Технология дистанционной поддержки экспресс-олимпиад, построенных на оценке суждений

С.Н. Поздняков,
докт. пед. наук, профессор,
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ",
Санкт-Петербург, улица проф. Попова, д. 5, 197376, (812) 7059987
pozdnkov@gmail.com

С.Е. Рукшин,
кандидат ф.-м. наук, доцент
Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена,
Санкт-Петербург, наб. Мойки Реки, 48, 191128, (812) 2751144
vliuser@gmail.com

Аннотация

Статья посвящена организации программной поддержки экспресс-олимпиад, в основе которых лежит понятие семантической матрицы, описывающей внутренние связи понятий предметной области, и технология оценки участниками олимпиады суждений, сгенерированных автоматически по семантической матрице. Олимпиада может иметь заключительную часть в форме собеседования, в которой участники олимпиады объясняют сделанные ими в ходе тестовой работы оценки суждений.

В статье дается определение семантической матрицы, рассматриваются структуры, близкие ей по методическим функциям, рассматриваются естественные обобщения, анализируются возможности семантической матрицы для автоматической генерации заданий, описываются технические аспекты построения соответствующего программного обеспечения.

The article is devoted to the new type of instructional materials which we name as Express-Olympiads. The Olympiads are based on the concept of semantic matrix to be used to describe interconnections within themes under consideration. Another basic idea of the Express-Olympiads is the testing method: student must estimate some propositions being generated from the semantic matrix. The Olympiads can have final oral part to give possibility for students to explain their choice.

The definition of a semantic matrix has been done by authors, the important generalization and similar structures (to its methodical functions) have been considered, possibilities of a semantic matrix for automatic processing of tasks are analyzed and technical aspects of corresponding software development are described in the article.

Ключевые слова

Семантическая матрица, тесты готовности, автоматизация научных олимпиад.

Semantic matrix, test of readyness, automation of scientific Olympiads.

Введение

За последние два десятилетия активное развитие получили олимпиады тестового характера, в которых вместо вывода ответа на поставленную задачу ученику предлагается выбрать ответ из нескольких предложенных [1]. Наиболее ярким примером таких олимпиад является конкурс «Кенгуру». Такие экспресс-олимпиады, как мы их будем называть далее, являются хорошим средством мотивации учеников к занятиям математикой. В то же время, использование тестовых задач на выбор в качестве средства оценки знаний учеников вызывает критику у многих психологов и педагогов.

Оригинальный взгляд на использование тестовых задач как средства проверки знаний представлен в работах С.Г. Иванова и В.И. Рыжика [2, 3]. В.И. Рыжик предложил отказаться от выбора готового ответа в пользу оценки суждений, сформулированных в серии вопросов относительно одного сюжета.

Проиллюстрируем особенности теста на следующем примере.

Пример.

«Дана некоторая функция $y(x) = ax^2 + 1$ ($a \neq 0$). На любом замкнутом нетривиальном (левая и правая границы различны) промежутке эта функция:

1. положительна;
2. монотонна;
3. ограничена;
4. имеет максимум;
5. имеет наименьшее значение».

Ответ на первый вопрос – «может быть верно, а может быть неверно». Это означает, что при некоторых значениях параметра a утверждение будет верным (a>0), а при других (a<0) неверным. Для второго вопроса ответ будет «всегда неверно», так как для любого параметра a можно найти промежуток, внутри которого находится экстремум квадратичной функции. Ответ на третий вопрос будет «всегда верно», так как на замкнутом промежутке квадратичная функция не превышает по модулю значений на концах и в точке экстремума. Заметим, что других ответов, кроме трех перечисленных, в задачах на оценку суждений не будет (авторы [3] используют ещё два вида ответа – некорректно поставленная задача и «я не знаю», но эти ответы относятся уже не к сущности данного типа задач, а к организации работы с ними).

Концепцию, представленную в работе [3], можно описать в формальных терминах математической логики следующим образом.

Ученику предлагается предикат $P(\mathbf{x})$ – утверждение с переменными из некоторой предметной области, по которой проводится тестирование (предикат можно рассматривать также как функцию многих переменных, принимающую значения «истина» или «ложь», аргумент $\mathbf{x}$ здесь следует рассматривать как упорядоченный набор переменных). В качестве вариантов оценки используется следующий механизм «навешивание кванторов»:

– всегда верно ($\forall \mathbf{x}\ P(\mathbf{x})$);

– никогда не верно ($\forall \mathbf{x}\ \neg P(\mathbf{x})$);

– может быть верно, а может быть неверно ($\exists \mathbf{x}\ P(\mathbf{x}) \wedge \exists \mathbf{x}\ \neg P(\mathbf{x})$).

Сами тесты В.И. Рыжик предлагает собирать в так называемые батареи тестов, когда в условии «батареи» описывается один математический объект (или, другими словами, сюжет), а за описанием следует серия высказываний относительно этого объекта. Этим достигается экономия времени на осознание сюжета и акцентируется внимание на внутренние связи заданной модели.

Представляет интерес оценка В.И. Рыжиком отказа от решения задачи – отказ оценивается «нулём», в то время как неправильный ответ «минус единицей». Этим он подчёркивает важность рефлексии: ученик должен знать границы своих знаний и быть уверенным в тех знаниях, которыми он владеет.

Отметим также работы Н.А. Резник [4], связанные с введением в информационную среду ученика такого дидактического элемента как «матрица», который предполагает установление учеником различных связей между парами предлагаемых для анализа объектов. Концепция матрицы имеет много общего с таким дидактическим средством, как матричный тест [5], в котором ученик указывает только наличие или отсутствие связи между разнотипными или однотипными объектами, сам выбор которых и определяет структуру мыслительной деятельности ученика. Так, например, это может быть связь между аналитическим представлением функции и видом её графика, а может и логическая связь между двумя утверждениями, состоящая в том, что условия одно следует из другого. Два объекта можно связать и некоторым оператором, например, оператором дифференцирования или интегрирования (одна функция является производной или первообразной другой функции).

Таким образом, идеи использования задач на оценку суждений и «матричного» подхода к формированию разнообразных задач получили развитие в отечественной методике преподавания математики и активно используются в педагогической практике.

Предложение авторов статьи состоит в том, что для генерирования задач на оценку суждений целесообразно использовать так называемую семантическую матрицу предметной области, в которой будут достаточно полно описаны все внутренние связи между базовыми объектами этой области. По степени того, *насколько хорошо ученик ориентируется в этих связях, можно судить по степени владения им этой областью*. Справедливость приведенного тезиса можно пояснить цитатой их книги [6] знаменитого физика Фейнмана о принципе, который он называет «вавилонской традицией»:

> «Я знаю то, я знаю это и как будто бы знаю вот это; отсюда я вывожу все остальное. Может быть, завтра я что-то забуду, но что-то буду помнить, и по этим остаткам смогу восстановить все заново, я не очень хорошо знаю, с чего начать и чем кончить, но в голове у меня всегда достаточно сведений, так что, если я забуду часть из них, то все равно смогу это восстановить».

Заметим, что идее семантической матрицы близка идея сюжетных задач [7], когда различные по характеру выполнения задания связываются общим сюжетом, или иными словами, характеризуют различные свойства одного объекта.

Семантическая матрица

Описывая учебную область, обычно прибегают к интерпретации графами, которые показывают отношения между базовыми понятиями этой области. Наиболее важным видом связи при анализе предметной области являются логические связи [8]. В рамках данного раздела статьи в качестве такой логической связи будет рассматриваться импликация (следование), которой на теоретико-множественном языке соответствует операции включения одного множества в другое (множество истинности одного предиката является частью другого). Таким образом, если составить граф предметной области, в котором ребра показывают логические связи между вершинами – понятиями этой предметной области, то матрицу смежностей этого графа естественно назвать «семантической матрицей» этой предметной области, поскольку в ней будет отражена логическая структура этой предметной области.

Приведем пример составления семантической матрицы для области математического анализа, в которой изучаются различные классы функций и связи между ними.

Пример. Рассмотрим вещественную функцию одного переменного, заданную на отрезке. В качестве вершин графа – базовых понятий предметной области рассмотрим следующие понятия (заметим, что в рамках ограничений на объём статьи здесь приведен сокращённый набор понятий, который является расширяемым в рамках предложенного подхода):

A= "функция y=f(x) непрерывна на [a;b]";

B= "функция y=f(x) ограничена на [a;b]";

C= "функция y=f(x) имеет минимум внутри [a;b]";

N= "функция y=f(x) монотонна на [a;b]";

M= "функция y=f(x) интегрируема на [a;b] по Риману";

P= "функция y=f(x) дифференцируема внутри [a;b] и непрерывна на концах промежутка";

Q= "функция y=f(x) равномерно-непрерывна на [a;b]";

S= "функция y=f(x) имеет разрыв на [a;b], в котором один из односторонних пределов равен минус бесконечности".

Соответствующая семантическая матрица имеет вид:

	A	**B**	**C**	**N**	**M**	**P**	**Q**	**S**
A	#	+	?	?	+	?	+	–
B	?	#	?	?	?	?	?	–
C	?	?	#	–	?	?	?	?
N	?	+	–	#	+	?	?	–
M	?	+	?	?	#	?	?	–
P	+	+	?	?	?	#	?	–
Q	+	+	?	?	+	?	#	–
S	–	–	?	–	–	–	–	#

В данной матрице символ «+» означает, что утверждение с именем столбца следует из утверждения с именем строки для любой функции y=f(x), символ «–» означает, что такого следования не будет для любой функции. Символ «?» означает, что для некоторых функций такое следование есть, а для других нет. Символ «#» означает нецелесообразность формулировки задач с таким ответом. В данном случае указанием этого символа в матрице связей исключаются из рассмотрения тривиальные утверждения, связанные с рефлексивностью отношения следования.

При генерации «батареи тестов» целесообразным является выбор 2-4 задач (из 5), имеющих ответом «+» или «–», а остальных с ответом «?». При ответе на вопросы первого вида ученику можно предложить написать доказательство сделанного утверждения. При ответе на вопрос типа «?» учащийся представляет два примера, один из которых демонстрирует возможность истинности импликации, а второй – возможность её ложности. При составлении «батареи тестов» одно из утверждений выбирается в качестве условия (что "дано") и пять утверждений в качестве задач (задание ставится как "оценить утверждения", при этом ученику описывается смысл значков «+», «–» и «?»).

Приведем пример построения «батареи тестов» на основе представленной выше семантической матрицы.

Пример.

Известно, что функция y=f(x) монотонна на [a;b].

Оцените утверждения:

1) функция y=f(x) интегрируема на [a;b];

2) функция y=f(x) непрерывна на [a;b];

3) функция y=f(x) имеет минимум внутри [a;b];

4) функция y=f(x) ограничена на [a;b];

5) функция y=f(x) имеет разрыв на [a;b], в котором один из односторонних пределов равен минус бесконечности.

Автоматическая проверка правильности решения не представляет труда, так как уже при формировании задачи ответы известны.

В приведённом выше примере ответами являются: 1) + ; 2) ? ; 3) – ; 4) + ; 5) –.

Заметим, что варьирование задач, основанных на одной семантической матрице, можно осуществлять варьированием форм, в которых задается вопрос. Например, в предыдущем случае можно спрашивать так:

Оцените утверждение, что из того, что функция $y=f(x)$ монотонна на $[a;b]$ следует что:

1) функция $y=f(x)$ интегрируема на $[a;b]$;
2) функция $y=f(x)$ непрерывна на $[a;b]$;

и т.д.

Можно ещё развить эту идею и искать эквивалентные утверждения (которые следуют друг из друга).

Тогда для приведенного выше примера задача будет звучать так:

Оцените утверждение, что функция $y=f(x)$ монотонна на $[a;b]$ тогда и только тогда, когда:

1) функция $y=f(x)$ интегрируема на $[a;b]$;
2) функция $y=f(x)$ непрерывна на $[a;b]$;

и т. д.

Методические особенности работы с задачами, построенными на основе семантической матрицы

Рассмотрим, как меняется структура логических рассуждений при соединении импликацией двух предикатов в процессе построения задачи на основе семантической матрицы. Представим эти особенности на примере анализа решений различных задач, составленных по следующей схеме:

Задача 7. Числа a, b, c – натуральные.

Известно, что _________________. Оцените утверждение _________________.

(В перечисленных ниже утверждениях НОД$(x;y)$ – наибольший общий делитель чисел x и y).

1) НОД $(a;b)=c$;
2) НОД $(2a;b)=c$;
3) НОД $(2a;2b)=c$;
4) НОД $(a;c)=c$;
5) НОД $(a;c)=b$;
6) НОД $(ab;b)=cb$;
7) НОД $(ab;bc)=c^3$;
8) НОД $(ac;b^2)=c^2$;
9) НОД $(a^2;bc)=c^3$;
10) НОД $(a^2;b^2)=c^2$;
11) НОД $(a^2;b)=c$;
12) НОД $(ab; c^2)= c^2$;
13) НОД $(2a;b)=2c$;
14) НОД $(a+b^2;b)=c$;
15) НОД $(a^2+b^2;b)=c$;
16) НОД $((a+b)^2;b)=c$;
17) НОД $(a+b;a-b)=c$.

Одной из особенностей получаемых таким образом задач является то, что задачи *не являются однотипными* (несмотря на однотипность условий), иными словами, *разные комбинации условий порождают разные логические цепочки*.

Рассмотрим, например, такую возможную тестовую задачу:

«Известно, что НОД $(a;b)=c$. Оцените утверждение НОД $(ab;bc)=c^3$».

По определению НОД числа a и b можно представить в виде a=mc и b=nc, где m и n взаимно простые числа. Тогда ab $=mnc^2$, bc $=nc^2$ и НОД ((ab;bc)= nc^2. При n=c получится верное равенство, при остальных значений n неверное. Значит, ответ в задаче будет «может быть верно, а может быть и неверно».

Рассмотрим теперь другую задачу:

«Известно, что НОД (a;b)=c. Оцените утверждение НОД $(a^2;bc)=c^3$».

Применяя аналогичные рассуждения, получим $a^2 = m^2c^2$, bc $=nc^2$. Для того, чтобы дать ответ «всегда неверно», нужно объяснить почему НОД $(m^2;n)=1$. Это можно объяснить по основной теореме арифметики или от противного и использования рассуждения типа «если ab делится на c, которое взаимно просто с a, то b делится на c».

Наконец, рассмотрим обратную задачу:

«Известно, что НОД $(a^2; bc)=c^3$. Оцените утверждение» НОД (a;b)=c».

При решении этой задачи ученик не сможет воспользоваться готовым приемом, а должен будет структурировать множество пар (a;b) относительно их общих делителей с числом c. Возможно, что первые шаги будут связаны с попытками найти пример и контрпример (на такой путь настраивает сама структура экспресс-олимпиад). Построить контрпример достаточно легко, например, взяв $b= c^2$, а $a= c^3$. В то же время, ясно, что этот пример «грубоват», чтобы рассматривать его как «типичный» и сразу переходить к доказательству того, что утверждение всегда неверно. Следующим примером мог бы быть пример типа: $a=d^3$, $b= d^4$, $c= d^2$. Этот пример «тоньше», однако равенства он не даёт, и поэтому следует выдвижение гипотезы о том, что утверждение всегда неверно. Далее начинается более трудная часть задачи, связанная с поисками доказательства. Например, поиск может развиваться так. Пусть a=md, c=nd, где d=НОД (a;b), НОД (m;n)=1. Тогда условие можно переписать НОД $(m^2d^2; bnd)= n^3d^3$ или НОД $(m^2d; bn)= n^3d^2$, тогда m^2 должен делиться на n^3d. Поскольку m и n взаимно просты, то отсюда следует, что n=1, а m^2 делится на d, последнее означает, что m и d не взаимно простые числа. Также из предыдущего равенства получаем, что b делится на d^2: $b=kd^2$. Таким образом,

НОД $(md; kd^2)= d$*НОД (m;kd)>d. Утверждение доказано.

Тем самым мы показали, что случайная комбинация условий семантической матрицы:

1) порождает задачи, требующие различных типов рассуждений;

2) эти рассуждения могут иметь разный уровень сложности.

Последнее означает, что вместе с элементами матрицы можно хранить характеристики их сложности, которые могут быть получены экспертным путём посредством оценки длины цепочек логического вывода.

Заметим, что, как правило, задачи, для решения которых достаточно найти пример и контрпример, оказываются проще (требуют меньше времени), так как задачи на доказательство, если они не сводятся к уже известным формулам, требуют конструирования примеров, на основе которых принимается гипотеза о том, что утверждение всегда верно или всегда неверно, после чего начинается поиск доказательства.

Заметим также, что оценки сложности могут выставлять апостериорно на основе анализа решений, а первоначальные значения можно брать так: 1 балл за задачу с ответом «утверждение может быть как верным, так и неверным в зависимости от параметров» и 2 балла за задачи с остальными типами ответов.

Расширение возможностей применения семантической матрицы

Рассмотрим несколько приёмов, которые позволяют расширить возможности использования семантической матрицы.

1. *Использование эквивалентных формулировок утверждений*

С каждым утверждением можно связать язык, на котором оно формулируется (иными словами, интерпретацию утверждения). В этом случае при формировании задачи по семантической матрице можно использовать выбор ещё одного признака – интерпретации. Тогда задачи можно предлагать в различных интерпретациях, что является стимулом к абстрагированию сущностных элементов задачи. С другой стороны и сам перевод можно рассматривать как специфичный вид задачи.

Пример. Утверждение «НОД (a;b)=c» в другой формулировке может звучать как «Уравнение ax+by=c имеет решение в целых числах» или «Множество чисел {am+bn, где m,n – целые числа} есть множество чисел кратных c» или «Если d делит a и d делит b, то d делит c» или «НОК(a;b)=ab/c» (наименьшее общее кратное чисел a и b равно частному от деления произведения этих чисел на c).

Более подробное представление об использовании этого приёма можно получить из таблицы 1, в первых трёх строках которой приведены эквивалентные формулировки суждений.

2. *Использование отношения между элементами различных множеств*

Наряду с построением бинарного отношения элементов одного множества, можно рассматривать отношения между элементами различных множеств. Математический смысл данной конструкции – отображение между двумя множествами. Семантическая матрица, описывающая такой вид отношения, существенно расширяет возможности применения инструмента семантических матриц. Можно предложить множество различных вариантов применения этого нового инструмента.

Например:

1) отношение между выражением и результатом применения к нему оператора;
2) отношение между уравнением и его решениями;
3) отношение между различными представлениями объекта (вербальное описание, формула, графическое представление);
4) отношение между классами и представителями классов.

Проанализируем более подробно те виды отношений, которые между двумя множествами, которые были использованы в матричных тестах [9].

Установление отношений между различными формами представления одного объекта.

Если рассмотреть три наиболее употребительных в математике представления, которые условно можно назвать «текст», «формула», «рисунок», то возникнут девять комбинаций, из которых следующие шесть обычно используются в матричных тестах:

- текст – рисунок;
- текст – формула;
- текст – текст;
- рисунок – формула;
- рисунок – рисунок;
- формула – формула.

С точки зрения семантических матриц использования такого отношения малоинтересно, так как предполагает установление взаимнооднозначного соответствия между разными представлениями одного объекта и не дает возможности, строить «батарей» тестов на основе матрицы такого вида. В то же время, использование различных форм представления одного объекта позволяет варьировать представление объектов в интерпретации предикатов, лежащих в основе задач.

Другим направлением применения матричных тестов в [10] была *алгоритмическая составляющая* обучения математике. Были выделены следующие возможности для применения матричных тестов:

- решение уравнений;
- тип «оператор»;
- тип «установление отношений порядка»;
- вычисления.

Суть теста «Оператор» заключается в установлении функциональной зависимости между объектами.

Отметим, что второе и четвертое направление по указанным выше причинам (вследствие взаимно-однозначного соответствия между условием и ответом) для применения в семантических матрицах не подходят, так как не дают возможности генерировать серию задач, а решение уравнений и установление отношения порядка могут быть использованы. Действительно, в случае уравнений можно предполагать связь между всеми парами уравнений по признакам «быть эквивалентными» или «одно уравнение является следствием другого». Что касается отношения порядка, то оно, очевидно, должно быть определено на множестве всех объектов, входящих в матричный тест, тогда определение того, принадлежит ли данная пара заданному отношению, является естественным для использования в семантических матрицах.

Наконец, наиболее важным для нас является использование матричных тестов для проверки сформированности *логико-дедуктивного мышления*. В матричных тестах выделены два типа матричных тестов такого рода [10]:

- «импликация»;
- «объект-свойство».

Тип «импликация» требует соединить фразой «Если ..., то ...» некоторые условия. Перед тем, как ответить на очередной вопрос, ученик анализирует ситуацию, обобщает и конкретизирует заданную ему информацию. В процессе выполнения задания ученику предоставляется возможность самостоятельно делать выводы, искать и находить логические взаимосвязи различных объектов.

В тестах типа «объект – свойство» требуется установить связи между указанным объектом и свойствами, которые его характеризуют.

Такое предъявление информации способствует систематизации объектов и их свойств. Восприятие единого целого «объект – свойство» способствует тому, чтобы установить ассоциативные связи объекта с описывающими его свойствами.

Из следующего типа матричных тестов, выделенных в [10], которые выделены в раздел «Речь и символика» для нас наиболее интересен один тип тестов, а именно, *тест на классификацию*.

В тестах этого вида нужно указать принадлежность некоторых конкретных объектов множествам, которые обычно связаны между собой отношением вложенности и другими отношениями типа «имеют общие элементы, но не совпадают» и пр.

В качестве образца приведем один наиболее характерный: *объекты и их свойства*.

При составлении семантической матрицы используются предикаты, которые тестируемый должен оценить с помощью превращения в некоторые стандартные утверждения. Разбиение предикатов на элементы «строки» и «столбца» в этом случае может быть сделано с явным выделением переменных предиката, тогда изменение области определения предиката можно связать с изменением свойств утверждения, которое требуется оценить.

Пример. Над полем рациональных чисел даны два многочлена $P(x)=x^n-1$ и $Q(x)=x^m+1$.

Рассмотрим задачу на оценку утверждения «Многочлены P(x)= x^n–1 и Q(x)= x^m+1 взаимно просты».

Рассмотрим сужение области определения данного предиката, зависящего от натуральных чисел n и m:

1) n-степень двойки, а m – степень тройки;
2) n-степень тройки, а m – степень двойки;
3) n и m взаимно простые.

Тогда в первом случае ответ будет отрицательный (–), во втором положительный (+), а в третьем неопределённый (?).

Заметим, что простой способ вариации задач – замена одного или обоих утверждений на его отрицание, тогда ответ изменится.

Ниже приведен пример семантической матрицы, основанной на данном примере (здесь выражение P(x)*D(x)=1 mod Q(x) означает, что остаток от деления произведения многочленов P и D на многочлен Q равен 1).

Таблица 1

	P и Q взаимно просты		
	Существует многочлен D(x), такой что P(x)*D(x)=1 mod Q(x)	Существует многочлен D(x), такой что Q(x)*D(x)=x mod P(x)	Существует многочлен D(x), такой что Q(x)*D(x)=x+1 mod P(x)
	Существуют многочлены A(x) и B(x) такие, что A(x)*P(x)+ B(x)*Q(x)=1	Существуют многочлены A(x) и B(x) такие, что A(x)*P(x)+ B(x)*Q(x)=x	Существуют многочлены A(x) и B(x) такие, что A(x)*P(x)+ B(x)*Q(x)=x+1
Если n-степень двойки, а m – степень тройки то	–	–	+
Если n-степень тройки, а m – степень двойки то	+	+	+
Если n и m взаимно простые	?	?	?
Если n и m взаимно простые и n и m – нечётные	+	+	+
Если n и m взаимно простые и n-нечётное, а m – чётное	+	+	+
Если n и m взаимно простые и m -нечётное, а n – чётное	–	–	–
Если n>2 – степень двойки, а НОД(m;n)=2	–	–	–
Если НОД(m;n)=2	+	+	+

Если n и m – чётные	?	?	?
Если n и m – чётные и n<m	?	?	?
Если n и m – нечётные	+	+	+
Если n-нечётное, m – чётное	+	+	+
Если n=m+1	?	?	?
Если n и m – простые	?	?	?
Если n и m – простые, большие 2	+	+	+

Программная реализация экспресс-олимпиад на основе семантической матрицы

Простота самой структуры и механизма генерации задач показывает, что подобный тип задач очень хорошо ложится на структуру требований к созданию материалов для дистанционного обучения. Методическое преимущество семантической матрицы состоит в том, что её структура достаточно объективно отражает структуру самой изучаемой области и в меньшей степени зависит от вкусов автора, чем при использовании тестов с выбором ответа.

Другим преимуществом этих задач по отношению к тестовым задачам на выбор ответа является отход от составления «неправильных» ответов, наличие которых вызывает серьезную критику у методистов (смысл этой критики можно подытожить таким тезисом: «ученик должен изучать целесообразные конструкции, которые показывают пути решения задач, а не те, которые толкают его на принятие неверных решений»).

Ещё одной полезной особенностью задач, построенных на основе семантической матрицы, является то, что с точки зрения включения её в различные проверочные и контрольные работы вся семантическая матрица может рассматриваться как одна задача. Конкретизация батареи тестов происходит «на лету» в процессе обращения ученика к задаче. Параметрами могут быть время, состояние системы и пр. Таким образом, при каждом обращении к задаче, обучаемый будет иметь дело с разными аспектами предметной области, и решение большого количества задач приведёт не к «натаскиванию», а к более глубокому освоению внутренних связей предметной области.

Например, даже при небольшом числе входов семантической матрицы в примере, представленном выше, количество различных задач будет более сотни. Приведённый пример содержит 25 нетривиальных суждений и более 30 проблемных ситуаций, разрешение которых требует построения соответствующих контрпримеров.

Наконец, в задачах, построенных по указанному методу, можно сочетать тестовую форму проверки с традиционным текстовым описанием рассуждений, приведением доказательств и примеров, типичных для устного экзамена. Поэтому при программной реализации можно предусмотреть пересылку вместе с набором ответов текстовых комментариев учеников и/или организовать сеанс беседы с учеником по итогам выполнения им задач средствами видеосвязи.

Программная реализация основана на трех модулях, один из которых, связанный с подготовкой семантических матриц (модуль учителя) является независимым от системы проведения олимпиад, два других – интерфейс для работы с задачей (модуль ученика) и модуль для проверки правильности решения задачи – являются частью системы поддержки проведения научных олимпиад DCES (рис. 1).

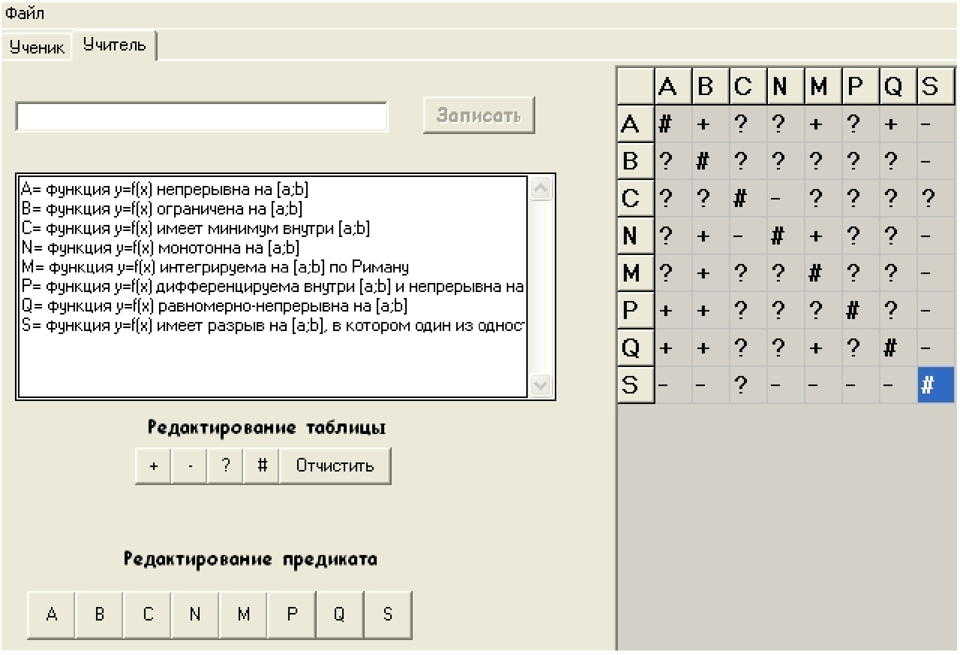

Рис. 1. Формирование семантической матрицы

Модуль ученика осуществляет приём задачи (и её конкретизацию на месте) и представление условия на экране в удобном виде. Для ввода ответа используется таблица или выпадающий список со стандартными значками «+», «–» и «?», где «+» означает «всегда верно», «–» – «всегда неверно», «?»– «может быть верно, а может быть неверно» (рис. 2). Кроме того, модуль ученика снабжен окном для ввода комментария в HTML формате с возможностью описания формул с помощью встроенного формульного редактора.

Рис. 2. Пример сгенерированной задачи в модуле ученика

Модуль учителя позволяет вводить описания используемых в условии предикатов с помощью встроенного HTML редактора с возможностью описания формул в формате TeX, заполнения семантической матрицы значками «+», «–», «?» и «#», где первые три значка уже описаны выше, а «#» ставится в те клетки, которые соответствуют «неинтересным» задачам и будут исключены при генерации задач. Модуль преподавателя позволяет также хранить все созданные семантические матрицы, давая им удобные имена, вызывать их на просмотр и редактирование (исправление условий и ответов, а также удаление и добавление новых предикатов). В модуль учителя встроен модуль ученика, позволяющий провести эксперименты с генерированием задач и их проверкой (рис. 1).

Модуль проверки принимает решение ученика во внутреннем формате, сравнивает ответ с эталонным ответом по семантической матрице и заносит результат в таблицу результатов.

В расширенном варианте появляется ещё одно звено и ещё один модуль преподавателя – модуль проверки текстового сообщения ученика. На этот модуль автоматически предается решение задач ученика с комментарием для учителя. Учитель проверяет обоснование по комментарию и оценивает его, после чего оно автоматически передается в модуль проверки решений на сервере и учитывается в результатах.

В другом расширении в системе работает модуль для видеосвязи участника олимпиады и учителя, позволяющий провести собеседование, которое заканчивается выставлением оценки учителем и передачей её в серверный модуль проверки.

В соответствии с требованиями системы поддержки дистанционных научных соревнований модуль ученика написан на языке Java, серверный модуль проверки решений – на PHP, что касается модулей учителя, язык их программной реализации не существенен, более того, самих модулей может быть несколько, чтобы учитывать различные возможности используемой вычислительной техники и особенности описываемых предметных областей.

Заключение

Проанализированный в статье подход представляет альтернативу существующим способам составления тестовых задач, предлагая взамен использования несвязного множества объектов, генерацию заданий на основе известной структуры логических и других внутренних связей изучаемого предмета.

Разработанный и прошедший многолетние испытания метод семантических матриц (до разработки программной системы дистанционной поддержки проведения научных соревнований DCES задачи составлялись полуавтоматически и предлагались обучаемым в печатном виде) позволяет структурировать проверяемую область так, что простым комбинированием можно получить большое число различных по методу решения и используемым рассуждениям задач, которые, тем не менее, отражают внутреннюю структуру области знаний.

Тем самым, появляется возможность использовать один и тот же механизм как для подготовки к экзамену, так и для составления задач письменного экзамена, не боясь, что они приведут к «натаскиванию» на конкретные типы задач.

В настоящее время базовые модули поддержки экспресс-олимпиад – модуль ученика и серверный модуль проверки решений – подключены к системе, ведется работа над созданием различных модулей для поддержки работы авторов задач.

Литература

1. Рукшин С.Е. Классификация типов научных соревнований с автоматической обработкой решений// Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики. 2010. – №3. – С. 121-125.

2. Иванов С.Г. Интернет-тесты готовности к продолжению образования// Компьютерные инструменты в образовании. 2002. – № 2. – С. 9-16.

3. Иванов С.Г., Рыжик В.И. Тесты готовности к продолжению математического образования. – СПб.: Издательство ЦПО "Информатизация образования".– 2002 г.

4. Резник Н.А. Визуальные уроки. Компл. дидакт. матер. к шк. урокам. – СПб.: Свет, 1996. – 80 с.

5. Башмаков М.И., Братусь Т.А., Поздняков С.Н., Савёлова Т.Е. Тестирование базовых математических знаний (комплект тестов). Части I и II. – Ленинград: Ленинградский центр математического образования, 1990. – 230 с.

6. Р. Фейнман. Характер физических законов. – 2-е издание, исправленное (1-е изд. – М.: «Мир», 1968) (выпуск 62 серии "Библиотечка журнала «Квант»"). – М.: Наука, 1987. – 160 с.

7. Зубов А.Н., Степанов А.В., Поздняков С.Н. Сборник задач-сюжетов по математике. Пособие для выпускников и абитуриентов. – СПб.: НИЛ ММТ и СЭП, 1995. – 164 с.

8. Сохор А.М. Логическая структура учебного материала. Вопросы дидактического анализа. – М: Педагогика, 1974. – 192 с.

9. Коточигов А.М., Поздняков С.Н.. Тестирование базовых знаний по математике у студентов первого курса // Сборник трудов СПбГЭТУ. – СПб: СПбГЭТУ, 1997. – С. 48-51.

10. Башмаков М.И., Поздняков С.Н., Резник Н.А. Информационная среда обучения. – СПб.: «Свет», 1997. – 400 с.