

## ФОРМАЛИЗАЦИЯ НЕЯВНОГО ПРОЦЕДУРНОГО ЗНАНИЯ

ЛЕВЫКИН В.М., ЧАЛАЯ О.В.

Рассматриваются особенности неявного процедурного знания. Предлагается модель такого знания, содержащая явную составляющую в форме последовательностей действий и неявную составляющую в форме неформализованных отношений между сущностями предметной области, которые задают необходимое и достаточное условие для выполнения таких действий. Предлагается подход к формализации неявных процедурных знаний, основанный на поэтапном дополнении явного представления формализуемым неявным контекстом предметной области.

### Введение

В настоящее время при построении систем управления знаниями большое внимание уделяется решению проблемы формализации и использованию неявных знаний, присущих естественному интеллекту (ЕИ). Неявное знание рассматривается как знание, которое неотделимо от человека, существует, передается и используется в неформализованной форме [1-4]. Для того чтобы такое знание можно было использовать в системах искусственного интеллекта, необходимо выполнить его экстернализацию (преобразование в явную форму). Для выполнения такого преобразования необходимо системно описать неявное знание, выделив его признаки, элементы, а также взаимосвязи между элементами. Последнее предполагает построение общей модели неявного знания, а также моделей его составляющих.

Исследование свойств и структуры неявных знаний, выполненное в работах [4-7], показывает, что такие знания содержат как скрытые зависимости между сущностями предметной области, так и наборы действий над указанными сущностями, выполняемые с учетом неявных зависимостей. В то же время вопросам формализации таких процедурных знаний с учетом неявного контекста предметной области не уделяется должного внимания.

Следовательно, проблематика экстернализации неявных знаний в целом и неявных процедурных знаний в частности является актуальной.

### Постановка задачи

Экстернализация неявного процедурного знания основана на использовании скрытого контекста при выполнении последовательностей действий в рамках процедур. Для использования такого неявного знания в системах искусственного интеллекта необходимо структурировать контекст, выделив его явную и формализовав неявную составляющую, а также определив связь этих составляющих с возможными в данном контексте последовательностями действий.

Целью данного исследования является построение модели неявного процедурного знания, позволяющей формализовать возможные и допустимые действия в условиях неявного контекста, который содержит неформализованные взаимосвязи между сущностями предметной области.

### Неявное процедурное знание

Неявное процедурное знание объединяет множество процедур решения прикладных задач, представляемых в виде одной или нескольких последовательностей действий и учитывающих неформализованные возможности и ограничения в заданной предметной области. Данный вид знания соответствует навыкам в ЕИ [8] и представляет собой набор возможных и допустимых действий, а также последовательностей действий в заданном частично формализованном контексте.

Под контекстом в данном случае будем понимать систему зависимостей между свойствами сущностей предметной области, которая определяет возможность и допустимость используемых при решении прикладных задач наборов действий (процедур).

Выявление неявных процедурных знаний позволяет решить многие прикладные задачи, в частности в области управления производством.

Например, транснациональная фирма «Volvo IT» занимается поиском неявных контекстных зависимостей, определяющих различную эффективность одних и тех же бизнес-процессов в подразделениях, находящихся в разных странах. Во всех подразделениях реализованы однотипные бизнес-процессы, однако время обслуживания клиентов значительно отличается. Сведения о выполняемых последовательностях действий формализованы и фиксируются в формате файлов логов. Существующие методы process mining позволяют построить модели таких бизнес-процессов. Однако для выявления причин отличий между процессами необходимы дополнительные неформализованные знания, которые не отражены в существующих моделях [9].

Процедурные неявные знания характеризуются следующими особенностями:

- допустимые действия, составляющие процедуры решения прикладных задач, представляются в формальном виде;
- выбор подходящих процедур в конкретной ситуации осуществляется на основе неформализованных зависимостей;
- в качестве исходных данных при выборе процедур решения прикладных задач используются как явные, так и неявные реляционные знания.

Практическая ценность данного вида знаний состоит в том, что использование неявного контекста позволяет выделить более эффективные по критериям временных и материальных затрат последовательности действий, используемые при решении практических задач.

Контекст, в котором реализуются процедуры, может двояко влиять на выбор возможных последовательностей действий.

Во-первых, неформализованные контекстные взаимосвязи могут задавать дополнительные ограничения на реализацию операций в конкретных условиях предметной области. Семантика таких ограничений может быть различной. В частности, за счет неявных ограничений могут отсекаются типовые, но недостаточно эффективные последовательности действий или же последовательности, затрудняющие работу исполнителя. В данном случае прослеживается аналогия между работой новичка, использующего общепринятые способы решения задач, и эксперта, эффективно решающего задачи за минимальное время.

Во-вторых, такие контекстные зависимости могут создавать условия для построения более эффективных процедур решения существующих задач. Указанные процедуры не могут быть получены на основе использования только явных знаний, поскольку последние не полностью описывают предметную область. Новые способы применения определяются скрытыми ранее свойствами сущностей предметной области, т.е. из экстернализованных знаний о наборе свойств сущностей и базовых знаний о предметной области могут быть выведены процедуры использования таких сущностей.

Проиллюстрируем данный вид неявных знаний на примере экстернализации знаний в естественном интеллекте. Для ЕИ рассмотренные ограничения и условия обычно связаны с физическими и ментальными характеристиками людей исполнителей, а также физическими свойствами сущностей предметной области. Пример отклонения от обычной последовательности решения задачи: обмерзание колонны, в которой происходит химическая реакция. В управляющую программу способы устранения возникшей ситуации не заложены. Очевидные неявные знания: обмерзание колонны на определенной высоте. Дополнительные действия, выполняемые после выявления этих знаний: устранение обмерзания. Исходные знания являются очевидными реляционными неявными, поскольку колонна доступна и можно измерить температуру по всей ее длине, установив зону обмерзания. Однако на практике такие измерения не проводились при создании основанной на правилах системы управления и потому не были реализованы в рамках управляющего программного обеспечения. Исполнитель же обладает неявными знаниями, о новых способах решения задачи в конкретной ситуации.

Таким образом, неявные процедурные знания  $K^P$  включают в себя:

– наборы процедур, учитывающих неявные ограничения на допустимые последовательности действий в текущем состоянии предметной области;

– наборы процедур, использующих неявные условия, представленные в форме скрытых отношений между сущностями предметной области.

Процедурные знания первого вида  $K_L^P$  задают набор альтернативных  $i$ -процедур (последовательностей действий)  $D_{ij}$ , допустимых в рамках заданного контекста  $C_j$ :

$$K_L^P = \bigvee_i (D_{ij} | C_j). \quad (1)$$

Последовательность действий  $D_{ij}$  с учетом темпоральной составляющей неявных знаний может быть формально представлена средствами модальной темпоральной логики, например LTL, CTL.

Процедурные знания второго вида  $K_C^P$  задают набор дополнительных недокументированных ранее возможностей выполнения  $i$ -процедур в  $j$ -контексте с учетом неявной составляющей контекста:

$$K_C^P = \bigwedge_{i=1}^I (D_{ij}^* | \bigwedge_{n=1}^N k_{n,j}^R), \quad (2)$$

где  $k_{n,j}^R$  – очевидное или скрытое неявное отношение между сущностями предметной области, истинность которого позволяет реализовать  $I$  новых последовательностей действий  $D_{ij}^*$  в контексте  $C_j$ .

Контекст  $C_j$  содержит как явную, так и неявную составляющие:

$$C_j = (\bigwedge_n k_{n,j}^R) \wedge (\bigwedge_s k_{s,j}^E) \\ \forall k_{n,j}^R \in K_{EC}^R, \forall k_{s,j}^E \in K^E | \exists O_j \subseteq O, \quad (3)$$

где  $O$  – набор сущностей (например, объектов) предметной области, представляемых в виде набора атрибутов  $a_n$ :  $O = \{o_y\}, o_y = \{a_n\}$ ;  $k_{n,j}^R, k_{s,j}^E$  – соответственно неявные и явные зависимости между сущностями предметной области, истинность которых зависит от значений переменных, соответствующих атрибутам объектов.

Как видно формального определения  $C_j$ , ограничение истинности контекста в выражении (1) будет включать в себя дополнительные зависимости после формализации неявных реляционных знаний.

Тогда, с учетом приведенного выше описания очевидных и скрытых разновидностей реляционных неявных знаний, процедурное неявное знание  $K^P$  определяется через набор допустимых и возмож-

ных последовательностей действий следующим образом:

$$K^P = K_C^P \wedge K_L^P = \bigvee_i (D_{ij} \mid (\bigwedge_n k_{n,j}^R) \wedge (\bigwedge_s k_{s,j}^E)) \wedge (\bigwedge_{i=1}^I (D_{ij}^* \mid \bigwedge_{n=1}^N k_{n,j}^R)), \quad (4)$$

$$\exists O_j \subseteq O.$$

В неявных процедурных знаниях процедура выбора последовательности действий обычно не выделена в силу ее неформального характера. Поэтому данная процедура может быть представлена через выделенные и формализованные ограничения на допустимые последовательности действий. Указанные ограничения отражают связи между свойствами сущностей предметной области, а также возможными значениями этих свойств. Следовательно, указанные зависимости изменяются во времени. Это означает, что они выражаются через конкретные начальные условия, отражающие значения свойств сущностей предметной области с привязкой к конкретным моментам времени.

Проведенная структуризация и формализация неявного процедурного знания позволяет сформировать общий подход к его выявлению.

Для обоснования предлагаемого подхода рассмотрим особенности неявных знаний как элемента естественного интеллекта.

В общем случае неявное знание может быть открыто заново на основе изучения формализованной части общего знания. Однако, как уже отмечалось ранее, неявное знание имеет форму, отличную от символической, используемой при описании явного знания. Поэтому неявное знание обычно передается напрямую, без промежуточного формального описания [1,2]. При этом могут передаваться знания как о наборе взаимосвязей между сущностями предметной области, так и процедурные знания о действиях, которые могут быть выполнены с этими сущностями.

Поскольку при исследованиях в области естественного интеллекта совокупность таких действий обычно рассматривается как навык, то при формализации неявного процедурного знания целесообразно использовать выделенные схемы передачи навыков [8].

Обобщенная схема приобретения навыков, предложенная в работе [10], содержит основные шаги приобретения человеком знаний о последовательности действий, применимых при решении практических задач в заданной предметной области. В основе данной схемы лежит идея о постепенном дополнении явных знаний неявными путем их передачи от носителя к носителю.

Предлагаемый подход к формализации неявного процедурного знания основан на использовании

совокупности явных и формализованных реляционных неявных знаний. Набор явных знаний дополняется путем формализации неявных отношений между сущностями предметной области. Последние составляют формализованный неявный контекст. Получившаяся система знаний дополняется формализованной неявной процедурной составляющей, отражающей последовательность решения задач с учетом имеющихся навыков в естественном интеллекте. Данный подход включает в себя следующие этапы.

Этап 1. Систематизация явных формализованных правил, задающих допустимые последовательности действий при решении поставленных практических задач. Под систематизацией в данном случае будем понимать отбор множества правил, пригодных для решения поставленных задач в заданной предметной области, а также последующую проверку таких правил на полноту и непротиворечивость. На данном этапе определяются знания, необходимые для решения задач в типовых ситуациях стандартным (наиболее часто используемым) способом.

Этап 2. Дополнение сформированной на предыдущем этапе системы правил экстернализованными неявными зависимостями, отражающими свойства сущностей предметной области, а также взаимосвязи между указанными свойствами. Такие свойства и взаимосвязи являются элементом реляционных неявных знаний. Указанные зависимости задают дополнительные ограничения и способы применения, изменяющие последовательность использования уже известных правил, полученных на первом этапе. Очевидно, что неявные реляционные зависимости должны быть формализованы на данном этапе.

Этап 3. Выделение неявного контекста для подмножеств явных правил. Контекст (3) представляет собой модель предметной области, дополненную неявными связями между сущностями. Экстернализация неявной составляющей контекста позволяет в общем представлении знаний о предметной области сформировать новые, ранее неизвестные ситуации. Это дает возможность использовать ситуационный подход и формализовать совокупное представление знаний в виде иерархии ситуаций. Рассматриваемые неявные процедурные знания включают условия выполнения действий, которые могут быть истинны лишь в определенные моменты времени. Иными словами, такие знания имеют темпоральную составляющую и потому предлагаемая иерархия ситуаций формируется как по темпоральным, так и по объектным признакам.

Этап 4. Формирование общего контекста для рассматриваемой предметной области путем дополнения представления знаний неявными правилами использования реляционных знаний. Применительно к естественному интеллекту указанные правила позволяют выбрать контекст для исполнителей с

различной квалификацией, поскольку последние обладают отличающимися наборами навыков. Выбор контекста определяет дальнейший сценарий поведения при решении практических задач.

Этап 5. Формирование сценариев реализации практических задач для различного контекста. На данном этапе сценарий формируется в виде последовательности ситуаций, связанных с конкретным контекстом. Различные сценарии отражают варианты решения практических задач при отличающихся подмножествах ограничений.

В целом предлагаемый подход к построению представления знаний о предметной области на основе объединения явных и неявных процедурных знаний направлен на разделение последовательности действий, позволяющих эффективно решить практическую задачу, и правил, обосновывающих эффективность такой последовательности в конкретных ситуациях. Обоснование и формализация связи между действиями и ситуацией выполняется однократно. Последовательность действий в конкретной ситуации может быть использована много раз при решении практических задач.

Иными словами, эффективная контекстно – зависимая последовательность может быть получена путем логического вывода на явных и формализованных неявных реляционных знаниях и в дальнейшем многократно использована при решении текущей задачи.

#### Выводы

Предложена модель неявного процедурного знания, содержащая явную составляющую в форме последовательностей действий и неявную составляющую в форме неформализованных отношений между сущностями предметной области, которые задают необходимые и достаточные условия для выполнения этих действий. Предложен подход к формализации неявных процедурных знаний, основанный на поэтапном дополнении явного представления формализуемыми неявными зависимостями, общим контекстом предметной области, а также типовыми сценариями решения прикладных задач в заданном контексте.

Полученные модель и подход служат теоретической основой для построения контекстно-зависимого представления знаний, позволяющего выполнить экстернализацию неявных знаний и, тем самым, расширить возможности систем искусственного интеллекта.

**Литература:** 1. *Polanyi M. Personal Knowledge: Towards a Post-Critical Philosophy/ M. Polanyi. University of Chicago Press, 1958. 493 p.* 2. *Polanyi M. The Tacit Dimension / M. Polanyi. – University of Chicago Press, 1966. 104 p.* 3. *Нонака И. Компания - создатель знания. Зарождение и развитие инноваций в японских фирмах / И. Нонака, Х. Такеучи. М., 2003. 384 с.* 4. *McInerney C. "Knowledge Management and the Dynamic Nature of Knowledge" / Claire McInerney // Journal of the American Society for Information Science and Technology. 2002. № 53 (12) . 1009–1018.* 5. *Smith E. A. The role of tacit and explicit knowledge in the workplace / Elizabeth A. Smith // Journal of Knowledge Management. 2001. №5(4). P. 311–321.* 6. *Gascoigne N. and Thornton T. Tacit knowledge / Neil Gascoigne and Tim Thornton. Acumen. 2013. 207 p.* 7. *Collins H. Tacit and Explicit Knowledge / Harry Collins. The University of Chicago Press. 2010. 186 p.* 8. *Guranzon B. Knowledge, Skill and Artificial Intelligence/ B. Guranzon, I. Josefson //The Springer Series on Foundations and Applications of Artificial Intelligence, 1988. 193 p.* 9. *BPI Challenge 2013, open problems. Ghent University. Dataset. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://dx.doi.org/10.4121/uuid:3537c19d-6c64-4b1d-815d-915ab0e479da>* 10. *Dreyfus H. Mind Over Machine: The Power of Human Intuition and Expertise in the Era of the Computer / H. Dreyfus, S. Dreyfus// New York: Free Press, 1986. p. 50.*

Поступила в редколлегию 12.02.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Филатов В. О.

**Левыкин Виктор Макарович**, зав. кафедрой информационно-управляющих систем ХНУРЭ. Адрес: Украина, 61166, пр. Науки, 14, тел. (057) 70-21-451.

**Чалая Оксана Викторовна**, канд. эконом. наук, доцент кафедры информационно-управляющих систем ХНУРЭ. Адрес: Украина, 61166, пр. Науки, 14, тел. (057) 70-21-451.