

УДК 37.016:51
ББК В1р

ГСНТИ 14.35.09

Код ВАК 13.00.02

Колдунова Ирина Дмитриевна,

старший преподаватель кафедры математики, информатики и методики преподавания, аспирант Красноярского государственного педагогического университета, Новосибирский Государственный педагогический университет (Куйбышевский филиал), 632387, г. Куйбышев, Новосибирская область, ул. Молодежная, д.7; e-mail: irakoldunova@mail.ru

КОНСТРУИРОВАНИЕ АНАЛИТИКО-СИНТЕТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ПО ТЕОРИИ АЛГОРИТМОВ

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: учебная задача; теория алгоритмов; аналитико-синтетическая деятельность; конструирование аналитико-синтетических задач; энтропийная и алгоритмическая сложность задачи.

АННОТАЦИЯ. Рассматривается актуальная проблема развития мыслительной деятельности студентов при обучении фундаментальным предметным дисциплинам. Решение данной проблемы предлагается в рамках задачного подхода. Описана общая схема конструирования задач по теории алгоритмов, направленных на развитие аналитико-синтетического компонента мышления студентов. Предложенная схема заключается в построении модели знаний и конструировании с учетом ее сложности вопросов-подсказок. Уровень развития аналитико-синтетического компонента мышления определяется соотношением между количеством вопросов, поставленных студентом и преподавателем для нахождения правильного решения задачи. Приведены примеры оценки сложности задач по теории алгоритмов с точки зрения энтропийного и алгоритмического подходов. Под аналитико-синтетическими задачами понимаются задачи, сконструированные на основе энтропийного подхода и направленные на развитие аналитико-синтетического компонента мышления.

Koldunova Irina Dmitrievna,

Senior Lecturer of Department of Mathematics, Informatics and Teaching Methods, Post-graduate Student of Krasnoyarsk State Pedagogical University, Novosibirsk State Pedagogical University (Kuibyshev Branch), Kuibyshev, Novosibirsk region, Russia.

DESIGNING ANALYTIC-SYNTHETIC LEARNING TASKS IN THE THEORY OF ALGORITHMS

KEY WORDS: learning task; theory of algorithms; analytic-synthetic activity; designing analytic-synthetic tasks; entropy and algorithmic complexity of the task.

ABSTRAKT. The article deals with the topical problem of development of mental activity of students in teaching fundamental disciplines. The article proposes the solution of this problem with the help of special system of tasks. The author describes the general scheme of designing learning tasks in the theory of algorithms aimed at development of the analytic-synthetic component of students' thinking. The main purpose of the creation of the proposed scheme is to provide a means to construct a model of knowledge and work out a system of prompts to difficult questions. The level of development of the analytic-synthetic component of thinking is determined by the ratio of the number of questions asked by the students and the teacher in order to find the right solution. The paper gives examples of difficulty of evaluation of tasks in the theory of algorithms in terms of entropy and algorithmic approach. To analytic-synthetic tasks the author refers tasks, designed on the basis of the entropy approach and aimed at developing analytic-synthetic component of thinking.

Важнейшим видом деятельности учащихся при изучении дисциплин практически любой предметной области является решение задач. Вследствие этого обучению решения задач уделяется много внимания, но часто единственным методом обучения является показ способов решения определенных видов задач и значительная практика по овладению ими.

Процесс решения задачи предполагает использование многих приемов мышления, однако для выявления механизма, направляющего мыслительную деятельность, наиболее существенными являются анализ, синтез и сравнение (аналитико-синтетический компонент мышления). Эти приемы реализуются в процессе поиска решения задач в различных сочетаниях. Однако недостаточность и однотипность сборников задач по некоторым дисциплинам не в полной мере способствует развитию аналитико-

синтетического компонента мышления студентов. Проведем анализ некоторых вузовских учебников по теории алгоритмов.

Так, в сборнике задач В. И. Игошина [6] задачи носят типовой характер, решение которых зачастую не предполагает комплексного выполнения операций анализа, синтеза и сравнения. При составлении задач автор ставил следующие дидактические цели: подготовка к изучению теоретических вопросов, закрепление приобретенных теоретических знаний, формирование умений и навыков, повторение изученного материала, контроль усвоения материала.

У И. А. Лаврова и Л. Л. Максимовой [11] также целью являлась систематизация, поэтому в сборник включены стандартные задачи по теории алгоритмов.

Наиболее отличительным в отношении развития аналитико-синтетического компонента мышления студентов является

учебное пособие по теории алгоритмов З. В. Алферовой [1]. Автор уделяет особое внимание не только рассмотрению отдельных алгоритмических систем, но и исследованию связи теории алгоритмов с теорией автоматов и с универсальными ЭВМ, изучению основ анализа алгоритмических языков, формальных преобразований и оценки алгоритмов.

Таким образом, существующие сборники задач по теории алгоритмов не позволяют в полной мере развивать аналитико-синтетический компонент мышления.

Обозначенная проблема определила цель данной работы – предложить способ конструирования задач, нацеленных на развитие аналитико-синтетического компонента мышления студентов.

Вопросы применения задач в процессе обучения рассматривались в трудах психологов и дидактов Г. А. Балла, А. Н. Леонтьева, И. Я. Лернера, М. И. Махмутова, Н. А. Менчинской, Л. М. Фридмана и др. Как отмечается в исследованиях, методика обучения, при которой задача рассматривается как основное средство обучения, основывается на задачном подходе.

Реализация задачного подхода заключается в проектировании системы учебных задач, удовлетворяющих заранее намеченным требованиям. Разработка такой системы предусматривает использование основных положений теории учебных задач.

Учебная задача (по В. В. Давыдову) состоит из следующих учебных действий: преобразование условий задачи для выявления всеобщего отношения изучаемого объекта с другими, моделирование выделенного отношения в предметной, графической, буквенной форме, преобразование модели отношения для изучения его свойств в «чистом виде», построение системы частных задач, решаемых общим способом, контроль выполнения предыдущих действий, оценка усвоения общего способа действий как результата решения данной задачи [3].

Развитие аналитико-синтетического компонента мышления учащихся при решении задач всегда связано с пониманием, т. к. оно невозможно без анализа (выделение существенного) и синтеза (актуализация образованных ранее связей), которые неразрывно сочетаются друг с другом и обуславливают успех понимания.

В психологии мало работ, посвященных пониманию задачи в процессе ее решения. По мнению авторов, понимание задачи является необходимым условием ее успешного решения. Так, В. В. Знаков рассматривает понимание как процесс решения мыслительной задачи. Он указывает, что «понимание формируется по ходу решения за-

дачи, и потому его возникновение нельзя относить только к одной какой-то стадии мыслительного поиска» [5, с. 65]. «При решении задачи наша познавательная цель заключается в том, чтобы преобразовать условия задачи, выявить такие новые свойства, качества отображенного в ней объекта познания, которые соответствовали бы требуемому ответу. Иначе говоря, при ее решении наша цель состоит в получении новых знаний об объекте, отсутствующих в формулировке условий задачи... В этом случае понимание данного, требуемого и искомого оказывается необходимым условием успешного решения мыслительной задачи, а процесс понимания заключается в постепенном переходе от понимания того, что дано и требуется, к пониманию того, что конкретно нужно найти» [5, с. 84].

Н. И. Пак с точки зрения информационного подхода называет пониманием «способность человека осуществлять мыслительный процесс, ... выстраивать информационную модель образа сообщения» [13, с. 94]. Понимание при этом происходит на основе полученной информации и образов, взятых из памяти с помощью мыслительного процесса.

Как показали проведенные исследования [7], студенты педвузов не обладают высоким уровнем развития аналитико-синтетического компонента мышления. В этой связи следует организовать процесс обучения студентов решению задач по нескольким направлениям.

1. Для того чтобы использовать задачу как инструмент развития аналитико-синтетического компонента мышления, необходимо знать механизмы ее решения. Решение задачи состоит в изменении ее структуры таким образом, чтобы скрытые отношения между ее компонентами (данными, искомыми, условиями) были явно видны. Управление процессом решения в таком случае будет заключаться в нахождении адекватных способов преобразования условий задач (Л. Н. Ланда, Л. М. Фридман).

2. Проводя рассуждения синтетическим методом, поиском решения можно управлять с помощью вопросов: какой вывод можно сделать из того, что дано в задаче? (Что можно найти, узнать, зная данные задачи?). После того как задан вопрос и получены первые выводы из данных задач, их сопоставляют с требованием (Это требовалось найти или получить?). Дальше, если требуемое еще не получено, задают этот же вопрос по отношению к полученным следствиям (Какие выводы можно сделать из того, что получили?). Такое развертывание условия задачи проводится до тех пор, пока не будет выполнено требование.

3. Управление поиском решения при использовании анализа осуществляют с помощью вопросов: что достаточно знать (иметь), чтобы выполнить требование задачи? (Откуда может следовать или быть получено то, что требуется?). Получив ответ на этот вопрос, сопоставляют его с условием (тем, что дано, известно) и, если в данных задачах не содержится того, что необходимо, тот же вопрос ставят по отношению к преобразованному, промежуточному требованию (Что достаточно знать для выполнения промежуточного требования?). Использование таких вопросов при решении задачи преобразует (развертывает) требование до тех пор, пока необходимое не обнаружится в данных задачах.

4. Прием «синтез через анализ» осуществляется с помощью попеременной постановки «аналитического» и «синтетического» вопросов, т. е. поэтапного развертывания и условия, и требования. Ответ на вопрос, откуда может следовать или быть получено то, что требуется в задаче, соотносится с условием (тем, что дано) и, если среди данных необходимое не обнаруживается, то ставится вопрос к условию: что может следовать или быть получено из того, что дано? Полученные возможные следствия, сопоставляют с преобразованным требованием, и так делают до тех пор, пока цепочка рассуждений не замкнется: среди следствий из условия не будут получены достаточные основания для выполнения преобразованного требования.

5. Практически по той же схеме осуществляется применение приема «анализ через синтез». Поиск при этом осуществляется при помощи тех же вопросов, однако, как было отмечено выше, замкнуть цепочку рассуждений при помощи известных фактов может и не получиться. Это служит сигналом к поиску новых идей и аналогий, расчленению проблемы на подзадачи, переконструированию данных.

Таким образом, *уровень развития аналитико-синтетического компонента мышления* студентов можно определить соотношением между количеством поставленных студентом и преподавателем вопросов, необходимых для нахождения правильного решения задачи. При высоком уровне развития такие вопросы ставятся самим студентом, при низком уровне – преподавателем. Чем выше уровень развития аналитико-синтетического компонента мышления студента, тем сложнее задачи он может решать.

Существует несколько подходов к оценке сложности задачи. Сложность задачи при энтропийном подходе (К. Шеннон) можно охарактеризовать размером неопределенности, которую надлежит «снять», т. е. количеством информации, которая перерабатывается в процессе решения задачи [16]. Сложность такой оценки заключается в том, что трудно оценить процессы, протекающие в человеческом мозгу, так как недостаточно ясна природа алгоритмов, по которым осуществляется мышление. Данный подход условен хотя бы потому, что никто не знает, какое количество информации приходится перерабатывать.

С этой точки зрения, интересен и другой подход к определению количества информации, предложенный А. Н. Колмогоровым непосредственно в теории алгоритмов и характеризующийся сложностью «программы» преобразующей одно множество в другое [10].

Подробно данный аспект представлен в работе Г. А. Балла. Под сложностью задачи он понимает сложность «реального или предполагаемого процесса решения задачи» [2, с. 119] и отмечает, что процесс решения задачи является не простой последовательностью операций, а их системой, существенные особенности которой могут остаться неучтенными. Для преодоления этих трудностей при алгоритмическом подходе многими исследователями используются различные приемы, такие как «коэффициент сложности», приписываемый каждому виду операций, пропорциональный среднему времени на ее выполнение; характеристика графов, изображающих способы решения задачи. Так, Н. А. Жигачева сложность вершины структурного графа определяет следующим рекуррентным правилом: сложность вершины складывается из количества дуг, входящих в эту вершину, и сложности вершины предыдущего элемента. Сложность графа определяется как суммарная сложность его вершин [4].

Рассмотрим возможную реализацию энтропийного и алгоритмического подходов для оценки сложности решения следующих задач по теории алгоритмов: «Построить функцию при помощи операции примитивной рекурсии из функций $g(x)=x$ и $h(x,y,z)=z+1$ » (рис. 1), «Сколько примитивно-рекурсивных функций можно построить из функций $g(x)=x$ и $h(x,y,z)=z+1$?» (рис. 2). Первая является стандартной задачей из учебника по «Теории алгоритмов», вторая сконструирована нами.

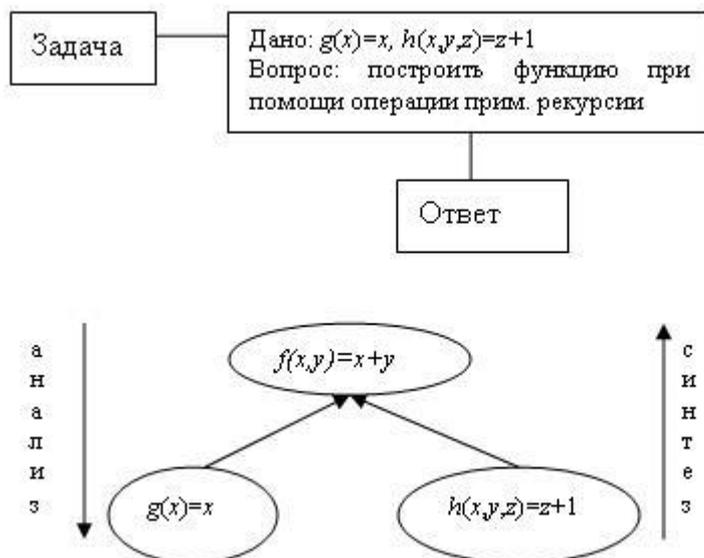


Рисунок 1. Схема и структурный граф решения задачи 1

Как видно из примера, вторая задача имеет более сложную структуру решения и решается аналитико-синтетическим методом, а значит, ее использование при обучении теории алгоритмов больше направлено на развитие аналитико-синтетического компонента мышления. В процессе решения такой задачи необходима постановка целого ряда вопросов, ответы на которые снимают имеющуюся неопределенность и приводят к правильному решению.

Под *аналитико-синтетическими задачами* будем понимать задачи, сконструированные на основе энтропийного подхода и направленные на развитие аналитико-синтетического компонента мышления.

Для конструирования задачи необходимо определить тему и ее дидактические единицы. Дидактическая единица – это элемент содержания учебного материала, изложенного в виде утвержденной в установленном порядке программы обучения в рамках определенной профессиональной дисциплины или общеобразовательного предмета, а также одна из предметных тем, подлежащих обязательному освещению в процессе подготовки специалистов, обучающихся по данной дисциплине (предмету). То есть дидактическая единица – это и тема, и понятия темы.

Таким образом, необходимо выделить небольшой раздел темы, разбить его на ключевые, тематически важные понятия (это могут быть общие сведения, конкретные понятия с определениями и собственно действия, связанные с этими понятиями) и создать модель знаний.

Так как учитываются отношения между единицами (объектами) модели знаний, та-

кая модель является семантической, потому как более общее понятие и частное (уточненное) несут разную энтропию. То есть семантическая модель является иерархической с точки зрения алгоритма решения задачи и энтропии, снимаемой предлагаемыми вопросами-подсказками (при развитом аналитико-синтетическом компоненте мышления такие вопросы студенты должны уметь ставить самостоятельно, на этапе обучения возможна помощь преподавателя).

Строить вопросы-подсказки и оценивать их в дальнейшем необходимо с учетом положения в семантической модели. То есть при дедуктивном распространении (от общего к частному) внутри алгоритма решения задачи подсказка будет снимать большее количество энтропии, а значит, ее цена будет выше.

Для составления модели предлагаются следующие уровни вопросов-подсказок:

- 1) уточнение общих сведений (минимальное снижение энтропии, минимальная цена);
- 2) уточнение понятий (среднее снижение энтропии, средняя цена);
- 3) уточнение действия (максимальное снижение энтропии, максимальная цена).

При конструировании задач следует помнить, что задача учитывает функцию закрепления теоретических знаний на практике, также задача несет и функцию контроля. Формируя модель знаний и подсказки, учитель сможет определить какие дидактические единицы не были усвоены по выбранной теме теории алгоритмов, какие задачи необходимо решать в будущем и на какие темы нужно сделать упор.

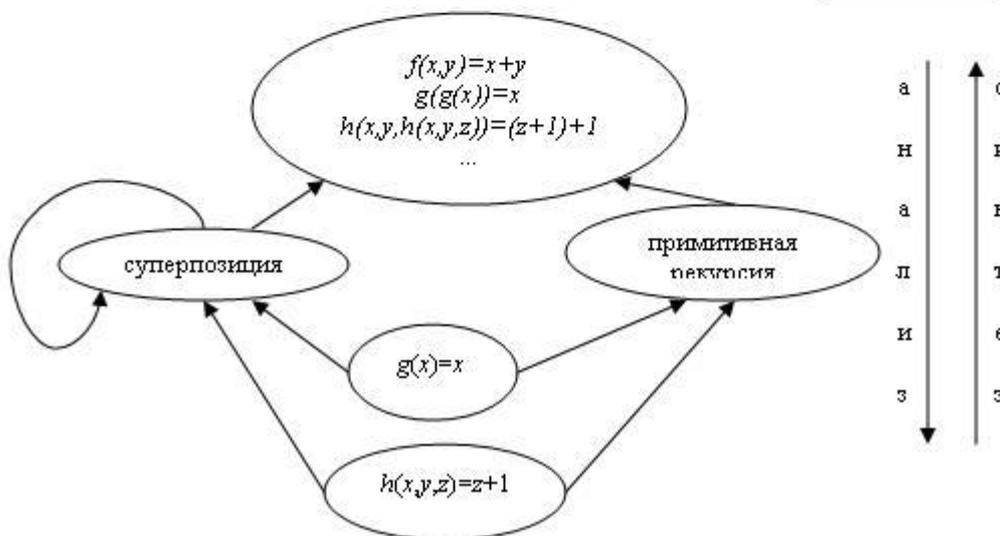


Рисунок 2. Схема и структурный граф решения задачи 2

Таким образом, алгоритм конструирования аналитико-синтетической задачи по теории алгоритмов будет иметь следующий вид.

1. Разбиваем выбранную тему на дидактические единицы. Вычленим новые, т.е. менее понятные для обучаемого единицы.

2. Классифицируем дидактические единицы «понятие», «сведения» («событие»), «действие» для объединения в задачах.

3. Строим семантическую модель знаний (раскрываем понятия, уточняем алгоритмы).

4. Составляем предложения («подсказки») с учетом уровней модели:

- первый уровень направлен на осмысление общих сведений;
- второй уровень направлен на уточнение понятий;
- третий уровень направлен на ориентацию действия.

5. Создаем задачу с учетом выбранных дидактических единиц.

Рассмотрим пример построения задачи по теории алгоритмов по теме «Машина Тьюринга».

1. Дидактические единицы темы «Машина Тьюринга» – лента машины Тьюринга, программа (функциональная схема),

внешний алфавит, внутренний алфавит, начальная конфигурация, тезис Тьюринга, сводимость алгоритмических моделей, детерминированность алгоритмических процессов, заключительная конфигурация.

2. «Понятие»: внешний алфавит, внутренний алфавит;

«сведения» («событие»): лента машины Тьюринга, начальная конфигурация, заключительная конфигурация, тезис Тьюринга;

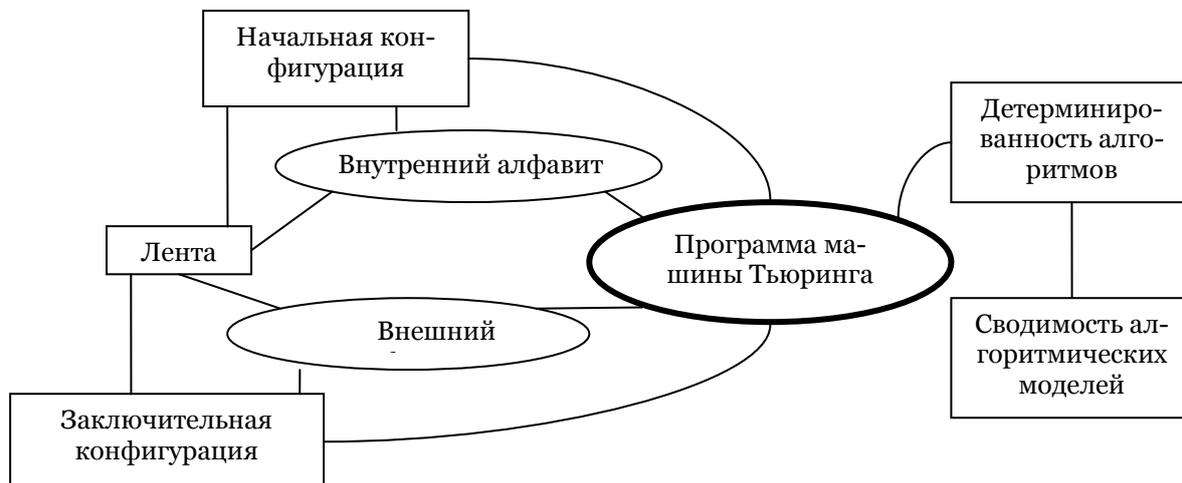


Рисунок 3. Семантическая модель знаний темы «Машина Тьюринга»

4. Вопросы («подсказки»), направленные на осмысление общих сведений, понятий, действий:

- первого уровня: «Какие функции детерминирует машина Тьюринга?»;

- второго уровня: «Можно ли, используя внешние алфавиты машины Тьюринга, записать число?», «Какой должна быть начальная конфигурация, исходя из условий задачи?», «Какой должна быть заключительная конфигурация?»;

- третьего уровня: «По какому принципу должна работать машина Тьюринга, что-

бы выполнялось условие задачи?» (постановка данного вопроса, предполагает, что студентам уже знаком алгоритм решения похожей задачи из темы «Графическое представление алгоритмов. Блок-схемы»: разность двух чисел можно найти при вычитании единицы из каждого числа до тех пор, пока второе не станет равным нулю).

5. Задача: «Сравните работу машин Тьюринга и найдите те, которые определяют функцию $f(x,y)=x-y$ » (таблица 1).

Таблица 1.

A Q	q ₁	q ₂	q ₃	q ₄
a ₀	q ₁ a ₀ П	q ₃ a ₀ П	q ₃ a ₀ Л	q ₁ a ₀ Л
1	q ₂ a ₀ Л	q ₂ 1Л	q ₄ a ₀ П	q ₄ 1П
*	q ₀ a ₀	q ₃ *Л		q ₄ *П

QA	q ₁	q ₂	q ₃	q ₄	q ₅	q ₆	q ₇
a ₀					q ₁ a ₀ Л		q ₀ a ₀
1	q ₃ ОЛ	q ₃ ОЛ	q ₃ 1Л	q ₅ ОП	q ₅ 1П	q ₅ ОП	q ₇ a ₀ П
0	q ₂ 1Л	q ₂ 1Л	q ₃ ОЛ	q ₆ 1Л	q ₅ ОП	q ₆ 1Л	
*		q ₇ *П	q ₄ *Л		q ₅ *П		

В соответствии с предложенной схемой конструирования была разработана система аналитико-синтетических задач по теории алгоритмов [8; 9], которая используется при обучении студентов-бакалавров профиля «информатика». Умение студентов решать данные задачи оказывает большое

влияние на развитие их мышления, осознанное усвоение знаний по предмету. Знания усваиваются в определенной для их понимания системе, в которой отдельные положения логически связаны друг с другом.

Таким образом, проблема развития аналитико-синтетического компонента

мышления студентов может быть решена за счет использования в процессе обучения предмету аналитико-синтетических задач. Сконструированные по предложенной схеме задачи предполагают постановку при их решении разноуровневых вопросов, необ-

ходимых для нахождения правильных ответов, т. е. тренируют такие основные приемы мышления как анализ и синтез, а значит, позволяют развивать аналитико-синтетический компонент мышления студентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алферова З. В. Теория алгоритмов : учеб. пособие. М. : Статистика, 1973.
2. Балл Г. А. Теория учебных задач: психолого-педагогический аспект : монография. М. : Педагогика, 1990.
3. Давыдов В. В. Теория развивающего обучения. М. Интор, 1996.
4. Жигачева Н. А. Графовое моделирование структур решений сюжетных задач в курсе алгебры 7 класса : автореф. дис. ... канд. пед. наук. Омск, 2000.
5. Знаков В. В. Понимание в познании и общении. М. : Институт психологии РАН, 1998.
6. Игошин В. И. Задачи и упражнения по математической логике и теории алгоритмов : учеб. пособие для студ. вузов. М. : Академия, 2005.
7. Колдунова И. Д. О необходимости развития аналитико-синтетической деятельности студентов пед вузов // Омский научный вестник. Серия «Общество. История. Современность». № 2. 2011. С. 174-177.
8. Колдунова И. Д. Теория алгоритмов : учеб. пособие. Новосибирск : Немо Пресс, 2015.
9. Колдунова И. Д. Эффективность обучения теории алгоритмов в педагогическом вузе // Информатика и информационные технологии в образовании: теория, приложения, дидактика : мат-лы Всерос. науч. школы-конф. с междунар. уч. (Новосибирск, 26-29 сент. 2012 г.). Новосибирск, 2012. С. 88-90.
10. Колмогоров А. Н. Три подхода к определению понятия «количество информации» // Проблемы передачи информации. 1965, Т. 1 (1). С. 3-11.
11. Лавров И. А., Максимова Л. Л. Задачи по теории множеств, математической логике и теории алгоритмов. М. : Физматлит, 2004.
12. Ланда Л. Н. Умение думать. Как ему учить? М. : Знание, 1975.
13. Пак Н. И. Информационный подход и электронные средства обучения (монография). Красноярск : РИО КГПУ, 2013.
14. Фридман Л. М., Турецкий Е. Н. Как научиться решать задачи: книга для учащихся. М. : Просвещение, 1984.
15. Фридман Л. М. Логико-психологический анализ школьных учебных задач. М. : Педагогика, 1977.
16. Шеннон К. Э. Математическая теория связи // Работы по теории информации и кибернетике. М., 1963.

LITERATURE

1. Alferova Z. V. Teoriya algoritmov : ucheb. posobie. M. : Statistika, 1973.
2. Ball G. A. Teoriya uchebnykh zadach: psikhologo-pedagogicheskiy aspekt : monografiya. M. : Pedagogika, 1990.
3. Davydov V. V. Teoriya razvivayushchego obucheniya. M. Intor, 1996.
4. Zhigacheva N. A. Grafovoe modelirovanie struktur resheniy syuzhetnykh zadach v kurse algebrы 7 klas-sa : avtoref. dis. ... kand. ped. nauk. Omsk, 2000.
5. Znakov V. V. Ponimanie v poznanii i obshchenii. M. : Institut psikhologii RAN, 1998.
6. Igoshin V. I. Zadachi i upravleniya po matematicheskoy logike i teorii algoritmov : ucheb. poso-bie dlya stud. vuzov. M. : Akademiya, 2005.
7. Koldunova I. D. O neobkhodimosti razvitiya analitiko-sinteticheskoy deyatelnosti studentov ped vuzov // Omskiy nauchnyy vestnik. Seriya «Obshchestvo. Istoriya. Sovremennost'». № 2. 2011. S. 174-177.
8. Koldunova I. D. Teoriya algoritmov : ucheb. posobie. Novosibirsk : Nemo Press, 2015.
9. Koldunova I. D. Effektivnost' obucheniya teorii algoritmov v pedagogicheskom vuzе // Informatsionnye tekhnologii v obrazovanii: teoriya, prilozheniya, didaktika : mat-ly Vseros. na-uch. shkoly-konf. s mezhdunar. uch. (Novosibirsk, 26-29 sent. 2012 g.). Novosibirsk, 2012. S. 88-90.
10. Kolmogorov A. N. Tri podkhoda k opredeleniyu ponyatiya «kolichestvo informatsii» // Problemy peredachi informatsii. 1965, T. 1 (1). S. 3-11.
11. Lavrov I. A., Maksimova L. L. Zadachi po teorii mnozhestv, matematicheskoy logike i teorii al-goritmov. M. : Fizmatlit, 2004.
12. Landa L. N. Umenie dumat'. Kak emu učit'? M. : Znanie, 1975.
13. Pak N. I. Informatsionnyy podkhod i elektronnye sredstva obucheniya (monografiya). Krasno-yarsk : RIO KGPU, 2013.
14. Fridman L. M., Turetskiy E. N. Kak nauchit'sya reshat' zadachi: kniga dlya uchaschikhsya. M. : Prosveshchenie, 1984.
15. Fridman L. M. Logiko-psikhologicheskii analiz shkol'nykh uchebnykh zadach. M. : Pedagogika, 1977.
16. Shannon K. E. Matematicheskaya teoriya svyazi // Raboty po teorii informatsii i kibernetike. M., 1963.

Статью рекомендует д-р пед. наук, проф. Н. И. Пак.