Альтернативные модели фрагментов знаний в теории АБС и архитектура программного комплекса [1]

Мальчевская Е. А., студентка мат.-мех. фак-та кафедры информатики СПбГУ, м.н.с. Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации РАН (СПИИРАН), katerina.malch@gmail.com

Аннотация

В данном докладе рассмотрены альтернативные модели фрагментов знаний алгебраических байесовских сетей, заданные над идеалом дизъюнктов и множеством квантов. Приведены примеры создания различных видов фрагментов знаний в разработанном комплексе C#-программ AlgBNModeller и рассмотрены структуры комплекса, реализующие эту функциональность.

Введение

Алгебраические байесовские сети [1, 2] являются примером вероятностных графических моделей (ВГМ) [3]. Они являются ненаправленными графами с идеалами конъюнктов в узлах. Конъюнкты, как и другие формулы, задаются над некоторым фиксированным алфавитом. При этом конъюнктам приписана скалярная или интервальная оценка вероятности истинности. Следуя [4], будем называть идеалы конъюнктов с оценками вероятности фрагментами знаний (ФЗ).

Существуют также альтернативные способы задания модели фрагмента знаний. Фрагмент знаний может быть представлен как идеал дизъюнктов, а также как множество квантов.

Альтернативные модели ФЗ

Рассмотрим каждое отдельное представление далее подробно.

Алфавит $\mathrm{A} = \{x_i\}_{i=0}^{n-1}$ – конечное множество атомарных пропозициональных формул (атомов). Введем нумерацию переменных с нуля.

---

[1] Статья частично поддержанна грантом РФФИ 15-01-09001-а “Комбинированный логико-вероятностный графический подход к представлению и обработке систем знаний с неопределенностью: алгебраические байесовские сети и родственные модели”.

Над атомами из указанного алфавита введем наборы пропозициональных формул:

Конъюнкт (цепочка конъюнкций) – это конъюнкция некоторого числа атомарных переменных вида:

$$x_{i_1} \wedge x_{i_2} \wedge \cdots \wedge x_{i_k}.$$

В дальнейшем не будем различать представление конъюнкта со знаками конъюнкций и без них:

$$x_{i_1} x_{i_2} \cdots x_{i_k}.$$

Дизъюнкт (цепочка дизъюнкций) – это дизъюнкция некоторого числа атомарных переменных вида:

$$x_{i_1} \vee x_{i_2} \vee \cdots \vee x_{i_k}.$$

Литерал (аргументное место) $\tilde{x}_i$ обозначает, что на его месте в формуле может стоять либо x_i, либо $\bar{x}_i$.

Квант над над алфавитом А $= \{x_i\}_{i=0}^{n-1}$ – это конъюнкция, которая для любого атома алфавита содержит либо этот атом, либо его отрицание.

Рассмотрим также множества, содержащие в себе вышерассмотренные элементы.

Идеал конъюнктов (идеал цепочек конъюнкций) – это множество вида

$$\{x_{i_1} \wedge x_{i_2} \wedge \cdots \wedge x_{i_k} \mid 0 \leq i_1 < i_2 < \cdots < i_k \leq n-1,\ 0 \leq k \leq n\}.$$

Обозначим идеал конъюнктов над алфавитом А, как C_A.

Идеал дизъюнктов (идеал цепочек дизъюнкций) – это множество вида

$$\{x_{i_1} \vee x_{i_2} \vee \cdots \vee x_{i_k} \mid 0 \leq i_1 < i_2 < \cdots < i_k \leq n-1,\ 0 \leq k \leq n\}.$$

Обозначим идеал дизъюнктов над алфавитом А, как D_A.

На Рис.1 приведены примеры ФЗ, построенных над идеалами конъюнктов и дизъюнктов соответственно.

Множество квантов над алфавитом $= \{x_i\}_{i=0}^{n-1}$ –

$$Q = \{\tilde{x}_{i_1} \tilde{x}_{i_2} \cdots \tilde{x}_{i_k}\}.$$

Каждому конъюнкту $x_{i_1} x_{i_2} \cdots x_{i_k}$. сопоставим число

$$2^{i_1} + 2^{i_2} + \cdots + 2^{i_k}.$$

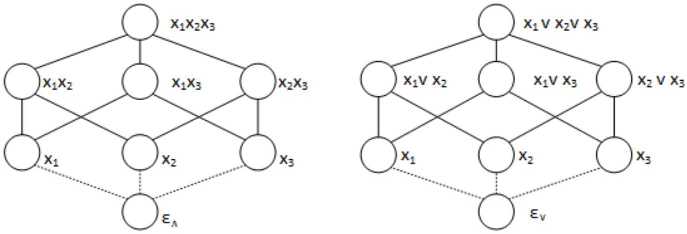

Рис. 1: Пример ФЗ, построенных над идеалами конъюнктов и дизъюнктов соответственно и алфавитом $A = \{x_1, x_2, x_3\}$.

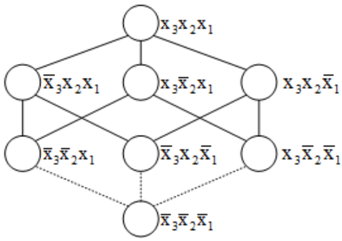

Рис. 2: Пример ФЗ, построенного над множеством квантов и алфавитом $A = \{x_1, x_2, x_3\}$.

- индекс конъюнкта.

На Рис.2 приведен пример ФЗ, построенного над множеством квантов.

Для нумерации дизъюнктов и квантов будем пользоваться аналогичным методом, более подробно о нем можно прочитать в [3].

После введения нумерации можем определить векторы оценок вероятностей квантов, конъюнктов и дизъюнктов соответственно.

$$\mathbf{P_q} = \begin{pmatrix} p(q_0) \\ p(q_1) \\ \vdots \\ p(q_{2^n-1}) \end{pmatrix}, \mathbf{P_c} = \begin{pmatrix} 1 \\ p(c_1) \\ \vdots \\ p(c_{2^n-1}) \end{pmatrix}, \mathbf{P_d} = \begin{pmatrix} 0 \\ p(d_1) \\ \vdots \\ p(d_{2^n-1}) \end{pmatrix}.$$

Срез архитектуры комплекса программ

Разработанная библиотека, функциональность которой покрывает локальный логико-вероятнотный вывод в алгебраических байесовских

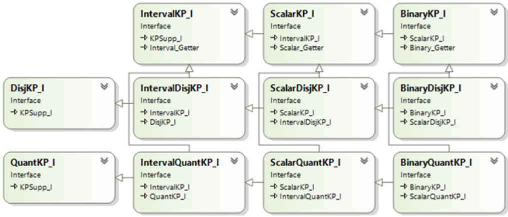

Рис. 3: Диаграмма классов для интерфейсов.

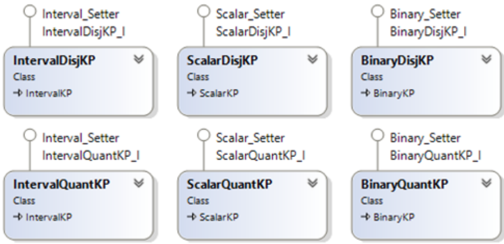

Рис. 4: Диаграмма классов.

сетях, позволяет создавать ФЗ, построенные как над идеалом дизъюнктов, так и над множеством квантов.

Рассмотрим срез библиотеки, отвечающий за создание ФЗ различных видов. На Рис.3 изображена диаграмма зависимостей интерфейсов структуры. Множества интерфейсов IntervalQuantKP, ScalarQuantKP, BinaryQuantKP и IntervalDisjKP, ScalarDisjKP, BinaryDisjKP задают необходимую функциональность для ФЗ, построенными над идеалами дизъюнктов или множеством квантов, с интервальными, скалярными или бинарными оценками вероятности соответственно.

На Рис.4 приведена диаграмма классов, которые реализуют вышеуказанные интерфейсы.

Примеры создания альтернативных ФЗ

Рассмотрим, как создаются ФЗ над идеалом дизъюнктов и множеством квантов в разработанном комплексе программ AlgBNModeller.

На листинге 1 приведен пример создание ФЗ над идеалом дизъюнктов с интервальными оценками вероятности. При создании объекта ФЗ вызывается конструктор, в который передается глобальный индекс ФЗ, верхняя и нижняя оценка вероятности соответственно.

Листинг 1: Создание ФЗ над идеалом дизъюнктов

```
IntervalDisjKP_I disjunctKP = new IntervalDisjKP(
    Convert.ToInt64("0011", 2),
    new double[] { 0, 0.2, 0.45, 0.756 },
    new double[] { 0, 0.4, 0.7, 1 });
Console.WriteLine(disjunctKP.ToString());
```

В результате вызыва метода ToString в консоль выведется информация, приведенная на листинге 2, характеризующая созданный фрагмент знаний.

Листинг 2: Создание ФЗ над множеством дизъюнктов

```
=== Knowledge Pattern ===
Basis Structure: Disjuncts_Ideal, Evidence Kind:
    Local, Sort: Imprecise.
Order: 2; dimension 4
 Global Index = 11
 Lower bound:  0 0,2 0,45 0,756 ;
 Upper bound:  0 0,4 0,7 1
```

На листинге 3 приведен пример создание ФЗ над множеством квантов со скалярными (точечными) оценками вероятности. При создании объекта ФЗ вызывается конструктор, в который передается глобальный индекс ФЗ и точечная оценка вероятности соответственно.

Листинг 3: Создание ФЗ над множеством квантов

```
ScalarQuantKP_I quantKP = new ScalarQuantKP(
    Convert.ToInt64("0101", 2),
    new double[] { 0.1, 0.25, 0.425, 0.225 });
Console.WriteLine(quantKP.ToString());
```

В результате вызыва метода ToString в консоль выведется информация, приведенная на листинге 4, характеризующая созданный фрагмент знаний.

Листинг 4: Создание ФЗ над множеством квантов

```
=== Knowledge Pattern ===
Basis Structure: Quants_Array, Evidence Kind: Local,
     Sort: Stochastic.
Order: 2; dimension 4
 Global Index = 101
 Point Estimate:  0,1 0,25 0,425 0,225
```

Заключение

В некоторых случаях удобно рассматривать фрагменты знаний построенные не над идеалом конъюнктов, а альтернативную модель ФЗ. Комплекс программ AlgBNModeller, как было показано, позволяет создавать ФЗ над иделом дизъюнктов и множеством квантов. Реализованные функции позволяют в дальнейшем на их основе реализовать поддержку непротиворечивости и локальный логико-вероятностного вывод для альтернативных моделей ФЗ в комплексе программ.

Литература

[1] Тулупьев А. Алгебраические байесовские сети: глобальный логико-вероятностный вывод в деревьях смежности: Учеб. пособие. СПб.: СПбГУ; ООО Издательство «Анатолия», 2007. 40 с. (Сер. Элементы мягких вычислений).

[2] Тулупьев А. Алгебраические байесовские сети: локальный логико-вероятностный вывод: Учеб. пособие. СПб.: СПбГУ; ООО Издательство «Анатолия», 2007. 80 с. (Сер. Элементы мягких вычислений).

[3] Тулупьев А., Николенко С., Сироткин А. Байесовские сети: логико-вероятностный подход. СПб.: Наука, 2006. 607 с.

[4] Тулупьев А., Сироткин А., Николенко С. Байесовские сети доверия: логико-вероятностный вывод в ациклических направленных графах. СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2009. 400 с.