**Ж.Л.-Д. Дылыков, Н.Б. Занаева, Е.В. Марьясов,
Ф.А. Мурзин, Д.Ф. Семич**

ЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПРОЦЕССА ГЕНЕРАЦИИ И ОТГАДЫВАНИЯ ЗАГАДОК[1]

ВВЕДЕНИЕ

Теория решения изобретательских задач (ТРИЗ) была предложена в 1956 г. Г.С. Альтшуллером [1,2].

В настоящее время различные направления ТРИЗ завоевывают все более широкое признание и находят все новые и новые применения [3].

Очевидная алгоритмическая направленность ТРИЗ выводит на первый план задачу формализации и последующей автоматизации ее методов.

В рамках ТРИЗ рассматриваются самые разные задачи различной сложности. Цель данной работы — исследовать методы принятия решений в концепции ТРИЗ на примере загадок. Авторы выражают глубокую благодарность А.Г. Марчуку за поддержку проводимых исследований.

1. ПРОЦЕСС ГЕНЕРАЦИИ И ОТГАДЫВАНИЯ ЗАГАДОК

Обычно загадки формулируются на естественном языке. Однако лексика, используемая в их текстах, весьма ограниченна. Поэтому на основе анализа текста загадки довольно легко может быть сгенерирована логическая формула, как правило, на узком исчислении предикатов (языке первой ступени), которая представляет собой формальную запись данной загадки.

Обозначим эту формулу φ. Процесс отгадывания состоит из двух этапов.

Первый этап. По формуле φ строится некоторая новая формула $\varphi^*(x)$ с одной свободной переменной v_0 .

Второй этап. Предположим, что в нашем распоряжении имеется конечная модель $\mathbf{M} = \langle M, \sigma \rangle$. Процесс отгадывания состоит в нахождении

[1] Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 01-01-794) и Министерства образования РФ.

элемента модели $m \in M$ такого, что $\mathbf{M}|=\varphi^*(m)$, т.е. формула φ^* должна быть истинна в модели **M** на данном элементе.

Дополнительно в нашем распоряжении может быть некоторый информационный фонд, содержащий набор высказываний типа “*если белый, то не черный*” и т. д.

Каждое такое высказывание представляет собой формулу УИП, например

$$\forall x\big(White(x) \to \neg Black(x)\big).$$

Совокупность всех рассматриваемых формул образует теорию, т.е. информационный фонд есть некоторая теория T.

Очевидно, что имеется в виду ситуация $\mathbf{M} \models T$. С другой стороны, работая с T, применяя средства логического вывода, мы облегчаем поиск требуемого элемента $m \in M$. Отметим также, что m может быть не единственным.

Процесс генерации загадок обратный к процессу отгадывания. Отправляясь от $m \in M,$ формулируем логические условия на него, которые потом могут быть преобразованы в предложения на естественном языке, т.е. в текст загадки.

Часто могут быть сформулированы несколько различных загадок об одном и том же объекте.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ

Пусть $\mathbf{M} = \langle M, \sigma \rangle$ — конечная модель сигнатуры $\sigma,$

$$\sigma = \langle \{P_i^{ni}\}_{1 \le i \le n}, \{c_k\}_{1 \le k \le m} \rangle.$$

Не уменьшая общности, можно считать, что $M = \{1,...,m\}$ — отрезок натурального ряда, где n_i — местность предиката P_i (для краткости опускается). Константа c_k интерпретируется элементом $k \in M.$

Можно также рассматривать случаи, когда область истинности логики состоит более чем из двух элементов, например из трех $\{0,1,\perp\}$, где знак $\perp$ обозначает *“неопределенность”* или является вещественным числом из отрезка [0,1], как в логике Заде.

Задание истинности значений в модели в этом случае означает определение функций вида

$$P_i : M^{ni} \to X,$$

где X — область истинности.

Определение. Если $k \in M$, то $d_k = \{P_i(x) : M \models P_i(c_k)\}$ называется диаграммой элемента k; $P_x = \{\varphi(x) : M \models \varphi(x)\}$ — типом элемента k. Здесь φ — произвольная формула сигнатуры σ узкого исчисления предикатов.

3. ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ЗАГАДОК

3.1. Загадки, базирующиеся на описании свойств предметов

Загадки данного вида наиболее простые из известных. Приведем пример:

Легкий, но не пух.
Белый, но не снег.
Круглый, но не мяч.
Стучит, но не сердце.
...

(*Шарик для пинг-понга*)

Формальная запись любого из высказываний такого рода имеет вид

$$P_i(x) \ \& \ x \neq c_k \ .$$

Загадка может включать в себя более сложные высказывания:

Как снег, но не белый.
Как жемчуг, но дешевый.
Как бисер, но крупный.

В этом случае берется элемент модели (“*снег*”, “*жемчуг*”, ”*бисер*”) и рассматривается дизъюнкция всех формул из диаграммы этого элемента, за исключением одной, а именно отбрасывается $P_i(x)$, про которую в тексте сказано, что имеет место $\neg P_i\ (x)$. В данном случае: “*не белый*”, “*не дорогой*”, “*не мелкий*”. В информационном фонде должна храниться эквивалентность: “*дешевый*” $\leftrightarrow$ “*не дорогой*”.

В итоге получаем формулу вида

$$\vee\left(\alpha_k - \{P_i(x)\}\right) = \vee\left\{P_j(x) : P_j(x) \in \alpha_k \ \& \ j \neq i\right\}.$$

Формула φ представляет собой конъюнкцию конечного множества формул, описанных выше видов. Формула φ^* в этом случае имеет тот же вид, т.е. выполнено $\varphi^* = \varphi$.

3.2. Загадки, основанные на описании частей предметов

Сначала рассмотрим простой пример:

Есть у ежика.
Есть у шприца.
Есть у швейной машинки.
(Иголка)

В формальном виде можно записать

$$\varepsilon(x, c_{m1})\,\&\,\varepsilon(x, c_{m2})\,\&\ldots\&\,\varepsilon(x, c_{m3}).$$

Отличие от случая 3.1. состоит в том, что появился двумерный предикат.

Такого рода загадки не вызывают трудностей.

3.3. Загадки, в которых идет речь о количестве частей предмета

Загадки данного вида являются некоторым развитием загадок, рассмотренных в предыдущем разделе. Например:

Двое дужек.
Два стекла.
Одна оправа.

В более завуалированном виде загадка звучит так:

Два рыболовных крючка.
Два озера.
Одна буква “В”.

Переходим к более подробному анализу. Введем предикат *Part*(x ,y, n), который содержательно обозначает, что “*x является частью y*” и “*y содержит x в n экземплярах*”. Можно считать, что некоторый набор натуральных чисел (как объектов) входит в основное множество модели M.

Более того, можно предполагать, что туда же входят объекты типа “*мало*”, “*много*”, “*куча*”, “*несколько*”, “*неизвестно сколько*” и т. д.

При записи формул могут использоваться специальные символы, типа знака $\perp$, который обозначает неизвестно сколько.

Это, в частности, означает, что

$$M \models \forall x \forall y\, (Part\,(x, y, \perp) \to Part\,(x, y, 1)).$$

В случае, когда загадка задана в явном виде, формализовать ее в описанных выше терминах не представляет труда.

Рассмотрим теперь случай, когда загадка сформулирована в завуалированном виде.

Введем предикат α $(x,\ y)$, который обозначает, что x аналогично y, например: “*рыболовный крючок аналогичен дужкам*”.

Формальная запись загадки имеет вид

$$\varphi(x) = \underset{j}{\&}\, Part\ (c_{i\,j}, x, n_j).$$

Формула $\varphi^*(x)$ в данном случае отличается от $\varphi\,(x)$ и имеет вид

$$\varphi^*(x) = \exists\, \overline{u} \left(\underset{j}{\&} \alpha(u_j, c_{i\,j})\ \&\ Part(u_j, x, n_j) \right).$$

Процесс отгадывания состоит в том, чтобы найти объекты $\overline{c}^{\,/}$ в модели **M** аналогичные указанным в списке $\overline{c}$, т.е.

$$M \models \underset{j}{\&} \alpha(c_j^{/}, c_j);$$

а потом найти объект $c_k \in M$, который делает формулу $\varphi^*(x)$ истинной в **M**.

3.4. Загадки, содержащие описание мест

$$M \models \underset{j}{\&} Part(c_j^{/}, x, n_j).$$

В некотором смысле загадки данного вида являются дальнейшим усложнением рассмотренных в предыдущем параграфе загадок. Разница состоит в том, что более широко используются аналогии, ассоциации и т. д., характерные для естественного языка.

Переходим к рассмотрению конкретных примеров:

На черном плаще разбросаны:

$$\exists y(Part(x,y),\infty)\,\&\,\alpha(y,c_{ik}\ )),$$

где c_{ik} — *черный плащ.*

В блестящем зеркале отражается:

$$\exists y(\mathrm{Re}\,f(x,y)\,\&\,\alpha(y,c_{is}\ ))\,,$$

где Re*f* (x, y) — *x отражается в y,* c_{is} — *зеркало*.

В воздушном доме живут:

$$Part(x,c_{it},\perp)\,,$$

где c_{it} – *воздушный дом*.

В мокром видно:

$$\exists y(Vis(x,y)\,\&\,W(y))\,,$$

где *Vis (x, y) — x видно в y, W(y) — y — мокрый.*

Как и раньше, появляется множество различных предметов. Начнем уточнять первую фразу:

$$Part(x,c_{it},\infty)\,\&\,Bl(c_{it})\,,$$

где c_{it} – *плащ,* $Bl(x)$ — *x - черный.*

Но плащ может быть не только черным, но и других цветов.

Введем предикат $Col(x,y)$ — *x обладает цветом y*. Считаем, что существует конечное множество цветов $y_1,...,y_r$, которые фактически являются элементами нашей модели $y_1 = c_{i1},...,y_r = c_{ir}$, т.е. цвета одновременно являются объектами.

В информационном фонде могут быть импликации типа: *если белый, то не черный* и т.д.

Решение данной загадки — *звезды*.

Рассмотрим еще один пример.

На суке — высокий крюк:

$$\varphi_1 = On(c_{i1},c_{i2})\,\&\,H(c_{i2})\,,$$

где c_{i1} — *сук,* c_{i2} — *крюк,* $On(x,y)$ — *x на y,* $H(x)$ — *x - высокий.*

На крюке висит сундук:

$\varphi_2 = Han(c_{i2}, c_{i3})$,

где c_{i2} — *крюк*, по-прежнему, c_{i3} — *сундук*, $Han(x, y)$ — *висеть*.

В сундуке том 5 ребят:

$\varphi_3 = In(c_{i3}, c_{i4}, 5)$,

где c_{i4} — *ребенок*, $In(x, y, n)$ — *находиться внутри в количестве n штук* — предикат, аналогичный *Part*.

Загадка формулируется в виде конъюнкции формул $\varphi = \varphi_1 \,\&\, \varphi_2 \,\&\, \varphi_3$.

Формуле φ сопоставляется формула

$$\varphi^*(x) = \exists \bar{y}(\mathop{\&}_{k=1}^{4} Part(y_k, x) \,\&\, [\varphi]_{\bar{c}}^{\bar{y}} \,\&\, \mathop{\&}_{k=1}^{4} \alpha(\bar{y}_k, c_{ik})) .$$

Здесь $[\varphi]_{\bar{c}}^{\bar{y}}$ обозначает формулу, возникающую из φ подстановкой переменных $\bar{y}$ вместо соответствующих констант $\bar{c}$.

Далее, как обычно, ищем объект, удовлетворяющий данной формуле, т.е. такой объект *x*, который состоит из частей $y_1, \ldots, y_4$, аналогичных $c_{i1}, \ldots, c_{i4}$ и находящихся в тех же самых отношениях.

4. О ПРОГРАММНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ

4.1. Средства программирования

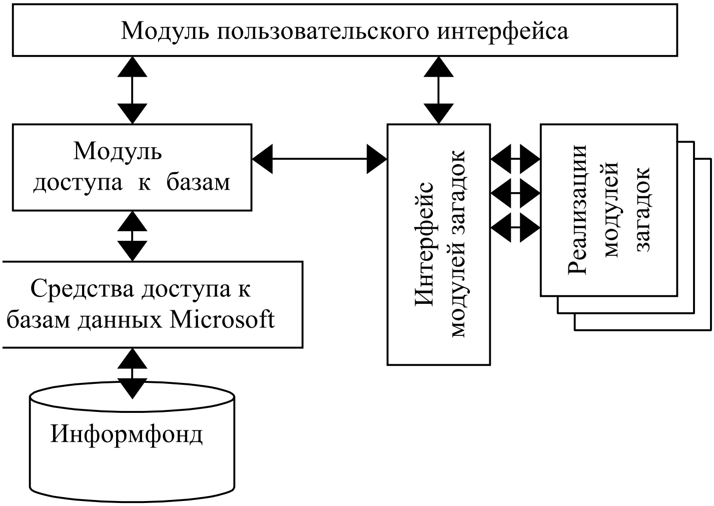
Для создания программы моделирования методов принятия решений в системе ТРИЗ на примере загадок была выбрана система Microsoft Visual C++, благодаря следующим ее особенностям:

- легкости прототипирования и создания программ с помощью интеллектуальных шаблонов (wizards) на базе библиотеки классов MFC;
- хорошо развитым и стандартизованным средствам работы с базами данных (ODBC, DAO);
- наличию объектно-ориентированной среды, повышающей скорость и качество разработки программ.

Кроме Microsoft Visual C++ в данной работе использовалась СУБД Microsoft Access из пакета Microsoft Office для моделирования и наполнения базы данных информационного фонда. Microsoft Access была выбрана из-за наличия развитых средств моделирования данных и простоты программирования.

4.2. Структура программы

Программа имеет модульную структуру (общая ее схема показана на приведенном ниже рисунке).



Структура программы

Модуль пользовательского интерфейса создан на базе библиотеки классов MFC. В его функции входит обеспечение связи с пользователем: выбор конкретного класса моделируемых загадок и возможность задания параметров генерации загадки. Модуль пользовательского интерфейса позволяет также выбрать базу данных для использования ее в качестве информационного фонда. Данная программа не решает задачи литературного и ритмического оформления результата работы. В пользовательском интерфейсе для окончательного оформления загадки предусмотрена возможность ее редактирования.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе исследованы методы принятия решений в системе ТРИЗ и продемонстрирована возможность их формализации. Формализация достигнута за счет классификации модельного материала и описания его на языке предикатов. Переход от модельного материала (загадок) к реальным задачам — предмет дальнейшего интересного исследования.

Создан программный продукт, который может найти применение в педагогике для генерации учебного материала, например для курса развития творческого мышления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Альтшуллер Г.С., Шапиро Р.Б.** О психологии изобретательского творчества //Вопросы психологии. — 1956. — N 6. — С. 37—49.
2. **Альтшуллер Г.С.** Найти идею // Новосибирск: Наука, 1986; 1991.
3. **Slocum M.S.** TRIZ: infinite in all directions //TRIZ J. — 1998.