

МОДЕЛЬ РАЗНОРОДНЫХ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЗНАНИЙ

ПЕТРОВА Л.Г.

Рассматривается проблема формирования распределенного представления знаний, охватывающего как общие закономерности предметной области, так и индивидуальные знания о ее фрагментах. Предлагается модель распределенного представления знаний на основе структуры Крипке. Интеграция разнородных знаний в модели осуществляется на основе учета состояний предметной области, а также допустимых отношений между этими состояниями. Состояния могут быть выражены единым образом через значения свойств объектов предметной области. Модель служит основой для построения многоуровневых архитектур представления распределенных знаний.

Введение

Распределенное представление знаний в общем случае охватывает различные фрагменты гетерогенного по форме знания. Общий процесс вывода в данном случае представляет собой комбинацию вывода на различных элементах знания. Указанные подпроцессы вывода могут выполняться автономно для различных подсистем системы ИИ в целом [1].

Построение интегрального распределенного представления знаний направлено на объединение в единую систему элементов частичного знания о предметной области с тем, чтобы организовать общий логический вывод при решении интеллектуальных задач. Концепция интеграции распределенного знания позволяет строить динамически наращиваемые представления предметной области. Иными словами, различные подсистемы системы искусственного интеллекта должны обмениваться фрагментами знания при решении своих задач. Такой подход позволяет строить многоуровневые архитектуры из фрагментов распределенного знания.

Впервые идея распределенного представления концепций была предложена в работе [2]. Hinton G.E. предложил масштабировать знания путем использования выявленных для текущей концепции закономерностей при адаптации сходных концепций.

Вопросы построения распределенного представления путем интеграции отдельных элементов разнородного знания на основе логических формализмов рассматривались в работах [3-6]. Построение единой формальной системы для распределенного знания в этих работах базируется на предположении о семантической связи между истинными значениями для различных формул, соответствующих различным фрагментам общего знания о предметной области. На основе данного предположения формально описывается связь между формулами из различных фрагментов предметной области. Однако определение простых взаимосвязей между такими формулами в общем случае

не позволяет построить интегральное распределенное представление данных, поскольку эти формулы могут оперировать с различными объектами предметной области. Поэтому при формировании интегрального распределенного представления необходимо определить и, возможно, привести к единой форме контекст предметной области. Изложенное определяет актуальность темы данной работы.

Постановка задачи

Решение рассмотренной проблематики построения распределенного представления знаний требует учета не только взаимосвязи между зависимостями для различных фрагментов предметной области, но и учета свойств и состояния объектов домена.

Задача данного исследования заключается в разработке модели распределенных знаний, объединяющей как общие закономерности предметной области, так и индивидуальные знания о ее фрагментах, а также учитывающей ее текущее состояние и возможные изменения этого состояния.

Распределенное представление знаний

Формирование распределенного представления знаний, как было показано выше, требует учета контекста. Под контекстом мы будем понимать знания о состоянии и взаимосвязях объектов рассматриваемого домена. Указанные состояния и взаимосвязи могут изменяться с течением времени. Поэтому в описании знаний необходимо учитывать возможности наращивания знаний в процессе эволюции объектов. Сформулируем базовые требования к распределенному представлению знаний, учитывающие возможности их изменения и наращивания:

- непрерывное расширение знаний об объектах предметной области;
- учет временных параметров объектов предметной области;
- масштабируемость знаний;
- формализация взаимодействия объектов предметной области;
- многоуровневое представление семантики.

В соответствии с первым требованием представление знаний должно обеспечивать возможность добавлять новые атрибуты объектов, пополнять множество значений атрибутов, а также задавать новые зависимости между существующими и вновь добавленными атрибутами на единой формальной основе.

Согласно второму требованию необходимо формализовать закономерности, отражающие изменение состояния объектов во времени с учетом возможной передачи данных между ними. Иными словами, в данном случае необходимо учитывать изменение текущих значений параметров объектов.

Реализация третьего требования направлена на перенос полученных знаний в рамках предметной области либо же для сходных предметных областей. Напри-

мер, полученные в результате обучения знания о взаимосвязях между элементами базы данных продаж могут быть использованы для анализа логов продаж, т.е. для получения закономерностей процесса продаж.

Выполнение четвертого требования реализуется посредством построения многоуровневых архитектур, в которых зависимости более низкого уровня составляют набор входных данных для зависимостей более высокого уровня. Это позволяет на каждом уровне добиваться обобщения знаний о взаимодействии объектов. Более того, при интеграции разнородных знаний такой подход позволяет объединять формальные зависимости различных уровней обобщения. В результате распределенное знание отражает взаимодействие агентов (активных объектов) предметной области на различных уровнях детализации.

Пятое требование дополняет требование взаимодействия, поскольку выделение уровней детализации в большинстве случаев должно отражать многоуровневое представление семантики. В основе такой иерархии лежат наиболее простые концепции, знания более высокого уровня определяются в терминах их связей с концепциями нижележащих уровней. Рассматриваемый подход позволяет системе ИИ вывести более сложные знания из простых концепций, без формальной спецификации этих знаний человеком.

Отметим, что базовая иерархия для построения многоуровневого представления семантики имеет вид: данные-> информация-> знания-> метазнания. В этой иерархии информация представляет собой структурированные данные, знания – зависимости между информационными структурами, а метазнания – это знания об использовании знаний.

С учетом приведенных выше требований разнородное распределенное знание D будем рассматривать как совокупное знание всех агентов A_i , действующих в предметной области. При описании контекста на объектной основе, как было показано выше, в качестве агентов будем рассматривать активные сущности (объекты), которые изменяют не только свое состояние, но и состояние других объектов домена. Агенты воспринимают данные о домене (один или несколько последовательных актов восприятия) и влияют на этот домен. Иными словами, агенты реализуют некоторую интеллектуальную функцию на основе своего внутреннего представления знаний. Примером такой интеллектуальной функции является распознавание изображений. Неоднородность описания знаний состоит в том, что каждый агент может использовать свою формальную модель знаний. Все эти модели необходимо интегрировать в распределенном представлении знаний.

Таким образом, распределенное знание объединяет на единой логической основе все фрагменты знания, описанные с использованием различных формальных моделей. Поэтому оно включает в себя общее знание

о предметной области. Будем считать, что каждый фрагмент знания принадлежит отдельному агенту. Обозначим принадлежность формулы φ к распределенному знанию как $D\varphi$. Распределенное знание обобщает и, возможно, дублирует знание всех агентов:

$$D\varphi \equiv \exists i: A_i \varphi. \quad (1)$$

Формализацию распределенного знания, отражающего состояние объектов предметной области, удобно представить на основе структуры Крипке в виде: $M = (S, \{R_i\}, I)$, где S – множество состояний домена, $\{R_i\}$ – множество допустимых двоичных отношений между состояниями для различных фрагментов предметной области: $R_i \subseteq S \times S$, I – функция интерпретации, которая задает множество атомарных высказываний, истинных в состоянии $s \in S$.

Каждый элемент R_i задает допустимые отношения для i -агента. Например, знания i -агента допускают изменения состояния предметной области из текущего s в последующее w в том случае, если задано условие: $\exists R_i(s, w)$.

Истинность формулы φ в состоянии s в модели Крипке задается отношением $(M, s) \models \varphi$. Истинность формулы φ в состоянии s означает, что данное состояние интерпретируется в модели M т.е. $s \in I(\varphi)$.

Условие $\exists R_i(s, w)$ позволяет определить истинность формулы β в состоянии w при условии истинности формулы φ в состоянии s для i -агента следующим образом:

$$(M, s) \models \varphi \text{ iff } \exists w: (M, w) \models \beta \mid \exists R_i(s, w). \quad (2)$$

Согласно (2) переход в состояние w отражает выполнение формулы. Необходимым условием истинности формулы β является истинность формулы φ . Поэтому данное выражение можно интерпретировать как последовательность логического вывода $\varphi \rightarrow \beta$. Иными словами, для i -агента истинность правила β в последующем состоянии полностью зависит от истинности правила (либо действия) φ в текущем состоянии. Тогда знания одного агента о будущем определяются его знаниями о текущем состоянии и о действии в текущем состоянии. Обобщив выражение (2) для всех агентов, получим:

$$(M, s) \models R\varphi \text{ iff } \exists w: (M, w) \models \beta \mid R_i(s, w) = \text{true} \forall R_i \in R. \quad (3)$$

Это означает, что для генерализации знаний агентов необходимо объединить их допустимые отношения для каждой пары состояний. Иными словами, объединив отношения для одной пары состояний, мы получа-

ем лишь фрагмент общей последовательности вывода. Чтобы выделить последовательности вывода, приписанные всем агентам, необходимо определить транзитивное замыкание на отношениях R_i , общих для всех агентов.

Определим отношение Ω как транзитивное замыкание отношений R_i :

$$(s_j^*, s_{j+1}^{**}) \in \Omega \equiv (\exists R_i (s_j^*, s_{j+1}^{**}) \wedge \dots \wedge \exists R_i (s_{j+1}^{**}, s_{j+2}^{**}) \quad \forall i, j, i=1, \dots, I, j=1, \dots, J-1, R_i \in (\bigcup_i R_i \setminus \bigcap_i R_i)). \quad (4)$$

В соответствии с (4) мы определяем отношение между произвольными состояниями s_j^*, s_{j+1}^{**} на базе общих для всех агентов отношений R_i между парами последовательных состояний (s_j, s_{j+1}) . Это означает, что на основе локальных зависимостей между ближайшими состояниями мы формально задаем зависимости между произвольными состояниями домена, что позволяет выполнить требования 1, 2 и 4. Действительно, временные параметры предметной области отражаются через последовательность состояний. Объединение отношений R_i для различных состояний одного объекта позволяет получить новые зависимости, поскольку состояние предметной области выражается через текущие значения свойств объекта. Аналогично, R_i объединение отношений для различных агентов позволяет выстроить отношения между разными объектами предметной области.

Теперь общее знание, применимое для всех фрагментов предметной области, определяется на основе отношения Ω :

$$(M, s) \models \Omega \phi \quad \text{iff} \quad \exists w: (M, w) \models \beta \mid (s, w) \in \Omega. \quad (5)$$

Выражение (5) определяет общее (повторяющееся у всех агентов) знание, что позволяет интегрировать разнородные знания агентов в единое распределенное представление. Индивидуальные знания агентов задаются через отношение A :

$$(M, s) \models A \phi \quad \text{iff} \quad \exists w: (M, w) \models \beta \mid (s, w) \in A, A = \bigcap_i R_i. \quad (6)$$

Тогда распределенное знание задается на основе структуры Крипке через оператор D :

$$(M, s) \models D \phi \quad \text{iff} \quad (M, s) \models \Omega \phi \vee (M, s) \models A \phi. \quad (7)$$

Выводы

Предложена общая модель распределенного представления знаний на основе структуры Крипке, которая объединяет общее и индивидуальное знание агентов о предметной области.

Интеграция знаний в модели осуществляется на основе учета состояний предметной области, а также допустимых отношений между этими состояниями. Состояния могут быть выражены единым образом через значения свойств объектов предметной области.

Модель служит основой для построения многоуровневых архитектур представления распределенных знаний. В рамках таких архитектур индивидуальное знание может быть использовано для построения текущего уровня представления. Общее знание может использоваться двояко. Во-первых, для объединения уровней путем применения отношений, связывающих принадлежащие к разным уровням состояния знаний. Во-вторых, для генерализации знания текущего уровня путем параллельного использования отношений для одних и тех же пар состояний текущего уровня.

Литература: 1. *F. van Harmelen, V. Lifschitz, Porter B.* Handbook of Knowledge Representation. Edited by Foundations of artificial intelligence. 2008. 1004 p. 2. *Hinton, G.E.* Learning distributed representations of concepts. In Proc. 8th Conf. Cog. Sc. Society, 1986. P. 1–12. 3. *Luca Vigan, J. Rasga, Amílcar Sernadas, Cristina Sernadas, Luca Viganm.* Labelled deduction over algebras of truth-values. In Frontiers of Combining Systems 4 // Proceedings of FroCoS'2002. LNCS 2309, Springer-Verlag, 2002. 4. *David Basin, Sebn Matthews, Luca Viganm.* Labelled Quantified Modal Logics. In Proceedings of KI'97, LNAI 1303, Springer-Verlag, 1997. 5. *David Basin, Sebn Matthews, Luca Viganm.* Modal Logics K, T, K4, S4: Labelled Proof Systems and New Complexity Results. The Bulletin of Symbolic Logic 1999. 5(1), PP. 91-93. 6. *Russo A.* Generalising Propositional Modal Logic Using Labelled Deductive Systems. Frontiers of Combining Systems: First International Workshop, Munich, March 1996. Vol.3 of the series Applied Logic Series. P. 57-73. 7. *Kripke S.A.* Semantical considerations on modal logic. Acta Philosophica Fennica, 1963. № 16. P. 83-94. 8. *Clarke E.M.* Model Checking. The MIT Press, 1999. 330 p.

Поступила в редакцию 28.11.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Кучеренко Е. И.

Петрова Лариса Григорьевна, доцент кафедры информационно-коммуникационных технологий Сумского областного института последипломного педагогического образования. Научные интересы: методы машинного обучения. Адрес: Украина, 40007, Сумы, ул. Римского-Корсакова, 5, тел. (0542) 33-40-67.