



УДК 004.9

DOI: <http://dx.doi.org/10.21686/1818-4243-2024-2-50-58>Н.И. Пак¹, Е.В. Асауленко²¹ Красноярский государственный педагогический университет
им. В.П. Астафьева, Красноярск, Россия² Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение средняя
общеобразовательная школа № 7 им. В.П. Астафьева, Дивногорск, Россия

Технология конструирования структурно-ментальных схем для расчетных задач*

Цель исследования. Современные средства и методы обучения, как правило, неявно опираются на модель «черный ящик». В отличие от нее, модель «белый ящик» имеет явные дидактические преимущества. К сожалению, их сложно реализовать в образовательном процессе в связи с отсутствием доступных способов конструирования этой модели. Целью исследования является разработка технологии конструирования модели «белого ящика» в виде структурно-ментальной схемы расчетных задач в области элементарной физики. Эта технология предполагает использование вычислительных примитивов для построения задачных схем путем их суперпозиции.

Материалы и методы. Разработка технологии конструирования модели «белый ящик» в виде структурно-ментальной схемы расчетных задач в области элементарной физики. Использование вычислительных примитивов для построения задачных схем путем их суперпозиции. Определение сложности конкретной задачи через количество примитивов, участвующих в «маршруте» хода решения. Организация обучения студентов по модели «белый ящик» с визуализацией процесса формирования умений решать расчетные задачи.

Результаты. Схемы имеют возможность обеспечить прочность и полноту формирования умения решать задачи у обучаемого. При этом многообразие маршрутов и набор весов его путей составляют информационную модель обучения. В ка-

честве примера представлены структурно-ментальные схемы по теме «тепловые явления». Они показывают необходимость использования нескольких типов примитивов, в частности, примитивов-функций, примитивов-суммы. Структурно-ментальные схемы позволяют организовать обучение студентов по модели «белый ящик», визуализировать процесс формирования и развития у обучаемых умений решать расчетные задачи, тем самым обеспечивая контроль и самоконтроль учебной деятельности.

Заключение. Опираясь на положения ментального подхода, предложена технология построения структурно-ментальных схем, представляющих когнитивный образ мыслительной деятельности по решению расчетных задач. Базовой основой технологии являются вычислительные примитивы, с помощью которых конструируются задачные схемы путем их суперпозиции. Сложность конкретной задачи определяется количеством примитивов, участвующих в «маршруте» хода решения. Предложенная технология применима для построения структурно-ментальных схем расчетных задач в различных предметных областях.

Ключевые слова: когнитивные схемы, ментальный подход, обучение решению задач, вычислительный примитив, структурно-ментальная схема, «белый ящик».

Nikolay I. Pak¹, Evgeniy V. Asaulenko²¹ Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V.P. Astafiev, Krasnoyarsk, Russia² Municipal budgetary educational institution, secondary school No. 7 named after V.P. Astafiev, Divnogorsk, Russia

Technology for designing structural-mental schemes for calculation tasks

The purpose of the study. Modern teaching tools and methods, as a rule, implicitly rely on the “black box” model. In contrast, the “white box” model has clear didactic advantages. Unfortunately, they are difficult to implement in the educational process due to the lack of available ways to construct this model. The purpose of the study is to develop a technology for constructing a “white box” model in the form of a structural and mental scheme of calculation tasks in the field of elementary physics. This technology involves the use of calculation primitives to design task schemes by superposition.

Materials and methods. Development of technology for constructing the “white box” model in the form of a structural and mental scheme of calculation tasks in the field of elementary physics. The use of calculation primitives to construct task schemes by superposition. Determining the complexity of a specific task through the number of primitives involved in the “route” of the solution. Organization of students’ training according to the “white box” model with visualization of the process of forming skills to solve calculation tasks.

Results. Schemes have the ability to ensure the strength and completeness of the formation of the ability to solve problems of the student. At the same time, the variety of routes and the set of weights of the

paths make up the information model of learning. As an example, structural and mental schemes on the topic “thermal phenomena” are presented. They show the need to use several types of primitives, in particular, function primitives, sum primitives. Structural and mental schemes allow students to organize training according to the “white box” model, visualize the process of formation and development of students’ skills to solve calculation tasks, thereby ensuring control and self-control of educational activities.

Conclusion. Based on the provisions of the mental approach, a technology for constructing structural and mental schemes representing a cognitive way of thinking in solving computational problems is proposed. The basic technology is computational primitives, with the help of which problem schemes are constructed by superposition. The complexity of a particular task is determined by the number of primitives involved in the “route” of the solution. The proposed technology is applicable to the construction of structural and mental schemes of computational problems in various subject areas.

Keywords: cognitive schemes, mental approach, problem solving training, computational primitive, structural-mental scheme, “white box”.

* Исследование выполнено 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».

Введение

Современная реальность отражает значительный научно-технологический прогресс во многих направлениях жизнедеятельности, что неизбежно проявляется в сфере обучения. Обучаться и переобучаться необходимо глубоко, качественно, а главное — быстро. Более значимыми становятся тренды самостоятельного обучения, дистанционного обучения, обучения без отрыва от производства. В приоритете оказываются не только специальные знания и узкоспециализированные умения, но также широкие универсальные умения, которые называют гибкими навыками (soft skills) [16]. Одним из подобных умений является способность находить выходы из проблемных ситуаций, решать задачи с привлечением необходимых ресурсов для достижения запланированной цели. Культура мышления успешного разрешения проблемных ситуаций в обучении в большей степени формируется при решении задач. Особую значимость учебные задачи имеют при обучении точным и естественным наукам (математике, физике, химии и др.).

Требование уметь решать задачи зафиксировано в федеральном образовательном стандарте. В частности, в стандарте основного общего образования второго поколения [14] в предметных результатах обучения явно указано требование к сформированности у обучающихся умения решать расчетные задачи по учебному предмету «Физика». С переходом к стандартам третьего поколения [15] требование уметь решать расчетные задачи конкретизируется и расширяется. Под расчетной задачей будем понимать описание некоторой ситуации, сопровождающееся проблемным вопросом получения значения некоторой величины с помощью логических умозаключений и мате-

матических действий над заданными значениями величин, характеризующих свойства и отношения объектов. Решением (ответом) расчетной задачи является числовое значение неизвестной величины.

Решение задачи представляет сложный мыслительный процесс. В работе [5] представлена графоподобная схема решения расчетных физических задач, убедительно показывающая многокомпонентность этого умения.

В реальной традиционной практике формирование умения решать задачи осуществляется с использованием модели «черный ящик» (ЧЯ) [4]. Под ЧЯ обычно понимается объект (в нашем случае — ученик), устройство которого неизвестно. Исследователь оказывает на него различные воздействия и наблюдает отклик с целью установления закономерностей между входным и выходным сигналом [17]. Предполагается, что информация об уровне подготовки обучающегося отсутствует до проведения процедуры контроля (итогового, промежуточного или текущего). Широкое распространение модели ЧЯ в дидактике обусловлено рядом объективных исторических причин. Однако, модель имеет ряд недостатков и в настоящее время ее дидактический потенциал во многом исчерпан [3]. В этой связи представляет большую привлекательность модель «белый ящик» (БЯ), которая была обоснована Н. Винером [9, стр. 33]. Для реализации идеи использования БЯ в обучении необходимо смоделировать устройство, которое представляет механизм умения решать задачи. Структура этого устройства должна быть известна и доступна для наблюдения и анализа. В процессе обучения производится настройка БЯ так, чтобы он отражал реальный опыт ученика. При этом сам БЯ будет являться моделью умения ученика

решать задачи. Наличие такой объективной модели реализованной, например, в электронной вычислительной машине, имеет ряд преимуществ в организации обучения, среди которых отметим возможность мгновенного контроля с детальным анализом умений обучающегося и, как следствие, адекватного оперативного управления обучением.

Целью настоящей работы является разработка технологии конструирования модели «белый ящик» в виде структурно-ментальной схемы расчетных задач, формируемой на основе вычислительных примитивов по физике.

Процесс решения расчетной задачи представляет собой преобразование исходных данных с целью получить результат — числовое значение некоторой величины, определенной заданными условиями. Для построения желаемой модели БЯ с позиций расчетных задач и описания технологии ее конструирования обратимся к методологическим основам ментального подхода и современным исследованиям разума [7]. Наиболее фундаментальные идеи относительно применения воспринимаемой информации к когнитивным процессам изложены И. Кантом [11, стр. 156]. Согласно его представлениям, существует некоторый посредник между информацией, данной в восприятии, и мышлением. Это посредствующее звено Кант называет схемами. Идея схем в дальнейшем получила развитие в когнитивной психологии.

Дж. Андерсон [1, стр. 157] представляет эти схемы подобно фреймам — структурам данных, развитым в теории искусственного интеллекта. Подобные схемы мыслятся хранилищами информации о вещах и являются модельным отражением категорий. Э. Толмен, опираясь на результаты экспериментов с ориентацией крыс в пространстве лабиринтов,

вводит понятие «когнитивные карты», которые есть ничто иное, как схемы лабиринтов. Перевод статьи с описанием этого исследования опубликован в [10]. Приведенные Э. Толменом эксперименты на латентное обучение, опыты с пространственной ориентацией убедительно, хотя и косвенно показывают, что поведение крыс может быть объяснено тем, что у животного формируются схемы. Эксперименты с гипотезами показывают, как животное пытается выбрать соответствующую схему для решения нестандартной проблемной ситуации. Опыты на поиск стимула доказывают, что схемы формируются активным преобразованием чувственной информации. Э. Толмен в работе проводит параллель с человеческой психикой и проецирует результаты экспериментов с животными на человеческое поведение и обучение. У. Найссер расширяет понятие схемы на восприятие [12] и, помещая ее в структуру перцептивного цикла, подчеркивает ее влияние на все когнитивные процессы. Схема воспринимает чувственный образ, и направляет когнитивную активность воспринимающего индивида, определяя выбор следующего объекта для восприятия. По определению У. Найссера, схема представляет ту часть перцептивного цикла, которая является внутренней по отношению к воспринимающему субъекту. При этом понятие «схема» обобщает все внутренние когнитивные процессы. Б.М. Величковский [8, стр. 36] развивает данное понятие и выделяет схемы сцен — фреймы и схемы событий — сценарии.

Возможно, что в силу специфики предмета психологии, исследователи не рассматривают устройство схем, их внутреннюю структуру и не пытаются построить модель этих схем. В то же время, с точки зрения нейробиологов, когни-

тивные процессы рассматриваются как функции ансамблей нейронов. При этом современные методы позволяют визуализировать активность отдельных нейронов [18], что позволяет наблюдать активность нейронов в процессе работы мозга. Результаты подобных исследований являются прямым доказательством существования схем. Достигнутые успехи в изучении когнитивных процессов в двух полярных областях (психологии и нейрофизиологии) все же не позволяют создать модель схемы пригодную для построения БЯ, которую можно будет использовать в дидактических целях. Таким образом несмотря на широкое использование понятия «схема», имеющее достаточно прочную методологическую основу в различных науках о мозге, остаются открытыми вопросы структурного представления этих схем для построения модели БЯ.

На физиологическом уровне схемы представляют собой ансамбли нейронов головного мозга. Человеческий мозг состоит из очень большого числа нервных клеток, и надежда на возможность моделирования схем, через рассмотрение отдельных клеток очень мала. Поэтому целесообразно использовать не физиологический, а информационный взгляд на существование подобных структур. Н.И. Пак [7] предлагает концептуальную модель схемы в виде графа, содержащего терминальные и нетерминальные узлы. Ребра такого графа представляют различные операции над данными, они могут иметь веса являющиеся мерами моторики, эмоций и др. Узлы графа могут быть терминальными — узлы данные, и нетерминальными — схемы более низкого уровня, комбинированными. Уже подобное представление ментальной схемы позволяет определить новые задачи обучения — целенаправленное

формирование у обучающегося схем, соответствующих образовательным запросам.

Согласно вышеизложенной концептуальной модели схем и применительно к обучению решению расчетных задач, следует назначить терминальным узлам соответствующие исходные данные и искомое значение неизвестной величины. В этом случае нетерминальные узлы будут представлять математические выражения, способы преобразования и расчета значений величин.

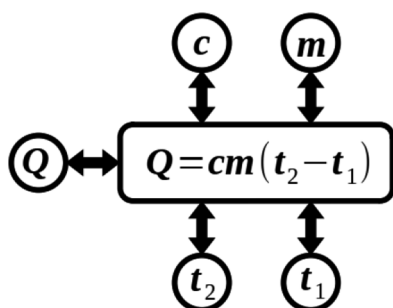
Такие структуры названы структурно-ментальными схемами. Они могут быть применены для формализованного описания умения обучающегося решать расчетные задачи, для описания алгоритма решения каждой частной физической задачи [6], а также для автоматизации обучения решению расчетных задач [13].

В следующем разделе описываются вычислительные примитивы — объекты, модели элементарных схем. Далее, на их основе описывается технология конструирования структурно-ментальных схем для расчетных задач. В последнем разделе статьи обсуждаются возможные области применения структурно-ментальных схем.

Основной текст статьи

Вычисления, составляющие суть любой расчетной задачи, производятся на основе известных закономерностей (законов, правил, формул). При этом, непосредственно математическое выражение (формула) выступает математической моделью относительно математических объектов, выражаемых известными закономерностями. Математический элемент, состоящий из математической модели и входящих в нее величин, будем называть вычислительным примитивом (ВП). Такой объект удобно изображать в виде

графа (примитивной схемы), центральной нетерминальной вершиной которого будет математическое выражение, а периферийные терминальные узлы — величины, входящие в данное выражение. Пример ВП представлен на рис. 1, где изображена математическая модель выражения количества теплоты, необходимого для нагревания тела или отдаваемого им при остывании.



Составлено авторами.

Compiled by the authors.

Рис. 1. Пример вычислительного примитива-функции (Q — количество теплоты, c — удельная теплоемкость, m — масса, t_1 , t_2 — температуры).

Fig. 1. An example of a computational primitive function (Q — amount of heat, c — specific heat capacity, m — mass, t_1 , t_2 — temperatures).

Двунаправленные связи между узлами графа наделены следующим смыслом. Связи, направленные от нетерминального узла к терминальному, соответствуют операциям вычисления значения с использованием математического выражения (формулы). Связи, имеющие обратное направление от терминального узла к нетерминальному, соответствуют операциям подстановки значений в центральное математическое выражение.

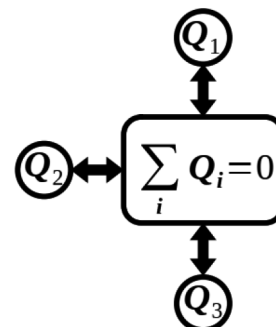
Основное свойство для вычислительного примитива — это выполнение И-преобразования. Оно определяет однозначное вычисление значения одной из терминальных величин примитива, когда значения всех остальных величин известны. Свойство

соответствует математической операции подстановки известных значений в выражение и вычисление единственного искомого. Описанный объект на рис. 1 назовем примитив-функция.

Примитивами подобного вида возможно описать множество различных ситуаций. Однако, иногда встречаются выражения, которые содержат суммы в общем виде, где количество слагаемых может быть различным в зависимости от частных ситуаций, к которым применяются данные выражения. Примером такого выражения в физике может послужить уравнение теплового баланса, которое представляется в следующем виде: $\sum Q_i = 0$. Такая сумма может содержать различное количество слагаемых, в зависимости от того о каких тепловых процессах идет речь в задаче, и в различных задачах количество слагаемых будет отличаться. Подобная ситуация не позволяет перечислить все терминальные вершины ВП для выражений с суммой в общем виде. В этом случае разумно ввести понятие «примитив-сумматор». При вычислении или выражении какого-либо значения величины, входящие параметры в сумме могут заменяться нулями (исключаются из суммирования), если они не фигурируют в проблемной ситуации. Таким образом, благодаря этому приему, примитив-сумматор также выполняет И-преобразование. Пример подобного примитива-сумматора, построенного на основе уравнения теплового баланса, представлен на рис. 2.

Вычислительные примитивы рассмотренных двух видов (примитив-функция и примитив-сумматор) отражают подавляющее большинство закономерностей в расчетных задачах по физике. Для других математических операций, ко-

торые могут встречаться при решении расчетных задач (например, дифференцирование или интегрирование) следует вводить дополнительные соответствующие примитивы.



Составлено авторами.

Compiled by the authors.

Рис. 2. Пример вычислительного примитива-сумматора, содержащего уравнение теплового баланса.

Fig. 2. An example of a computational adder primitive containing the heat balance equation.

Одни и те же величины могут входить в несколько различных выражений, т.е. вычислительные примитивы могут иметь одинаковые терминальные вершины. В этом случае возникает возможность объединения нескольких примитивов в сетевую структуру через общие для них терминальные вершины. Такая сеть, во-первых, является моделью предметной области, отражающей структуру взаимосвязей между различными величинами посредством математических закономерностей. Во-вторых, она представляет модель когнитивной схемы формирующейся при обучении решать расчетные задачи в данной области, а также управляющих процессом обучения. Из-за такой двойственности в назначении этих структур они названы структурно-ментальными схемами (СМС).

Решение задачи на СМС представляется в виде пути проходящем от терминальных узлов — величин, значения ко-

торых даны по условию расчетной задачи, к единственному терминальному узлу – величине, значение, которое требуется вычислить. В том случае, если невозможно провести путь от узлов данных к узлу цели через нетерминальные узлы выполняющие И-преобразования в соответствии со свойствами примитивов, через которые проходит путь, задача не имеет решения. Если же такой путь возможен – задача решается.

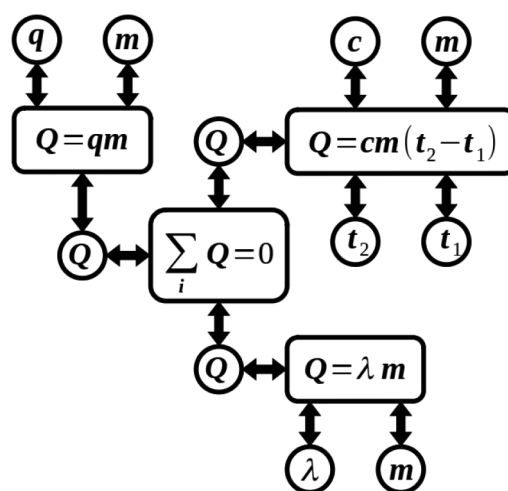
В структурно-ментальных схемах могут быть три вида связей: связи от нетерминального узла (выражения) к терминальному узлу (величине), они обозначают вычисление значения величины; связи от терминального узла (величины) к нетерминальному узлу (выражению), обозначают подстановку значения; связи между терминальными узлами, обозначающие отождествление величин. Если связи снабдить весами, то они могут обозначать уровень сформированности данной связи в когнитивной схеме обучающегося. Набор весов в комплекте с СМС составляют модель умения решать расчетные задачи.

Процесс создания СМС начинается с выбора предметной области, в которой имеют место математические закономерности определяющие возможность составлять и решать задачи. Далее следует выбрать основные закономерности, по которым формируются вычислительные примитивы. При этом предпочтение следует отдавать основным закономерностям, которые не выводятся из других выражений (опытным законам, определениям). Иногда встречаются формулы, которые являются следствиями от основных закономерностей. СМС, состоящие одновременно из примитивов, с основными и с производными выражениями, будут показывать формальные альтернативные пути решения задач, которые

будут соответствовать выводу производных выражений. При проектировании СМС подобных ситуаций следует избегать, чтобы исключить путаницу в идентификации пути решения задачи обучающимся. Часто от решения задачи остается только ответ – одно единственное значение рассчитанной величины. Это обусловлено, во-первых, спецификой расчетных задач, во-вторых, особенностями формы контроля (например, при тестировании, если расчетная задача сформулирована в виде задания открытого или закрытого вида). При этом невозможно в точности определить ход решения задачи. В связи с этим, предпочтительно иметь расчетные задачи, которые имеют единственный ход решения. В противном случае необходимо предусмотреть отслеживание способа решения задачи обучающимся, что сравнительно не сложно при экспертной проверке, однако, в случае автоматизации контроля представляет самостоятельную нетривиальную задачу.

Таким образом, алгоритм составления СМС может быть следующим: выбор предметной области в которой достаточно много закономерностей, выражаемых математическими выражениями; выбор основных выражений, которые составят суть вычислительных примитивов; выделение множества величин, описывающих предметную область и входящих в выбранные основные выражения; определение выражений второго порядка, выводимых из основных и по возможности отказ от их использования при составлении СМС; проверка связности вычислительных примитивов, основанных на выбранных выражениях (т.е. в СМС не должно быть изолированных участков, все ВП должны быть связаны друг через друга); объединение вычислительных примитивов в единую СМС.

В качестве примера, иллюстрирующего технологию конструирования структурно-ментальной схемы, рассмотрим тему «Тепловые явления» (рис. 3).



Составлено авторами.

Compiled by the authors.

Рис. 3. Возможная структурно-ментальная схема по теме «Тепловые явления» (Q – количество теплоты, q – удельная теплота сгорания топлива, m – масса, c – удельная теплоемкость, λ – удельная теплота плавления, t_1 , t_2 – температуры)

Fig. 3. Possible structural and mental diagram on the topic “Thermal Phenomena” (Q – amount of heat, q – specific heat of combustion of fuel, m – mass, c – specific heat capacity, λ – specific heat of fusion, t_1 , t_2 – temperatures)

Формулировка одной из расчетных задач по этой теме может выглядеть следующим образом:

Какое количество каменного угля требуется для того, чтобы нагреть до кипения воду массой 10 кг, находящуюся при температуре 20°C?

Решение данной задачи в виде пути на СМС представлено на рис. 4.

Понимание верного решения задачи обучающимся как акта укрепления фрагмента его когнитивной схемы, соответствующего частной СМС задачи, очевидно несет в себе намного больше информации, чем понимание того, что обучающийся получил верный ответ на задачу. Накопление и анализ этой информации позволяет понять какие операции обучающийся выполнял и насколько часто. Представленная модель БЯ в виде структурно-ментальной схемы позволяет провести детальный

анализ сформированности умения обучающегося решать расчетные задачи.

Структурно-ментальные схемы, технология построения которых представлена в работе могут использоваться для различных целей.

Визуализация схемы и структурности верно решенных обучающимся задач позволяет провести качественный контроль умения решать расчетные задачи. Очевидно, если в процессе обучения учитывается только количество задач, решенных обучающимся, контроль умения является поверхностным. Число решенных задач не может гарантировать полного разнообразия в проработке различных операций встречающихся при решении расчетных задач.

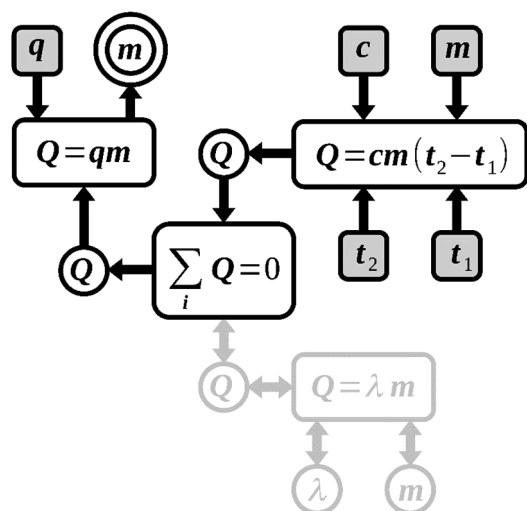
Рассмотрение частных СМС верно решенных обучающимся задач позволяет учесть содержание каждой задачи. Наложение частных СМС выявит

связи, которые обучающийся проработал наиболее тщательно. Если же некоторые связи при таком анализе окажутся не задействованными, это однозначно означает, что задачи с данными операциями обучающийся не решал, и они составляют пробелы в его умениях.

Часто осознание собственных потребностей обучающимся на таком глубоком уровне невозможно, поскольку для понимания таких дефицитов необходим, во-первых, «взгляд со стороны», во-вторых, опыт в данной области. Определить индивидуальные пробелы в знаниях у обучающегося способен опытный наставник, но не сам обучающийся, который, очевидно не является экспертом в изучаемой предметной области. Компьютерная система способная строить модели схем обучающихся и настраивать эти модели в соответствии уровнем сформированности умения у обучающегося вполне может в автоматизированном режиме определять индивидуальные дефициты обучающихся.

Заключение

Предлагаемая технология составления СМС обеспечивает возможность построения модели «белый ящик» для дидактических целей. Структурно-ментальная схема и набор весов ее связей составляют информационную модель умения обучающегося решать расчетные задачи. Она позволяет не только детально рассмотреть какие именно операции при решении задач освоены обучающимся, но также учесть продолжительность промежутков времени между успешными решениями. А это очень важно при анализе прочности усвоения рассматриваемого умения, если учитывать эффекты забывания и организации своевременного повторения. Такая модель будет детально отражать реальный опыт обучающегося. Практическая



Составлено авторами.

Compiled by the authors.

Рис. 4. Пример представления решения задачи по теме «Тепловые явления», в виде пути на структурно-ментальной схеме. Тут терминальные узлы — данные выделены скругленными прямоугольниками с серым фоном, двойным кругом обозначен терминальный узел — цель решения. Бледно-серым отмечена та часть СМС, которая не задействована в решении данной задачи.

Fig. 4. An example of presenting a solution to a problem on the topic “Thermal Phenomena”, in the form of a path on a structural-mental diagram. Here the terminal nodes - the data is highlighted in rounded rectangles with a gray background, the terminal node - the goal of the solution - is indicated by a double circle. The part of the structural-mental schemes that is not involved in solving this problem is marked in pale gray.

реализация модели БЯ на основе структурно-ментальных схем описана в [2]. Модель умения решать задачи построенная по принципу «белого ящика» организована следующим образом. При регистрации пользователя, в системе создается копия СМС отдельно для данного пользователя. Ребрам этой схемы приписываются веса, отражающие уровень проработки той операции которой соответствует связь. При решении обучающимся задачи веса ребер, входящих в частную схему задачи увеличиваются. Когда обучающийся верно решает задачу, система автоматически увеличивает вес тех связей, которые соответствуют операциям, встречающимся в решении этой задачи. Так происходит настройка «белого ящика» непосредственно в процессе обучения.

Наличие системы, в которой имеется модель умения обучающегося формирующаяся по принципу «белый ящик», позволяет организовать персонализированный контроль и процесс персонализированного обучения. Наблюдая состояние модели — белого ящика, можно получить информацию о том, какие задачи следует предложить обучающемуся для упражнений, чтобы удовлетворить его индивидуальные образовательные потребности.

Графовидная структура СМС позволяет визуализировать процесс обучения. При работе с классическим задачиком, в котором собраны за-

дачи по различным разделам какой-либо науки, обучающемуся недоступно представление того, насколько хорошо сформировано его умение решать расчетные задачи. Единственная метрика доступная в данном случае — это процент решенных задач. Очевидно, что одно единственное число не может дать подробной информации о том, насколько широко сформировано умение и насколько оно прочно. Визуализация в данном случае просто необходима. Обладая информацией о подробном составе и состоянии своего умения решать задачи, обучающийся сможет самостоятельно выбрать задания необходимые для дальнейшего совершенствования. Таким образом, визуализация СМС даёт возможность организовать эффективный процесс самостоятельной работы обучающихся по формированию умения решать расчетные задачи.

Визуализация с помощью частной СМС позволяет указать обучающемуся ход решения задачи. Часто визуальный канал восприятия информации является доминантным, и подача информации в таком виде оказывается предпочтительной. Также, изучение частной СМС, может существенно упростить понимание хода решения. При этом, что немало важно, обладание подобной графической инструкцией не избавляет учащегося от необходимости самостоятельного выполнения всех операций решения, но, напротив, моти-

вирует к попыткам, поскольку ход решения становится понятным, прозрачным, а успех решения более вероятным.

Помимо вышесказанного, наличие СМС предметной области, позволит составить разнообразные задачи. Комплект таких задач может гарантированно покрывать все возможные операции с математическими законами, описывающими предметную область.

В работе предложена технология конструирования структурно-ментальных схем, которая может быть представлена в виде следующей последовательности этапов:

- выбор предметной области, в которой распространены математические закономерности;
- выбор основных математических выражений;
- выделение множества величин, описывающих выбранную предметную область;
- составление набора вычислительных примитивов;
- проверка связности вычислительных примитивов, основанных на выбранных выражениях;
- объединение вычислительных примитивов в единую структурно-ментальную схему.

Созданные структурно-ментальные схемы обеспечивают дидактический процесс по модели «белый ящик».

Предложенная технология применима для конструирования СМС для расчетных задач из различных предметных областей.

Литература

1. Андерсон Дж. Р. Когнитивная психология. Пер. с англ. С. Комаров; гл. ред. Е. Строганова. 5-е изд. СПб.: Питер, 2002. Серия «Мастера психологии». 496 с.
2. Асауленко Е.В. Автоматизация процесса организации персонализированной самостоятельной работы студентов по решению задач на основе когнитивного подхода: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / Асауленко Евгений Васильевич. Красноярск, 2020. 205 с.

3. Асауленко Е.В. Анализ процесса развития методов контроля знаний с позиции теории черного ящика // Педагогическое образование в России. 2016. № 5. С. 41–46.
4. Асауленко Е.В. О применении модели черного ящика при контроле знаний // Сибирский учитель. 2016. № 6 (109). С. 57–61.
5. Асауленко Е.В. Тестирование знаний учащихся на основе машинного анализа ментальных карт // Вестник Красноярского государственного педагогического уни-

верситета им. В.П. Астафьева. 2013. № 4. С. 239–243.

6. Асауленко Е.В. Формирование способностей ученика решать вычислительные физические задачи на основе ментальных схем // Педагогическая информатика. 2017. № 2. С. 11–19.

7. Баженова И.В., Бабич Н., Пак Н.И. От проективно-рекурсивной технологии обучения к ментальной дидактике: монография. Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2016. 160 с.

8. Величковский Б.М. Когнитивная наука. Основы психологии познания : в 2 т. Том 1 : учебник для вузов. М.: Издательство Юрайт, 2022. 405 с.

9. Винер Н. Кибернетика, или управление и связь в животном и машине. 2-е издание М.: Наука; Главная редакция изданий для зарубежных стран, 1983. 344 с.

10. Гальперин П.Я., Ждан А.Н. История психологии. Период открытого кризиса (начало 10-х середина 30-х годов XX в). 2-е изд. доп. М.: Издательство Московского университета, 1992. 364 с.

11. Кант И. Сочинения. В 8 томах. Т. 3. М.: ЧОРО, 1994. 741 с.

12. Найссер У. Познание и реальность. Смысл и принципы когнитивной психологии. Пер. с англ. В.В. Лучкова. М.: Прогресс, 1981. 232 с.

13. Пак Н.И., Асауленко Е.В. Автоматизация процесса обучения решению вычислитель-

ных задач с позиций когнитивного подхода // Информатизация образования и методика электронного обучения : материалы II Международной научной конференции (Красноярск, 25–28 сентября 2018 года). Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2018. С. 227–231.

14. Приказ Министерства образования и науки РФ от 17 декабря 2010 г. N 1897 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования».

15. Приказ Министерства просвещения РФ от 31 мая 2021 г. № 287 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования».

16. Сорокопуд Ю.В., Амчиславская Е.Ю., Ярославцева А.В. Soft Skills («Мягкие навыки») и их роль в подготовке современных специалистов // Мир науки, культуры, образования. 2021. № 1(86). С. 194–196.

17. Эшби У.Р. Введение в кибернетику. Пер. с англ. Д.Г. Лахути. Под ред. В.А. Успенского. М.: Издательство иностранной литературы, 1959. 432 с.

18. Barykina N.V., Ivashkina O.I., Anokhin K.V. и др. FGCaMP7, an improved version of fungi-based ratiometric calcium indicator for in vivo visualization of neuronal activity // International Journal of Molecular Sciences. 2020. № 8(21). 3012 с.

References

1. Anderson J.R. Kognitivnaya psikhologiya = Cognitive psychology. Tr. from Eng: Komarov, ed. E. Stroganova. 5th ed. Saint Petersburg: Piter; 2002. Series “Masters of Psychology”. 496 p. (In Russ.)

2. Asaulenko Ye.V. Avtomatizatsiya protsessa organizatsii personifitsirovannoy samostoyatel'noy raboty studentov po resheniyu zadach na osnove kognitivnogo podkhoda = Automation of the process of organizing personalized independent work of students to solve problems based on the cognitive approach: dissertation of Cand. Sci. (Pedagogy): 13.00.02. Krasnoyarsk; 2020. 205 p. (In Russ.)

3. Asaulenko Ye.V. Analysis of the development process of knowledge control methods from the perspective of the black box theory. Pedagogicheskoye obrazovaniye v Rossii = Pedagogical education in Russia. 2016; 5: 41–46. (In Russ.)

4. Asaulenko Ye.V. On the use of the black box model in knowledge control. Sibirskiy uchitel' = Siberian teacher. 2016; 6 (109): 57–61. (In Russ.)

5. Asaulenko Ye.V. Testing students' knowledge based on machine analysis of mental maps. Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. V.P. Astaf'yeva = Bulletin of the Astafiev Krasnoyarsk State Pedagogical University. 2013; 4: 239–243. (In Russ.)

6. Asaulenko Ye.V. Formation of student's abilities to solve computational physical problems based on mental schemes. Pedagogicheskaya informatika = Pedagogical informatics. 2017; 2: 11–19. (In Russ.)

7. Bazhenova I.V., Babich N., Pak N.I. Ot proyektivno-rekursivnoy tekhnologii obucheniya k mental'noy didaktike: monografiya = From projective-recursive teaching technology to mental didactics: monograph. Krasnoyarsk: Siberian Federal University; 2016. 160 p. (In Russ.)

8. Velichkovskiy B.M. Kognitivnaya nauka. Osnovy psikhologii poznaniya = Fundamentals of cognitive psychology: in 2 volumes. Volume 1: textbook for universities. Moscow: Yurayt Publishing House; 2022. 405 p. (In Russ.)

9. Viner N. Kibernetika, ili upravleniye i svyaz' v zhivotnom i mashine = Cybernetics, or control and communication in animals and machines. 2nd edition. Moscow: Science; Main editorial board of publications for foreign countries; 1983. 344 p. (In Russ.)

10. Gal'perin P.Ya., Zhdan A.N. Istoriya psikhologii. Period otkrytogo krizisa (nachalo 10-kh sredina 30-kh godov XX v) = History of psychology. The period of open crisis (early 10s - mid 30s of the 20th century). 2nd ed. add. Moscow: Mos-

cow University Publishing House; 1992. 364 p. (In Russ.)

11. Kant I. Sochineniya = Essays. In 8 volumes. Vol. 3. Moscow: CHORO; 1994. 741 p. (In Russ.)

12. Naysser U. Poznaniye i real'nost'. Smysl i printsipy kognitivnoy psikhologii = Cognition and reality. The meaning and principles of cognitive psychology. Tr. from Eng. V.V. Luchkova. Moscow: Progress; 1981. 232 p. (In Russ.)

13. Pak N.I., Asaulenko Ye.V. Automation of the learning process for solving computational problems from the perspective of a cognitive approach. Informatizatsiya obrazovaniya i metodika elektronogo obucheniya : materialy II Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii = Informatization of education and e-learning methods: materials of the II International Scientific Conference (Krasnoyarsk, September 25–28; 2018). Krasnoyarsk: Siberian Federal University; 2018: 227-231. (In Russ.)

14. Order of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation of December 17; 2010 No. 1897 «Ob utverzhdenii federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo standarta osnovnogo

obshchego obrazovaniya» = «On approval of the federal state educational standard of basic general education» (In Russ.)

15. Order of the Ministry of Education of the Russian Federation of May 31; 2021 No. 287 «Ob utverzhdenii federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo standarta osnovnogo obshchego obrazovaniya» = «On approval of the federal state educational standard of basic general education» (In Russ.)

16. Sorokopud Yu.V., Amchislavskaya Ye.Yu., Yaroslavtseva A.V. Soft Skills and their role in the training of modern specialists. Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya = World of science, culture, education. 2021; 1(86): 194-196. (In Russ.)

17. Ashby W.R. Vvedeniye v kibernetiku = Introduction to cybernetics. Tr. from Eng. D.G. Lakhuti. Ed. V.A. Uspenskogo. Moscow: Foreign Literature Publishing House; 1959. 432 p. (In Russ.)

18. Barykina N.V., Ivashkina O.I., Anokhin K.V. et al. FGCaMP7, an improved version of fungi-based ratiometric calcium indicator for in vivo visualization of neuronal activity. International Journal of Molecular Sciences. 2020; 8(21). 3012 p.

Сведения об авторах

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

Евгений Васильевич Асауленко

Учитель
Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение средняя общеобразовательная школа №7 им. В.П. Астафьева, Дивногорск, Россия
Эл. почта: evgeniy.asaulenko@mail.ru

Information about the authors

Nikolay I. Pak

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

Evgeny V. Asaulenko

Teacher
Municipal budgetary educational institution secondary school No. 7 named after V.P. Astafiev, Divnogorsk, Russia
E-mail: evgeniy.asaulenko@mail.ru