Педагогическая информатика | Pedagogical Informatics

Научная статья
УДК 37.025.7

СТРУКТУРНО-МЕНТАЛЬНЫЕ СХЕМЫ КАК КОГНИТИВНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ УЧЕБНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

Евгений Васильевич Асауленко[1], Ирина Васильевна Баженова[2], Маргарита Михайловна Клунникова[3], Николай Инсебович Пак[4] ✉

[1] *Средняя общеобразовательная школа № 7 им. В. П. Астафьева, Дивногорск, Россия*
[2, 3] *Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия*
[4] *Красноярский государственный педагогический университет им. В. П. Астафьева, Красноярск, Россия*

[1] *evgeniy.asaulenko@mail.ru*
[2] *apkad@yandex.ru*
[3] *mklunnikova@gmail.com*
[4] *koliapak@yandex.ru* ✉

Аннотация. В статье рассматриваются возможности структурно-ментальных схем для визуализации процесса формирования, развития и оценки учебных компетенций обучающихся, связанных с вычислительным мышлением. Выделяются три типа задач и соответствующих им структурно-ментальных схем. Обучение решению расчетных задач происходит с помощью схем на основе вычислительных примитивов. Для операционных задач разрабатываются иерархические процедурные схемы. Алгоритмические задачи представляются в виде традиционных блок-схем с участием алгоритмических примитивов.

Ключевые слова: структурно-ментальные схемы; расчетные задачи; операционные задачи; алгоритмические задачи; ментальный подход.

Благодарности: 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».

Original article
UDC 37.025.7

STRUCTURAL-MENTAL SCHEMES AS COGNITIVE TOOLS FOR LEARNING COMPETENCIES FORMATION AND DEVELOPMENT

***Evgeny V. Asaulenko*[1], *Irina V. Bazhenova*[2], *Margarita M. Klunnikova*[3], *Nikolay I. Pak*[4] ✉**

[1] *Secondary school № 7 named after V. P. Astafiev, Divnogorsk, Russia*
[2, 3] *Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia*
[4] *Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V. P. Astafyev, Krasnoyarsk, Russia*

[1] *evgeniy.asaulenko@mail.ru*
[2] *apkad@yandex.ru*
[3] *mklunnikova@gmail.com*
[4] *koliapak@yandex.ru* ✉

Abstract. The article considers the structural-mental schemes possibilities for visualizing the process of formation, development and evaluation of students' learning competencies related to computational thinking. Three types of tasks and their corresponding structural-mental schemes are identified. Learning to solve calculation tasks occurs using schemes based on computational primitives. Hierarchical procedural schemes are being developed for operational tasks. Algorithmic tasks are presented in the form of traditional flowcharts involving algorithmic primitives.

Keywords: structural-mental schemes; calculation tasks; operational tasks; algorithmic tasks; mental approach.

Acknowledgements: the study was carried out with the support of the Krasnoyarsk Regional Fund for the Support of Scientific and Scientific-technical activities within the framework of the project No. 2021012106985: "Formation and development of computational thinking of students based on automated and cognitive learning tools".

Для цитирования: Структурно-ментальные схемы как когнитивные инструменты формирования и развития учебных компетенций / Е. В. Асауленко [и др.] // Вестник МГПУ. Серия «Информатика и информатизация образования». 2024. № 3 (69). С. 7–22.

For citation: Structural-mental schemes as cognitive tools for learning competencies formation and development / E. V. Asaulenko [et al.] // MCU Journal of Informatics and Informatization of Education. 2024. № 3 (69). P. 7–22.

Введение

Ментальность современной молодежи имеет ярко выраженный цифровой след, ей нужны новые формы информационных источников знаний и технологий обучения. Для обучающихся доцифрового периода в большей степени применялась образовательная стратегия, заключавшаяся в освоении опыта и приобретении знаний, необходимых для будущей жизни (знания ради знаний). Современные школьники и студенты предпочитают решать задачи путем поиска необходимой информации и ресурсов (знания для решения возникшей задачи). В связи с этим обновление средств и методов обучения должно быть связано с эффективным формированием и развитием компетенций и мышления обучающихся.

Решение задач является важнейшей характеристикой мышления человека. Согласно Леонтьеву, «задача — это и есть цель, данная в определенных условиях» [1, с. 118]. В психологическом словаре термин «задача» определяется как «данная в определенных условиях цель деятельности, которая должна быть достигнута преобразованием этих условий согласно определенной процедуре. Задача включает в себя требования (цель), условие (известное) и искомое (неизвестное), формулирующееся в вопросе» [2, с. 119].

Умение решать задачи является важнейшей компетенцией образованного человека. Дидактика по решению задач имеет давнюю историю и богатейшие методические наработки. С формальной точки зрения она в основном опирается на модель «черный ящик», предложенную в кибернетике [3]. В процессе обучения черным ящиком мы можем считать обучающегося с его знаниями, умениями и навыками. Информацию об уровне подготовленности обучающегося — состоянии черного ящика — можно получить только после контроля результатов обучения, что порождает отрыв контроля от процесса обучения.

Когнитивные технологии, роль которых значительно выросла в эпоху цифровой трансформации образования, позволяют осуществлять учебный процесс в рамках модели «белый ящик». Под белым ящиком следует понимать модель ученика, отражающую его сформированные учебные компетенции и предназначенную для предоставления информации об уровне достигнутых образовательных результатов.

Работы У. Г. Найссера [4], Р. Л. Солсо [5], Б. М. Величковского [6], связанные с понятием «когнитивная схема» (ментальная схема), дают основание для построения схем в предметных областях знаний, в частности для решения задач.

Цель исследования — обоснование возможности построения модели «белый ящик» с помощью задачных структурно-ментальных схем для визуализации процесса формирования, развития и оценки учебных компетенций обучающихся, связанных с вычислительным мышлением.

Методы исследования

Для моделирования структуры и содержания белого ящика использован ментальный подход [7], определивший возможности построения структурно-ментальных схем для обучения решению расчетных, операционных и алгоритмических задач.

Под *расчетными задачами* будем понимать определенные процессы и ситуации, описываемые математической моделью, имеющей N параметров, среди которых один является неизвестным.

Для структурирования задачи используем вычислительные примитивы, которые представляют собой элементарную расчетную операцию в рамках математической модели, выраженной уравнением (1):

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

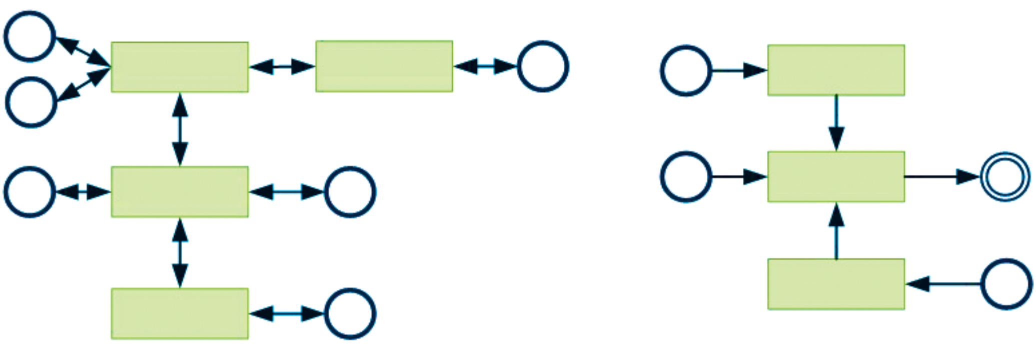
Из двух моделей: $F_1(x_1, \ldots, x_n) = 0$ и $F_2(y_1, \ldots, y_n) = 0$, — у которых $x_k = y_p$, можно составить расчетную задачу на два действия, описываемые формулой (2):

$$x_i = g_1(x_1, \ldots, x_{i-1}, x_{i+1}, \ldots, x_k, \ldots, x_n),\ x_k = y_p, \qquad (2)$$

$$y_p = g_2(y_1, \ldots, y_{p-1}, y_{p+1}, \ldots, y_n).$$

Из N вычислительных примитивов допустимо сконструировать N-этапную задачную структуру, включающую набор вариативных и эквивалентных задач на 1, 2, …, N вычислительных действий. Взаимосвязь примитивов можно осуществлять последовательно и/или параллельно.

Графическое представление задачной структуры отражено на рисунке 1*а*.



а) ***б***)

Рис. 1. Модель расчетной задачи с вычислительными примитивами

В терминальных узлах схемы (круги) размещаются параметры примитивов $(x_1, \ldots, x_n)$, в нетерминальных узлах (прямоугольники) задаются математические модели $F(x_1, \ldots, x_n) = 0$. Для каждой конкретной задачи схематичный ход решения представляет собой ориентированный граф (рис. 1*б*), в котором искомая цель (решение задачи) обозначена двойным кругом.

Возможны три вида связей в схеме:

– связи от терминальных вершин к нетерминальным (представляют операции подстановки значений в математические выражения);

– связи от нетерминальных вершин к терминальным (представляют операции вычисления величин по известным выражениям);

– связи между терминальными вершинами (обозначают операции отождествления величин).

Под *операционными задачами (процедурные задачи)* будем понимать требования, детерминирующие вывод или определение математических объектов путем математических умозаключений, теорем и правил.

Для операционных задач разрабатываются иерархические процедурные схемы (см. рис. 2). Здесь круговыми узлами отмечаются объекты, являющиеся исходными данными задачи, в прямоугольниках задаются математические зависимости объектов. Двойными кругами обозначаются результаты операционных действий. На ребрах определяем операции преобразования объектов (Д). Схема содержит классы задач, определяемые нетерминальными узлами, и возможные маршруты операционных действий для достижения целевых установок задачи (см. рис. 2*а*). Выбор конкретной задачи и хода ее решения определяется маршрутами от исходных данных задачи до цели (см. рис. 2*б*).

Алгоритмические задачи возникают во многих учебных дисциплинах. Например, это задачи, связанные с обработкой данных (поиск, сортировка, перебор), манипуляциями с объектами, управлением и т. д. Главным образовательным результатом по решению алгоритмических задач является алгоритм, представляющий заданную последовательность операций и действий.

Классическим графическим представлением алгоритмической задачи является блок-схема. Несмотря на то что блок-схемы были введены достаточно давно, они по-прежнему широко используются для визуализации процессов в самых разных предметных областях и в образовательной практике [8]. Более того, некоторые исследования показывают преимущества использования блок-схем в обучении программированию [9].

Если ввести понятие «алгоритмический примитив» (далее — АП) [10], то алгоритмическую задачу можно представить в виде обобщенной структурно-ментальной схемы (далее — СМС). Алгоритмические примитивы, определенные как шаблон алгоритма решения элементарной задачи, позволяют конструировать на метауровне алгоритмы и программы и становятся удобным инструментом обучения программированию.

Обобщенную СМС для алгоритмических задач можно проиллюстрировать рисунком 3. На схеме кроме графических символов «круг», «двойной круг», предложенных в структурно-ментальных схемах расчетных и операционных задач, целесообразно использовать элементы традиционных блок-схем, например блок «Решение» («Условие»). С учетом того, что одна алгоритмическая задача может быть решена с использованием разных алгоритмов, на схеме

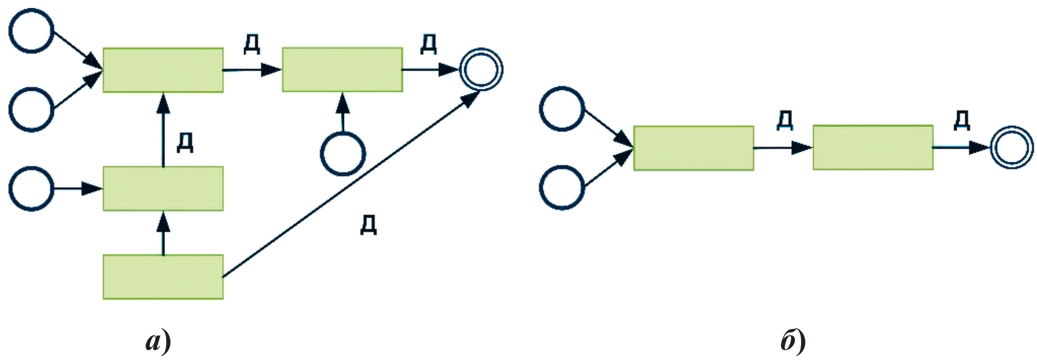


Рис. 2. Обобщенная СМС для операционных задач

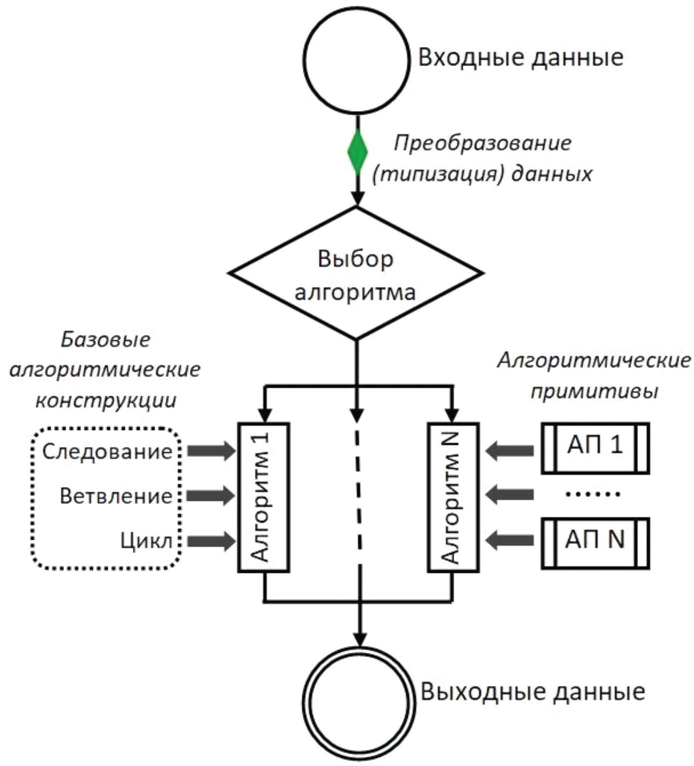


Рис. 3. Обобщенная СМС для алгоритмических задач

имеется элемент «Множественный выбор». Алгоритм, который выбран для реализации, строится на основе базовых алгоритмических конструкций и алгоритмических примитивов. Для изображения АП используется графический символ «типовой процесс». Таким образом, алгоритмические задачи представляются в расширенном, удобном для понимания виде.

Структурно-ментальные схемы для рассмотренных классов задач можно охарактеризовать с позиций полноты, глубины и прочности. *Полнота* схемы обозначает максимально возможное покрытие предметной области или темы, по которым формируются задачи. Под *глубиной* следует понимать количество нетерминальных узлов и маршрутных цепочек от исходных данных до цели. *Прочность* схемы можно определить по количеству эквивалентных правильно решенных заданий. Такое понимание прочности сформированной схемы позволяет легко моделировать процесс естественного забывания, утраты умения решать задачи со временем. Это несложно сделать посредством уменьшения веса ребер со временем.

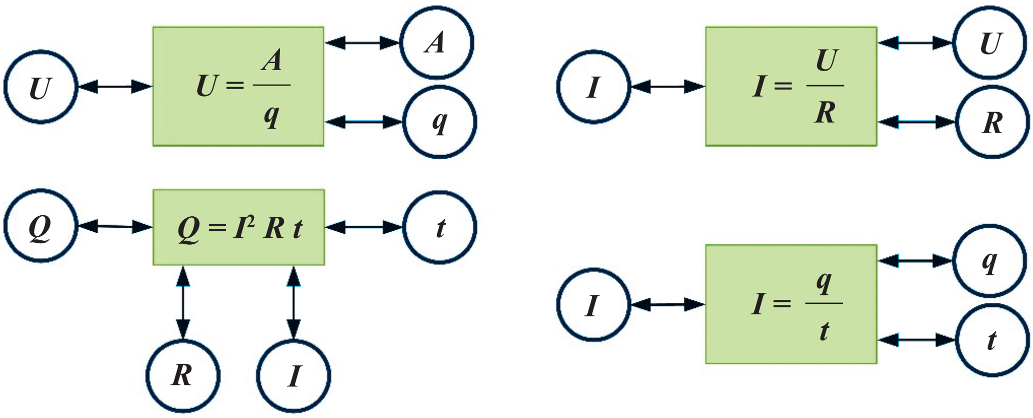
На основе рассмотренных характеристик структурно-ментальных схем можно оценивать качество компетенции обучающегося по решению задач как степень соответствия текущей сформированной схемы обучающегося эталонной схеме (экспертная схема). Определяя метрики полноты, глубины и прочности схемы по уровням (низкий, средний, высокий), мы получаем возможность критериальной оценки компетенции обучающегося по решению задач. Фиксация некоторых состояний формируемой СМС у обучающегося в течение определенного периода времени, например в рамках графика учебного процесса, позволяет визуализировать динамику формирования и развития компетенции обучающегося. Представление подобных схем, соответствующих достижениям обучающегося в цифровой форме, является информационной реализацией белого ящика. Процедура изменения характеристик СМС, в соответствии с действиями обучающегося, представляет собой настройку белого ящика. При этом СМС выступает в качестве модели компетенций обучающегося в решении задач.

Еще одной привлекательной стороной предложенных структурно-ментальных схем является возможность обучения решению задач в режиме тренажа с визуализацией мыслительной деятельности. Для этого ход решения конкретной задачи следует отображать на схеме в динамике, что усилит понимание и прочность запоминания решаемой задачи.

Результаты исследования

Примерами расчетных задач могут служить задания на нахождение площади, объема фигур и тел в математике; измерение информации в теории информации; вычисление физических величин в физике, химии и т. д.

Решение расчетной задачи — многокомпонентный процесс. Например, для задач по физике обычно самые главные этапы решения — это анализ условия задачи, выбор закономерностей, описывающих необходимые явления и процессы, составление системы уравнений и ее решение. Как правило, решение расчетной задачи сводится к решению системы уравнений, составляющих математическую модель задачной ситуации. При этом система уравнений сводится к одному уравнению, решение которого является решением задачи. Такие элементарные операции выражения или вычисления некоторой величины из известной формулы легко промоделировать элементарными графами, которые включают в себя средний узел, соответствующий математическому выражению, и периферийные узлы, содержащие величины. В работе И. В. Баженовой, М. М. Клунниковой и Н. И. Пака [10] эти элементарные графы названы вычислительными примитивами, примеры которых показаны на рисунке 4 *а, б*.



а) *б*)

Рис. 4. Примеры вычислительных примитивов по теме «Постоянный ток»

С использованием подобных графов можно моделировать операцию вычисления значения любой величины, входящей в закон Ома для участка цепи, при известных остальных значениях. Примитив выполняет функцию И-преобразования, то есть вычислить значение некоторой величины возможно только в том случае, когда известны все остальные значения. Нетрудно заметить, что модель обратима, то есть из множества терминальных величин для задачной схемы любая может являться целью решения. Задачная СМС полностью описывает математическую модель ситуации. В этом смысле задачная схема объединяет расчетные задачи, для решения которых требуется одинаковый набор выражений, законов и формул.

Для наглядности удобно представлять вычислительные задачи в виде графа, объединяющего ряд взаимосвязанных примитивов. На рисунке 5*а* показан пример СМС по теме физики «Давление»: m — масса тела; F — сила, с которой тело действует на опору; $F_{\text{т}}$ — 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 м², а масса колонны 950 кг. (Ответ: 80 кПа)*».

Ход решения задачи представлен в виде маршрута, изображенного на рисунке 5*б*. Здесь цель решения (вычисление давления) обозначена двойным кругом, узлы — исходные данные изображены в виде круга более темного цвета. Операционные задачи предписывают процедурные действия над математическими

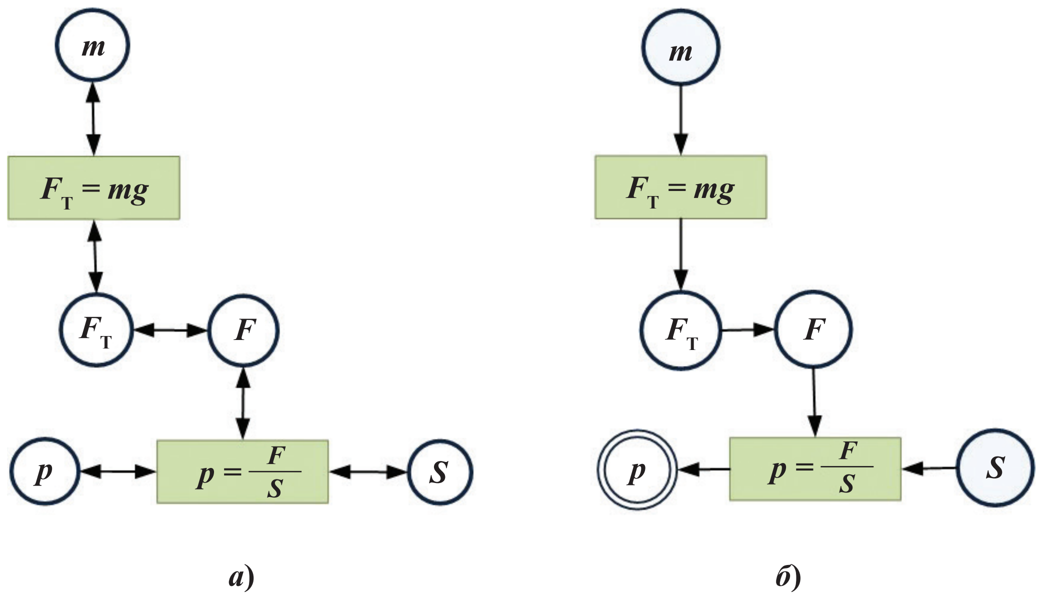


Рис. 5. СМС по элементарной физике

объектами, например нахождение производных функций; решение уравнений и т. д. На рисунке 6 показана СМС по решению линейных уравнений школьного курса алгебры.

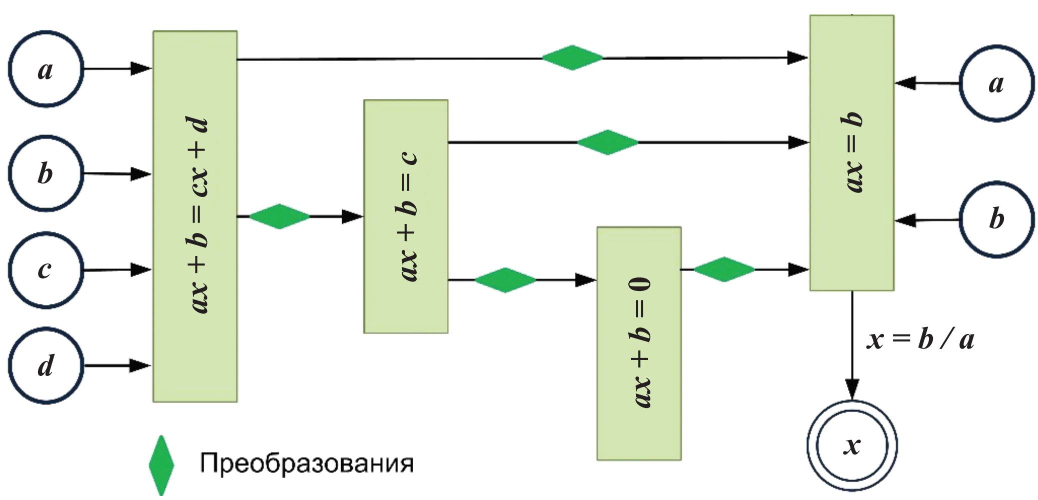
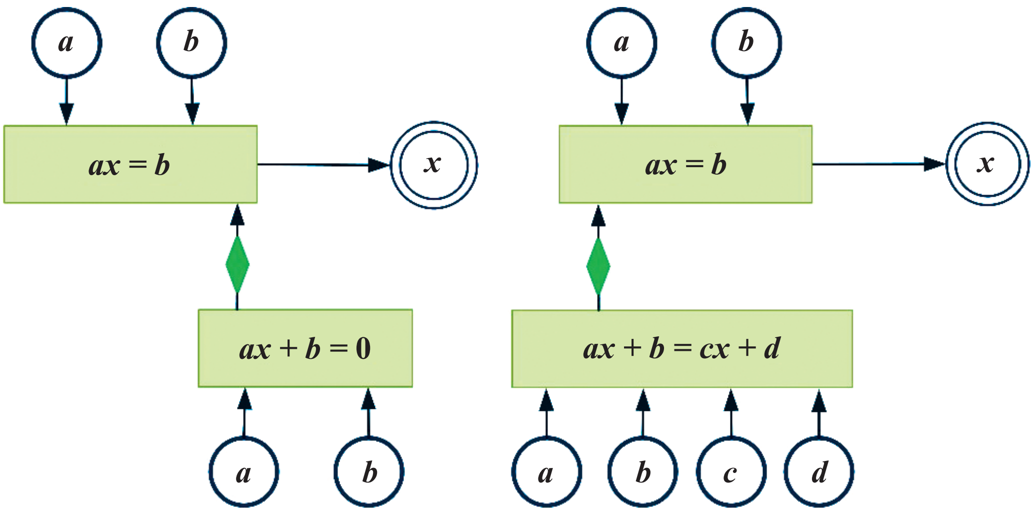


Рис. 6. СМС решения линейного уравнения

На рисунке 7 представлены частные маршруты по классам задач данной выше СМС.

Примеры уравнений, определяющих фрагмент схемы для заданного класса задач, представленного на рисунке 7*а*, выражены формулами (3) – (7):

$$0{,}75x + 3{,}016 = 0, \tag{3}$$



а) *б*)

Рис. 7. Частные маршруты СМС по классам задач на решение линейных уравнений

$$7ab - 4x = 0, \tag{4}$$

$$ax + 6{,}25 = 0, \tag{5}$$

$$(3x + 7) \cdot (5x - 8) = 0, \tag{6}$$

$$(ax + 7) \cdot (bx - a) = 0. \tag{7}$$

Другой класс задач иллюстрирован рисунком 7*б*. Примеры уравнений для него выражены формулами (8) – (10):

$$5 + 6x = 8 - 4x, \tag{8}$$

$$5a + 3ax = 2{,}5x, \tag{9}$$

$$a / b + bax \cdot (3 - a) = x. \tag{10}$$

Предложенная схема позволяет показать ход решения и соответствующий маршрут на схеме в режиме тренажа. А в режиме самоконтроля, при правильном решении, показываем соответствующий маршрут с выделением, например, зеленым цветом. Если задача не решена, то маршрут закрашиваем, например, красным цветом. В режиме контроля для сравнения представляем эталонную схему и схему ученика.

На рисунке 8 показана СМС по теме «Квадратные уравнения». В этой задаче имеем три вида уравнений, для каждого из которых есть свои маршруты решения. Схема обладает полнотой и глубиной для уровня школьного математического образования.

Рассмотрим еще один практический пример по теме «Дифференцирование функций» (рис. 9). С помощью приведенной схемы можно генерировать задачи по сложности:

1) дифференцирование простейших функций, выбираемых случайным образом из заданной базы с известными табличными ответами;

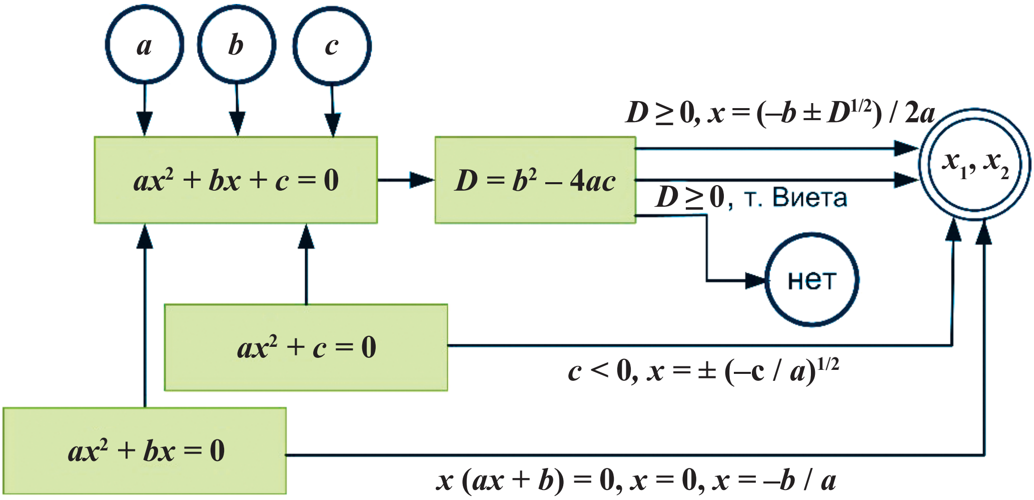


Рис. 8. СМС решения квадратного уравнения

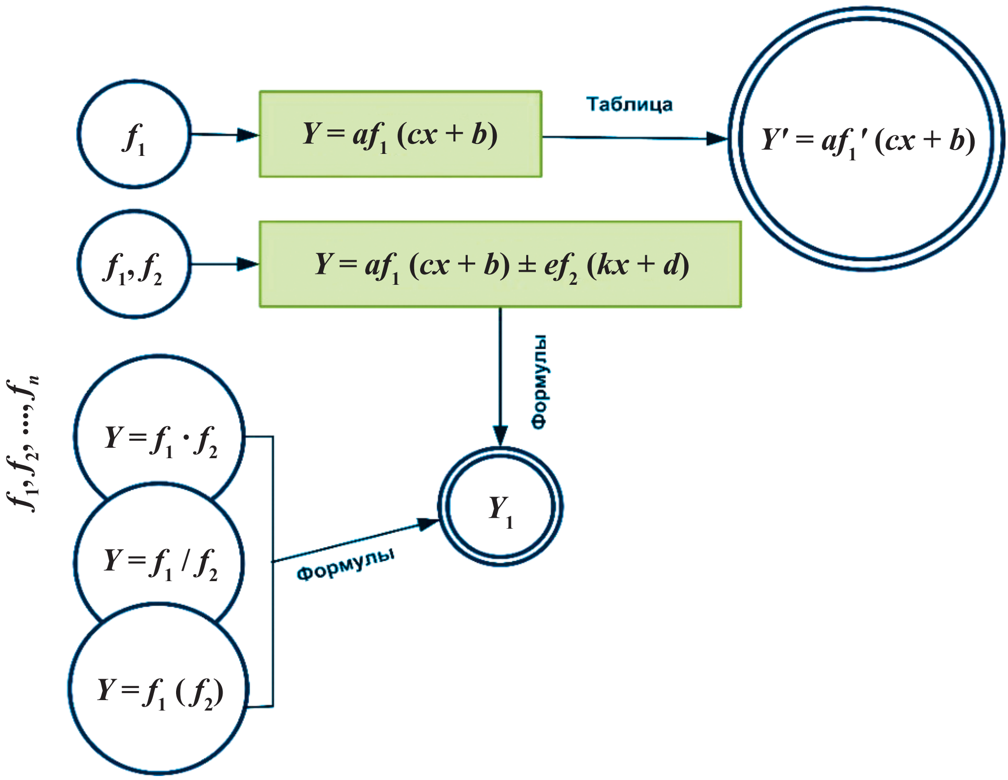


Рис. 9. СМС дифференцирования функции

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 варианты.

Примером визуализации решения алгоритмической задачи может служить СМС суммирования последовательности чисел (рис. 10).

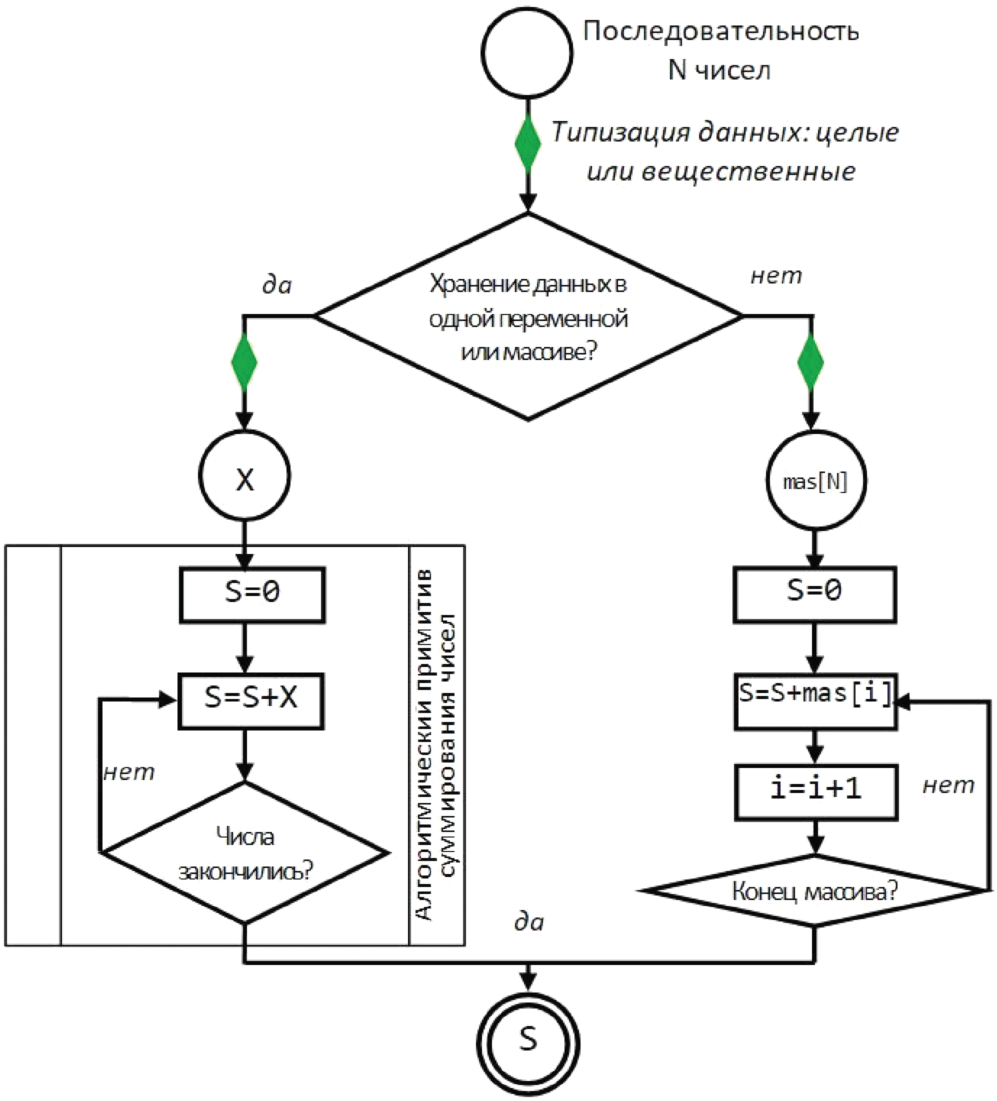


Рис. 10. СМС суммирования чисел

На рисунке 10 суммирование изображено с помощью элементов блок-схем. С учетом того, что суммирование *N* чисел является алгоритмическим примитивом, СМС может быть представлена в более компактном виде с использованием графического символа алгоритмического примитива. Суммирование элементов массива на схеме также можно заменить АП «Суммирование чисел» и АП «Перебор элементов массива с помощью счетчика».

С помощью представленной СМС можно получить СМС для частной задачи, например: «Для заданного натурального числа N вычислить сумму $1+\frac{1}{2}+\frac{1}{3}+...+\frac{1}{N}$».

При этом целесообразно привести подробные объяснения алгоритма суммирования для обучающихся в виде устного сообщения на занятии или пояснительной страницы в комплекте с СМС.

Решение алгоритмической задачи также можно представить на псевдокоде:

1. Ввод N.
2. $S = 0$.
3. Для $i = 1, N, 1$ повторить:
   3.1. $S = S + 1 / i$.
4. Вывод S.
5. Конец.

Сформулируем правило суммирования, которое можно выразить с помощью алгоритмического примитива:

- начальное значение суммы $S = 0$;
- в теле некоторой циклической конструкции выполнить команду:

$S = S +$ <слагаемое>.

Таким образом, разные виды представления решения алгоритмических задач с учетом когнитивных особенностей обучающихся будут способствовать эффективному усвоению учебного материала.

Приведенные примеры структурно-ментальных схем на основе вычислительных и алгоритмических примитивов были использованы в учебном процессе Института математики и фундаментальной информатики Сибирского федерального университета (дисциплины: «Программирование», «Численные методы», «Информационные технологии в образовании») и в системе среднего профессионального образования (Дивногорский гидроэнергетический техникум имени А. Е. Бочкина). Электронные курсы, разработанные с учетом результатов исследования, реализующие модель обучения «белый ящик», привлекают студентов вариативностью представления учебного материала, ориентированного на психофизиологические и когнитивные особенности обучающихся, визуализацией и автоматизацией решения задач, возможностью самоконтроля и самооценивания.

Заключение

Для формирования и развития умения решать задачи и определять последовательность действий для выхода из проблемной ситуации большую роль играют расчетные, операционные и алгоритмические задачи. Для обучения школьников и студентов решению подобных задач предлагается модель «белый ящик» из теории систем. Для моделирования структуры и содержания белого ящика целесообразно использовать структурно-ментальные схемы.

Структурно-ментальные схемы для расчетных задач строятся с помощью вычислительных примитивов путем их суперпозиции. Операционные задачи удобно представлять в виде ориентированного графа с маршрутами решения задач от исходных объектов до конечной цели. Для представления алгоритмических задач предлагается использовать структурные композиции с применением алгоритмических примитивов и элементов традиционных блок-схем.

Оценивание учебных компетенций по умению решать задачи с позиций белого ящика можно проводить по критериальной модели с показателями по полноте, глубине и прочности знаний.

Главное преимущество белого ящика на основе структурно-ментальных схем связано с возможностью визуализации структуры и сложности задач, хода решения задачи, самоконтроля достигнутых учебных достижений. Структурно-ментальные схемы для обучения решению расчетных, операционных и алгоритмических задач позволяют осуществлять когнитивное обучение и обеспечивают результативность развития у обучающихся требуемых компетенций.

Результаты работы могут быть полезны разработчикам цифровых технологий для образования. Основные идеи и модели, полученные в процессе исследования, могут быть применены в других образовательных направлениях и сферах.

Список источников

1. Леонтьев А. Н. Общее понятие о деятельности / А. Н. Леонтьев // Хрестоматия по возрастной психологии: учеб. пособие; под ред. Д. И. Фельдштейна. М.: Институт практической психологии, 1996. С. 112–121.
2. Психология: словарь / под общ. ред. А. В. Петровского, М. Г. Ярошевского. М.: Политиздат, 1990. 494 с.
3. Винер Н. Кибернетика, или управление и связь в животном и машине: пер. с англ. / Н. Винер. М.: Наука, 1983. 344 с.
4. Найссер У. Познание и реальность. Смысл и принципы когнитивной психологии: пер. с англ. / У. Найссер. М.: Прогресс, 1981. 234 с.
5. Solso R. L. Cognitive Psychology / R. L. Solso. 6th ed. Boston: Allyn & Bacon, 2000. 588 p.
6. Компьютеры, мозг и познание: успехи когнитивных наук / отв. ред.: Б. М. Величковский, В. Д. Соловьев. М.: Наука, 2008. 291 с.
7. Пак Н. И. Ментальный подход к цифровой трансформации образования / Н. И. Пак // Открытое образование. 2021. № 25 (5). С. 4–14. DOI: 10.21686/1818-4243-2021-5-4-14
8. Giordano D. Teaching Algorithms: Visual Language vs Flowchart vs Textual Language / D. Giordano, F. Maiorana // EDUCON 2015: Proceedings of Global Engineering Education Conference. 2015. P. 499–504.
9. Armaya'u Z. U. Comparing Flowchart and Swim Lane Activity Diagram for Aiding Transitioning to Object-Oriented Implementation / Z. U. Armaya'u, M. M. Gumel, H. S. Tuge // American Journal of Education and Technology. 2022. № 1 (2). P. 99–106. DOI: 10.54536/ajet.v1i2.612

10. Баженова И. В. Школьно-вузовский кластер дисциплин как средство развития расчетно-алгоритмического компонента вычислительного мышления / И. В. Баженова, М. М. Клунникова, Н. И. Пак // Информатика и образование. 2021. № 3. С. 42–49. DOI: 10.32517/0234-0453-2021-36-3-42-49

References

1. Leontiev A. N. The General Concept of Activity / A. N. Leontiev // Reader on Developmental Psychology: textbook / ed. by D. I. Feldstein. M.: Institute of Practical Psychology, 1996. 304 p.
2. Psychology: dictionary / ed. by A. V. Petrovsky, M. G. Yaroshevsky. M.: Politizdat, 1990. 494 p.
3. Wiener N. Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine: trans. from Engl. / N. Wiener. M.: Nauka, 1983. 344 p. (In Russian).
4. Neisser U. Cognition and Reality: Principles and Implications of Cognitive Psychology: trans. from Engl. / U. Neisser. M.: Progress, 1981. 234 p. (In Russian).
5. Solso R. L. Cognitive Psychology / R. L. Solso. 6th ed. Boston: Allyn & Bacon, 2000. 588 p.
6. Computers, the Brain and Cognition: Successes of Cognitive Sciences / ed. by B. M. Velichkovsky, V. D. Solovyov. M.: Nauka, 2008. 291 p.
7. Pak N. I. Mental Approach to Digital Transformation of Education / N. I. Pak // Open Education. 2021. № 25 (5). P. 4–14. DOI: 10.21686/1818-4243-2021-5-4-14
8. Giordano D. Teaching Algorithms: Visual Language vs Flowchart vs Textual Language / D. Giordano, F. Maiorana // EDUCON 2015: Proceedings of Global Engineering Education Conference. 2015. P. 499–504.
9. Armaya'u Z. U. Comparing Flowchart and Swim Lane Activity Diagram for Aiding Transitioning to Object-Oriented Implementation / Z. U. Armaya'u, M. M. Gumel, H. S. Tuge // American Journal of Education and Technology. 2022. № 1 (2). P. 99–106. DOI: 10.54536/ajet.v1i2.612
10. Bazhenova I. V. School-University Cluster Disciplines as a Means of Developing the Computational and Algorithmic Component of Computational Thinking / I. V. Bazhenova, M. M. Klunnikova, N. I. Pak // Computer Science and Education. 2021. № 3. P. 42–49. DOI: 10.32517/0234-0453-2021-36-3-42-49

Статья поступила в редакцию: 15.04.2024;
одобрена после рецензирования: 15.04.2024;
принята к публикации: 06.06.2024.

The article was submitted: 15.04.2024;
approved after reviewing: 15.04.2024;
accepted for publication: 06.06.2024.

Информация об авторах / Information about authors:

Евгений Васильевич Асауленко — кандидат педагогических наук, средняя общеобразовательная школа № 7 им. В. П. Астафьева, Дивногорск, Россия.

Evgeny V. Asaulenko — Candidate of Pedagogical Sciences, Secondary school № 7 named after V. P. Astafiev, Divnogorsk, Russia.

evgeniy.asaulenko@mail.ru

Ирина Васильевна Баженова — кандидат педагогических наук, доцент базовой кафедры вычислительных и информационных технологий, Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия.

Irina V. Bazhenova — Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Computing and Information Technologies Department, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia.

apkad@yandex.ru

Маргарита Михайловна Клунникова — кандидат педагогических наук, доцент базовой кафедры вычислительных и информационных технологий, Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия.

Margarita M. Klunnikova — Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Computing and Information Technologies Department, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia.

mklunnikova@gmail.com

Николай Инсебович Пак — доктор педагогических наук, профессор кафедры информатики и информационных технологий в образовании, Красноярский государственный педагогический университет им. В. П. Астафьева, Красноярск, Россия.

Nikolay I. Pak — Doctor of Pedagogy, Professor, Department of Informatics and Information Technologies in Education, Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V. P. Astafyev, Krasnoyarsk, Russia.

koliapak@yandex.ru ✉

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.