

DOI: 10.25588/CSPU.2018.79..6..013

УДК 51(07):151.8

ББК 22.1я7:88.4

В. В. Сибирев¹, А. Р. Сибирева²

¹ORCID № 0000-0001-6424-1362

Кандидат педагогических наук, заведующий кафедрой методики естественнонаучного образования и информационных технологий,

Ульяновский государственный педагогический университет,

г. Ульяновск, Российская Федерация.

E-mail: bbccbb@rambler.ru

²ORCID № 0000-0001-6755-8867

Кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей математики,

Ульяновский государственный педагогический университет,

г. Ульяновск, Российская Федерация.

E-mail: anna.sibireva@bk.ru

ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ ОШИБКАМИ ПРИ ПОИСКЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ И РЕЗУЛЬТАТОМ

Аннотация

Введение. В статье экспериментально изучается влияние на результат ошибочных выборов, сделанных в процессе поиска решения трудных математических задач. Цель – выявление причинно-следственных связей между ошибками, совершаемыми на разных шагах процесса «поиск решения задачи», и результатом процесса; выявление шагов, ошибки на которых статистически значимо увеличивают риск неудовлетворительного результата.

Материалы и методы. На основе синергетического, процессного и системного подходов описаны горизонтальные информационные потоки системы «поиск решения задачи», отвечающие за фактическую сторону поиска решения. Потоки разделены на шаги, последовательно реализующие различные функции управления. Каждому шагу отвечают определенные ошибки. Разработана методика эксперимента, изучающего взаимосвязь между ошибками на определенных шагах процесса и результатами процесса. Используются: анкетирование; методы статистической обработки

результатов, многомерный регрессионный, корреляционный и канонический анализ. Результаты эксперимента сравниваются с результатами эмпирических наблюдений.

Результаты. Ошибки по влиянию на результат разделились на «фатальные» – ведущие к прерыванию процесса поиска, «порождающие брак» – ведущие к решению задачи с ошибкой, «поисковые» – являющиеся неотъемлемой частью поиска, запускающие механизмы контроля, диагностики и корректировки процесса, улучшающие результаты поиска. Для нежелательных ошибок, статистически значимо влияющих на результат, выявлены шаги, составляющие 22 % процесса поиска, дающие 76 % ошибок на выходе. Это согласуется с принципом Парето, сформулированным для производственных процессов.

Обсуждение. Обсуждается взаимодействие учителя и ученика в процессе поиска решения задач при возникновении ошибок разного типа.

Заключение. Результаты статьи могут быть использованы при обучении поиску решения трудных задач.

Ключевые слова: поиск решения задачи, процесс поиска решения задачи, прерывание процесса, информационные потоки, ошибки, результат, ошибочный результат.

Основные положения:

– описаны горизонтальные информационные потоки системы «поиск решения задачи», отвечающие за фактическую сторону поиска решения, разделенные на шаги, реализующие различные функции управления;

– разработана методика эксперимента, изучающего взаимосвязь между ошибками на различных шагах процесса поиска решения задачи и результатами процесса, среди которых: прерывание поиска, ошибочное решение задачи, верное решение;

– выявлены причинно-следственные связи между ошибками, совершаемыми на разных шагах процесса «поиск решения задачи», и результатом процесса; выявлены шаги, составляющие 22 % процесса поиска, дающие 76% ошибок на выходе.

1. Введение (Introduction)

Человечество и каждый человек

ставит перед собой и решает задачи: научные, учебные, нравственные, творческие, производственные, социальные, бытовые и др. Задачей в широком понимании можно считать ситуации, требующие постановки цели и поиск средств ее достижения. Д. Пойа процессом решения задачи называет «сознательный поиск соответствующего средства для достижения ясной, видимой, но непосредственно недоступной цели. Решение задачи означает нахождение этого средства...Трудность решения в какой-то мере входит в само понятие задачи. Там, где нет трудности, нет и задачи» [1, с. 143].

Психологические, дидактические, методические аспекты поиска решения, обучения решению задач изучались в работах А. А. Аксенова, В. А. Байдака, М. Б. Балка, Л. С. Выготского, П. Я. Гальперина, Л. Л. Гуровой, В. В. Давыдова, О. Б. Епишева, И. И. Ильсова, Е. Н. Кабанова-Меллер, Ю. М. Колягина, В. И. Крупича, Ю. Н. Куллоткина, А. Н. Леонтьева, Д. Пойа, Я. А. Пономарева, С. Л. Рубинштейна, Г. И. Саранцева, А. А. Столяра, Н. Ф. Талызиной, О. К. Тихомирова, С. И. Туманова, В. Е. Фирсова, Л. М. Фридмана, Д. Б. Эльконина и

др. (см. [1-4] и др.). Практические аспекты данной темы обсуждались в работах [5-14] и др.

Поиск решения – кризисный процесс [15], неустойчивый, непредсказуемый, с многочисленными выборами необходимой информации, мотивации решающего, метода решения и т.д. [16;17]. Каждый выбор влияет на результат.

В данной статье мы изучаем влияние на результат ошибочных выборов, сделанных в процессе поиска решения учебных математических задач. Мы рассматриваем только трудные, требующие поиска решения задачи. Актуальная проблема – улучшение процесса поиска решения трудных задач с целью повышения качества результатов.

2. Материалы и методы (Materials and methods)

Мы изучаем систему «поиск решения задачи», используя синергетический, системный и процессный подходы. Элементами системы считаем процессы и сопровождающие их информационные потоки. Выявлено, что система в своем развитии проходит стадии кризиса и гомеостаза. Описаны информационные потоки системы на этих стадиях [16; 17].

В стадии кризиса последовательно на стратегическом, тактическом и операционном уровнях деятельности функционируют по паре горизонтальных информационных потоков, имеющих вид многократно проходимых петель. Один из потоков в каждой паре отвечает за фактический поиск решения задачи, другой – за самоорганизацию решающего. В данной статье обсудим только фактическую сторону поиска решения.

Обозначим A – процесс стратегического уровня, B – тактического, C – операционного. В каждом из процессов A, B, C происходит последовательная реализация функций управления: «информационно-аналитической, мотивационно-целевой, планово-прогностической, организационно-исполнительской, контрольно-диагностической, коррекционной» [18; 19; 20]. Соответственно, каждый из процессов разделен на шесть шагов $A_1, \dots, A_6, B_1, \dots, B_6, C_1, \dots, C_6$. На них последовательно ищутся ответы на следующие вопросы (в скобках – некоторые ошибки и затруднения, типичные для данного шага).

A_1 . Чтение условия: что дано?

(Невнимательно прочитано условие задачи).

A_2 . Выявление цели: что найти, доказать? (Дается ответ не на тот вопрос, что поставлен в задаче).

A_3 . Поиск методов решения, их перспектив, выбор метода (Неверно выбран метод решения).

A_4 . Поиск информации для реализации метода (Не удастся привлечь и использовать дополнительную информацию).

A_5 . Выбор критериев оценки будущего результата (Нереальность результатов).

A_6 . Выявление возможных проблем метода, корректировка стратегии поиска (Неумение переключаться с одного метода решения на другие).

B_1 . Поиск новых данных. B_2 . Выявление промежуточных целей: чего недостает? (Не удастся выявить скрытые данные).

B_3 . Построение планов поиска, выявление перспектив (Не удастся построить план решения, отличный от стандартного алгоритма).

B_4 . Привлечение информации (теоремы, свойства,...), выбор – как ее использовать (Трудности с привлечением материала смежных тем.

Ошибки на знание формул и теорем).

*B*₅. Комплексная оценка того, что имеется (Нет видения общей картины).

*B*₆. Корректировка тактики решения (Решение нерационально).

*C*₁. Поиск информации для совершения действий. *C*₂. Формулировка целей действий (Трудности с разделением задачи на частные подзадачи).

*C*₃. План действий для решения (Трудности с планированием действий).

*C*₄. Выполнение действий (Ошибки в применении формул и теорем. Ошибки в счете. Невнимательность, ведущая к ошибкам. Небрежность оформления, ведущая к ошибкам. Неумение пользоваться справочником, словарем,...).

*C*₅. Синтез из результатов действий общего результата (Трудно сделать общий вывод по результатам действий).

*C*₆. Проверка, анализ результата (Не рассмотрены все возможные случаи. Неверно сделанная проверка исказила результат) [16].

В данной статье мы оставляем без внимания еще 3 горизонтальных

потока каждого уровня, где формируются мотивация, личностное целеполагание, самоорганизация решающего задачу [16], [17], [21], разные способы взаимодействия системы с внешними средами, влияние ресурсов на систему [22], причины прерывания процесса решения [23].

Методика эксперимента. Цель эксперимента: выявление причинно-следственных связей между ошибками, совершаемыми на разных шагах процесса «поиск решения задачи», и результатом процесса; выявление шагов, ошибки на которых на уровне статистических закономерностей дают неудовлетворительный результат на выходе. Гипотеза эксперимента: ошибки разных шагов процесса «поиск решения задачи» оказывают различное влияние на результат. Одни – увеличивают риск прерывания процесса поиска, другие – риск получения ошибочного решения на выходе, третьи – полезны.

Респондентам предложен список типичных ошибок и вопросы:

1. Отметьте, какие ошибки, затруднения при решении задач для Вас типичны?

2. Какая часть решенных Вами задач бывает с ошибками?

3. Какую часть предложенных Вам задач Вы доводите до конца?

4. Укажите балл, полученный

$X = (A_1, \dots, A_6, B_{1-2}, \dots, B_6, C_{1-2}, \dots, C_6)$ – «типичные ошибки»,

где 0 – «ошибки на этом шаге для меня не типичны», 1 – «ошибки на этом шаге для меня типичны». Вектор X пошагово характеризует ошибки в процессе поиска решения задачи. От особенностей протекания процесса зависит результат. Результатные данные представлены ответами на вопросы 2, 3, 4. Вопрос 2 предполагал выбор одного из вариантов: **с ошибками** – все решенные мной задачи (этому ответу сопоставим – 0 баллов); почти все задачи (1); больше половины – (2); половина (3); меньше половины (4); очень мало задач (5); все решенные мной задачи верны (6). Аналогично, для вопроса 3: **не довожу до конца** все задачи (этому ответу сопоставим – 0 баллов); почти все задачи

Исследуем влияние $X = (A_1, \dots, C_6)$ – «ошибок,

типичных для респондента» на результат $U = (Y, Z, W)$.

Произведен корреляционный, регрессионный и канонический анализ данных. Выявлено, что взаимосвязь предикторов и отзыва уси-

Вами – на ЕГЭ по математике (для студентов). Для каждого респондента получен вектор заполненный значениями:

(1); больше половины (2); половину задач (3); меньше половины (4); почти все задачи довожу до конца (5); все задачи довожу до конца (6).

Изучим влияние «процессных» данных X на «результатные» данные: Y – «доля задач с ошибками» (0-6 баллов); Z – «доля задач, доводимых до конца» (0-6 баллов); W – балл на ЕГЭ по математике для студентов (до 100 баллов).

Проведено анкетирование 346 респондентов, среди них 163 студента физико-математического факультета УлГПУ и технических специальностей УлГТУ, 183 учителя математики г. Ульяновск. Результаты обработаны с помощью программного пакета STATISTICA [24].

3. Результаты (Results)

ливается с увеличением полноты набора характеристик процесса и результата. А именно, попарная взаимосвязь параметров множества X

друг с другом и с параметрами множества U практически отсутствует (коэффициенты корреляции $R < 0,2$). Это говорит об отсутствии влияния одного шага, рассматриваемого обособленно, на результат целостного процесса. Мозаичное изучение влияния отдельных «процессных» параметров на отдельные «результатные» не оправдано.

Зависимость между множеством X и каждым из параметров Y, Z, W усиливается (коэффициенты корреляции $R > 0,5$).

$$Y = 4,67 - 0,87A_2 - 0,21A_3 - 0,23A_5 - 0,28A_6 - 0,22B_4 - 0,33C_4 + 0,17C_6. (1)$$

Ошибки на шагах, не упомянутых в (1), (при выбранном уровне значимости t -критерия $p = 0,3$) оказались статистически незначимы, кроме того, их веса – значительно меньше по модулю коэффициентов (1), поэтому принимаем гипотезу о равенстве 0 соответствующих коэффициентов регрессии.

Весовые коэффициенты в уравнении (1) показывают степень влияния предиктора на результат. Ошибки на шагах C_4 «выполнение действий операционного уровня» и A_2 «выявление цели задачи» увеличивают число ошибок на выходе, их весовые коэффициенты – наибольшие по мо-

дулю. Это совпадает с наблюдениями учителей: наибольшая доля ошибок – при выполнении действий операционного уровня, неверно выбранная на шаге A_2 цель задачи провоцирует неверный результат.

Уравнение регрессии для нестандартизированных данных Y и X имеет вид:

Уравнение (1) можно использовать для прогноза отклика по значениям предикторов. При ошибках на шагах, упомянутых в уравнении (1), кроме C_6 : $Y = 2,22$ с 95% доверительным интервалом (1, 11; 3, 33), что соответствует 2 или 3 баллам и означает «больше половины или половина задач – с ошибками».

Некоторые ошибки (на шагах A_4 – поиск информации, B_3 – планирова-

ние решения, C_6 – проверка) уменьшают долю ошибочных решений на выходе. Среди них статистически значимо влияют на результат ошибки на шаге C_6 , поэтому только это слагаемое учтено в уравнении (1). Улучшение результата при ошибках на шаге C_6 можно объяснить тем, что в системе «поиск решения задачи» заложены механизмы обнаружения ошибок и их исправления. На шаге C_6 несовпадение результата проверки с неккими критериями правильности решения включает механизмы корректировки с пошаговой проверкой и пересмотром решения, что уменьшает

$$Z = 4,65 - 0,47A_3 + 0,24A_4 - 0,3B_{1-2} - 0,26B_4 + 0,26B_6 - 0,15C_4 - 0,55C_5, (2)$$

где коэффициенты считаем значимыми при уровне значимости $p = 0,3$. Если на шагах, упомянутых в (2) со знаком минус, есть ошибки, то $Z \approx 2,93$ с 95% доверительным интервалом (2,12;3,74), т. е. только «половина задач доведена до конца». Наиболее весомы ошибки на шагах A_3 и C_5 . Ошибки на шагах A_4, B_6 уменьшают долю прерванных решений, включая механизмы

долю брака на выходе.

Усиливая внимание к действиям операционного уровня, к выбору критериев правильности решения, стимулируя самоконтроль на этих шагах; но давая свободу в поиске информации, планировании и изменении планов, в проверке результатов, мы на практике уменьшим долю задач с ошибками.

Результатом поиска решения задачи может стать прерывание процесса. Исследуем, какие фактические ошибки усиливают риск остановки поиска.

Взаимосвязь Z и X описывается с помощью уравнения:

привлечения ресурсов (A_4), корректировки (B_6).

Для сосредоточения усилий на ликвидации ошибок, статистически значимо влияющих на нежелательный исход поиска

($A_2, A_3, A_5, A_6, B_1, B_2, B_4, C_4, C_5$), построим диаграмму Парето. Контрольный листок для построения этой диаграммы приведен в Таблице 1.

Таблица 1 – Контрольный лист для диаграммы Парето (346 респондентов)

Table 1 – Checklist for the Pareto chart (346 respondents)

Шаг	Количество ошибок	Накопленное количество	Накопленный процент, %
C_4	198	198	39
A_3	76	274	53
B_4	58	332	65
A_5	57	389	76
B_1, B_2	55	444	87
A_6	31	475	93
C_5	20	495	96
A_2	18	513	100

На рисунке 1 показаны абсолютные значения в виде столбиковой диаграммы и накопленный процент в виде ломаной.

По рисунку 1 и таблице 1 видно, что 76% ошибок из статистически значимых и нежелательных – это ошибки операционного уровня (C_4), выбора метода (A_3), на исполь-

зование теорем, свойств, формул (B_4), выбор критерия оценки правильности решения (A_5). Мы обнаружили 22% шагов процесса, где производится 76% нежелательных, статистически значимых для результата ошибок. Сосредоточение усилий на этих шагах улучшит результаты.

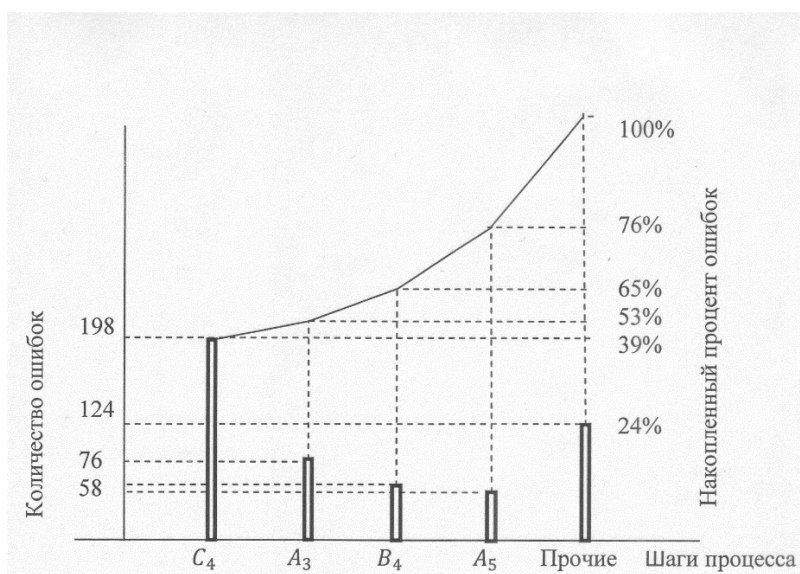


Рисунок 1 - Диаграмма Парето
Figure 1.- Pareto Chart

4. Обсуждение (Discussion)

Эксперимент показал, что ошибки по влиянию на результат разделились на «фатальные» – усиливающие риск прерывания поиска ($A_3, B_1, B_2, B_4, C_4, C_5$) «порождающие брак» – усиливающие риск ошибок на выходе

($A_2, A_3, A_5, A_6, B_4, C_4, C_5$),

«поисковые» – являющиеся неотъемлемой частью поиска, включающие механизмы поиска ресурсов, контроля, диагностики и корректировки процесса, улучшающие результаты поиска (A_4, B_6, C_6).

Некоторые ошибки – необходимая часть поиска решения. Они – апробация одного из вариантов решения, от которого следующие шаги поиска заставляют отказаться. Это приводит к перебору возможных вариантов, «поиску решения методом проб и ошибок». При обучении поиску решения задач важно показать, что неизбежны ошибки, являющиеся промежуточным выбором, который может быть отклонен. Поиск и выбор информации, выбор метода, плана решения, попытка решить задачу неким способом и отказ от него неизбежны, интересны и полезны. В этом – суть рождения истины.

В современном менеджменте наблюдается возрастающий интерес к улучшению процесса. Согласно принципу Парето, сформулированному для производства изделий, определенные участки процесса производства (20%) дают 80% брака (см., например, [25, с. 20]). Мы получили результат в этом ключе: обнаружены шаги процесса «поиск решения задачи» (22%), ошибки на которых дают 76% брака на выходе. То есть принцип Парето работает и здесь. Внимание к этим шагам даст массовое улучшение качества решенных задач.

К таким ошибкам относятся: ошибки операционного уровня (C_4), выбора метода (A_3), на использование теорем, свойств, формул (B_4), выбора критерия правильности решения (A_5). Это согласуется с педагогическим опытом. При проверке учитель оценивает правильность использования метода, теорем и формул, грамотность при выполнении действий, реальность результата.

Выводы эксперимента еще раз подтверждают фундаментальное утверждение: «Для верного решения трудных задач нужны знания (методы), умения (по применению тео-

рем и формул) и навыки (действия операционного уровня)». Эта истина порой подвергается сомнению. Приходилось слышать, что «неуспевающий по математике ученик будет успешен на олимпиаде, потому что у него креативное мышление», но практика этого, увы, не подтверждает. Еще один перекосяк – в попытке подменить знания, умения и навыки, например, по математике, ИКТ-компетенциями. Креативное мышление, ИКТ-компетенции нужны и важны, они применяются на базе сформированных знаний, умений и навыков, но без них или вместо них не работают.

5. Заключение (Conclusion)

Изучение процесса поиска решения трудных задач с целью улучшения результатов – актуальная проблема сегодняшнего дня. Поиск решения трудной задачи обладает свойствами кризисной системы. Общность структуры информационных потоков для педагогических систем различной природы при поиске решения задач (в широком смысле слова), выявленная в работах авторов, общность вопросов, ответы на которые ищутся, общность модели поведения систем [16, 17,

21, 22, 23] позволяют адаптировать и применить методику эксперимента к кризисным педагогическим системам различной природы.

Выявлено, что ошибки разных шагов процесса «поиск решения задачи» на уровне статистических закономерностей оказывают различное влияние на результат: среди них есть «фатальные» – усиливающие риск прерывания поиска; «порождающие брак» – усиливающие риск ошибочного решения на выходе; «поисковые» – включающие механизмы поиска ресурсов, контроля, диагностики и корректировки процесса, улучшающие результаты поиска.

Выявлены шаги, составляющие 22% процесса поиска, дающие 76% ошибок на выходе. Выводы эксперимента в применении к педагогической практике ориентируют на усиление внимания к соответствующим шагам процесса поиска решения задач и позволят улучшить результаты поиска.

6. Благодарности (Acknowledgments)

Статья написана при поддержке РФФИ, грант № 16-06-00150.

Библиографический список

1. Polya G. Mathematics discovery: An understanding, learning, and teaching problem solving (combined edition). New York, John Willey & Son, 1981. 458 p.
2. Аксёнов А. А. Теория обучения поиску решения школьных математических задач: монография. – Орёл : ОГУ, Картуш, 2007. – 200 с.
3. Фирстов В. Е. Кибернетическая концепция и математические модели управления дидактическими процессами при обучении математике в школе и вузе: монография. – Саратов : Издательский Центр «Наука», 2010. – 511 с.
4. Фридман Л., Турецкий Е. Н. Как научиться решать задачи: монография. – М. : Просвещение, 1989. – 192 с.
5. Apostol E. M. D. Problem Solving Heuristics on Non-Routine Problems of College Students. American Journal of Educational Research, 2017. 5. 3. 338-343. DOI: 10.12691/education-5-3-16
6. Grabauskienė V., Mockaitytė O. Rastenienė. Fostering Mathematical Creativity by Teaching Logically Precisely Reasoning at the Grade Two. Pedagogika, 2016. 121. 1. 23-40. URL: <http://pedagogika.leu.lt/index.php/Pedagogika/article/view/310> (дата обращения: 11.09.18).
7. Ковачић Поповић А., Вујановић М. Однос радне меморије и математичких вештина код ученика трећег разреда основне школе. – Зборник Института за педагошка истраживања, 2016. 48(2). 321-338. URL: <http://www.ipisr.org.rs/Upload/Dokumenta/Strane/Popovic-Vujanovic.pdf> (дата обращения: 12.09.18).
8. Nagyová I. Analysing the Different Approaches in Mathematics and Informatics for Solving a Task and Educational Implications. – Informatics in Education, 2018. 17. 1. 61–75. DOI: 10.15388/infedu.2018.04
9. Pandiangan P., Sanjaya G. M., Jatmiko B. The validity and effectiveness of physics independent learning model to improve physics problem solving and self-directed learning skills of students in open and distance education systems. Journal of Baltic Science Education, 2017. 16. 5. 651-655. URL: <http://oaji.net/articles/2017/987-1509213674.pdf> (дата обращения: 11.09.18).
10. Rhoads K., Weber K. Exemplary high school mathematics teachers' reflections on teaching: A situated cognition perspective on content knowledge. International Journal of Educational Research, 2016. 78. 1-12. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2016.02.006>
11. Skaalvik E. M., Federici R. A., Klassen R. M. Mathematics achievement and self-efficacy: Relations with motivation for mathematics. International Journal of Educational Research, 2015. 72. 129-136. DOI: 10.1016/j.ijer.2015.06.008
12. Ültay E. Examination of context-based problem-solving abilities of pre-service physics teachers. Journal of Baltic Science Education. Journal of Baltic Science Education, 2017. 16. 1. 113-122. URL: <http://journals.indexcopernicus.com/abstract.php?icid=1232143>
13. Weissgerber S. C., Reinhard M. A., Schindler S. Study harder? The relationship of achievement goals to attitudes and self-reported use of desirable difficulties in self-regulated learning. Journal of Psychological and Educational Research, 2016. 24(1). 42-60. URL: http://socioumane.ro/blog/fasciculapsihologie/files/2016/05/Weissgerber_Reinhard_Schindler_JPER_2016_24_1_42_60-1.pdf (дата обращения: 13.09.18).
14. Žakelj A., Cotič M., Felda D. Razvoj matematičnega mišljenja pri reševanju problemov. Didactica Slovenica Pedagoška obzorja, 2018, letnik 33, 3-17. URL: <http://www.pedagoska-obzorja.si/revija/Vsebine/vs18-1.html> (дата обращения 17.09.18).
15. Буданов В. Г. Методология синергетики в постнеклассической науке и в образовании : монография. – М. : URSS : Изд-во ЛКИ, 2008. – 230 с.

16. Сибирев В. В. Управление процессом «поиск решения задачи» // Вестник ОГУ. 2014. – № 11. – С. 200-206. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23213056> (дата обращения: 01.04.18)

17. Сибирев В. В., Сибирева А. Р. Структурная организация кризиса в педагогических системах // Казанский педагогический журнал. 2016. – №2. – Т. 2. – С. 236-242. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25899571> (дата обращения: 09.06.18).

18. Конаржевский Ю. А. Менеджмент и внутришкольное управление: монография. – М. : Центр «Педагогический поиск», 2000. – 224 с.

19. Третьяков П. И. Оперативное управление качеством образования в школе: монография. – М. : Скрипторий 2003, 2005. – 568 с.

20. Шамова Т. И., Третьяков П. И., Капустин Н. П. Управление образовательными системами: учеб. пособие. – М. : Владос, 2002. – 320 с.

21. Сибирев В. В., Сибирева А. Р. Психология поиска решения трудной задачи // Современные педагогические технологии в преподавании предметов естественно-математического цикла: сб. науч. трудов. – Ульяновск : УЛГПУ. 2017. – С. 58-62.

22. Сибирев В. В., Сибирева А. Р. Влияние сред на информационные потоки инновации в педагогических системах // Вестник ЧГПУ. – 2013. – № 4. – С. 197-209. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20290399> (дата обращения: 15.08.18).

23. Сибирев В. В. Исследование причин прерывания поиска решения задачи // Вестник ЧГПУ. 2018. – №1. – С. 157-167. DOI: 10.25588/CSPU.2018.01.16

V. V. Sibirev¹, A. R. Sibireva²

¹ORCID No. 0000-0001-6424-1362

Candidate of Pedagogics Sciences, Associate Professor,
Teaching Method of Natural-science Education and Information Technologies Department,
Ulyanovsk State Pedagogical University, Ulyanovsk, Russia.

E-mail: bbccbb@rambler.ru

²ORCID No. 0000-0001-6755-8867

Candidate of Physics and Mathematics Sciences, Associate Professor,
Higher Mathematics Department, Ulyanovsk State Pedagogical University,
Ulyanovsk, Russia.

E-mail: anna.sibireva@bk.ru

CORRELATION BETWEEN MISTAKES WHILE SEARCHING FOR A TASK SOLUTION AND RESULTS

Abstract

Introduction. In this article we experimentally study wrong choices made during searching for a solution of difficult mathematical tasks and their influence on the result. The purpose of the article

is to find cause-effect relationships between mistakes made on different steps of problem-solving and the result of the process; to identify the steps where errors significantly increase the risk of unsatisfactory result at the output.

Materials and Methods. The synergetic, process and system approaches allowed us to describe the horizontal information streams of the system "searching for task solution", which reflect the actual aspects of search for the solution. The streams are divided into steps implementing different management functions. Every step of streams meets specified mistakes. We propose an experimental technique that studies the correlation between errors in the steps of the process and the results of the process. We use sociological methods (testing); methods of statistical processing of results, multidimensional regression, correlation and canonical analysis. The results of the experiment are compared with the results of empirical observations.

Results. Mistakes influencing results can be divided into "fatal" (leading to interruption of search process), "causing a defect" (leading to a wrong task solution) and "searching" (those which are an integral part of searching, including a control mechanisms, diagnostics and updating process improving results of searching).

For undesirable errors that statistically significantly affect the result there are steps forming 22% of search process and giving 76% of the output errors. It is connected with Pareto principle formulated for production processes.

Discussion. There is a discussion about the interaction of the teacher and the student in the event of errors in the various steps of the process of searching for task solution.

Conclusion. The conclusions of the article in application to pedagogical practice make it possible to improve student results. They can be used in learning to find solutions of difficult tasks.

Keywords: searching for task solution, process of searching for task solution, interruption of search process, information streams,

mistakes, result, erroneous result.

Highlights:

– The article describes the horizontal information flows of the system "searching for task solution", the steps of these flows, which implement various management functions.

– The authors propose an experimental technique that studies the correlation between errors in the steps of the process and the results of the process, including: interruption of search process, erroneous result, the correct solution.

– The article investigates cause-effect relationships between mistakes made on different steps of problem-solving and the result of the process. The steps forming 22% of search process and giving 76% of the output errors, are revealed.

References

1. Polya G. Mathematics discovery: An understanding, learning, and teaching problem solving (combined edition). New York, John Willey & Son, 1981, 458 p.

2. Aksenov A.A. *Teoriya obucheniya poisku resheniya shkolnykh matematicheskikh zadach* [Theory of learning the search for the solution of school mathematical tasks]. Orel, OSU, Kartush Publ., 2007. 200 p. (In Russian).

3. Firstov V.E. *Kiberneticheskaya koncepciya i matematicheskie modeli upravleniya didacticheskimi processami pri obuchenii matematiki v shkole i vuze* [Cybernetic concept and mathematical models of management didactic processes in teaching mathematics in school and university]. Saratov, Nauka Publ., 2010. 511 p. (In Russian).

4. Fridman L.M., Turkish E.N. *Kak nauchitsya reshat zadachi* [How to learn to solve problems]. Moscow, Prosveshenie Publ., 1989. 192 p. (In Russian).

5. Apostol E.M.D. Problem Solving Heuristics on Non-Routine Problems of College Students. *American Journal of Educational Research*, 2017, vol. 5, no. 3, pp. 338-343. DOI: 10.12691/education-5-3-16

6. Grabauskienė V., Mockaitytė O. Rastėnienė. Fostering Mathematical Creativity by Teaching Logically Precisely Reasoning at the Grade Two. *Pedagogika*, 2016, vol. 121, no. 1, pp. 23-40. Available at: <http://pedagogika.leu.lt/index.php/Pedagogika/article/view/310> (Accessed: 11.09.18).

7. Ковачић Поповић А., Вујановић М. Однос радне меморије и математичких вештина код ученика трећег разреда основне школе. *Зборник Института за педагошка истраживања*, 2016, vol. 48(2), pp. 321-338. Available at: <http://www.ipisr.org.rs/Upload/Dokumenta/Strane/Popovic-Vujanovic.pdf> (Accessed: 11.09.18).

8. Nagyová I. Analysing the Different Approaches in Mathematics and Informatics for Solving a Task and Educational Implications. *Informatics in Education*, 2018, vol. 17, no. 1,

pp. 61–75. DOI: 10.15388/infedu.2018.04

9. Pandiangan P., Sanjaya G.M., Jatmiko B. The validity and effectiveness of physics independent learning model to improve physics problem solving and self-directed learning skills of students in open and distance education systems. *Journal of Baltic Science Education*, 2017, vol. 16, no. 5, pp. 651–655. Available at: <http://oaji.net/articles/2017/987-1509213674.pdf> (Accessed: 11.09.18).

10. Rhoads K., Weber K. Exemplary high school mathematics teachers' reflections on teaching: A situated cognition perspective on content knowledge. *International Journal of Educational Research*, 2016, vol. 78, pp. 1-12. DOI: 10.1016/j.ijer.2016.02.006

11. Skaalvik E.M., Federici R.A., Klassen R.M. Mathematics achievement and self-efficacy: Relations with motivation for mathematics. *International Journal of Educational Research*, 2015, vol. 72, pp. 129-136. DOI: 10.1016/j.ijer.2015.06.008

12. Ültay E. Examination of context-based problem-solving abilities of pre-service physics teachers. *Journal of Baltic Science Education*. *Journal of Baltic Science Education*, 2017, vol. 16, no. 1, pp. 113-122.

13. Weissgerber S.C., Reinhard M. A., Schindler S. Study harder? The relationship of achievement goals to attitudes and self-reported use of desirable difficulties in self-regulated learning. *Journal of Psychological and Educational Research*, 2016, vol. 24(1), pp. 42-60. Available at: http://socioumane.ro/blog/fasciculapsihologie/files/2016/05/Weissgerber_Reinhard_Schindler_JPER_2016_24_1_42_60-1.pdf (Accessed: 13.09.18).

14. Žakelj A., Cotič M., Felda D. Razvoj matematičnega mišljenja pri reševanju problemov. *Didactica Slovenica Pedagoška obzorja*, 2018, letnik 33, pp. 3-17. Available at: <http://www.pedagoska-obzorja.si/revija/Vsebine/vs18-1.html> (Accessed: 17.09.18).

15 Budanov V.G. *Metodologiya sinergetiki v postneklassicheskoy nauke i v obrazovanii* [Methodology of synergetic in a postnonclassical science and in education]. Moscow, LKI Publ., 2007. 232 p. (In Russian).

16. Sibirev V.V. *Upravlenie processom «poisk recheniya zadachi»* (2014) [Managing the process of «finding a solution to the problem»]. *Vestnik OSU*. 11, 200-206. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23213056> (Accessed: 01.04.18). (In Russian).

17. Sibirev V.V., Sibireva A.R. (2016) *Strukturnaya organizatsiya krizisa v pedagogicheskikh sistemakh* [Structural organization of the crisis in pedagogical systems]. *Kazan Pedagogicheskiy gurnal*, 2, 2, 236-242. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25899571> (Accessed: 09.06.18). (In Russian).

18. Konarzhevsky Y.A. *Management i vnutrishkolnoe upravlenie* [Management of educational organization]. Moscow, Pedagogicheskiy poisk Publ., 2000. 224 p. (In Russian).

19. Tretyakov P.I. *Operativnoe upravlenie kachestvom obrazovaniya v shkole* [Operational quality management of education at school. Theory and practice. New technologies]. Moscow, «Skriptory 2003» Publ., 2005. 568 p. (In Russian).

20. Shamova T.I., Tretyakov P.I., Kapustin N.P. *Upravlenie obrazovatelnyimi sistemami* [Management of educational systems]. Moscow, Vlados Publ., 2002. 320 p. (In Russian).

21. Sibirev V.V., Sibireva A.R. [Psychology of finding a solution to a difficult problem].

Sb. nauchnyx trudov "Sovremennye pedagogicheskie texnologii v prepodavanii predmetov estestvenno-matematicheskogo cikla" [Modern pedagogical technologies in teaching subjects of the natural-mathematical cycle]. Ulyanovsk, ULGPU, 2017, pp. 58-62 (In Russian)

22. Sibirev V.V., Sibireva A.R. *Vliyanie sred na informacionnye potoki innovacii v pedagogicheskikh sistemax* [The influence of environments on information flows of innovations in pedagogical systems]. Vestnik CHSPU, 2013, no. 4, pp. 197-209 (In Russian). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20290399>

23. Sibirev V.V. *Issledovanie prichin preryvaniya poiska recheniya zadachi* [Studying reasons for stopping the search for problem solution]. Vestnik CSPU, 2018, no.1, pp. 157-167 (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32641520>

24. Khalafyan A.A. STATISTICA 6. *Statisticheskii analiz dannyx: uchebnik* [STATISTICA 6. Statistical analysis of data. Tutorial]. Moscow, OOO Binom-Press, 2007, 512 p. (In Russian)

25. Klyachkin V.N. *Statisticheskie metody v upravlenii kachestvom: komputernye texnologii* [Statistical methods in quality management: computer technologies]. Moscow, Finance and Statistics, 2007, 304 p. (In Russian).