

Синтез логики и вероятности в понятии предсказания

Витяев Е.Е.

На первом симпозиуме по «Combining Probability and Logic» в 2002 году была поставлена проблема, сформулированная в предисловии к спецвыпуску журнала Journal of Applied Logic [1]: «Artificial intelligence is one key discipline in which probability theory competes with other logics for application. It is becoming vitally important to evaluate and integrate systems that are based on very different approaches to reasoning ...».

В задачах искусственно интеллекта логика и вероятность совместно используются для получения объяснений (предсказаний). Поэтому в первую очередь необходимо проанализировать возможность синтеза логики и вероятности в понятии объяснения (предсказания). Существует три основных определения предсказания данные еще Гемпелем:

- (1) Deductive-Nomological Inference (D-N), состоящий в дедуктивном выводе объяснений из фактов и теории;
- (2) Deductive-Statistical Inference (D-S), состоящий в дедуктивном выводе объяснений из фактов и теории, в которой могут содержаться статистические утверждения;
- (3) Inductive-Statistical Inference (I-S), предназначенный для вывода фактов из индуктивных теорий.

В процессе (I-S) вывода может возникать двусмысленность – из теории могут выводиться взаимоисключающие утверждения. Что бы избежать двусмысленность в I-S выводе Гемпель, ввел понятие максимально специфицированных правил – правил включающих всю относящуюся к объяснению (предсказанию) информацию (Requirement of Maximal Specificity, RMS-правила) [2]. Гемпель не дал формального определения RMS-правил и не определил способа их получения. W.Salmon, например, дал определение I-S вывода на основе понятия причинности [3].

Определим такой вывод, который бы аппроксимировал все три типа выводов и, таким образом, осуществил бы синтез логики и вероятности в объяснении (предсказании). Определим семантический вероятностный вывод (СВВ) [4], который по вероятностной модели M класса моделей D [4] индуктивно выводит набор правил PT , который в определенном смысле является вероятностной аппроксимацией теории Th класса моделей D . Набор правил PT обладает следующими свойствами:

1. если выделить из PT все правила предсказывающие с условной вероятностью 1, $PT1 = \{C = (A_1 \& \dots \& A_k \Rightarrow A_0) \in PT \mid \text{Prob}(A_0/A_1 \& \dots \& A_k) = 1\}$, то из них выводиться теория Th (теорема 1). Это позволяет с помощью правил PT реализовать в полном объеме (D-N)-вывод предсказаний одних фактов класса моделей D по теории Th и другим данным из класса моделей D ;
2. все RMS-правила, которые можно определить для класса моделей D и использовать в (I-S) выводе содержаться в PT и являются ветвями

- СВВ-вывода (теорема 2). Это позволяет в полном объеме реализовать (I-S) вывод по правилам из PT и данным из класса моделей D;
3. правила PT аппроксимируют любой D-S вывод (теорема 3);

Теорема 1. $PT1 \vdash Th$ [5].

Теорема 2. Каждое правило находящееся в конце некоторой ветви СВВ-вывода является RMS-правилом. Обратное, все RMS-правила относящиеся к вероятностной модели данных M и формулируемые в языке теории TV выводятся в процессе СВВ-вывода.

Объяснением (предсказанием) некоторого факта F в D-S-выводе является вывод этого факта из теории Th и вероятностных фактов вероятностной модели данных. Оценку вероятности v D-S вывода можно вычислить по правилам вероятностной логики.

Теорема 3. Для любого D-S вывода некоторого факта F с оценкой v из теории Th и фактов из вероятностной модели данных, существует СВВ-вывод этого же факта F по тем же данным с оценкой заведомо не худшей чем v .

Литература:

1. Jon Williamson, Dov Gabbay. Editorial. Special issue on Combining Probability and Logic, *Journal of Applied Logic*, 1 (2003) 135–138
2. Atocha Aliseda_LLera. Seeking Explanations Abduction in Logic Philosophy of Science and Artificial Intelligence. ILLC Dissertation Series, Universiteit van Amsterdam, 1997, pp.196
3. W.Salmon. Scientific Explanation and the Casual Structure of the World. Princeton, Princeton University Press, 1984
4. Витяев Е.Е. Семантический подход к созданию баз знаний. Семантический вероятностный вывод наилучших для предсказания ПРОЛОГ-программ по вероятностной модели данных. // *Логика и семантическое программирование (Вычислительные системы, вып. 146)*, Новосибирск, 1992, с.19-49.
5. Evgenii Vityaev, Boris Kovalerchuk, Empirical Theories Discovery based on the Measurement Theory. *Mind and Machine*, v.14, #4, 551-573, 2004