

А.В. МАКАРОВ, Л.В. СЛЕЗКИНА

**Разработка метода числовой
оценки степени семантико-
логической связности результатов
диагностики уровня
подготовленности учащегося**

УДК 004.04:004.822

Муромский институт
(филиал) ФГБОУ ВПО
"Владимирский
государственный
университет имени
А.Г. и Н.Г. Столетовых",
г. Муром.

В статье приводится описание разработки метода числовой оценки степени семантико-логической связности результатов диагностики уровня подготовленности учащихся, а также разработки алгоритма выделения и обработки нитей контрольных заданий из структуры контрольно-измерительного материала. Проводится анализ применимости разработанных метода и алгоритма, на основе которого делается вывод о практической значимости нового аналитического показателя процедуры диагностики уровня усвоения учебного материала.

Сегодня актуальность разработки и совершенствования методов и алгоритмов получения и обработки информации для задач управления процессом обучения определяется: с одной стороны расширяющимися возможностями полноты формализации и анализа учебной информации, с другой требованиями индивидуализации процесса обучения, переноса задач принятия решений с человека на информационную систему. Отличительной чертой любой информационной системы управления процессом обучения является необходимость мониторинга текущего состояния объекта управления, а также наиболее полного учета человеческого фактора, что выражается в активном влиянии управляемого объекта на процесс управления. В этой связи становится ясно, что

результаты анализа состояния объекта управления — есть одна из основ управления, а от полноты аналитических показателей и степени их достоверности напрямую зависит эффективность управления процессом обучения.

В рамках информационно-образовательных систем определение состояния объекта управления осуществляется посредством процедур диагностики уровня предметной подготовленности обучаемого. В работе [1] предлагаются метод и алгоритм диагностики уровня усвоения учебного материала на основе учета семантико-логических взаимосвязей контрольных заданий. Основной идеей метода является расширение структуры контрольно-измерительного материала путем добавления дополнительного информационного слоя, содержащего семантико-логические взаимосвязи контрольных заданий.

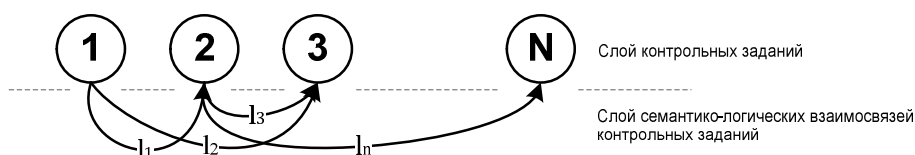


Рис. 1. Двухуровневая структура контрольно-измерительного материала

Добавление дополнительного информационного слоя, содержащего смысловые взаимосвязи контрольных заданий, обеспечило возможность проведения анализа результатов процедуры диагностики, позволяющего получить новые числовые показатели предметной подготовленности обучаемого.

В настоящее время анализ результатов адаптивных процедур диагностики уровня предметной подготовки обучаемого, как наиболее перспективной ветви развития педагогического тестирования, согласно теории адаптивных педагогических измерений (IRT) сводится к выполнению статистической обработки данных о правильности решения тестируемым контрольных заданий вне зависимости от структуры контрольно-измерительного материала.

В общем виде методы адаптивной диагностики направлены на количественное измерение латентной величины предметной подготовленности обучаемого. Однако помимо определения

текущего уровня изучения учебного материала обучаемым, выражаемого в скалярной величине (в соответствии с IRT эта величина измеряется в логитах), необходимо знать степень соответствия текущего уровня целям процесса обучения. Как правило статически заданные диапазоны трактовки измеренных уровней предметной подготовленности обучаемых не позволяет в полной мере соответствовать специфике учебного материала и снижают степень адаптации процесса обучения.

Таким образом, требуется разработка новых методов и алгоритмов анализа результатов диагностики уровня усвоения учебного материала, направленных на получение дополнительного числового параметра оценки текущего уровня предметной подготовленности обучаемого. Целью получения подобного параметра является использования его в качестве адаптивного числового ориентира в процессе формирования и корректировки индивидуальной траектории обучения.

В настоящей статье на основе предлагаемого в работе [1] подхода структурирования контрольно-измерительного материала рассматривается разработка метода и на его основе алгоритма расчета степени семантико-логической связности результатов диагностики уровня усвоения учебного материала. Установление смысловых взаимосвязей между контрольными заданиями на этапе формирования контрольно-измерительного материала позволило при анализе результатов диагностики предметной подготовленности обучаемого численно оценивать структурную семантико-логическую составляющую усвоенного обучаемым учебного материала. Исходя из этого ключевой идеей метода и алгоритма, описываемых в настоящей работе, является выделение смысловых нитей контрольных заданий с тем, чтобы численно оценить степень семантико-логической связности результатов диагностики предметной подготовленности обучаемого — эту величину назовем T^* .

Дальнейшее описание разработки метода и алгоритма требует раскрытия ряда понятий и определений, принятых в настоящей статье.

Структура контрольно-измерительного материала представляет собой произвольный взвешенный орграф. Вершина

графа соответствует контрольному заданию, а ребро отражает смысловую взаимосвязь между контрольными заданиями; вес ребра l соответствует силе смыслового отношения между контрольными заданиями и может принимать значения $l \in (0; 1)$. В общем случае при не изменении типа смысловых отношений, принятом по умолчанию в рамках метода как «основывается на», направление взаимосвязи от задания A к заданию B означает — решение задания B основывается на умении обучаемого решать задание A , в степени количественно равно l_{AB} .

Нить (цепочка) контрольных заданий — линейная взаимосвязанная последовательность контрольных заданий, порядок которых определен структурой исходного контрольно-измерительного материала. Нить является производной субструктурой, выделяемой из целостной структуры контрольно-измерительного материала в соответствии с одним из возможных алгоритмов формирования цепочек контрольных заданий.

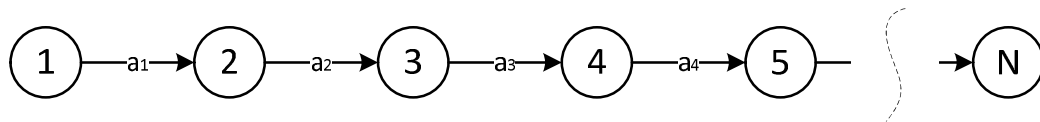


Рис. 2. Общее представление нити контрольных заданий

На рис. 3 для исходной структуры контрольно-измерительного материала а) показан фрагмент выделенных нитей контрольных заданий.

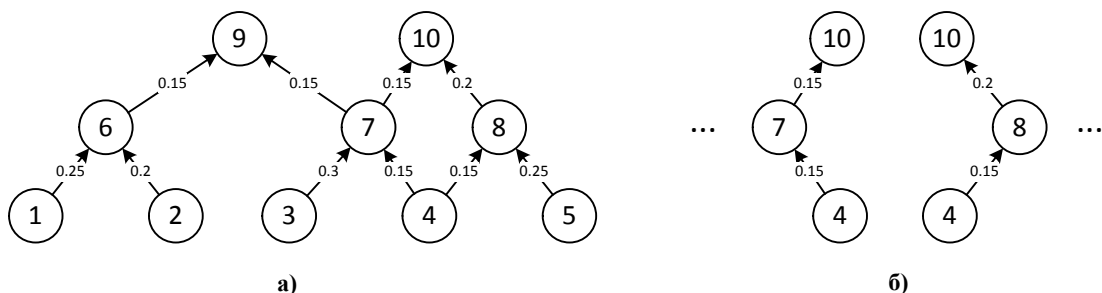


Рис. 3. Исходная структура контрольно-измерительного материала а) и фрагмент выделенных нитей контрольных заданий б)

Разрабатываемый метод числовой оценки степени семантико-логической связности результатов диагностики уровня усвоения

учебного материала удобно изобразить в виде диаграммы, представленной на рис. 4.

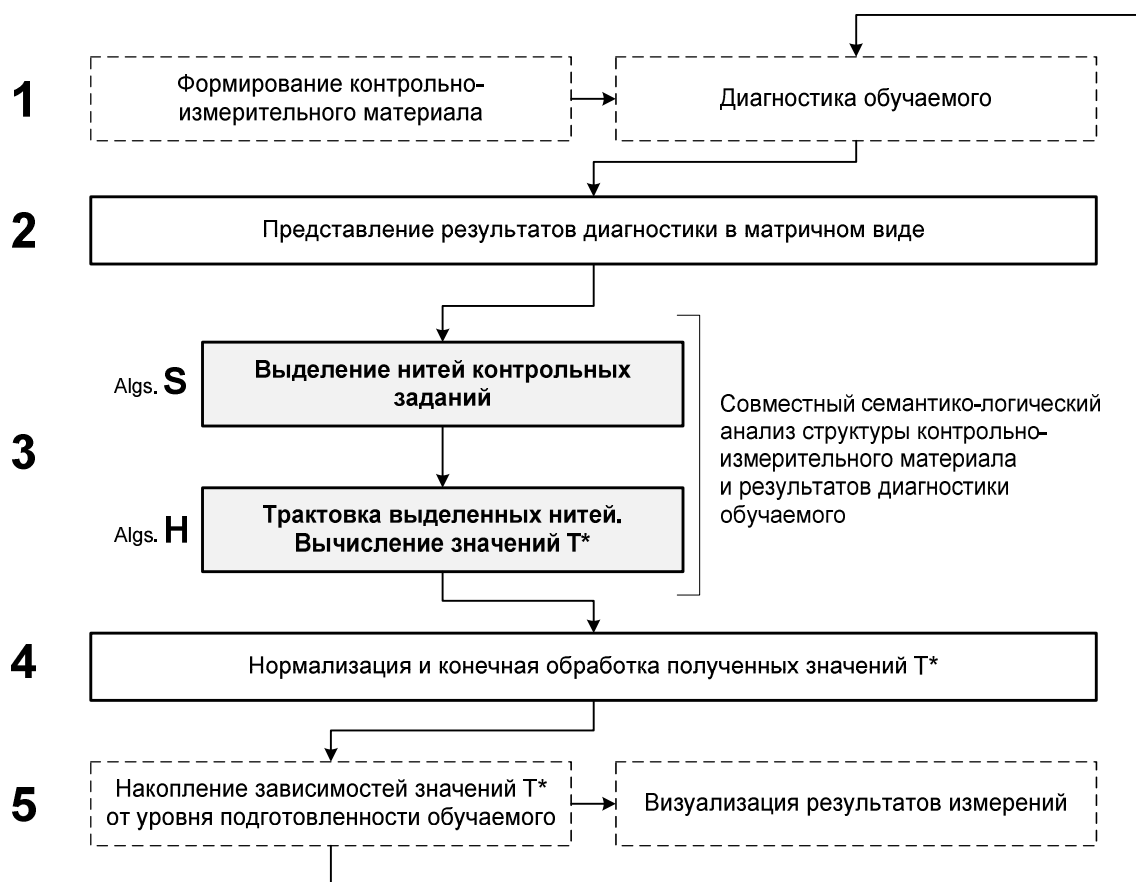


Рис. 4. Метод числовой оценки степени семантико-логической связности результатов диагностики уровня усвоения учебного материала

Настоящий метод можно условно разделить на пять этапов: среди них выделяются этапы смежные другим методам, вспомогательные и основные.

1. На первом этапе, являющимся смежным этапом по отношению к процедурам тестирования обучаемых, выполняются задачи формирования контрольно-измерительного материала и последующей диагностики уровня усвоения учебного материала.

2. Второй этап, вспомогательный, включает в себя решение задачи унификации результатов диагностики путем приведения их к единому матричному виду.

3. Третий, основной этап обеспечивает решение двух ключевых задач: выделение нитей контрольных заданий, их последующую трактовку и вычисление текущих значений параметра T^* . Решение

задач на настоящем этапе выполняется посредством проведения совместного семантико-логического анализа структуры контрольно-измерительного материала и результатов диагностики обучаемого.

4. На четвертом вспомогательном этапе проводится нормализация полученных значений T^* для каждой из выделенных нитей контрольных заданий, а затем выполняется конечная обработка и агрегация значений T^* .

5. Пятый, смежный этап, включает в себя обработку данных для последующей визуализации и построения графиков зависимостей уровня предметной подготовленности учащихся от степени семантико-логической связности результатов диагностики для каждого из вариантов контрольно-измерительного материала.

Возможности различной практической реализации [5] модели интегративного представления учебной информации [3, 6], лежащей в основе структурирования контрольно-измерительного материала и накопления результатов диагностики, в реальных информационно-образовательных системах требует приведения результатов диагностики к единому виду. Для обеспечения совместного анализа структуры контрольно-измерительного материала и результатов диагностики, учитывая их семантико-логическую составляющую, удобно воспользоваться матричным представлением.

На рис. 5 изображен пример заполнения матриц UsM и StM , служащих для представления результатов диагностики обучаемых и структуры контрольно-измерительного материала.

UsM — матрица размерностью $n \times m$, где n — количество учащихся, принимавших участие в процедуре диагностики по выбранному контрольно-измерительному материалу, а m — количество заданий в контрольно-измерительном материале. В случае верного решения i -ым обучаемым j -го задания $UsM[i, j] = 1$, в противном случае — $UsM[i, j] = 0$.

StM — матрица $m \times m$, на пересечении строк и столбцов, содержащая информацию о взаимосвязях соответствующих заданий.

U1	U1	...	Un
1	0		1
1	1		0
1	0		1
1	1		0
1	1		1
1	1		1
1	1		1
0	0		0
1	0		0
1	1		0

X	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	Out
x1	0	0	0	0	0	0.25	0	0	0	0	1
x2	0	0	0	0	0	0.2	0	0	0	0	1
x3	0	0	0	0	0	0	0.3	0	0	0	1
x4	0	0	0	0	0	0	0.15	0.15	0	0	2
x5	0	0	0	0	0	0	0	0.25	0	0	1
x6	0	0	0	0	0	0	0	0	0.15	0	1
x7	0	0	0	0	0	0	0	0	0.15	0.15	2
x8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	1
x9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
x10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
In	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	

а) матрица *UsM*б) матрица *StM*

Рис. 5. Пример матричного представления
а) правильности ответов на контрольные задания,
б) структуры контрольно-измерительного материала

В качестве базового алгоритма выделения нитей контрольных заданий предложен следующий алгоритм, основанный на алгоритме поиска в глубину (DFS). Модификация базового алгоритма DFS с метками времени заключается в добавлении записи выделяемых нитей в отдельный массив *Threads*. Блок-схема алгоритма модифицированной рекурсивной процедуры DFS.mod для нахождения всей совокупности нитей без учета взаимоповторяемости вершин приведена на рис. 6.

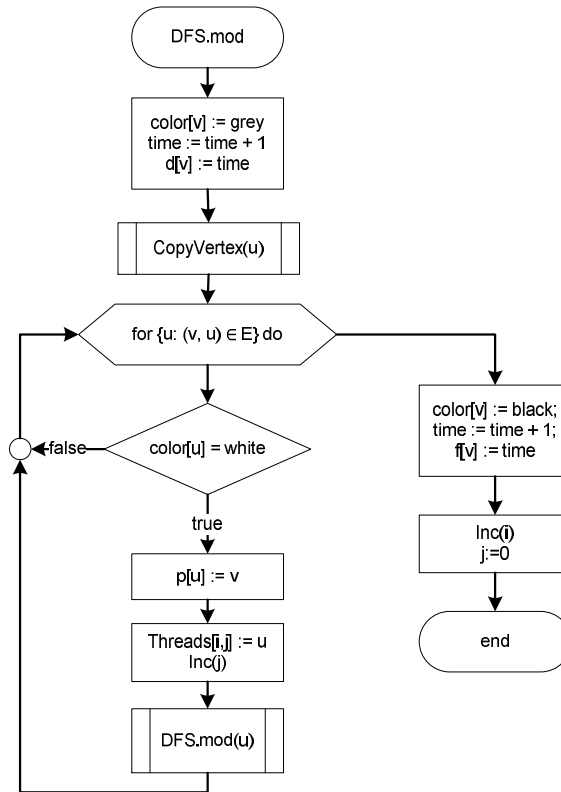


Рис. 6. Блок-схема алгоритма процедуры DFS.mod

Простейший пример выделение нитей контрольных заданий, отражающий специфику предлагаемого алгоритма, приведен на рис. 7.

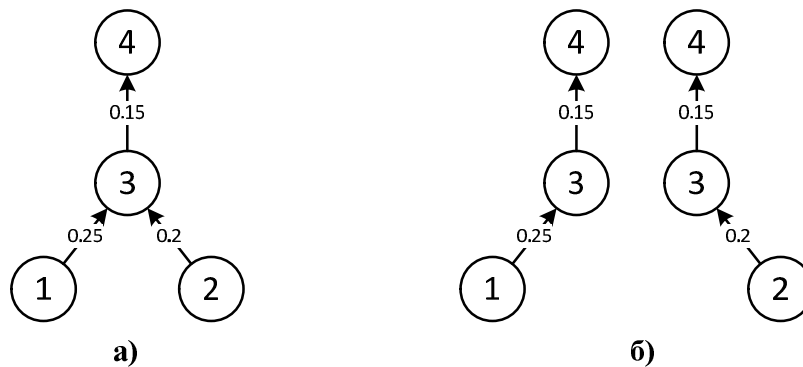


Рис. 7. Структура контрольно-измерительного материала а) и выделенные из него нити контрольных заданий б)

Специфика предлагаемого алгоритма заключается в направленности его на выделение полного числа альтернативных нитей, проходящих через узловые контрольные задания, иными

словами задания с несколькими входящими и исходящими семантико-логическими взаимосвязями. Безусловно, возможность изменения в рамках метода предлагаемого алгоритма позволяет управлять педагогической составляющей процесса расчета степени семантико-логической связности результатов диагностики.

После завершения выделения нитей контрольных заданий из структуры контрольно-измерительного материала происходит расчет значения параметра T^* для каждой нити. В первую очередь в каждой из нитей помечаются задания, на которые обучаемый в процессе диагностики дал неверный ответ. Подобные задания разрывают нити на поднити так, как это показано на рис. 8.



Рис. 8. Нить контрольных заданий, после объединения с результатами диагностики

В настоящей работе предлагается алгоритм расчета значения степени семантико-логической связности для каждой нити контрольных заданий основанный на следующем принципе: каждое верно решенное контрольное задание в нити увеличивает значение параметра T^* прямо пропорционально произведению силы взаимосвязи между текущим и предыдущим контрольным заданием и количеством семантико-логических взаимосвязей, образующих непрерывную цепочку.

В общем виде согласно описанному принципу в основе расчета лежит следующее выражение:

$$T^* = \sum \sum_i^N relWeight[i] * N,$$

где $relWeight$ — вес семантико-логической взаимосвязи, а N — количество семантико-логических взаимосвязей, образующих непрерывную цепочку.

Научная новизна разработанных метода и алгоритма заключается в следующем. Предлагаемые метод и алгоритм основаны на совместном анализе структуры контрольно-измерительного материала и информации о правильности решения

каждого из заданий обучаемым с целью выделения и дальнейшей трактовки семантико-логических нитей контрольных заданий.

Анализ семантико-логических нитей контрольных заданий на базе предлагаемого алгоритма позволяет получить новый числовой показатель смысловой связности результатов диагностики предметной подготовленности обучаемого. Предлагаемый алгоритм является одним из возможных вариантов детализации и развития рассматриваемого метода, тем самым показывая возможность гибкого использования подходов к анализу семантико-логической составляющей структуры результатов диагностики уровня усвоения учебного материала.

С педагогической точки зрения рассчитываемый параметр T^* позволяет численно оценить степень смысловой целостности знаний учащихся, полученных в ходе изучения учебного материала. От степени понимания учащимся семантико-логических взаимосвязей элементов изучаемого учебного материала зависит, в конечном счете, успешность применения получаемых знаний при решении прикладных задач.

Таким образом, рассчитываемый на основе анализа смыслового контекста контрольно-измерительного материала латентный параметр степени семантико-логической связности результатов диагностики уровня подготовленности учащегося, является дополнительным параметром управления процессом обучения, как в традиционных, так и в информационно-образовательных системах. Метод, предлагаемый в настоящей работе, позволяет (практическая значимость). Критерий оптимальности — кол-во отклонений от построенной траектории.

Разработан метод числовой оценки семантико-логической связности результатов диагностики предметной подготовленности обучаемого. Метод основан на объединении и дальнейшем семантико-логическом анализе структуры контрольно-измерительного материала и результатов диагностики предметной подготовленности обучаемого, направленного на выделение и последующую обработку смысловых цепочек контрольных заданий. Предложенный алгоритм выделения и обработки нитей контрольных заданий, являющийся модификацией алгоритма поиска в глубину на графе, обеспечивает численное определение уровня смысловой

связности результатов предметной подготовленности обучаемого — нового аналитического показателя процедуры диагностики уровня усвоения учебного материала.

Литература

1. Макаров А.В. Метод и алгоритм диагностики уровня усвоения учебного материала на основе учета семантико-логических взаимосвязей контрольных заданий / А.В. Макаров // Наука и образование: электронное научно-техническое издание. — 2012. — № 8; URL: www.technomag.edu.ru/doc/434633.html (дата обращения: 01.02.2015).

2. Макаров А.В., Макаров К.В. Алгоритм расчета степени семантико-логической связности результатов диагностики уровня подготовленности учащегося // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. 2013. № 23. С. 23-28.

3. Макаров А.В. Концептуальные основы проектирования информационно-образовательной среды непрерывного физического образования / А.В. Макаров, А.Ф. Ан // Современные проблемы науки и образования. — 2011. — № 6; URL: www.science-education.ru/100-5211 (дата обращения: 01.02.2015).

4. Ким В.С. Тестирование учебных достижений. Монография. — Уссурийск: Издательство УГПИ, 2007. — 214 с.

5. Макаров А.В. Вопросы применения NOSQL СУБД в информационно-образовательных системах // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. 2012. № 19. С. 78-83.

6. Макаров А.В. Разработка интегративной модели учебно-образовательной информации // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. 2012. № 20. С. 35-43.

7. Андрианов Д.Е., Ширабакина Т.А., Жолобов С.А. Математическая модель определения эмоционального состояния // Известия юго-западного государственного университета. 2012. №2 Часть 3. С.75-78

8. Жолобов С.А. Определение эмоционального состояния пользователей информационных систем на основе нейросетевого подхода // Системы управления и информационные технологии. 2013. № 4(54). С. 31-35.

9. Андрианов Д.Е., Булаев А.В. Автоматизированная обработка пространственной информации в геоинформационных системах//Автоматизация и современные технологии. 2007. № 8. С. 3-6.