

Ментальный подход к цифровой трансформации образования*

Цель исследования. Стремительное и широкое распространение цифровых технологий в обществе обуславливает необходимость скорейшей и эффективной цифровой трансформации образования. Процессы цифровизации образования сталкиваются с трудностями, связанными с необоснованными обновлениями средств и методик электронного и дистанционного обучения в традиционных методических системах, неготовностью педагогических кадров к профессиональной деятельности в новых реалиях, трудоемкостью и большими материальными и интеллектуальными затратами. В этой связи представляют интерес инновационные подходы, позволяющие достигать большей результативности цифровой трансформации образовательного процесса.

Работа посвящена обоснованию ментального подхода, развивающего и дополняющего принципы современной дидактики при цифровой трансформации образования, и обеспечивающего обновление средств и методов обучения с помощью ментальных технологий.

Методология и методы. Ментальный подход строится на фундаменте ментальных схем, определяющих реальность и человека с позиции его ментальности, сформированной в результате его индивидуального и коллективного жизненного опыта. В цифровую эпоху подход определяет механизмы достижения новых целей образования, таких как формирование и развитие у человека вычислительного, структурного, интуитивного, алгоритмического мышления. Основу ментального подхода составляют ментальные технологии обучения, использующие различные предметные ментальные структуры, концепт и интеллект-карты, предполагающие качественное и содержательное изменение и коррекцию индивидуальных знаниевых ментальных схем. Рассматривая обучение с помощью менталь-

ных схем и ментальных моделей, сформулированы принципы ментальной дидактики.

Результаты. Обозначены контуры ментального подхода в образовании, позволяющего осуществлять организацию учебного процесса на основе средств и методов обучения, опирающихся на фундамент предметных ментальных схем мышления. Он предоставляет реальную возможность реализации принципов лично-центрированного обучения, например, за счет модели «прозрачный» ящик, ментальных учебных примитивов, перевернутых ресурсов и ресурсов-трансформеров, а также ментальных технологий. Описан метод алгоритмических примитивов для развития структурного мышления. Обоснованы новые подходы к представлению электронных учебных ресурсов в перевернутом виде и формате трансформеров.

Выводы. Значимость ментального подхода проявляется в нескольких направлениях: применение модели «прозрачный ящик» в обучении и контроле знаний; использование учебных примитивов для построения структурно-ментальных схем обучения решению задач; создание персонализированных учебных ресурсов в формате трансформеров и перевернутых учебников, максимально соответствующих ментальности цифрового поколения; возможность реализации лично-центрированного обучения. Подход позволяет сформировать и развить ментальную дидактику для обеспечения результативности цифровой трансформации образования, облегчает достижение когнитивных целей предметного обучения и может эффективно удовлетворять современным требованиям цифрового общества к образованию.

Ключевые слова: ментальный подход в образовании, ментальная дидактика, ментальные схемы, ментальные технологии обучения

Nikolay I. Pak

Astafyev Krasnoyarsk State Pedagogical University, Krasnoyarsk, Russia

A Mental Approach to Digital Transformation of Education

Purpose of the study. The rapid and widespread dissemination of digital technologies in society necessitates the fastest and most effective digital transformation of education. The processes of digitalization of education face difficulties associated with unreasonable updates of the means and methods of electronic and distance learning in traditional methodological systems, the unpreparedness of teaching staff for professional activities in the new realities, laboriousness and large material and intellectual costs. In this regard, innovative approaches are of interest to achieve greater efficiency in the digital transformation of the educational process. The work is devoted to the substantiation of a mental approach that develops and complements the principles of modern didactics in the digital transformation of education, and provides an update of the means and methods of teaching using mental technologies.

Methodology and methods. The mental approach is built on the foundation of mental schemes that define reality and a person from the position of his mentality, formed as a result of his individual and collective life experience. In the digital era, the approach determines the mechanisms for achieving new goals of education, such as the formation and development in a person of computational, structural, intuitive, algorithmic thinking. The basis of the mental approach is made up of mental learning technologies that use various subject mental structures, concept and mind maps, suggesting a qualitative and meaningful change and correction of individual knowledge mental schemes. Considering learning with the help of mental schemes and mental models, the principles of mental didactics are formulated.

* Работа выполнена при поддержке Красноярского краевого фонда поддержки научной и научно-технической деятельности в рамках реализации проекта № 2021012106985: «Формирование и развитие вычислительного мышления обучаемых на основе автоматизированных и когнитивных средств обучения», а также по проекту «Создание национальной системы мониторинга развития цифровой образовательной среды практик дополнительного образования детей» в рамках государственного задания №073-00052-21-01 Министерства просвещения РФ.

Results. The contours of the mental approach in education, which allows the organization of the educational process on the basis of the means and methods of teaching, based on the foundation of mental schemes of thinking, are outlined. It provides a real opportunity to implement the principles of person-centered learning, for example, through the “transparent” box model, mental learning primitives, inverted resources and transforming resources, as well as mental technologies. The method of algorithmic primitives for the development of structural thinking is described. New approaches to the presentation of electronic educational resources in an inverted form and in a transformer format have been substantiated.

Conclusions. The importance of the mental approach manifests itself in several directions: the application of the “transparent box” model

in teaching and control of knowledge; the use of teaching primitives to design structural-mental schemes for learning problem solving; creation of personalized educational resources in the format of transformers and inverted textbooks that best match the mentality of the digital generation; the possibility of implementing person-centered learning. The approach allows the formation and development of mental didactics to ensure the effectiveness of the digital transformation of education, facilitates the achievement of the cognitive goals of subject learning and can effectively meet the modern requirements of the digital society for education.

Keywords: mental approach in education, mental didactics, mental schemes, mental learning technologies.

Введение

В настоящее время главным трендом в образовании является ее цифровая трансформация. Помимо качественных изменений в образовательной среде должны меняться цели и продукты образовательной системы. Знаниевые и компетентностные парадигмы образования необходимо расширить когнитивными результатами обучения. К примеру, помимо предметных, метапредметных и личностных результатов обучения важно предусмотреть формирование и развитие у обучаемых их вычислительного, структурного, интуитивного и алгоритмического мышления. *Вычислительное мышление* – «computational thinking» представляет главный феномен трансформации образования, поскольку ИКТ становятся неотъемлемой частью нашего мышления [1]. Еще один вид мышления – структурное, представляет навык, который позволяет видеть взаимосвязи на всех уровнях, дает возможность разбивать целое на компоненты и из набора элементов создавать целостные структуры и системы. *Структурное мышление* является одним из самых востребованных качеств современного специалиста и для его развития часто используют метод пирамиды, разработанный Барбарой Минто [2]. Суть метода заключается в выборе основного вопроса или ситуации, которые делятся на ряд проблем и задач, которые далее также раз-

деляются на части, до тех пор, пока разбивка не приведет нас к конкретным решениям.

Современные высокотехнологичные производства, непредсказуемые угрозы и необходимость осуществлять профессиональную деятельность в условиях неопределенности или избыточности информации и знаний делают интуитивное мышление важнейшей составляющей многих специалистов. *Интуитивное мышление* как способ принятия решений и осуществления деятельности неосознанно, без подкрепляющей теории, давно перешло из разряда «дар» в разряд «навык», и его необходимо целенаправленно развивать в образовательном процессе [3].

Еще один значимый компонент современного работника связан с его алгоритмическим мышлением. *Алгоритмическое мышление* всегда признавалось важнейшей когнитивной составляющей разума [4]. В цифровой век обозначилось требование к его формированию с детства, непрерывно до высокого уровня, с применением цифровых технологий.

Таким образом одними из целей цифровой трансформации образования можно определить формирование и развитие у обучаемых вычислительного, структурного, интуитивного и алгоритмического мышления.

В последнее время происходит существенная интеллектуализация и роботизация научной, познавательной и учебной деятельности обучае-

мых. Возникает необходимость развития подходов, обеспечивающих не только передачу ученику сообщений учебного характера, но и опыта путем «копирования» структуры мышления, к примеру, в формате ментальных схем [3, 4]. Важность ментального подхода заключается в возможности резкого повышения эффективности образовательной деятельности обучающегося за счет интеграции естественного и искусственного разума. Традиционные способы обучения, включая инновационные методы e-learning, используют модель черного ящика. Образовательное воздействие на ученика осуществляется вслепую с целью формирования в нем планируемых и желаемых способностей, знаний, умений и навыков. Наряду с этим, моделирование и построение ментальной структуры и механизмов мышления позволяет рассматривать взаимодействие с обучаемым с позиций «прозрачного ящика». В этом случае процесс обучения можно свести к формированию у ученика требуемых ментальных структур и диагностировать их качество визуально с помощью цифровых инструментов.

Следует отметить, что стремительное и широкое распространение «цифры» в обществе обуславливает необходимость скорейшей и эффективной цифровой трансформации образования. Процессы цифровизации образования сталкиваются с трудностями, связанными с необоснован-

ными обновлениями средств и методик электронного и дистанционного обучения в традиционных методических системах, неготовностью педагогических кадров к профессиональной деятельности в новых реалиях, трудоемкостью и большими материальными и интеллектуальными затратами. В этой связи представляют интерес инновационные подходы, позволяющие достигать большей результативности цифровой трансформации образовательного процесса.

Цель работы – обозначить контуры ментального подхода, развивающего и дополняющего принципы современной дидактики при цифровой трансформации образования, и обеспечивающего обновление средств и методов обучения с помощью ментальных технологий для развития у обучающихся их вычислительного, структурного, интуитивного и алгоритмического мышления.

Обзор литературы

В последние годы наблюдается резкое падение интереса и мотивации учащейся молодежи к обучению в традиционных формах. Обостряется противоречие между необходимостью модернизировать предметную подготовку студентов в условиях «цифровизации» и отсутствием эффективных когнитивных моделей обучения, в максимальной степени адекватных вызовам цифрового общества. В этой связи важнейшей задачей образования становится проектирование и апробация новых когнитивных средств, методов и моделей организации учебного процесса [5]. Широкое распространение дистанционных технологий обучения делает актуальной и важнейшей самообразовательную учебную деятельность обучающихся. При этом цифровые образовательные ресурсы (ЦОР) приобретают значительную роль в процессе их

самообразования. Интерес к созданию ЦОР не ослабевает, поскольку они становятся уже не вспомогательными, а основными учебными средствами. Однако большинство ЦОР не отражают принципы непринужденного обучения, не в полной мере учитывают когнитивные и психо-физиологические особенности, а также интересы цифрового поколения [6].

Цифровые средства обучения нового поколения должны отражать когнитивные особенности обучающегося, мотивировать его на достижение образовательных результатов в зависимости от его личных интересов и претензий. Основная идея цифровой трансформации образования заключается в создании нелинейных, многовариантных методических систем предметного обучения, нацеленных на персонификацию и визуализацию учебного процесса. Их концептуальной базой может быть структурирование учебной информации на платформе ментальных схем по модели «прозрачного ящика», позволяющей осуществлять интерактивную трансформацию материала самим обучающимся [7].

В отчете Европейской комиссии (JRC) [8] обращается особое внимание на необходимость формирования и развития у обучающихся *вычислительного мышления* «computational thinking». Интерес к этому термину привлекла J. M. Wing в 2006 году [9]. В систематическом обзоре научных публикаций за 2013–2020 годы [10] достаточно подробно описаны разные подходы к трактовке современного феномена понятия «вычислительное мышление» и важность его развития в образовании на всех ее уровнях. Исследователи выделяют набор многих компетенций, связанных с развитием вычислительного мышления. Среди них ключевыми являются: навык декомпозиции задач, рас-

познавание шаблонов, абстрагирование и алгоритмизация. Фактически выделение шаблонов и умение разделять сложные задачи на более простые представляет собой *структурное мышление*.

Структурное мышление можно рассматривать как самостоятельный тип мышления, который весьма востребован в самых разных областях, в том числе повседневной жизни. В частности, N. Shannon, В. Frischherz [11] рассматривают структурное мышление как способ разделения сущности на части и наоборот. Авторы работы [12] предлагают использовать CRIG pedagogical framework в качестве инструмента развития структурного мышления. Есть более частные подходы, к примеру, Mason et al. [13] рассматривают структурное мышление как знание и использование понятий и процедур при решении математических задач.

В одной из крупнейших и успешных компаний McKinsey&Company процесс решения проблемы начинается с составления структурированных схем, которые помогают составить карту для исследований и анализа. Успешность многих специалистов связывают с наличием подобных умений, а в работе [14] показан метод пирамиды, позволяющий их развивать. Суть метода заключается в выборе основного вопроса или ситуации, которые делятся на ряд проблем и задач, которые далее также разделяются на части, до тех пор, пока разбивка не приведет нас к конкретным решениям. При этом применяется принцип МЕСЕ (аббревиатура от Mutually Exclusive, Collectively Exhaustive – «взаимно исключающие, совместно исчерпывающие»), определяющий процедуру решения проблемы путем создания отдельных непересекающихся вопросов, относящихся к рассматриваемой проблеме.

Трансформация этого метода для образовательных целей может позволить в систематичном и структурированном виде решать ряд организационно-методических и учебных проблем.

Использование метода пирамиды Барбары Минто в структурировании проблемы и делении ее на ряд проблем и задач требуют *интуиции и данных*. *Интуитивное мышление* несправедливо игнорируется в образовательном процессе, его необходимо целенаправленно развивать [3].

Еще один значимый когнитивный компонент обучаемого связан с его алгоритмическим мышлением. Развитию *алгоритмического мышления* уделяется большое внимание в образовательном процессе в разных дисциплинах и с ранних возрастов. Следует отметить, что в последнее время в литературе алгоритмическое мышление связывают с вычислительным, используя родственные понятия: «алгоритмический стиль мышления», «алгоритмическая культура» и пр. [15, 16].

Методология и методы

Ментальный подход позволяет рассматривать обучение как процесс формирования и развития ментальных схем человека при его взаимодействии с окружающей средой. *Ментальная схема* является отражением реальности в памяти человека и ее фиксацией в пространственно-временном формате. *Мышление* можно рассматривать как процесс активации ментальной схемы, т.е. извлечение информации из памяти в виде связанной цепочки элементов ментальных схем, обеспечивающей организму достижение определенной цели.

На рис.1 показана графовая структура ментальной схемы, которая содержит в вершинах объекты (и/или информацию) окружающего мира (O_1, \dots, O_5),

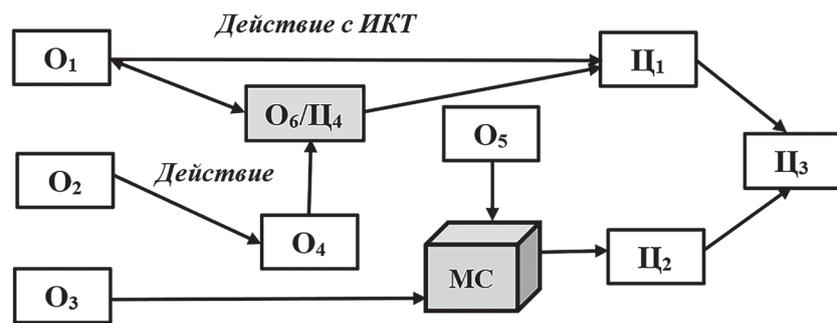


Рис. 1. Модельная структура ментальной схемы
Fig. 1. Model structure of the mental scheme

целевые объекты Π_1, Π_2, Π_3 , ментальные схемы (МС). Объекты могут быть одновременно и целями (O_6, Π_4). Преобразование объектов для достижения цели осуществляется с помощью операций (умственных, физических). Ментальная схема является динамичной, меняется со временем эволюционно, путем добавления новых образов, реконструкции старых в пространстве и во времени. В цифровом обществе большая часть деятельности осуществляется с использованием компьютерных средств, ИКТ. Феномен понятия «вычислительное мышление» как раз и связан с насыщением ментальных схем в условиях ИКТ. Каждая цель Π_3 может быть представлена как совокупность частных целей (Π_1, Π_2), достижение которых осуществляется несколькими способами по определенным алгоритмам, либо интуитивно с применением подходящих объектов, если

имеются неполные данные и отсутствие явного пути к цели. Представленный механизм мышления с позиций ментальных схем обосновывает актуальность вычислительного, структурного, интуитивного и алгоритмического мышления для современного цифрового поколения.

Проблема развития названных компонент мышления обучаемого сводится к формированию у него совокупности взаимосвязанных предметных ментальных схем, обладающих всеми необходимыми свойствами для успешного решения возникающих задач предметной области. При этом качество ментальных схем следует оценивать по их *полноте* (объему), *структурности*, *многообразию* и *насыщенности деятельностных маршрутов* (от исходных данных до целей).

Рассмотрим практический пример. Для формализации процесса создания и решения

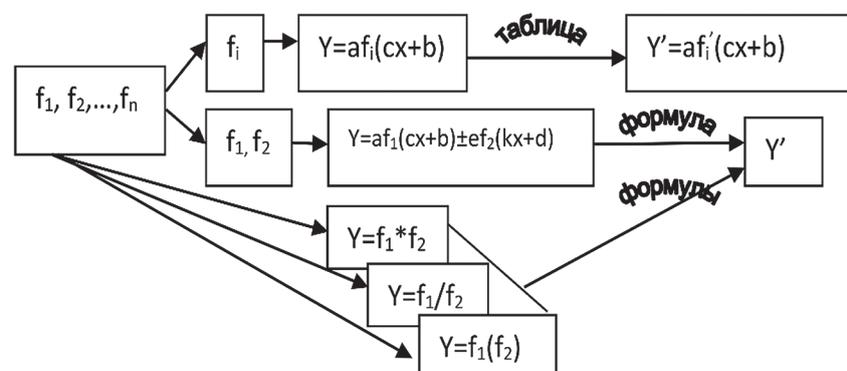


Рис. 2. Ментальная операционная схема дифференцирования функции
Fig. 2. Mental operating diagram of function differentiation

расчетной задачи выделим в определенной предметной области элементарные объекты, процессы и ситуации, для которых существуют математические модели в виде законов, формул или уравнений. К примеру, в математике к элементарным объектам следует отнести простейшие функции, фигуры и т.п. На рис. 2 представлен образец ментальной схемы для операций дифференцирования функций.

С помощью этой схемы можно сконструировать алгоритмы создания следующих задач по сложности: 1) дифференцирование простейших функций, выбираемых случайно из заданной базы с известными табличными ответами; 2) дифференцирование арифметических выражений, содержащих сложение и вычитание элементарных функций; 3) дифференцирование арифметических выражений, содержащих умножение или деление элементарных функций; 4) дифференцирование сложных функций (функции от функций); 5) дифференцирование выражений, содержащих предыдущие 4 варианта.

Генерация задач из составленных 5-ти классов позволяет осуществить тренаж по приобретению обучаемым требуемых умений дифференцирования функций и провести объективный контроль и диагностику этих умений.

Изучение любой предметной области следует проводить в несколько этапов [3]: сначала необходимо обеспечить формирование чувственных ментальных схем с помощью их ментальных моделей, затем систематизировать все образы, модели и понятия средствами языка. На первом этапе обучение нацелено на формирование связей между образами чувственной зоны и их модельными представлениями. Это этап формирования чувственного разума – *интуиции*. Второй этап обучения является

систематизацией интуитивного опыта с помощью понятий и терминов предметной области.

Рассматривая обучение на фундаменте ментальных схем и ментальных моделей, можно сформулировать *принципы их зарождения и развития*:

- принцип ментальной опорной точки учебной темы – это чувственный (жизненный) этап начального формирования ментальной схемы предметной области; например, схемы арифметических вычислений начинаются с ощущений количества объектов и целевых установок определения мер: много-мало, близко-далеко и т.п.

- принцип эволюционности формирования ментальной схемы – определяет необходимость непрерывности и дозированности обучающего материала для формирования объектов и ментальных маршрутов от опорной точки до цели; например, освоение программного приложения на простых, затем сложных задачах.

- принцип многообразия ментальных маршрутов от опорных точек до целей (формирование множества ментальных цепочек по схемам один-к-одному, одино-многим, многие-к-одному) – формирует *понимание* и мыслительный механизм выбора оптимального маршрута; например, решение некоторой задачи с помощью подходящих ИКТ.

- принцип вопросительности – определяет условия создания ситуации неопределенности, провоцирующей мотивацию и активизацию когнитивной системы для поиска необходимой информации и подходящих объектов для снятия возникшей неудовлетворенности или удовлетворения любопытства; например, вопросная форма обучения, нацеленная на поиск ответа на заданные вопросы.

- принцип структурности – определяет необходимость раз-

вивать мета-ощущения целостности и составного характера объекта, развивает мыслительные операции разделения и объединения; например, конструирование графического объекта с помощью набора геометрических примитивов.

Одним из направлений цифровой трансформации образования является модернизация методических систем обучения на принципах ментальной дидактики, нацеленных в первую очередь на развитие мышления с помощью теории, средств и методов предметных областей. При этом сами средства и методы обучения следует обновлять на основе ментального подхода.

Результаты и дискуссия

Учебными формализованными моделями предметной области, с позиций ментального подхода, могут служить структурно-ментальные схемы [17]. Метод построения структурно-ментальных схем основан на введении понятия «учебный примитив» и процедуры решения задач с помощью суперпозиции этих примитивов и наоборот – расчленение сложного решения на структурированный набор его компонент. К примеру, с помощью *вычислительных примитивов* можно строить схемы для обучения решению вычислительных задач [7, 17].

Математическая модель примитива:

$$F(x_1, \dots, x_n) = 0 \mid x_i = g(x_1, \dots, x_{i-1}, x_{i+1}, \dots, x_n), i = 1, \dots, n.$$

Если можно задать два примитива:

$$F1(x_1, \dots, x_n) = 0 \text{ и } F2(y_1, \dots, y_n) = 0,$$

у которых $x_k = y_p$, то можно составить уже задачу на два расчетных этапа:

$$x_i = g1(x_1, \dots, x_{i-1}, x_{i+1}, \dots, x_k, \dots, x_n), x_k = y_p,$$

$$y_p = g2(y_1, \dots, y_{p-1}, y_{p+1}, \dots, y_n).$$

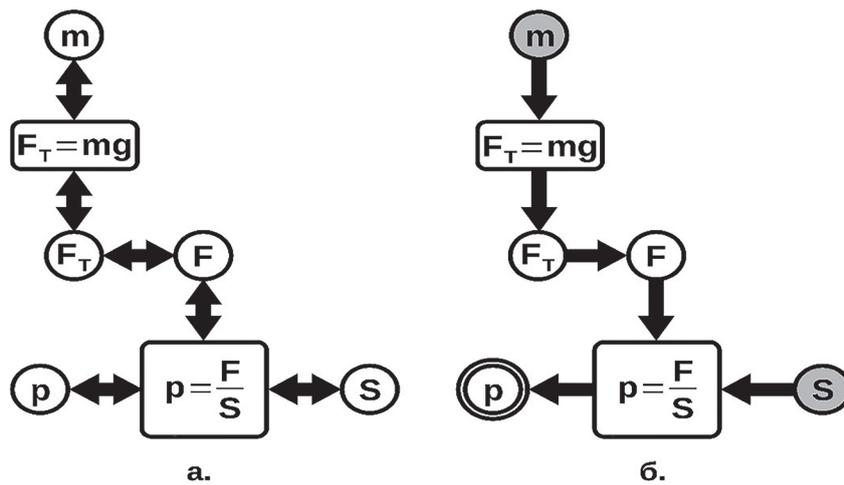


Рис. 3. Структурно-ментальная схема по элементарной физике
 Fig. 3. Structural-mental diagram of elementary physics

Для наглядности удобно представлять вычислительные задачи в виде графа, объединяющего ряд взаимосвязанных примитивов. На рис.3а) показан пример структурно-ментальной схемы по теме физики «давление»: m – масса тела; F – сила, с которой тело действует на опору; F_T – сила тяжести; p – давление; S – площадь опоры тела. Представленная схема позволяет сформулировать и показать маршрут решения для восьми задач. Одна из них может быть сформулирована следующим образом: «Вычислите давление, которое оказывает мраморная колонна, если площадь ее основания равна $0,12 \text{ м}^2$, а масса колонны 950 кг . (Ответ: 80 кПа)». Ход решения задачи представлен в виде маршрута, изображенного на рис. 1 б). Здесь цель решения обозначена двойным кругом, узлы-исходные данные выделены темным цветом.

Алгоритмические примитивы, представляющие шаблон алгоритма решения элементарной задачи, позволяют конструировать на мета-уровне алгоритмы и программы. Они облегчают начальное планирование структурного построения алгоритма решения задач сначала на обычном языковом уровне, затем в программном коде. Например, приведем не-

сколько примитивов для задач, связанных с численными методами:

1) Обмен значениями двух ячеек памяти.

$C := A \quad A := B \quad B := C$ (запись на алгоритмическом языке).

2) Задание произвольной функции одной переменной (это можно сделать несколькими вариантами, например, задать подпрограмму).

3) Задание одномерного массива $A[0..N]$ (вручную или рандомизированно).

4) Задание двумерного массива $A[0..N, 0..M]$ (вручную или рандомизированно).

5) Нахождение последовательности чисел по формуле: $A_0 = \text{const}; A_{n+1} = f(A_n), n = 0, \dots$ до тех пор, пока $|A_{n+1} - A_n| > \text{eps}$,

где eps – заданное число.

а) Задаем A_0 и eps ;

б) Находим $A_1 = f(A_0)$;

- с) Печатаем A_1 (если надо);
- д) Переприсваиваем $A_0 = A_1$;
- е) Повторяем б), с), д) до тех пор, пока $|A_1 - A_0| > \text{eps}$.

Очевидно, что с помощью подобных примитивов упрощается составление и понимание составления алгоритма численного решения разных задач итерационным методом.

Структурно-ментальные схемы полезны на всех этапах обучения. К примеру, рассмотрим их возможное представление по теме «Алгебраические выражения» (7 класс). Тема содержит разделы: числовые выражения и выражения с переменными (рис. 4, 5).

Формально представленные на рисунках структурные диаграммы позволяют генерировать примеры и задачи по рассматриваемой теме (при соответствующих разумных ограничениях). Очевидно, что диаграммы представляют схемы, которые удобно использовать для автоматизации основных этапов процесса обучения: представление информационного учебного материала; тренаж по решению задач; контроль усвоения знаний по теме.

С позиций ментального подхода и принципа «прозрачного ящика», примеры и задачи для соответствующих тем должны обеспечить формирование представленных на рисунках ментальных схем у обучаемого.

Аналогично можно рассмотреть ментальные схемы по

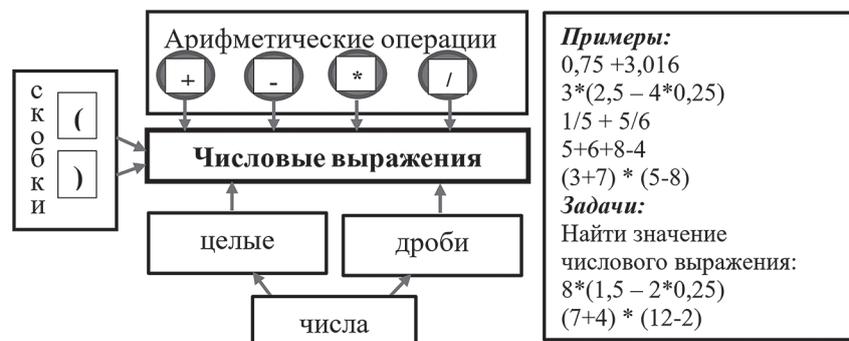


Рис. 4. Ментальная схема «Числовые выражения»

Fig. 4. Mental scheme “Numeric expressions”

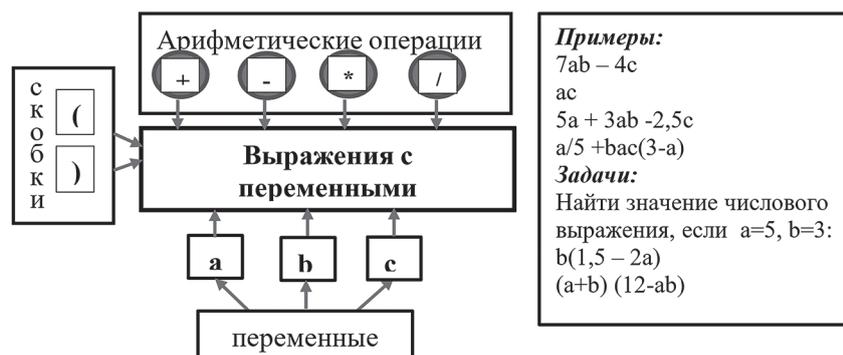


Рис. 5. Ментальная схема «Выражения с переменными»
 Fig. 5. Mental scheme “Expressions with variables”

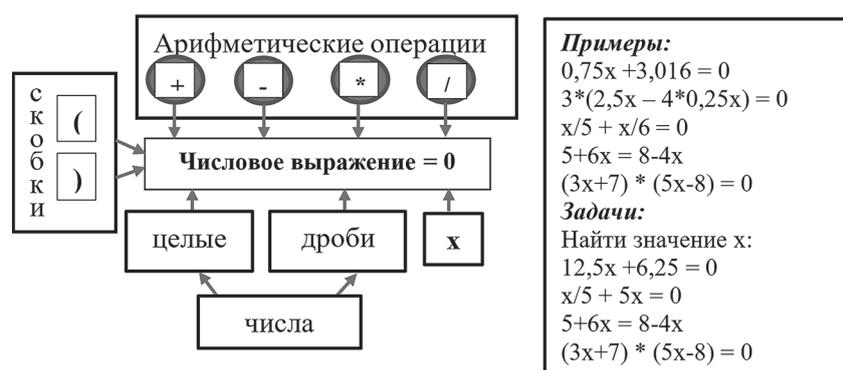


Рис. 6. Ментальная схема «Числовое линейное уравнение»
 Fig. 6. Mental scheme “Numerical linear equation”

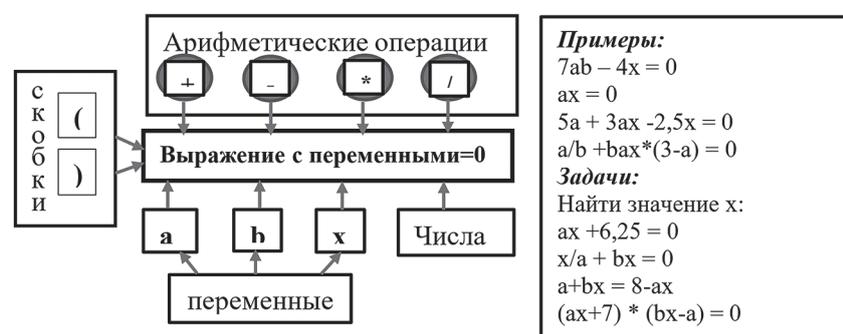


Рис. 7. Ментальная схема «Линейное уравнение с переменными»
 Fig. 7. Mental scheme “Linear equation with variables”

теме «Линейные уравнения» (Рис. 6, 7). Для «правильной» генерации примеров и задач к этим схемам следует добавить шаблонные их классы по принципу, который был обозначен при рассмотрении алгоритмов составления задач по теме «дифференцирование функций» (см. Рис.1). Следует отметить, что это важный момент, поскольку он определяет сложность заданий и формирует соответствующие классы эквивалентных задач.

Еще раз отметим, что подобное формализованное представление структурно-ментальных схем позволяет автоматизировать процессы генерации задач, проверки хода решения задач, организацию контроля.

В последнее время исследователи обращают внимание на то, что многие ЦОР не позволяют в полной мере реализовать принципы личностно-центрированного обучения, предполагающих для

обучаемого свободный выбор учебного контента, средств и методов самообразовательной деятельности [18]. Предложенный учеными КГПУ им. В.П. Астафьева [19, 20] способ перевернутого представления учебного контента в формате вопросно-задачного дерева знаний предметной области имеет множество дидактических возможностей. Структура топологического представления дерева знаний позволяет обучаемому персонализированно выбрать интересующие его вопросы и задачи, а, следовательно, получать информационные учебные ответы на эти заявленные предпочтения (Рис. 8).

Построение вопросно-задачного дерева удобно строить по методу пирамиды Барбары Минто [2, 14]. В качестве верхушки пирамиды выступает основополагающий вопрос предметной области. На следующем уровне выделяются подвопросы и задачи, которые не пересекаются, а дополняют друг друга, создают весь возможный спектр ответов на обозначенные вопросы. Далее каждый вопрос разделяется на подвопросы до тех пор, пока не обозначится ответ в виде учебного элемента или конкретного решения задачи. При этом элементы пирамиды не должны дублировать друг друга и все вместе должны давать системное представление о предметной области. Элементы каждого уровня должны быть соразмерны и однородны.

В методе выделяют три «золотых правила» построения пирамиды:

- Идеи любого уровня должны обобщать идеи, сгруппированные ниже.
- Идеи каждой группы должны быть логически взаимосвязаны.
- Идеи каждой группы должны быть представлены в логической последовательности.

На рис. 9 показан пример вопросно-задачного дерева по

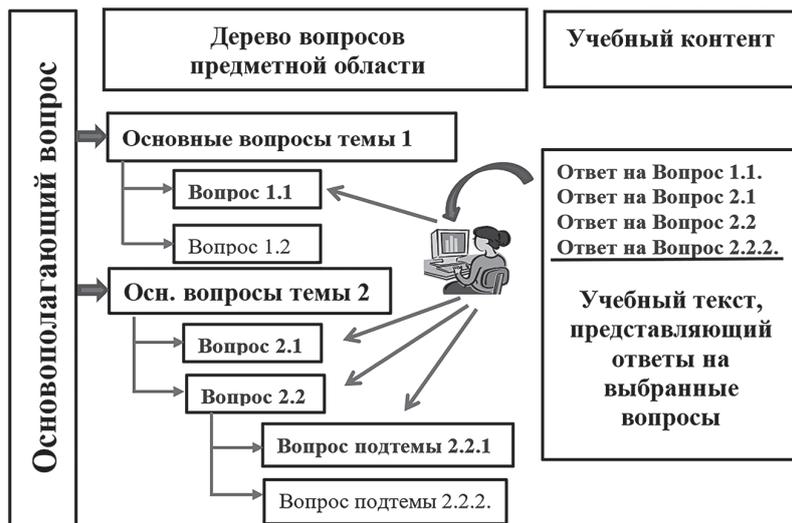


Рис. 8. Вопросно-задачное дерево знаний предметной области
 Fig. 8. Question-problem tree of knowledge of the subject area

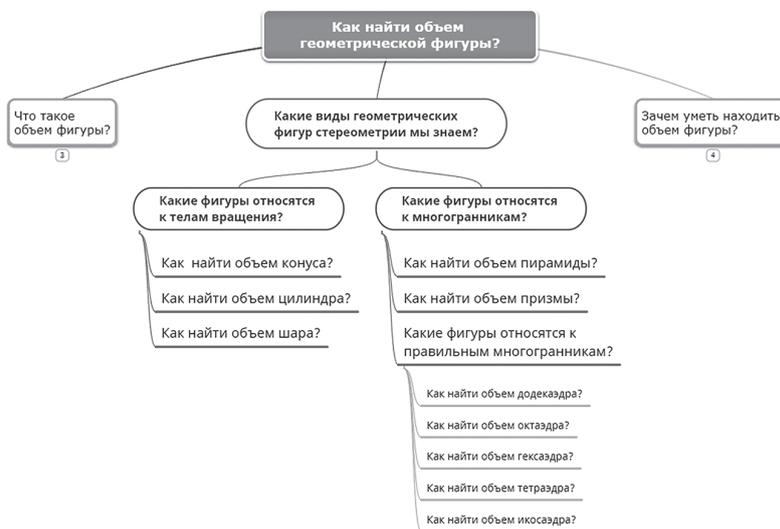


Рис. 9. Дерево вопросов по теме «Объем геометрических фигур»
 Fig. 9. Question tree on the topic “The volume of geometric shapes”

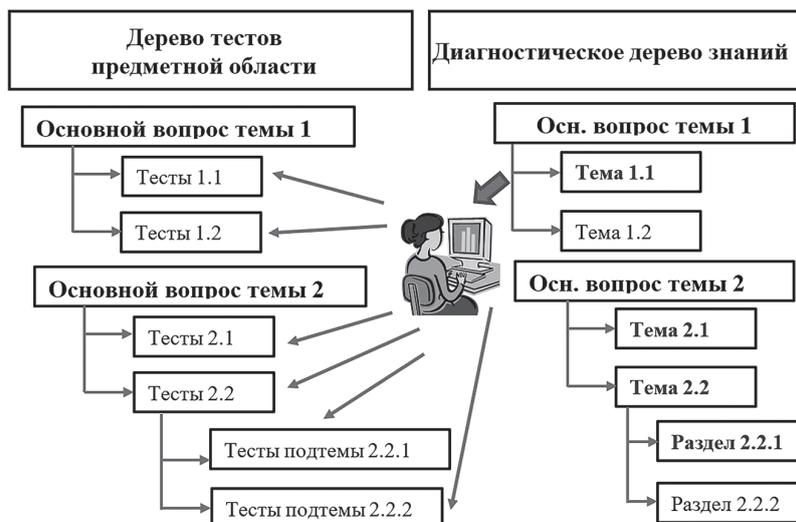


Рис. 10. Визуализация приобретенных знаний предметной области
 Fig. 10. Visualization of acquired knowledge of the subject area

одной из тем математики, созданный студентами.

Отдельного рассмотрения заслуживает разработка содержательного контента, т.е. ответов на вопросы учебного дерева. Известно, что современные ученики имеют склонность к персонализированному обучению. В этой связи представляется целесообразным проводить кластеризацию контингента обучаемых. При распознавании дидактического состояния ученика осуществляют задание характеристик личности в виде информационного вектора (x_1, \dots, x_n) и придание им весов (z_1, \dots, z_n) . После определения экспертом признаков кластеризации (в зависимости от специфики предметной области), формируются классы обучаемых: Q_1, \dots, Q_k . Например, пусть x_1 – решение тестовой задачи 1, $z_1 = 0..1$ (простая задача); x_2 – решение тестовой задачи 2, $z_2 = 0..3$ (сложная задача); x_3 – решение тестовой задачи 3, $z_3 = 0..5$ (сверхтрудная задача). В качестве признаков для кластеризации примем 4 уровня подготовленности обучаемого: Q_1 – сверхпрограммный уровень; Q_2 – программный уровень; Q_3 – базовый уровень; Q_4 – начальный уровень. Процедура распознавания пользователя заключается в определении его принадлежности к некоторому классу Q_i путем предъявления тестовых заданий.

Понятно, что кластеризация обучаемых может проводиться не только по уровню их подготовки, но и по другим признакам, например, когнитивным способностям или по психотипу восприятия информации. Тогда разработчику учебного контента следует создавать набор учебных элементов по заданному вопросу, наиболее адаптированных к каждому классу обучаемых. В этом случае, учебный ресурс будет представлять *трансформер*, который может настраи-

ваться под индивидуального ученика. Либо сам обучаемый сможет выбрать тот формат учебного контента, который ему удобен.

Многие исследователи обращают внимание на самоконтроль обучения, который при определенных условиях может сыграть решающую роль в повышении мотивации обучающего к познанию [21]. Для организации и визуализации самоконтроля изученного материала следует оценочные тесты также структурировать в виде тестового дерева, полностью соответствующего по топологии вопросно-задачному дереву знаний (Рис. 10).

При выполнении контролируемых учебных мероприятий обучаемый должен видеть ментальную структуру дерева знаний и наблюдать визуально какие ветви дерева он успешно усвоил. Подобный визуализированный самоконтроль обучения мотивирует обучаемого и развивает его ментальные схемы осознанно с внутренней мотивацией.

Выводы

Ментальный подход в образовании — это принципы и положения организации учебного процесса на основе средств и методов обучения, опирающихся на фундамент предметных ментальных схем мышления. Он предоставляет реальную

возможность реализации парадигмы личностно-центрированного обучения, например, за счет модели «прозрачный» ящик, ментальных учебных примитивов, перевернутых ресурсов и ресурсов-трансформеров, а также ментальных технологий. Концептуальность и формализованность учебных структурно-ментальных схем обеспечивают возможность автоматизации организации и управления всеми этапами учебного процесса.

Принципы ментального подхода:

- принцип ментальной опорной точки учебной темы;
- принцип эволюционности формирования ментальной схемы предметной области;
- принцип многообразия ментальных маршрутов от опорных точек до целей предметного обучения;
- принцип вопросительности предметного обучения;
- принцип структурности обучения.

Структурно-ментальные схемы предметной области представляют модели когнитивного мышления и позволяют реально использовать в образовательных целях методологию «прозрачного» ящика. Они позволяют расширить образовательные цели и предметные результаты когнитивными результатами обучения.

Предложенный метод учебных примитивов может зна-

чительно облегчить работу преподавателя по обучению студентов решению задач с помощью ИКТ и способствовать развитию у них вычислительного, структурного, интуитивного и алгоритмического мышления.

Метод пирамиды для построения ментальных схем в виде вопросного дерева знаний формирует платформу для структурированного обучения, а когда сами обучаемые учатся его использовать для составления вопросов — развивает у них структурное и интуитивное мышление.

Способ конструирования учебных трансформеров и перевернутого учебного контента позволяет в максимальной степени реализовать персонификацию обучения, а сам учебный процесс адаптировать под индивидуальные предпочтения и претензии обучаемого, развивая у него вычислительное мышление и навыки самообразовательной работы.

Ментальный подход позволяет сформировать и развить ментальную дидактику для обеспечения результативности цифровой трансформации образования, облегчает достижение когнитивных целей предметного обучения и может эффективно удовлетворять современным требованиям цифрового общества к образованию.

Литература

1. Хеннер Е.К. Вычислительное мышление // Образование и наука. 2016. № 2. С. 18–33.
2. Минто Б. Золотые правила Гарварда и McKinsey. Правила магической пирамиды для делового письма. Пер. с англ. А. Румянцева. М.: РОСМЭН-ПРЕСС, 2004. 192 с.
3. Баженова И.В., Бабич Н., Пак Н.И. От проективно-рекурсивной технологии обучения к ментальной дидактике [Электрон. ресурс]. Красноярск: СФУ, 2016. 160 с. Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/966979>.
4. Pak N.I., Stepanova T.A., Vazhenova I.V., Gavrilova I.V. Multidimensional algorithmic thinking development on mental learning

platform. 2019. Т. 12. № 6. С. 1072–1087. DOI: 10.17516/1997–1370–0410.

5. Баженова И.В., Пак Н.И. Проективно-рекурсивная технология обучения в личностно-ориентированном образовании // Педагогическое образование в России. 2016. № 7. С. 7–13.

6. Мирошкина М.Р. Цифровое поколение. Портрет в контексте педагогического профессионального образования // Социальная педагогика в России. Научно-методический журнал. 2018. № 3. С. 31–44.

7. Асауленко Е.В. Искусственный интеллект с позиции ментальных схем // Открытое образование. 2014. № 4. С. 50–54.

8. Engelhardt K., Punie Y., Chiocciariello A., Ferrari A., Dettori G., Kampylis P., Bocconi S. Developing computational thinking in compulsory education. Implications for policy and practice. 2016. DOI: 10.2791/715431.

9. Wing J. M. Computational thinking // *Communications of the ACM*. 2006. Т. 49. № 3. С. 33–35. DOI: 10.1145/1118178.1118215.

10. Lyon J. A., Magana A. J. Computational thinking in higher education: A review of the literature // *Computer Applications in Engineering Education*. 2020. Т. 28. № 5. С. 1174–1189. DOI: 10.1002/cae.22295.

11. Shannon Nick., Frischherz Bruno. Structural Thinking. 2020. DOI: 10.1007/978-3-030-41064-3_3.

12. Gronow M., Mulligan J., Cavanagh M. Teachers' understanding and use of mathematical structure // *Mathematics Education Research Journal*. 2020. С. 1–26. DOI: 10.1007/s13394-020-00342-x.

13. Mason J., Stephens M., Watson A. Appreciating mathematical structure for all // *Mathematics Education Research Journal*. 2009. Т. 21. № 2. С. 10–32.

14. Minto B. The Minto Pyramid Principle: Golden Rules for Thinking, Business Writing, and Speaking (Mann, Ivanov and Ferber). 2008. 272 с.

15. Лапчик М. П. Образование, грамотность, компетентность, культура: терминология эпохи информатизации [Электрон. ресурс] // *Информатизация образования и методика электронного обучения. Материалы II Между-*

народной научной конференции. Красноярск: СФУ, 2018. С. 38–43. Режим доступа: https://bik.sfu-kras.ru/sites/default/files/content/i-504583_informatizaciya_.pdf.

16. Босова Л. Л. Цифровые навыки современного школьника и возможности их формирования в школьном курсе информатики // *Информатика в школе*. 2020. № 7. С. 5–9. DOI: 10.32517/2221-1993-2020-19-7-5-9.

17. Асауленко Е. В. Формализация процесса формирования умения ученика решать вычислительные физические задачи на основе ментальных схем // *Педагогическая информатика*. 2017. № 2. С. 11–19.

18. Crumly C. *Pedagogies for Student-Centered Learning: Online and On-Ground*. Minneapolis: Fortress Press, 2014. 120 с.

19. Barkhatova D.A., Balykbaev T.O., Pak N.I., Khegay L.B. A student's e-learning self-control method based on a topological knowledge tree // *European Proceedings of Social & Behavioural Sciences EpSBS*. 2020. Т. 90. С. 1039–1050. DOI: 10.15405/epsbs(2357-1330).2020.10.3.

20. Пак Н.И., Потупчик Е.Г., Хегай Л.Б. Концепция трансформационных и перевернутых электронных учебников // *Вестник РУДН. Серия «Информатизация образования»*. 2020. Т. 17. № 2. С. 153–168.

21. Hattie John. *Visible Learning: A Synthesis of Over 800 Meta-Analyses Relating to Achievement*. NY: Routledge, 2008. 392 с.

References

1. Khenner Ye. K. Computational thinking. *Obrazovaniye i nauka = Education and science*. 2016; 2: 18–33. (In Russ.)

2. Minto B. *Zolotyye pravila Garvarda i McKinsey. Pravila magicheskoy piramidy dlya delovogo pis'ma*. Per. s angl. A. Rummyantseva = Golden Rules of Harvard and McKinsey. The rules of the magic pyramid for business writing. Tr. from Eng. A. Rummyantseva. Moscow: ROSMEN-PRESS; 2004. 192 p. (In Russ.)

3. Bazhenova I. V., Babich N., Pak N I. *Ot proyektivno-rekursivnoy tekhnologii obucheniya k mental'noy didaktike = From projective-recursive teaching technology to mental didactics* [Internet]. Krasnoyarsk: Siberian Federal University; 2016. 160 p. Available from: <https://znanium.com/catalog/product/966979>. (In Russ.)

4. Pak N. I., Stepanova T.A., Bazhenova I. V., Gavrilova I. V. Multidimensional algorithmic thinking development on mental learning platform. 2019; 12; 6: 1072–1087. DOI: 10.17516/1997–1370–0410.

5. Bazhenova I.V., Pak N.I. Projective-recursive teaching technology in personality-oriented education. *Pedagogicheskoye obrazovaniye v Rossii = Pedagogical education in Russia*. 2016; 7: 7–13. (In Russ.)

6. Miroshkina M.R. Digital generation. Portrait in the context of pedagogical professional education. *Sotsial'naya pedagogika v Rossii. Nauchno-metodicheskiy zhurnal = Social pedagogy in Russia. Scientific and methodical journal*. 2018; 3: 31–44. (In Russ.)

7. Asaulenko Ye. V. Artificial intelligence from the perspective of mental schemes. *Otkrytoye obrazovaniye = Open education*. 2014; 4: 50–54. (In Russ.)

8. Engelhardt K., Punie Y., Chiocciariello A., Ferrari A., Dettori G., Kampylis P., Bocconi S. Developing computational thinking in compulsory education. Implications for policy and practice. 2016. DOI: 10.2791/715431.

9. Wing J. M. Computational thinking. *Communications of the ACM*. 2006; 49; 3: 33–35. DOI: 10.1145/1118178.1118215.

10. Lyon J. A., Magana A. J. Computational thinking in higher education: A review of the literature. *Computer Applications in Engineering Education*. 2020; 28; 5: 1174–1189. DOI: 10.1002/cae.22295.

11. Shannon Nick., Frischherz Bruno. Structural Thinking. 2020. DOI: 10.1007/978-3-030-41064-3_3.

12. Gronow M., Mulligan J., Cavanagh M. Teachers' understanding and use of mathematical

structure. *Mathematics Education Research Journal*. 2020; 1-26. DOI: 10.1007/s13394-020-00342-x.

13. Mason J., Stephens M., Watson A. Appreciating mathematical structure for all. *Mathematics Education Research Journal*. 2009; 21; 2: 10–32.

14. Minto B. *The Minto Pyramid Principle: Golden Rules for Thinking, Business Writing, and Speaking* (Mann, Ivanov and Ferber). 2008. 272 p.

15. Lapchik M. P. Education, literacy, competence, culture: terminology of the era of informatization [Internet]. *Informatizatsiya obrazovaniya i metodika elektronnoy obucheniya. Materialy II Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii = Informatization of education and e-learning methodology. Materials of the II International Scientific Conference*. Krasnoyarsk: Siberian Federal University; 2018. P. 38–43. Available from: https://bik.sfu-kras.ru/sites/default/files/content/i-504583_informatizatsiya_.pdf. (In Russ.)

16. Bosova L. L. Digital skills of a modern student and the possibility of their formation in the school course of computer science. *Informatika v shkole = Computer science at school*. 2020; 7: 5–9. DOI: 10.32517/2221-1993-2020-19-7-5-9. (In Russ.)

17. Asaulenko Ye. V. Formalization of the process of formation of a student's ability to solve computational physical problems on the basis of mental schemes. *Pedagogicheskaya informatika = Pedagogical informatics*. 2017; 2: 11–19. (In Russ.)

18. Crumly C. *Pedagogies for Student-Centered Learning: Online and On-Ground*. Minneapolis: Fortress Press; 2014. 120 p.

19. Barkhatova D.A., Balykbaev T.O., Pak N.I., Khegay L.B. A student's e-learning self-control method based on a topological knowledge tree. *European Proceedings of Social & Behavioural Sciences EpSBS*. 2020; 90: 1039–1050. DOI: 10.15405/epsbs(2357-1330).2020.10.3.

20. Pak N.I., Potupchik Ye.G., Khegay L.B. The concept of transformational and inverted electronic textbooks. *Vestnik RUDN. Seriya «Informatizatsiya obrazovaniya» = Bulletin of RUDN. Series «Informatization of Education»*. 2020; 17; 2: 153–168. (In Russ.)

21. Hattie John. *Visible Learning: A Synthesis of Over 800 Meta-Analyses Relating to Achievement*. NY: Routledge; 2008. 392 p.

Сведения об авторе

Николай Инсебович Пак

Д.п.н., профессор кафедры информатики и информационных технологий в образовании, Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева, Красноярск, Россия
Эл. почта: nik@kspu.ru

Information about the author

Nikolay I. Pak

Dr. Sci. (Pedagogy), Professor of Department of Informatics and Information Technologies in Education
Astafyev Krasnoyarsk State Pedagogical University, Krasnoyarsk, Russia
E-mail: nik@kspu.ru