

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ILOG PLANNER ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПОДДЕРЖАНИЯ НЕПРОТИВОРЕЧИВОСТИ ФРАГМЕНТА ЗНАНИЙ С ВЕРОЯТНОСТНОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬЮ

Д. А. Никитин

Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН
199178, Санкт-Петербург, 14 линия В.О., д. 39
тел./факс (812)328-03-82, e-mail: dan@computer.edu.ru

УДК 681.3

Д. А. Никитин. Применение технологии ILOG Planner для решения задачи поддержания непротиворечивости фрагмента знаний с вероятностной неопределенностью // Труды СПИИРАН. Вып. 1, т. 3. — СПб: СПИИРАН, 2003.

Аннотация. В настоящей статье рассматривается фрагмент знаний с вероятностной неопределенностью. Описывается процесс поддержания его непротиворечивости. Приводится фрагмент кода с использованием объектно-ориентированной библиотеки C++ ILOG Planner, реализующий представление фрагмента знаний, а так же алгоритм поддержания непротиворечивости для этого фрагмента знаний. — Библ. 5 назв.

UDC 681.3

D. A. Nikitin. The application of ilog planner technology to solve consistency maintenance problem of knowledge pattern with probabilistic uncertainty // SPIIRAN Proceedings. Issue 1, v. 3. — SPb: SPIIRAS, 2003.

Abstract. In the paper, a knowledge pattern with probabilistic uncertainty is considered. The process of consistency maintenance for this knowledge pattern is described. The code using object-oriented ILOG Planner's C++ library implementing the representation of knowledge patterns and the process of consistency maintenance is given. — Bibl. 5 items.

1. Введение

В данной работе будет рассматриваться представление фрагмента знаний (ФЗ) и поддержание его непротиворечивости с помощью C++ библиотек ILOG Planner. Эта библиотека опирается на концепции декларативного программирования и автоматического удовлетворения ограничений. Пользователь не заботится о том, как именно решать поставленную задачу. Задачей пользователя является только описание начальных данных и конечного результата, который должен быть достигнут.

2. Представление фрагмента знаний с вероятностной неопределенностью

Фрагмент знаний — элементарный «строительный блок», который используется при построении баз знаний сложных интеллектуальных систем [1]. Пусть у нас есть n атомарных высказываний, полученных от эксперта. Эти атомарные высказывания представленные в виде пропозициональных переменных x_1, \dots, x_n и определяют собой меру доверия эксперта к определенным событиям. Один из возможных способов представления меры доверия эксперта — это вероятностный подход, который мы и будем рассматривать в данной статье. Суть данного подхода состоит в том, что каждому атомарному высказыванию

эксперта приписывается вероятность. Таким образом, на множестве цепочек конъюнкций [1] (из атомарных переменных) максимальной длины задается вероятностное пространство. При этом выполняются аксиомы вероятностного пространства, например, для двух элементов аксиомы вероятностного пространства выглядят следующим образом:

$$\begin{cases} p(x_1x_2) \geq 0, \\ p(\bar{x}_1x_2) \geq 0, \\ p(x_1\bar{x}_2) \geq 0, \\ p(\bar{x}_1\bar{x}_2) \geq 0, \\ p(x_1x_2) + p(\bar{x}_1x_2) + p(x_1\bar{x}_2) + p(\bar{x}_1\bar{x}_2) = 1. \end{cases}$$

В [2] показано, что, используя разложение в СДНФ, распределение вероятностей над цепочками конъюнкций максимальной длины однозначно задает распределение вероятностей над только положительными цепочками конъюнкций. А так же показано, что вероятность любой пропозициональной формулы может быть выражена только через вероятности положительно означенных цепочек конъюнкций. Для двухэлементного ФЗ соответствующее распределение над положительно означенными цепочками конъюнкций будет иметь вид:

$$\begin{cases} p(x_1x_2) \geq 0, \\ p(x_2) - p(x_1x_2) \geq 0, \\ p(x_1) - p(x_1x_2) \geq 0, \\ 1 - p(x_1) - p(x_2) + p(x_1x_2) \geq 0. \end{cases}$$

Таким образом, ФЗ представляет собой некую структуру, которая состоит только из положительно означенных цепочек конъюнкций и, следовательно, эксперту достаточно оценить вероятность истинности только для элементов ФЗ, что однозначно задаст распределение вероятностей в пространстве конъюнкций максимальной длины. Величина вероятностей, которые назначаются элементам ФЗ, зависит только от эксперта и он выбирает ее, опираясь только на свой опыт и знания. Часто элементам ФЗ приписываются не точечные оценки вероятностей истинности, а интервальные. Причины появления интервальных оценок приведены в [3]. Одной из причин появления интервальных оценок в ФЗ может быть неуверенность эксперта или ситуация, когда мы пытаемся учитывать разнящиеся оценки сразу нескольких экспертов. Интервальные оценки для элементов ФЗ представляются в виде двусторонних ограничений. Для двухэлементного ФЗ интервальные оценки представляются в виде:

$$\begin{cases} \check{p}(x_1) \leq p(x_1) \leq \hat{p}(x_1), \\ \check{p}(x_2) \leq p(x_2) \leq \hat{p}(x_2), \\ \check{p}(x_1x_2) \leq p(x_1x_2) \leq \hat{p}(x_1x_2), \end{cases}$$

где $\hat{p}(x_i)$, $\check{p}(x_i)$ есть верхние и нижние оценки, для $p(x_i)$, а $\hat{p}(x_1x_2)$ и $\check{p}(x_1x_2)$ – есть верхняя и нижняя оценки для $p(x_1x_2)$ соответственно. Эти ограничения называются ограничениями, полученными из предметной области, так как величина интервала задается экспертом. Эксперт же назначает эти ограничения, руководствуясь только своим субъективным личным опытом в конкретной предметной области.

3. Процесс поддержания непротиворечивости в ФЗ

Непротиворечивым ФЗ с точечными оценками вероятностей истинности будем называть такой ФЗ, который удовлетворяет ограничениям, которые накладываются аксиомами вероятностей. Эти ограничения для двухэлементного ФЗ были приведены в предыдущем разделе. ФЗ с интервальными оценками вероятностей истинности будем называть непротиворечивым, если для любого элемента ФЗ, какое бы значение из интервала мы не выбрали, всегда можно будет найти точечные значения из допустимых интервалов для оставшихся элементов ФЗ, причем получившийся ФЗ с точечными оценками вероятности истинности будет непротиворечивым. Более формальное определение непротиворечивости ФЗ с точечными и интервальными оценками вероятности истинности можно найти в [4].

В [5] поставлен вопрос необходимости уточнения оценок вероятности истинности для элементов ФЗ. Процесс уточнения оценок называется процессом поддержания непротиворечивости. Основная идея состоит в том, чтобы отбросить заведомо противоречивые оценки вероятностей истинности для элементов ФЗ.

В [4] показано, что для этих целей необходимо решить пару задач линейного программирования (ЗЛП) для каждого элемента ФЗ. Множество ограничений в этих ЗЛП будут образовывать ограничения, накладываемые аксиомами вероятностей и ограничения из предметной области. Целевая функция будет представлять собой оценку вероятности истинности для некоторого элемента ФЗ. Одна задача будет задачей на отыскание максимума данной целевой функции, а вторая на отыскание минимума этой же целевой функции. Полученные решения будут новыми верхними и нижними оценками вероятности истинности элемента ФЗ.

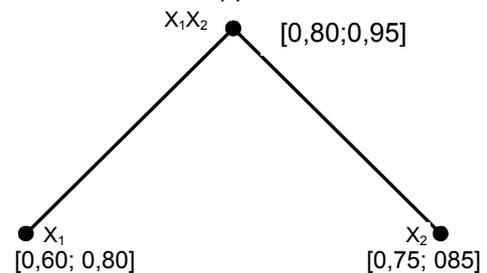


Рис. 1: ФЗ второго порядка

Продолжим анализ примера с ФЗ второго порядка (рис. 1). Тогда множество ограничений примет вид:

$$\begin{cases} p(x_1x_2) \geq 0, \\ p(x_2) - p(x_1x_2) \geq 0, \\ p(x_1) - p(x_1x_2) \geq 0, \\ 1 - p(x_1) - p(x_2) + p(x_1x_2) \geq 0. \\ 0,60 \leq p(x_1) \leq 0,80, \\ 0,75 \leq p(x_2) \leq 0,85, \\ 0,80 \leq p(x_1x_2) \leq 0,95. \end{cases}$$

Для каждого элемента ФЗ, чтобы получить уточненный интервал необходимо решить пару ЗЛП.

Например, для элемента $p(x_1)$ надо решить две ЗЛП с целевыми функциями: $\max(p(x_1))$ и $\min(p(x_1))$ при введенных ограничениях.

4. Априорный вывод

Задача априорного вывода схожа с задачей поддержания непротиворечивости [4]. Отличие состоит лишь в том, что мы уточняем не элементы ФЗ, а оценку вероятности истинности для некоторой пропозициональной формулы, которая не входит в ФЗ. Здесь тоже возникают ЗЛП. Ограничения такие же, как и в задаче поддержания непротиворечивости, а целевая функция будет представлять собой линейную комбинацию из вероятностей истинности элементов ФЗ см. [4]. Например, для пропозициональной формулы вида $p(x_1 \supset x_2)$ ее представление через вероятности истинности положительно означенных конъюнкций будет иметь следующий вид:

$$p(x_1 \supset x_2) = 1 - p(x_1) + p(x_1 x_2).$$

Следовательно, для того, чтобы провести априорный вывод для формулы импликации необходимо решить пару ЗЛП на максимум и минимум, в которых целевая функция будет иметь вид: $1 - p(x_1) + p(x_1 x_2)$.

5. Представление ФЗ с помощью библиотек ILOG Planner

В представленном примере с помощью C++ библиотек представляется двухэлементный ФЗ. Описываются ограничения предметной области и ограничениями, накладываемые аксиомами вероятностей.

```
#include <ilplan/linear.h>
ILCSTLBEGIN

/* уточняется оценка вероятности переменной X.
Для это решаются две задачи линейного программирования.
Сначала на минимум, а потом на максимум. Результаты
выводим на экран.*/
void precise(IlcFloatVar X, IlcLinOpt lo){
// получаем менеджер, который отвечает за оптимайзер lo
    IlcManager m = lo.getManager();
// задаем вид целевой функции - минимизируем вероятность
p(x1x2)
    lo.setObjMin(X);

/* Решаем поставленную задачу линейного программирования с
при помощи прямого симплекс метода. */
    lo.primalOpt();

/* выводим информацию о решении: значение целевой функции и
значения переменных*/
    m.out() << " Min: " << lo.getObjValue() << endl;

/*теперь ищем максимум той же целевой функции */
    lo.setObjMax(X);
    lo.primalOpt();
    m.out() << " Max: " << lo.getObjValue() << endl;
} // end precise
```

```

int main(){
/* инициализация возможности использования переменных с пла-
вающей точкой в ILOG */
    IlcInitFloat();
/* создание менеджера, который отвечает за ввод и вывод, за
распределение памяти и другие сервисы */
    IlcManager m(IlcEdit);
/* Объявляем переменные, которые будут отвечать за вероятности
истинности элементов ФЗ
В объявлении переменных нижняя и верхняя допустимая граница
определяется предметной областью. Таким образом, мы неявно за-
дали ограничения, накладываемые экспертом
*/
    IlcFloatVar X1(m, 0.60, 0.80);
    IlcFloatVar X2(m, 0.75, 0.85);
    IlcFloatVar X12(m, 0.8, 0.95 );
/* создаем линейный оптимайзер, который нужен для представле-
ния ЗЛП в ILOG Planner'e */

    IlcLinOpt lo(m);
    lo.useExceptions(IlcFalse);

// описываем ограничения, накладываемые аксиомами вероятностей
(AB)
    lo.add(X1-X12>=0);
    lo.add(X2-X12>=0);
    lo.add(1-X1-X2+X12>=0);
/* заметим, что ограничение X12>=0 уже присутствует. см. объ-
явление переменной X12 */

    m.out() << "new X1X2 " << endl;
    precise(X12,lo);

    m.out() << "new X1 " << endl;
    precise(X1,lo);

    m.out() << "new X2 " << endl;
    precise(X2,lo);

/* освобождаем память из-под оптимайзера и менеджера */
    lo.end();
    m.end();
    return 0;
}

```

В данном примере проводится процесс поддержания непротиворечивости. Для того чтобы произвести априорный вывод в данном ФЗ, достаточно методу `precise(IlcFloatVar X, IlcLinOpt lo)` в качестве первого параметра передать выражение представляющее уточняемую пропозициональную формулу через положительно означенные цепочки конъюнкций.

Литература

- [1] *Городецкий В. И., Тулупьев А. Л.* Алгебраические байесовские сети для представления и обработки знаний с неопределенностью // 4-я Санкт-Петербургская конференция региональная информатика-95: Тезисы докладов, ч.1. – СПб: СПИИРАН, 1995. — с. 51-52.
- [2] *Городецкий В. И., Тулупьев А.Л.* Формирование непротиворечивых баз знаний с неопределенностью // РАН. Известия академии наук. Теория и системы управления. № 5 (1997). — с. 33-42.
- [3] *Крейнович В. Я., Нгуен Х. Т. и Городецкий В. И., Нестеров В. М., Тулупьев А. Л.* Применение интервальных степеней доверия: аналитический обзор // Интеллектуальные методы и информационные технологии. Выпуск № 3 – СПб: СПИИРАН, 1999. — с. 6-61.
- [4] *Тулупьев А. Л.* Алгебраические байесовские сети: логико-вероятностный подход к моделированию баз знаний с неопределенностью // СПб: СПИИРАН, 2000. — 292 с.
- [5] *Тулупьев А. Л.* Поддержание непротиворечивости фрагмента знаний с интервальной нечеткой мерой оценки неопределенности // Теоретические основы и прикладные задачи интеллектуальных информационных технологий. – СПб: СПИИРАН, 1998. — с. 82-92.