



УДК 159.955; 164.053

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАССУЖДЕНИЙ ПРИ ОБУЧЕНИИ ШКОЛЬНИКОВ ОСНОВАМ АЛГОРИТМИЗАЦИИ

О.М. Корчажкина

Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской Академии Наук, Россия

Аннотация. В статье рассматривается процедура моделирования рассуждений при изучении раздела «Основы алгоритмизации» на примере выполнения заданий из учебника информатики базового уровня для 8 класса Л.Л. Босовой и А.Ю. Босовой. Помимо развивающих функций, которые выполняют моделирование рассуждений и алгоритмизация в ходе мыслительной деятельности учащихся, они являются важнейшими инструментами при создании интеллектуальных систем.

Ключевые слова. Алгоритмизация; алгоритмическое мышление; моделирование рассуждений; методы моделирования.

REASONING MODELLING IN TEACHING SCHOOL STUDENTS FUNDAMENTALS OF ALGORITHMIZATION

О.М. Korchazhkina

Federal Research Centre "Computer Science and Control" of the Russian Academy of Sciences, Russia

Abstract. The article discusses the procedure for reasoning modeling in the study of the section “Fundamentals of Algorithmization” using as example tasks from the basic-level textbook on Computer Science for 8th grade by L.L. Bosova and A.Yu. Bosova. In addition to the developmental functions performed by reasoning modeling and algorithmization in students’ cognitive activity, they both are crucial tools of creating intelligent systems.

Keywords. Algorithmization; algorithmic mindset; reasoning modeling; modeling methods.

Введение

Обучение школьников моделированию рассуждений необходимо с целью повышения уровня алгоритмического мышления как одного из важнейших компонентов общего развития когнитивных способностей учащихся. Если школьник сможет составить модель своих рассуждений при решении задачи, то есть представить её в некоей схематичной форме, то это, во-первых, продемонстрирует уровень его понимания проблемы, и во-вторых, позволит легче справиться с составлением соответствующего алгоритма, поскольку у него будет полная картина возможных вариантов решения задачи.

С одной стороны, моделирование рассуждений несёт в себе прагматический потенциал, являясь основой для составления алгоритма решения задачи. А с другой стороны, задачи, в которых требуется, помимо получения результата, составить алгоритм решения, обладают дополнительным тренировочным эффектом: выводя решение на уровень алгоритма, они предоставляют поле для отработки навыков моделирования рассуждений.

Общие вопросы, касающиеся моделирования рассуждений при решении конкретных задач и моделирования мышления в целом, рассматриваются в ряде научных исследований: [1] – моделирование как составляющая инженерного подхода, предполагающая включённость человека в некоторую инженерную систему; [2] – способы построения модели восприятия ситуации и принятия решений исторической личностью; [3] – моделирование в области образовательной информатики с учётом исследований структуры интеллекта; [4] – индуктивные, дедуктивные и правдоподобные модели, учитывающие особенности человеческих рассуждений; [5] – модели как источники выводов из наблюдений при принятии решений; [6] – моделирование проектного мышления; [7] – моделирование поведения, восприятия и мышления человека как субъекта интеллектуальной деятельности.

Теоретические основы: методы и формы моделирования рассуждений

Построение модели рассуждений при разрешении проблемы или решении задачи осуществляется как на основе данных, имеющихся в распоряжении исследователя или учащегося, так и с привлечением «концептуального каркаса» и «когнитивных

репрезентаций», представляющих собой объём знаний о внешнем мире и приобретённый опыт осуществления подобного рода научной или учебно-познавательной деятельности.

Наиболее важными являются вопросы: «Какие компоненты процесса рассуждения следует включать в модель?» и «В каком виде следует представлять модель рассуждений?»

Объектом моделирования рассуждений при решении конкретной задачи является набор когнитивных функций, осуществляемых на основе данных задачи: анализ условия задачи; определение понятий, влияющих на решение – включённых в условие и привлекаемых «извне»; выстраивание связей между ними; подбор правил и законов, применимых к данному условию или ситуации; установление параметров, напрямую или косвенно влияющих на результат решения, и ряд других. Эти компоненты полностью или частично включаются в модель рассуждений, которая может быть представлена в целом ряде форматов – как словесном (текст, вербальные символы), так и графическом (таблица, символы, знаки, чертёж, схема, блок-схема, фрейм, диаграмма, онтология, ментальная карта и пр.).

Поскольку модель рассуждений является промежуточным этапом между анализом условия задачи и составлением алгоритма, она может служить своего рода «подсказкой» при составлении алгоритма решения задачи. На важность подсказки в процессе обучения и развития указывали выдающиеся отечественные психологи Л.С. Выготский и С.Л. Рубинштейн: «Неподготовленный учащийся не воспримет подсказку, не включит её в мыслительный процесс в качестве дополнительной детерминанты. <Использование подсказки> способствует развитию в меру того, насколько человек, решающий задачу, самостоятельно продвинулся вперёд в её анализе» [8, с. 14]. Поэтому с дидактической точки зрения включение модели рассуждений как обязательного этапа решения задачи можно считать не только оправданным, но и необходимым.

Результаты и их обсуждение: развивающий аспект курса алгоритмизации

Если рассматривать развивающий аспект базового курса информатики для средней школы, то очевидно, что основной вклад в достижение цели развития алгоритмического мышления учащихся вносит раздел «Основы алгоритмизации». Так, в учебнике информатики базового уровня для 8 класса [9, с.73-145] в этот раздел входят

следующие параграфы: § 3.1. Алгоритмы и исполнители; § 3.2. Способы записи алгоритмов; § 3.3. Объекты алгоритмов; § 3.4. Алгоритмическая конструкция «следование». Линейные алгоритмы; § 3.5. Алгоритмическая конструкция «ветвление». Разветвляющиеся алгоритмы; § 3.6. Алгоритмическая конструкция «повторение». Циклические алгоритмы. Завершается раздел тестовыми заданиями для самоконтроля. Согласно учебному плану на изучение данной темы отводится 10 часов.

Очевидно, что обучение построению алгоритмов не может проводиться в отрыве от обучения рассуждать над условием задачи и способами её решения. Поэтому моделирование рассуждений, если включить этот этап в процесс решения задачи, целью которой является построение алгоритма, можно считать важным промежуточным этапом, или даже подсказкой, непосредственно предшествующим построению алгоритма.

Основные отличия алгоритма решения задачи от модели рассуждений видятся в следующем:

- *модель рассуждений* строится в произвольной форме без соблюдения каких-либо строгих формальных правил и в словесной форме носит характер гипотезы (если ..., то...), а не инструкций, тогда как *алгоритм* основан на принципах математической формализации, структурирования (разбиения на простые операции) и поэтапной детализации действий, выступающей в виде последовательности инструкций;
- *модель рассуждений* является промежуточным этапом решения задачи (в ней по ходу размышлений могут вноситься дополнения и изменения), а *алгоритм* – окончательным;
- *модель рассуждений* напрямую влияет на выбор алгоритма, являясь для него «подсказкой», а *алгоритм* не может влиять на модель рассуждений (кроме тех случаев, когда при отработке алгоритма требуется вернуться к предыдущему этапу и внести корректизы в модель рассуждений);
- *модель рассуждений* может включать все возможные способы достижения результата, в том числе и те, что приводят к ошибочному решению, а *алгоритм* описывает последовательность действий без объяснения причин, по которым эти действия были выбраны, и почему они считаются приоритетными;

- в *модели рассуждений* не обязательно устанавливать и прослеживать порядок выполнения действий, а в *алгоритме* он должен быть чётко задан;
- *модель рассуждений* обладает большей схематичностью (например, модель может быть в виде «немого» рисунка или чертежа), чем *алгоритм*, в котором должен быть чётко прописан или обозначен каждый шаг действий.

Приведём примеры выполнения некоторых заданий из раздела «Основы алгоритмизации» [9], используя способы моделирования рассуждений.

Задача 1 [9, с. 83]. К пятизначному натуральному числу применяется следующий алгоритм:

1. Вычислить сумму первых двух цифр.
2. Вычислить сумму последних трёх цифр.
3. Записать полученные два числа друг за другом в порядке возрастания (неубывания).

Выясните наименьшее и наибольшее пятизначные числа, в результате применения к которым этого алгоритма получается число 1215.

Замечание. На самом деле, этот алгоритм излишне формализован и более походит на условие задачи, которое можно было бы представить развёрнутым текстом: «Если вычислить сумму первых двух цифр пятизначного натурального числа и за полученным числом записать сумму последних трёх цифр в порядке возрастания (неубывания), то получим некоторое четырёхзначное число. Найдите наименьшее и наибольшее пятизначное число, в результате применения к которому этого условия получается число 1215».

Рассуждение. Итак, 12 – это сумма первых двух цифр, а 15 – сумма последних трёх цифр пятизначного натурального числа. Словесное описание действий (рассуждение) можно представить следующим образом:

1 шаг. Если разложить число 12 на два слагаемых, начиная с наибольшего первого слагаемого – цифры 9 и заканчивая цифрой 3 ($12 - 9 = 3$): $9+3, 8+4, 7+5 \dots 3+9$, то для того, чтобы получить наибольшее пятизначное число, нужно из полученного ряда сочетаний выбрать наибольшее двузначное число – 93, а для получения наименьшего пятизначного – выбрать наименьшее двузначное – 39.

2 шаг. Число 15 можно разложить на три слагаемые девятью способами – начиная с цифры 9 и заканчивая цифрой 1. Разложение, начиная с наибольшего первого слагаемого – цифры 9 и наибольшего второго слагаемого – цифры 5 ($15 - 9 - 1 = 5$), даёт ряд: $9+5+1, 9+4+2, 9+3+3, 9+2+4, 9+1+5$. Поэтому для того, чтобы получить наибольшее пятизначное число, нужно из полученного ряда выбрать наибольшее трёхзначное число – 951. Сочетания, начинающиеся с 8 до 2, расписывать не имеет смысла, а нужно сразу переходить к 1 и выбрать из полученного ряда $1+5+9, 1+6+8, 1+7+7, 1+8+6, 1+9+5$ член с наименьшим вторым слагаемым, то есть цифрой 5. Тогда три последние цифры наименьшего пятизначного числа – это 159.

Ответ. Искомое максимальное число: 93951. Искомое минимальное число: 39159.

Модель рассуждений. Модель рассуждений при решении задачи 1 представлена в виде блок-схемы (рис. 1). Охрой (золотисто-коричневым) помечены составляющие максимального числа, а хаки (оливково-серым) – минимального.

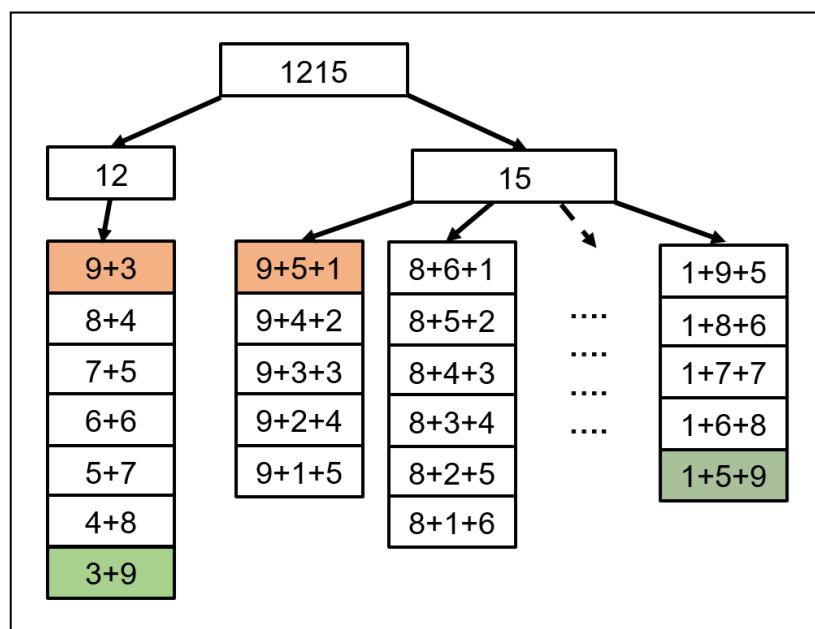


Рисунок 1 – Модель рассуждений при решении задачи 1

Задача 2 [9, с. 85-86]. Группа из четырёх туристов должна пройти по мосту в темноте. Идти по мосту одновременно могут не более двух туристов. При этом они могут пользоваться только одним фонарём. Перебросить фонарь с одного берега на другой нельзя, поэтому кто-то из них должен вернуться с фонарём. Аня проходит через

мост за 1 минуту, Борис – за 2 минуты, Тимур – за 5 минут и Дана – за 10 минут. Какое наименьшее время требуется туристам, чтобы они все перешли по мосту на другой берег?

Рассуждение. Если роль «переносчика» фонаря, сопровождающего туристов по мосту и возвращающегося обратно, отведено Ане, которая быстрее всех проходит по мосту, то группа перейдёт на другой берег за минимальное время. Причём это время не будет зависеть от того, в каком порядке Аня будет сопровождать своих товарищей, поскольку «задающими» время будут самые медленные туристы – Борис, Тимур и Дана.

Модель рассуждений. В качестве формы записи модели рассуждений выбрана таблица (см. ниже). После имени туриста указано время, которое ему необходимо для перехода по мосту на другой берег реки.

Таблица

Модель рассуждений при решении задачи 2

Туристы на одном берегу	Туристы на мосту	Время (мин.)	Туристы на противоположном берегу
Аня1, Борис2, Тимур5, Дана10	никого	0	никого
Тимур5, Дана10	Аня1, Борис2 →	2	Аня1, Борис2
Тимур5, Дана10	Аня1 ←	1	Борис2
Дана10	Аня1, Тимур5 →	5	Аня1, Борис2, Тимур5
Дана10	Аня1 ←	1	Борис2, Тимур5
	Аня1, Дана10 →	10	Аня1, Борис2, Тимур5, Дана10
ИТОГО		19	Аня1, Борис2, Тимур5, Дана10

Задача 3 [9, с. 97]. Имеются два кувшина, заполненные жидкостью: кувшин 1 доверху заполнен водой, а кувшин 2 до половины заполнен соком (верхний ряд на рис. 2). Как поменять местами жидкости в кувшинах: перелить сок из кувшина 2 в кувшин 1, а воду – из кувшина 1 в кувшин 2?

Гипотеза. Если не воспользоваться третьим кувшином, то задачу решить нельзя.

Модель рассуждений. Для представления модели рассуждений выбрана графическая форма – рисунок (см. рис. 2). Заметим, что в учебнике [9, с. 97] этот рисунок приводится в качестве алгоритма переливания жидкостей, тогда как его более корректно представить как модель рассуждений.

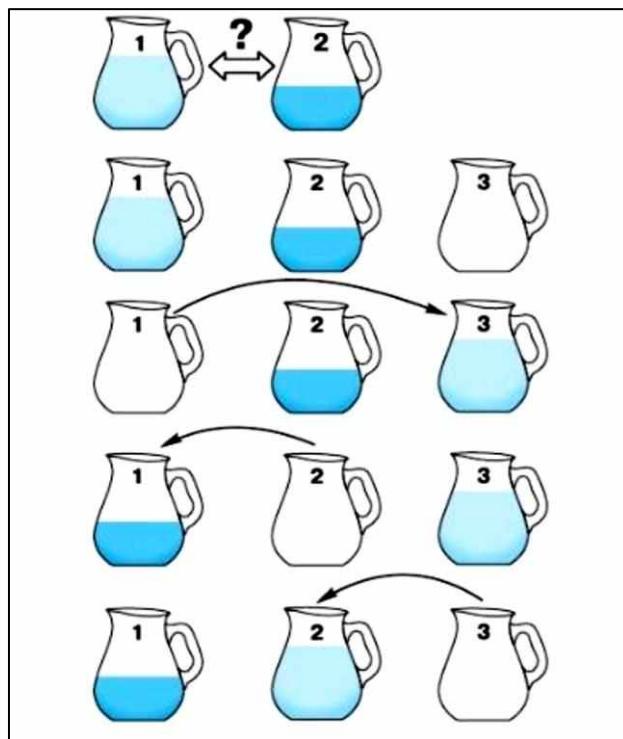


Рисунок 2 – Модель рассуждений при решении задачи 3

Задача 4 в учебнике [9, с. 91] представлена как пример алгоритма на псевдокоде, позволяющего из полного сосуда ёмкостью 12 л отлить половину, пользуясь двумя пустыми сосудами ёмкостью 8 и 5 л.

Модель рассуждений. Поскольку псевдокод представляет собой формализованную текстовую форму записи решения задачи, то с его помощью восстановить ход предшествовавшего рассуждения весьма трудно. Кроме того, поскольку эта задача является разновидностью комбинаторной задачи, то для её анализа удобно воспользоваться такой формой записи, которая позволяла бы рассматривать многочисленные варианты «переливания» из одного сосуда в другой более наглядным образом. Для этого предлагается схема записи, изображённая на рис. 3, где вариант (а) не приводит к успешному решению задачи, а вариант (б) – напротив, соответствует верному алгоритму на псевдокоде.

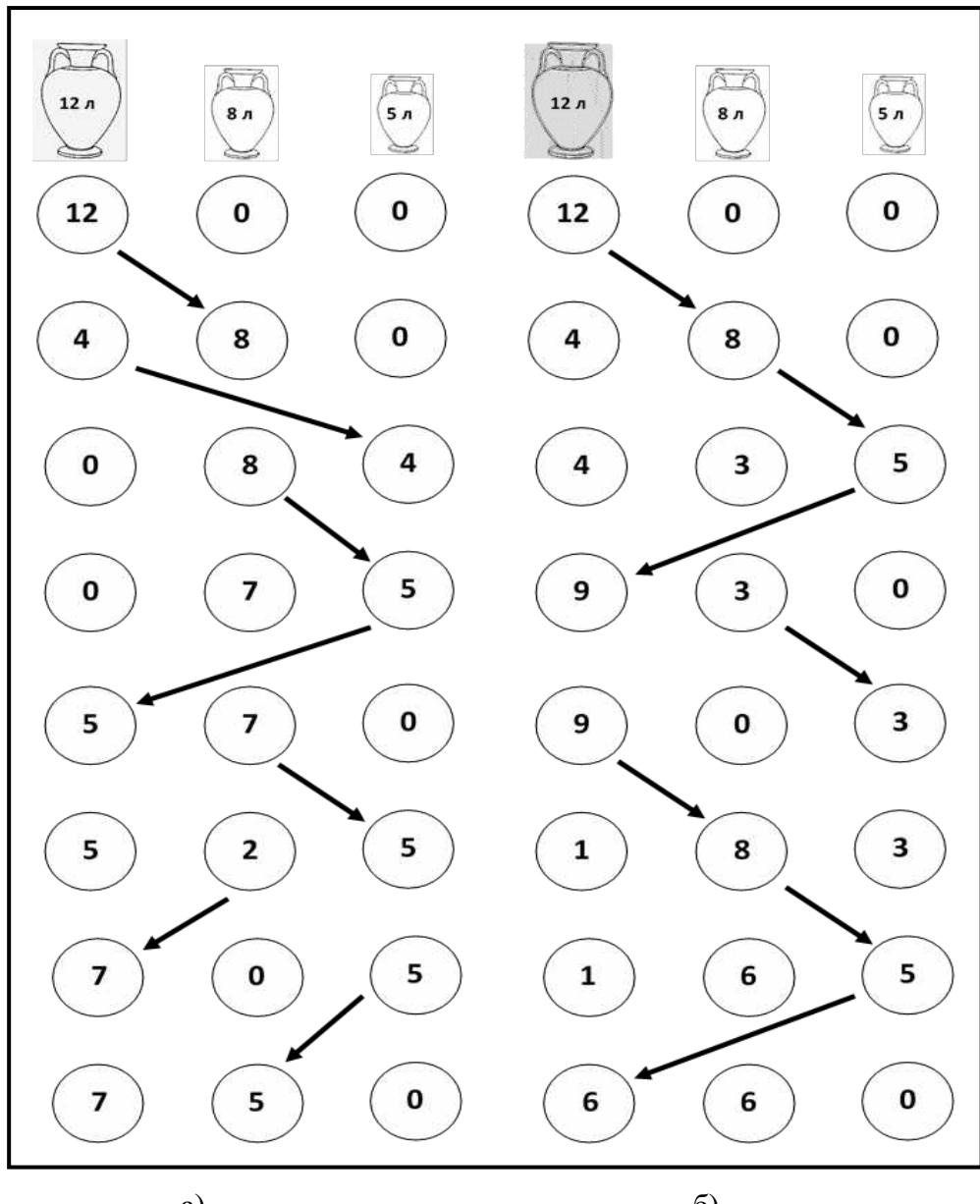


Рисунок 3 – Модель рассуждений при решении задачи 4: тупиковый (а) и успешный вариант решения задачи (б)

Сравнение. Почему вариант рис. 3, (а) является тупиковым? Во-первых, четвёртый уровень $(0 - 7 - 5)$ может быть достигнут не за три, а за два хода: $(7 - 0 - 5)$ и $(0 - 7 - 5)$, а во-вторых, дальнейшие «переливания» представляют собой лишь комбинации из 7 и 5 литров в различных сосудах. Это приводит к «зацикливанию» вокруг цифр 7, 5 и 0 и не способствует выходу на уровень комбинации $(4 - 3 - 5)$, с которого может начаться переход к $(9 - 3 - 0)$ и далее на путь верного решения. Сравнение рис. 3, (а) и (б) показывает, что ещё один «цикличный» переход от $(4 - 8 - 0)$ к $(0 - 8 - 4)$, а не к $(4 - 3 - 5)$

5), является не просто неудачным вариантом, а в корне ошибочным шагом, за счёт которого полностью теряется возможность верного решения задачи.

Заключение

Умение составлять модели рассуждений требуется школьникам не только при решении задач в курсе информатики. Алгоритмическое мышление помогает им при выполнении заданий по принятию решений в других дисциплинах – и естественно-математического, и гуманитарного цикла.

Кроме того, умение моделировать рассуждения имеет отложенный позитивный эффект. Оно прокладывает путь к будущей инженерной деятельности сегодняшних учеников, связанной с развитием современных направлений в научно-технической сфере: например, при проектировании систем искусственного интеллекта, в которые закладываются алгоритмы решения творческих задач, основанные на схемах и моделях рассуждений.

Список библиографических ссылок (на языке оригинала)

1. Баксанский О.Е. Моделирование в науке: Когнитивные модели и интеллект. Москва: Ленанд, 2019. 304 с.
2. Луков В.Б., Сергеев В.М. Опыт моделирования мышления исторических деятелей: Отто фон Бисмарк. 1866-1876 гг. *Вопросы кибернетики. Логика рассуждений и её моделирование.* / Под ред. Д.А. Поспелова. Москва: Научный совет по комплексной проблеме «Кибернетика» АН СССР, 1983. С. 148-161.
3. Окулов С.М. Когнитивная информатика. Монография. Киров: Изд-во ВятГГУ, 2003. 224 с.
4. Поспелов Д.А. Моделирование рассуждений. Опыт анализа мыслительных актов. Москва: Радио и связь, 1989. 184 с.
5. Поспелов Д.А. О «человеческих» рассуждениях в интеллектуальных системах. *Вопросы кибернетики. Логика рассуждений и её моделирование.* / Под ред. Д.А. Поспелова. Москва: Научный совет по комплексной проблеме «Кибернетика» АН СССР, 1983. С. 5-37.
6. Розин В.М. Мысление: сущность и развитие. Концепция мышления. Роль мыслящей личности. Циклы развития мышления. Москва: ЛЕНАНД, 2015. 368 с.

7 Шамис А.Л. Пути моделирования мышления: Мышление и творчество; формальные модели поведения и «распознавания с пониманием»; целостность, целенаправленность; maxT. Изд. 3-е, перераб. и доп. Москва: Ленанд, 2017. 264 с.

8. Брушлинский А.В. Культурно-историческая теория мышления / Предисл. В.В. Селиванова. Изд. стереотип. Москва: Книжный дом «Либроком», 2014. 120 с.

9. Босова Л.Л., Босова А.Ю. Информатика: 8-й класс: базовый уровень: учебник. – 5-е изд., перераб. Москва: Просвещение, 2023. 272 с.

References (на английском языке)

1. Baksanskij O.E. Modelirovanie v nauke: Kognitivnye modeli i intellect [Modeling in science: Cognitive models and intelligence]. Moscow: Lenand, 2019. 304 p. (In Russian)
2. Lukov V.B., Sergeev V.M. Opyt modelirovaniya myshleniya istoricheskix deyatelej: Otto fon Bismark. 1866-1876 gg. [Experience in modeling the thinking of historical figures: Otto von Bismarck. 1866-1876]. Voprosy kibernetiki. Logika rassuzhdenij i eyo modelirovanie [Issues of cybernetics. The logic of reasoning and its modeling]. Moscow: Nauchnyj sovet po kompleksnoj probleme «Kibernetika» AN SSSR, 1983. Pp. 148-161. (In Russian)
3. Okulov S.M. Kognitivnaya informatika. Monografiya [Cognitive computer science. Monograph]. Kirov: Izd-vo VyatGGU, 2003. 224 p. (In Russian)
4. Pospelov D.A. Modelirovanie rassuzhdenij. Opyt analiza myslitel'nykh aktov [Modeling reasoning. Experience in analyzing mental acts]. Moscow: Radio i svyaz', 1989. 184 p. (In Russian)
5. Pospelov D.A. O «chelovecheskikh» rassuzhdeniyakh v intellektual'nykh sistemakh [About “human” reasoning in intellectual systems]. Voprosy kibernetiki. Logika rassuzhdenij i eyo modelirovanie [Questions of cybernetics. The logic of reasoning and its modeling.]. Moscow: Nauchnyj sovet po kompleksnoj probleme «Kibernetika» AN SSSR, 1983. Pp. 5-37. (In Russian)
6. Rozin V.M. Myshlenie: sushhnost' i razvitiie. Koncepciya myshleniya. Rol' myslyashhej lichnosti. Cikly razvitiya myshleniya [Thinking: essence and development. The concept of thinking. The role of a thinking personality. Cycles of the development of thinking]. Moscow: Lenand, 2015. 368 p. (In Russian)

- 7 Shamis A.L. Puti modelirovaniya myshleniya: Myshlenie i tvorchestvo; formal'nye modeli povedeniya i «raspoznavaniya s ponimaniem»; celostnost', celenapravленност'; maxT [Ways of thinking thinking; thinking and creativity; formal models of behavior and “recognition with understanding”; integrity, purposefulness; maxT]. Moscow: Lenand, 2017. 264 p. (In Russian)
8. Brushlinskij A.V. Kul'turno-istoricheskaya teoriya myshleniya [Cultural and historical theory of thinking]. Moscow: Knizhnyj dom «Librokom», 2014. 120 p. (In Russian)
9. Bosova L.L., Bosova A.Yu. Informatika: 8-j klass: bazovy'j uroven': uchebnik [Computer Science: 8th grade: basic level: textbook]. Moscow: Prosveshhenie, 2023. 272 p. (In Russian)