучебной информацией. В современной ситуации проверок наличия и сохранности информационно-когнитивного базиса, необходимого для освоения дисциплины, у ученика фактически не проводится. Применение искусственного интеллекта обеспечит мониторинг сформированности исходных базовых знаний, необходимой для освоения предмета общей эрудиции, тезауруса, сможет оценить вероятность понимания учеником парадигмальных и методологических основ планируемой для изучения науки или ее нового (возможно, более сложного) раздела. Можно предложить термин информационнокогнитивной готовности к изучению определенного предмета, определенной науки. Системы искусственного интеллекта могут оценивать уровень такой готовности по результатам монитринга текущих знаний учащегося. Несформированность такой готовности может быть связана также с тем, что сегодня ученики часто приучаются постоянно искать информацию в интернете и не сохраняют ее после использования, а информационный базис должен, как представляется, находиться в памяти, а не в интернете.

Системы искусственного интеллекта будущей школы обеспечат контроль наличия информационнокогнитивного базиса для каждой новой дисциплины, они смогут оценивать, давать рекомендации по персонификации обучения, предлагать ученику индивидуальные программы необходимого саморазвития. Контроль может осуществляться по результатам тестов по ранее изученным дисциплинам, но эти тесты должны быть не на узнавание или угадывание из предлагаемого списка правильных и неправильных ответов, а требовать доказательства ответа, как это реализовано, например, в тестах международной программы контроля эффективности обучения PISA (Международная программа по оценке образовательных достижений учащихся) [21], также могут быть задействованы системы распознавания и анализа ответов ученика на занятиях, его учебной речи, могут применяться автоматизированные диагностические кейс-системы.

Задачами автоматических экспертных систем в рамках искусственного интеллекта выступают экспертиза учебных знаний и оценка их качества в аспекте формирования информационно-когнитивного базиса других дисциплин.

Роль искусственного интеллекта в противодействии негативным эффектам цифровизации по данному фактору заключается в контроле негативного влияния «мусорных» информационных потоков на сохранение обеспечивающих информационнокогнитивный базис усвоения дисциплины знаний и когнитивных умений, предложения и реализации мер противодействия такому влиянию.

В качестве дополнительных факторов успешного сохранения учебной информации могут рассматриваться распределение, рассредоточение запоминания во времени (если рассматривать негативно, то нераспределение, нерассредоточение), по мнению ряда авторов [22. С. 143], позволяющие значительно увеличить эффективность запоминания, и активность и вовлеченность школьника в учебные действия (если рассматривать негативно, то неактивность, невовлеченность), создающие необходимую для эффективного запоминания учебную мотивацию. Системы искусственного интеллекта могут быть полезны и в

реализации этих идей. Искусственный интеллект может распределить учебное знание по урокам и другим учебным событиям так, чтобы оно запоминалось максимально эффективно. С помощью интегрированных в системы искусственного интеллекта вышеописанных средств инструментальной психодиагностики системы искусственного интеллекта смогут отслеживать эмоциональную включенность школьника в учебный процесс, интересность происходящего для него, фиксировать его учебную активность (путем анализа, например, двигательных или речевых паттернов, выделяемых на основе распознавания и анализа видеопотока или с помощью анализа речи).

Фактор недостаточности учебного внимания. Неспособность концентрироваться на восприятии учебного материала, особенно однородного, в течение необходимого учебного времени, потеря учебного внимания, «усталость» внимания в учебной деятельности являются серьезными проблемами современного среднего и высшего образования. Цифровизация и гаджетизация жизни вносят свой негативный вкалад и здесь - постоянное переключение внимания на различные информационные цифровые каналы часто формирует у учащихся феномен «перемещающегося» внимания, который в рамках неучебной гаджетдеятельности может быть и адаптивным, но в условиях учебы мешает усвоению знания, особенно в ситуациях необходимости концентрации на однородном образовательном материале. В результате учащийся «выключается» из учебного процесса, фактически тратит свое учебное время впустую.

Системы искусственного интеллекта можно применять для контроля внимание ученика на уроке. Например, с помощью анализа движений взгляда, которые предоставляет современная окулография, можно отслеживать, куда он смотрит - на учителя, в окно или в свой гаджет и т.п. При этом система может подстраивается под определенное учебное место, физические параметры ученика и т.д. Также с помощью термографии и других дистанционных психофизиологических каналов анализа эмоционального состояния можно контролировать изменения психического состояния ученика, определять, может ли он в данном состоянии сосредоточиться на учебном процессе или нет, информировать его о потере учебного внимания (например, с помощью смарт-браслета), сообщать учителю о том, какие ученики слушают его, а какие нет. Чатботы могут предлагать ученику с низким уровнем учебного внимания необходимую когнитивную тренировку.

Роль искусственного интеллекта в противодействии негативным эффектам цифровизации по данному фактору состоит, в частности, в том, что искусственный интеллект поможет отслеживать и контролировать негативно действующие на учебное внимание гаджет-факторы, оценить удержание учебного внимания при использовании различных обучающих технологий, в частности цифровых.

Фактор отсутствия когнитивной тренировки. Вопрос о необходимости специальной тренировки познавательной сферы — памяти, мышления, внимания, восприятия, воображения — сегодня стоит остро.

Хотя реально такой тренировки практически не проводится, постулируется, что необходимое развитие когнитивных процессов происходит и так. В ситуации масштабной цифровизации и информатизации нагрузка на когнитивную сферу значительно возрастает, происходят ее трансформации в рамках адаптации психики к изменяющемуся миру, поэтому сейчас тренировка когнитивной сферы для эффективного обучения представляется однозначно нужной. Разработка и внедрение специальных когнитивных упражнений (тренингов) могут осуществляться как для каждой учебной дисциплины в зависимости от требуемых для ее успешного освоения видов памяти, внимания, мышления и т.д., так и для общего познавательно развития.

Искусственный интеллект может анализировать когнитивную сферу ученика по результатам тестов и успеваемости, автоматизированному анализу учебной речи, выявлять трудности и предлагать адаптированные варианты тренировки для развития тех познавательных компонентов, которые у конкретного ученика развиты недостаточно.

Нужно отметить, что существуют элементы когнитивный сферы, развитие которых представляется особо важной и тренировка которых может значимо повлиять на успеваемость. Так, например, обязательным элементом такой тренировки, по-видимому, должны быть упражнения по повышению осмысления знания, что необходимо, в частности, для лучшего долговременного его запоминания. В результате необходимых психологических исследований на выборке хорошо рефлексирующих и осмысляющих учеников могут быть определены эффективные алгоритмы когнитивной деятельности, выступающие когнитивными моделями, на основе которых могут быть разработаны методы когнитивной тренировки, осуществляемой системой искусственного интеллекта с элементами антропоподобного моделирования. В рамках тренировки система будет давать подсказки (что нужно осмыслить и т.п.), направлять ученика к эффективному алгоритму осмысления, проверять, осмыслил ученик или нет нужную информацию и как он это сделал, подбирать ему нужную модель осмысления (если будет существовать несколько различных эффективных вариантов) и т.д. Также система может проверять эффективность различных алгоритмов и способов тренировки с помощью корреляционного анализа между показателями их применения (какие способы тренировки и в каком формате осуществлялись, на основе каких моделей они были построены и т.п.) и параметрами когнитивной эффективности, например степенью долговременного запоминания учебной информации. Таким образом, система сможет обучить ребенка эффективным способам когнитивной деятельности. Одним из вариантов когнитивной тренировки может быть применение автоматизированных интеллектуальных кейсов.

Специальная тренировка может проводиться интеллектуальной системой для нивелирования негативного влияния гаджетизации на учебную сферу, например может проводится тренировка удержания внимания и длительной когнитивной концентрации

(как противодействие формируемому гаджетизацией клиповому мышлению и «прыгющего», постоянно «перемещающегося» внимания). Представляется, что в рамках организованной с помощью систем искусственного интеллекта тренировки когнитивной сферы могут успешно применяться описанные выше приборы, в частности окулографические (айтрекер).

Фактор формирования узнавания при отсутствии возможности произвольной актуализации знания. Когнитивные компетенции узнавания и произвольной актуализации знания определенно различны (узнавание в значительной сфере связано с ассоциативным мышлением, произвольная же актуализация обычно требует осмысления), некоторые современные тесты (например, ЕГЭ) активно используют элементы, требующие не компетенции произвольной актуализации, а компетенции узнавания (например, из нескольких вариантов ответа), и подготовка к таким тестам (сейчас часто можно встретить термин «натаскивание») требует другой образовательной технологии. Возникает вопрос, а часто ли будет человеку нужна компетенция узнавания знания? Будут ли в жизни ему представлены варианты ответов, в которых надо узнать правильный? Возможно, такие ситуации и будут, но определенно не очень часто. Произвольная же актуализация знания в жизни будет требоваться значительно чаще. Представляется, что современное обучение должно отдавать предпочтение формированию произвольно актуализируемого, а не сугубо узнаваемого знания. Хотя компетенция узнавания тоже нужна.

С помощью искусственного интеллекта можно оценить, какими знаниями владеет тот или иной ученик, только узнаваемыми или свободно произвольно актуализируемыми, определить, насколько человек может без подсказки актуализировать знание, которое он правильно узнал в тесте, информировать учителя о том, что ученик может узнавать, но сам не может актуализировать знание, информировать об этом самого ученика и предлагать ему необходимое дополнительное обучение. Вообще, существует большая надежда, что с массовым внедрением искусственного интеллекта в образование ЕГЭ и ему подобные вещи уйдут в прошлое, так как оценка знаний станет осуществляться на постоянной основе цифровыми системами.

Роль искусственного интеллекта в противодействии негативным эффектам цифровизации по данному фактору состоит в том, что искусственный интеллект поможет определить, какие цифровые технологии обучения обеспечивают только узнавание, а какие — возможность произвольной актуализации учебного знания. В этом аспекте представляется интересным следующий фактор.

Фактор неэффективности отдельных методов цифрового образования. Очевидно, что усвоение учебных знаний и формирование требуемых навыков и компетенций при различных формах обучения, в частности при использовании различных цифровых образовательных технологий, могут сильно различаться, как и сохранность этих знаний и навыков с течением времени. По-разному обучаются при этом и ученики с различными стилями учения. Необходимы исследования эффективности различных технологий,

возможностей персонификации обучения с помощью этих технологий, подбора подходящих для каждого конкретного ученика. Эти исследования можно осуществлять в рамках деятельности систем искусственного интеллекта в образовании, которые обеспечат как первичную оценку, так и текущий мониторинг эффективности разных цифровых обучающих технологий как в целом, так и в отношении отдельного ученика.

Разрабатываемые и внедряемые сегодня цифровые технологии обладают различным качеством. Присутствие в образовательной практике неэффективных и даже иногда вредных (например, формирующих зависимость или имеющих несоответствующие требованиям эргономические показатели и негативно влияющие на здоровье учащегося) цифровых образовательных систем можно рассматривать как своеобразный нежелательный эффект цифровизации. Роль искусственного интеллекта в противодействии этому негативному эффекту может заключаться в том, что с помощью искусственного интеллекта можно отслеживать и выявлять такие системы, мониторить и оценивать эффективность различных подходов в цифровом обучении и информационных технологиях и разрабатываемых на их основе прикладных образовательных программ. Влияние цифрового продукта на зрение в рамках интеллектуальных систем можно оценить с применением видеокамер и окулографии.

Несформированность эксплицирования знания и актуализации знания в диалоге. Важным негативным фактором эффективности обучения может выступать несформированность у учащегося компетенции учебного эксплицирования, т.е. самостоятельного выражения в явном виде учебного знания. Знание, которое всплывает в диалоге, и знание, самостоятельно, без каких-либо подсказок и ассоциативных стимулов, выражаемое, - это различные виды знания. Учебная подготовка должна обеспечить школьнику возможность эффективно как эксплицировать знание, так и актуализировать его в диалоге, сформировать обе компетенции. Современный цифровой мир меняет диалог, предлагает новые его формы. Поэтому необходимы исследования того, как новые формы коммуникации влияют на обозначенные компетенции. В проведении таких исследований можно задействовать системы искусственного интеллекта.

Хорошие способности к эксплицированию помогают лучшему усвоению, пониманию и осмыслению учебных знаний. Искусственный интеллект позволит исследовать влияние развитости компетенции эксплицирования учебного знания на его понимание, сохранение, осмысление и т.п., также искусственный интеллект может осуществлять текущий мониторинг сформированности обозначенных компетенций, оценивать его уровень, выявлять пробелы и предлагать школьнику и учителю возможности их устранения. Можно обозначить и возможную роль искусственного интеллекта в противодействии негативным эффектам цифровизации по данному фактору - искусственный интеллект может оценивать связь параметров сформированности обозначенных компетенций с параметрами вовлеченности в гаджетизацию и предлагать меры противодействия. При этом с помощью видеокамер, айтрекинга и анализа звуков можно определять, как часто ученик отвлекается на неучебное использование гаджетов и т.п., и рассчитывать корреляции показателей отвлечения с параметрами эксплицирования или актуализации знания в диалоге.

Фактор различной когнитивной готовности учеников в классе. Об этом речь уже шла выше, но представляется возможным рассмотреть данный фактор отдельно. Разные ученики могут обладать различным уровнем когнитивной готовности к усвоению того или иного предмета, в частности при цифровом обучении. Идея опирающегося на применение искусственного интеллекта адаптивного обучения сегодня активно обсуждается, но необходимо сделать акцент именно на адаптацию в аспекте когнитивной готовности.

Задача искусственного интеллекта - оценить когнитивную готовность каждого ученика к обучению по каждой из тех дисциплин, которые он изучает или собирается изучать, адаптировать учебный материал под когнитивные особенности учащегося, выстроить правильную образовательную траекторию, возможно, даже предложить варианты межшкольного трекинга (распределения учащихся по разным типам школ, различающимся по параметрам образовательного потенциала и характеристикам обучения [23. С. 47]), при необходимости предложить или автоматически реализовать в рамках работы, например, чатботов дополнительные тренировки по развитию когнитивных навыков или индивидуальную подготовку. Искусственный интеллект позволит максимально детализировать анализ когнитивной готовности, повысить его качество и, соответственно, качество персонализации обучения. Нужно отметить, что в данной области необходимы дополнительные исследования, которые также можно проводить в рамках работы систем искусственного интеллекта. Искусственный интеллект может также мониторить эффективность различных методов персонификации обучения или адаптации учебного материала с учетом конгнитивной готовности учащегося, влияние неучебного применения гаджетов во время учебы на формирование этой когнитивной готовности.

Фактор гаджет-стресса. Связанный с использованием гаджетов (в первую очередь, смартфонов) стресс может негативно влиять на когнитивные аспекты учебной деятельности. В частности, негативные переживания могут способствовать незапечатлению или быстрому забыванию учебного материала, так как психика вовлечена в отражение стрессовой ситуации, а не в учебный процесс, ее ресурсы в плане учебы снижены. Возможно также, что психика иногда стремится вытеснить информацию, ассоциированную с травмирующим или стрессовым состоянием, и если учебная информация окажется как-то ассоциирована с чем-то стрессогенным, то и она может оказаться вытестненной. Стресс очевидно снижает и учебное внимание, порожденные стрессом мысли и переживания мешают школьнику сосредоточиться на учебе.

Искусственный интеллект может мониторить возможный стресс с помощью термовизора, айтрекера

(по изменениям диаметра зрачка, в частности) и других дистанционных психофизиологических датчиков, при этом регистрируя уровень неучебного обращения ребенка к гаджету (например, по анализу интернеттрафика или видеоканала) и, сопоставляя параметры уровней стресса и гаджет-деятельности, диагностировать стрессовое состояние, о чем информировать преподавателя. Таким образом, искусственный интеллект может мониторить именно гаджет-стресс. Стресс может быть связан с различными личностными особенностями, например с инфантилизмом, ригидностью аффекта или эмоциональной лабильностью и др., поэтому диагностика стресса позволит делать также выводы или предположения о психологических характеристиках учеников.

Фактор непонимания прочитанного (функциональной неграмотности). По мнению бывшего министра просвещения РФ О.Ю. Васильевой, «от 22 до 25% населения страны не владеют функциональным чтением» [24], т.е. могут прочесть текст, но не могут его осмыслить и отрефлексировать, полностью понять прочитанное. Проблема понимания учебного текста, неумения правильно работать с текстами сегодня крайне актуальна. Очевидно, что ученик, не понимающий так, как нужно, учебный текст, будет испытывать серьезные трудности в обучении. Одной из возможных причин этой проблемы является то, что человек, в основном имеющий только дело с краткими сообщениями в мессенджерах или в социальных сетях, чатах, СМС и т.д., не формирует способности адекватно понимать большие тексты. Таким образом, существует возможное влияние цифровизации и гаджетизации на развитие функциональной неграмотности.

Может ли искусственный интеллект определить, понял ученик прочитанное или нет, понял ли он правильно? Вероятно, такие системы могут быть разработаны. При этом может применяться и внешнее обучение, т.е. учитель определяет сам, что ученик понял или не понял прочитанное, и как-то отмечает это для искусственного интеллекта, который использует данные учителя как диагностические эталоны, и обучение на больших данных - искусственный интеллект сам учится это делать по специально разработанной программе, анализируя большое количество разных показателей. Возможен и сочетанный вариант: сначала с помощью внешнего обучения формируется необходимая база примеров, а потом с помощью этой базы искусственный интеллект уже сам совершенствует точность диагностики. Искусственный интеллект также может мониторить и оценивать вовлеченность ученика в неучебную цифровую деятельность и потом оценивать связь этой вовлеченности с уровнем понимания текста.

Заключение

Мы представили примеры возможного применения систем искусственного интеллекта в школе будущего. Очевидно, что это всего лишь малая толика возможных вариантов использования интеллектуальных систем для обеспечения когнитивной эффектив-

ности современного обучения и существует еще множество вопросов, связанных с обозначенной сферой. Представляется интересным, в частности, вопрос антропоморфизма — нужен ли антропоморфизм, например, виртуальному ассистенту, тьютору (в частности, связанному с обеспечением когнитивной эффективности обучения), если нужен, то в каких аспектах и как можно оценить уровень его антропоморфизма.

Очевидно, что психофизиологическое оборудование, применяемое для обеспечения работы систем искусственного интеллекта, должно быть неконтактным, вряд ли кто-то будет ежедневно опутывать учеников психофизиологическими датчиками. Хотя применение технологий на основе анализа электроэнцефалограммы было бы определенно перспективным, сложно даже представить себе реальный класс, в котором все ученики сидят в энцефалографических «шапочках».

В заключение нужно отметить, что определенно существуют и различные другие значимые факторы когнитивной сферы, влияющие на учебную деятельность, которые формат данной работы не позволил нам обсудить. Это и понимание логики, закономерностей науки, и когнитивные особенности освоения знаний учениками разных возрастов, и когнитивные составляющие образовательных траекторий, и образная обработка учебной информации, и отрицательно влияющие на образовательный процесс нарушения когнитивной сферы (кстати, оценка рисков таких нарушений определенно интересна в рамках применения интеллектуальных систем), и многое другое. В будущем мы планируем проанализировать с позиции применения в их отношении возможностей искусственного интеллекта и эти факторы.

Представляется важным максимальное использование алгоритмов самообучения и экспертного обучения систем искусственного интеллекта в образовании, обучаясь, система будет развиваться и совершенствоваться, адаптироваться к происходящим в мире изменениям

Крайне важным является также понимание системой образования необходимости внедрять, «потреблять» разработки на основе искусственного интеллекта, осознание идеи соответствия образования требованиям времени.

Проведенное форсайт-исследование показало, что одной из возможных задач внедрения технологий искусственного интеллекта и инструментальной психодиагностики может стать обеспечение эффективности когнитивных процессов ребенка в рамках обучения. Представляется, что комплексное внедрение систем искусственного интеллекта и современных технических средств в образовательный процесс для снижения негативных когнитивных эффектов современного обучения реально и возможно. Ответ на вопрос, может ли искусственный интеллект обеспечить когнитивную эффективность обучения, представляется однозначно положительным. Другое дело, когда это удается практически реализовать и внедрить в педагогическую практику? До определенной степени существующие технологии уже сегодня позволяют создать действующую модель когнитивно-эффективного обучения с применением искусственного интеллекта и технических средств современной психофизиологии. Такие технологии пока, к сожалению, слишком доро-

гостоящи как в плане разработки математических моделей и программного обеспечения, так и в аспекте использования необходимого оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Карпухин С.В., Лобажевич В.В. Использование искусственного интеллекта в образовании: перспективы и проблемы // Философия и культура информационного общества: тез. докл. Седьмой междунар. науч.-практ. конференции: в 2 ч. 2019. С. 206–209.
- 2. Славянов А.С., Фешина С.С. Технологии искусственного интеллекта в образовании как фактор повышения качества человеческого капитала // Экономика и бизнес: теория и практика. 2019. № 7. С. 156–159.
- 3. Проскурин И.Е. Обзор методов искусственного интеллекта, с особой ссылкой на сферу образования // Инновационные технологии в машиностроении, образовании и экономике. 2019. Т. 22, № 1 (11). С. 46–57.
- Шарунов Н.Д. Технология искусственного интеллекта как эффективная форма, применяемая в системе образования // Вестник научных конференций. 2018. № 3–2 (31). С. 122–124.
- 5. Ноткин Л.И. Искусственный интеллект и проблемы обучения. М., 2009. 132 с.
- 6. Чертовских О.О. Перспективы использования цифровых образовательных ресурсов // Балтийский гуманитарный журнал. 2019. Т. 8, № 4 (29). С. 184—187.
- Nkambou R., Bourdeau J., Mizoguch R. Computer Assisted Instruction and Intelligent Tutoring Systems: Shared Goals and Complementary Approaches. Springer Berlin Heidelberg, 2010. 288 p.
- 8. Murray T. Authoring Intelligent Tutoring Systems: An analysis of the state of the art // International Journal of Artificial Intelligence in Education. 1999. Vol. 10. P. 98–129.
- 9. Филонов Д.Р., Чалый Д.Ю. История и перспективы развития разговорного искусственного интеллекта в сфере образования // Заметки по информатике и математике : сб. науч. ст. Ярославль, 2019. С. 213–219.
- 10. Пырнова О.А., Зарипова Р.С. Технологии искусственного интеллекта в образовании // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации: материалы Семнадцатой открытой Всерос. конф. 2019. С. 335–337.
- 11. Усамов И.Р. Использование искусственного интеллекта в образовании: проблемы и перспективы // Миллионщиков-2019 : материалы II Всерос. науч.-практ. конф. студ., аспирантов и молодых ученых, посвященной 100-летию ГГНТУ. Грозный, 2019. С. 78–82.
- 12. Казиахмедов Т.Б., Мосягина Т.В. Модель интеллектуальной информационной системы для образования // Ученые записки ИУО РАО. 2016. № 4 (60). С. 111–114.
- 13. Нежметдинова Ф.Т., Барабаш Н.С. Трансформация образования в условиях формирования цифровой экономики // Инноватика и экспертиза: науч. тр. 2018. № 2 (23). С. 120–131.
- 14. Китайгородский М.Д. Индустрия 4.0 и ее влияние на технологическое образование // Современные наукоемкие технологии. 2018. № 11-2. С. 290–294.
- 15. Чулюков В.А. Индустрия образования и искусственный интеллект // Тенденции развития науки и образования. 2019. № 53-1. С. 45–47.
- 16. Chernorizov A.M., Isaychev S.A., Zinchenko Yu.P., Znamenskaya I.A., Zakharov P.N., Khakhalin A.V., Gradoboeva O.N., Galatenko V.V. Psychophysiological methods for the diagnostics of human functional states: new approaches and perspectives // Psychology in Russia: State of the Art. 2016. Vol. 9, Is. 4. P. 23–36.
- 17. Salazar-López E., Domínguez E., Juárez Ramos V., De la Fuente J., Meins A., Iborra O., Gálvez G., Rodríguez-Artacho M.A., Gómez-Milán E. The mental and subjective skin: Emotion, empathy, feelings and thermography // Consciousness and Cognition. 2015. № 34. P. 149. DOI: 10.1016/j.concog.2015.04.003
- 18. Биорадиолокация / под ред. А.С. Бугаева, С.И. Ивашова, И.Я. Имореева. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. 398 с.
- 19. Елшанский С.П. Некоторые когнитивные факторы эффективности обучения // Психология обучения. 2018. № 3. С. 56–64.
- 20. Алексеев Г.А. Применение теоретических знаний психологии памяти в организации эффективности учебного процесса // European research : сб. ст. XVII Междунар. науч.-практ. конф. 2018. С. 101–104.
- 21. Пентин А. Настоящее образование пойдет параллельно школе. Об электронных учебниках и о том, в чьих руках образование. URL: http://www.edutainme.ru/post/nastoyashee-obrazovanie-poydet-parallelno-shkole/ (дата обращения: 26.01.2020)
- 22. Ботоканов А.И., Сарымсаков А.А., Эсеналиева В.А. Значение памяти в обучении // Известия вузов. 2015. № 3. С. 141–144.
- 23. Иванюшина В.А., Уильямс Е.П. Трекинг, школьная мобильность и образовательное неравенство // Вопросы образования. 2019. № 3. С. 47–70. DOI: 10.17323/1814-9545-2019-4-47-70
- 24. Васильева: четверть населения России не владеет функциональным чтением. URL: https://tass.ru/obschestvo/5413075 (дата обращения: 26.01.2020).

Статья представлена научной редакцией «Педагогика» 9 марта 2020 г.

School of the Future: Can Artificial Intelligence Provide Cognitive Learning Efficiency?

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta – Tomsk State University Journal, 2021, 462, 192–201.

DOI: 10.17223/15617793/462/23

Sergey P. Elshansky, Moscow State Pedagogical University (Moscow, Russian Federation). E-mail: ye_@mail.ru

Keywords: cognitive-effective learning; artificial intelligence in education; tools for instrumental psychodiagnostics; thermography in education; oculography in education; forecast of future in education; foresight research in education.

This study is supported by the Russian Foundation for Basic Research, Project No. 19-29-14059.

The aim of the work was to demonstrate the possibility of using artificial intelligence technologies and instrumental psychodiagnostics tools to ensure the effective operation of cognitive learning mechanisms. The presented literary review shows the main directions of modern scientific thought in relation to the use of artificial intelligence in education. These are adaptive learning systems, whose main task is to adapt educational content within the framework of personalization of learning, and educational chatbots (virtual assistants, tutors), which assess the student's progress, monitor what and when the student studied, collect students' opinions about the teacher, predict educational problems and help to overcome them, predict academic results. The presented analysis of the scientific elaboration of the problem of using artificial intelligence for the tasks of ensuring the cognitive effectiveness of training showed the lack of such elaboration. The possibilities of integrating instrumental psychodiagnostics methods, such as laser Doppler vibrometry, bioradiolocation, eytracking, thermography, recognition and analysis of audio and video recordings, into intelligent educational systems have not been studied at all. The idea that the educational place of the student of the future should be provided with at least several instrumental psychodiagnostic channels has been expressed. At the same time, the artificial intelligence

system must coordinate the information received for these various channels. The article presents the results of an analytical foresight study that demonstrates the possibilities of building a class of the future, intensively using the idea of cognitive-effective education, artificial intelligence technology, and modern technical means. This study analyzes the cognitive factors that negatively affect the effectiveness of learning and the possibilities of overcoming them by means of artificial intelligence and instrumental psychodiagnostics, as well as the possible impact of digitalization on cognitive learning processes. The factors are analyzed: of non-preservation of learning knowledge in long-term memory, of non-homogenity of academic knowledge, of non-formation of the necessary information and cognitive basis of knowledge for a discipline or for further training in general, of insufficient academic attention, of lack of cognitive training, of the formation of recognition in the absence of the possibility of free actualization of knowledge, of the inefficiency of certain methods of digital education, of non-formation of knowledge explication and actualization in a dialogue, of different cognitive readiness of students in the class, of gadget-stress, of misunderstanding of reading (functional illiteracy), and others. The conclusion is made about the possibility and reality of an integrated implementation of artificial intelligence systems and of modern technical means in the educational process to reduce the negative cognitive effects of modern learning.

REFERENCES

- 1. Karpukhin, S.V. & Lobazhevich, V.V. (2019) [The use of artificial intelligence in education: Prospects and problems]. *Filosoftya i kul'tura informatsionnogo obshchestva* [Philosophy and culture of the information society]. Abstracts of the 7th International Conference. St. Petersburg: Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation. pp. 206–209. (In Russian).
- Slavyanov, A.S. & Feshina, S.S. (2019) Technologies of artificial intelligence in education as a factor of improving the quality of human capital.
 Ekonomika i biznes: teoriya i praktika – Economy and Business: Theory and Practice. 7. pp. 156–159. (In Russian). DOI: 10.24411/2411-0450-2019-11096
- 3. Proskurin, I.E. (2019) A review of artificial methods with a special reference to the field of education. *Innovatsionnye tekhnologii v mashi-nostroenii, obrazovanii i ekonomike*. 22:1 (11). pp. 46–57. (In Russian).
- Sharunov, N.D. (2018) Tekhnologiya iskusstvennogo intellekta kak effektivnaya forma, primenyaemaya v sisteme obrazovaniya [Artificial intelligence technology as an effective form used in the education system]. Vestnik nauchnykh konferentsiy. 3–2 (31). pp. 122–124.
- 5. Notkin, L.I. (2009) Iskusstvennyy intellekt i problemy obucheniya [Artificial intelligence and learning problems]. Moscow: [s.n.].
- 6. Chertovskikh, O.O. (2019) Prospects for the use of digital resources in education. *Baltiyskiy gumanitarnyy zhurnal Baltic Humanitarian Journal*. 8:4 (29), pp. 184–187. (In Russian).
- 7. Nkambou, R., Bourdeau, J. & Mizoguch, R. (2010) Computer Assisted Instruction and Intelligent Tutoring Systems: Shared Goals and Complementary Approaches. Springer Berlin Heidelberg.
- 8. Murray, T. (1999) Authoring Intelligent Tutoring Systems: An analysis of the state of the art. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. 10. pp. 98–129.
- 9. Filonov, D.R. & Chalyy, D.Yu. (2019) Istoriya i perspektivy razvitiya razgovornogo iskusstvennogo intellekta v sfere obrazovaniya [History and prospects for the development of colloquial artificial intelligence in education]. In: *Zametki po informatike i matematike: sb. nauch. st.* [Notes on computer science and mathematics: Articles]. Yaroslavl: Yaroslavl State University. pp. 213–219.
- 10. Pyrnova, O.A. & Zaripova, R.S. (2019) [Artificial intelligence technologies in education]. *Prepodavanie informatsionnykh tekhnologiy v Rossiyskoy Federatsii* [Teaching information technologies in the Russian Federation]. Conference Proceedings. Moscow. pp. 335–337. (In Russian).
- 11. Usamov, I.R. (2019) [The use of artificial intelligence in education: problems and prospects]. *Millionshchikov-2019*. Conference Proceedings. Grozny: Grozny State Oil Technical University. pp. 78–82. (In Russian).
- 12. Kaziakhmedov, T.B. & Mosyagina, T.V. (2016) Model' intellektual'noy informatsionnoy sistemy dlya obrazovaniya [Model of an intelligent information system for education]. *Uchenye zapiski IUO RAO*. 4 (60). pp. 111–114.
- 13. Nezhmetdinova, F.T. & Barabash, N.S. (2018) Transformation of education in the digital economy. *Innovatika i ekspertiza Innovatics and Expert Examination*. 2 (23). pp. 120–131. (In Russian).
- Kitaygorodskiy, M.D. (2018) Industry 4.0 and its impact on technological education. Sovremennye naukoemkie tekhnologii Modern High Technologies. 11-2. pp. 290–294. (In Russian).
- 15. Chulyukov, V.A. (2019) Industriya obrazovaniya i iskusstvennyy intellekt [Education industry and artificial intelligence]. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya*. 53-1. pp. 45–47.
- 16. Chernorizov, A.M. et al. (2016) Psychophysiological methods for the diagnostics of human functional states: new approaches and perspectives. *Psychology in Russia: State of the Art.* 9 (4). pp. 23–36.
- 17. Salazar-López, E. et al. (2015), The mental and subjective skin: Emotion, empathy, feelings and thermography. *Consciousness and Cognition*. 34. p. 149. DOI: 10.1016/j.concog.2015.04.003
- 18. Bugaev, A.S., Ivashov, S.I. & Imoreev, I.Ya. (eds) (2010) Bioradiolokatsiya [Bioradiolocation]. Moscow: Bauman Moscow State Technical University.
- 19. Elshanskiy, S.P. (2018) Nekotorye kognitivnye faktory effektivnosti obucheniya [Some cognitive factors of learning efficiency]. *Psikhologiya obucheniya Psychology of Education*. 3. pp. 56–64.
- 20. Alekseev, G.A. (2018) [Application of theoretical knowledge of psychology of memory in organizing an effective educational process]. *European research*. Proceedings of the International Conference. Penza: Nauka i Prosveshchenie. pp. 101–104. (In Russian).
- 21. Pentin, A. (2013) *Nastoyashchee obrazovanie poydet parallel no shkole. Ob elektronnykh uchebnikakh i o tom, v ch'ikh rukakh obrazovanie* [Real education will go parallel to school. On electronic textbooks and on who controls education]. [Online] Available from: http://www.edutainme.ru/post/nastoyashee-obrazovanie-poydet-parallelno-shkole/ (Accessed: 26.01.2020)
- 22. Botokanov, A.I., Sarymsakov, A.A. & Esenalieva, V.A. (2015) Znachenie pamyati v obuchenii [The value of memory in learning]. *Izvestiya vuzov*. 3. pp. 141–144.
- 23. Ivanyushina, V.A. & Williams, E.P. (2019) Tracking, school mobility, and educational inequality. *Voprosy obrazovaniya Educational Studies*. 3. pp. 47–70. (In Russian). DOI: 10.17323/1814-9545-2019-4-47-70
- 24. TASS. (2018) Vasil'eva: chetvert' naseleniya Rossii ne vladeet funktsional'nym chteniem [Vasilieva: A quarter of the population of Russia does not know functional reading]. [Online] Available from: https://tass.ru/obschestvo/5413075 (Accessed: 26.01.2020).

Received: 09 March 2020