

ОНТОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ОТНОШЕНИЙ

Ивашенко В. П.

Кафедра интеллектуальных информационных технологий, Факультет информационных технологий и управления, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: ivashenko@bsuir.by

В статье рассматриваются элементы онтологии пространственно-временных отношений, устанавливаемых на явлениях и событиях

ВВЕДЕНИЕ

В системах искусственного интеллекта одним из важных качеств является умение объяснить полученное решение, выразив его на языке, что является одним из признаков сознания [1]. Наличие соответствующего качества обеспечивает систему интроспективными возможностями с целью её совершенствования. Предлагается онтологическая модель пространственно-временных отношений, являющаяся основой для описания взаимосвязи явлений и событий в процессах обработки знаний [1]. На текущем этапе доступны известные темпоральные (временные) физические и абстрактные модели и соответствующие им логики, в рамках которых изучаются свойства темпоральных отношений [1-4]. Разработаны алгоритмы, позволяющие устанавливать различные отношения на моделях разной сложности (временные графы (timegraphs) и другие) [5-6]. Созданы системы, которые выявляют отношения в текстах и данных в глобальных компьютерных сетях [2,6]. Однако, разработанные модели темпоральных отношений ориентированы либо на описание явлений и процессов в конкретных физических системах в рамках проводимых экспериментов и недостаточно абстрактны для того, чтобы описать сложные информационные процессы, моделирующие поведение систем, обладающих сознанием, либо являясь абстрактными моделями, не приспособлены для описания информационных процессов, обладающих не только временными свойствами, но также и пространственной распределённостью в условиях присутствия НЕ-факторов знаний [1], включая их неполноту, неопределённость, неактуальность и гипотетичность [1]. В основу предлагаемого подхода положена онтологическая модель событий и явлений [1].

ОНТОЛОГИЯ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ОТНОШЕНИЙ

В онтологию пространственно-временных отношений входят понятия события и феномена (события или явления) и отношения между ними [1]. Приведём определяющие свойства основных из них на основе отношения (непосредственно) «прежде» (R_P или r).

Любое начинающее E событие феномена A ($BEG(E, A)$) есть событие, которое не имеет устанавливающих его событий феномена (т.е. находящихся прежде (R_P или r) него) ($\forall O ((\{O\} \subseteq A) \rightarrow (\neg R_P(O, E)))$). Любое оканчивающее E событие феномена A ($END(E, A)$) есть событие, которое не имеет устанавливаемых им событий феномена ($\forall O ((\{O\} \subseteq A) \rightarrow (\neg R_P(E, O)))$). Любое первичное (PRM) (финальное (FIN)) событие E феномена A есть событие, которое, если является оканчивающим (начальным) событием феномена без этого события, то принадлежит феномену, а если принадлежит феномену, то является начинающим (оканчивающим) событием феномена без этого события (1).

$$\begin{aligned} & ((END(E, (A/\{E\})) \rightarrow (\{E\} \subseteq A)) \\ & \wedge ((\{E\} \subseteq A) \rightarrow BEG(E, (A/\{E\}))))); \quad (1) \\ & ((BEG(E, (A/\{E\})) \rightarrow (\{E\} \subseteq A)) \\ & \wedge ((\{E\} \subseteq A) \rightarrow END(E, (A/\{E\})))) \end{aligned}$$

Любое событие E переустановки (PIB) события установки феномена A есть событие, которое устанавливает все события, кроме первичных событий феномена, установленные событием установки феномена (2).

$$\begin{aligned} & (PRM(O, A) \wedge (\forall T ((\{T\} \subseteq A) \rightarrow (PRM(T, A) \\ & \vee (R_P(E, T) \rightarrow R_P(O, T)))))) \quad (2) \end{aligned}$$

Любое событие E предустранения (FIF) события устранения феномена A есть событие, которое устанавливается всеми событиями, кроме финальных событий феномена, устанавливающими событие устранения феномена (3).

$$\begin{aligned} & (FIN(O, A) \wedge (\forall T ((\{T\} \subseteq A) \rightarrow (FIN(T, A) \\ & \vee (R_P(T, E) \rightarrow R_P(T, O)))))) \quad (3) \end{aligned}$$

Любое событие E появления (OCR) (уничтожения (DES)) феномена A есть событие, которое является первичным (финальным) событием феномена и для любого события, являющегося первичным (финальным) событием и событием переустановки (предустранения) данного события, если оно находится позже (раньше) данного, то,

если и только если оно и есть данное (4).

$$\begin{aligned} & (PRM(E, A) \wedge (\forall O(PIB(A, E, O) \\ & \rightarrow ((R_B(E, O) \rightarrow (\{E\} = \{O\})))))); \\ & (FIN(E, A) \wedge (\forall O(FIF(A, E, O) \\ & \rightarrow ((R_B(O, E) \rightarrow (\{E\} = \{O\})))))) \end{aligned} \quad (4)$$

Любое событие E установления (INS) (удаления (RMV)) феномена A есть событие, которое является первичным (финальным) событием феномена и не является событием появления (уничтожения) феномена, если и только если любое первичное (финальное) событие, являющееся событием переустановки (предустранения) данного события, не является событием появления (уничтожения) феномена (5).

$$\begin{aligned} & (PRM(E, A) \wedge (\forall E((\neg OCR(E, A)) \\ & \sim (\forall O(PIB(A, E, O) \rightarrow (\neg OCR(O, A)))))); \\ & (FIN(E, A) \wedge (\forall E((\neg DES(E, A)) \\ & \sim (\forall O(FIF(A, E, O) \rightarrow (\neg DES(O, A)))))) \end{aligned} \quad (5)$$

Любое первое (FST) (последнее (LST)) событие E феномена A есть событие феномена, являющееся начинающим (оканчивающим) событием феномена $((\{E\} \subseteq A) \wedge BEG(E, A))$ $((\{E\} \subseteq A) \wedge END(E, A))$.

Любое примыкающее (IFW) (примкнутое (IBW)) явление E к A есть явление, любое событие после (прежде) любого события которого принадлежит другому явлению (6).

$$\begin{aligned} & (\forall T((\{T\} \subseteq E) \\ & \rightarrow (\forall O(R_P(T, O) \rightarrow (\{O\} \subseteq A)))); \\ & (\forall T((\{T\} \subseteq E) \\ & \rightarrow (\forall O(R_P(O, T) \rightarrow (\{O\} \subseteq A)))) \end{aligned} \quad (6)$$

Любое событие E или явление непосредственно перед (PRV) событием E или явлением, если и только если первое прежде второго или первое примыкает к объединению первого и второго, второе примкнуто к объединению первого и второго, а первое вне второго (7).

$$\begin{aligned} & (R_P(E, A) \vee ((IFW(E, (E \cup A)) \\ & \wedge IBW(A, (E \cup A))) \wedge R_O(E, A)) \end{aligned} \quad (7)$$

Любое событие E или явление ранее (BFR) события или явления A , если и только если первое прежде второго или первое раньше второго или неверно, что любое событие, которое после первого, не ранее второго (8).

$$\begin{aligned} & ((R_P(E, A) \vee R_B(E, A)) \vee (\neg(\forall O(R_P(E, O) \\ & \rightarrow (\neg BFR(O, A)))))) \end{aligned} \quad (8)$$

Основными отношениям, которые рассматривает онтологическая модель являются: (непосредственно) «прежде» (R_P), (непосредственно) «после» (R_N), «раньше» (R_B), «позже» (R_A), «с» (R_S), «по» (R_T), «от» (R_F), «до» (R_U), «когда» (R_H), «тогда» (R_E), «в течение» (R_W), «во время» (R_D), «на протяжении» (R_V), «в» (R_I), «вне» (R_O), R_X – «не определено».

Таблица 1 – Пространственно-временные отношения

предикат	определяющее выражение
$R_P(A, O)$	$PRV(A, O)$
$R_N(A, O)$	$R_P(O, A)$
$R_B(A, O)$	$(BFR(A, O) \vee (\forall T((\{T\} \subseteq E) \rightarrow (\forall O((\{O\} \subseteq A) \rightarrow BFR(T, O))))))$
$R_A(A, O)$	$R_B(O, A)$
$R_{BQ}(A, O)$	$(R_B(A, O) \vee (\{A\} = \{O\}))$
$R_{AQ}(A, O)$	$R_{BQ}(O, A)$
$R_S(A, O)$	$((\forall E(INS(E, A) \sim INS(E, O))) \vee (\{A\} = \{O\}))$
$R_T(A, O)$	$((\forall E(RMV(E, A) \sim RMV(E, O))) \vee (\{A\} = \{O\}))$
$R_F(A, O)$	$((\forall E((\{E\} \subseteq A) \rightarrow (\neg(\forall T((\{T\} \subseteq O) \rightarrow (\neg R_{BQ}(T, E)))))) \vee R_{BQ}(O, A))$
$R_U(A, O)$	$((\forall E((\{E\} \subseteq A) \rightarrow (\neg(\forall T((\{T\} \subseteq O) \rightarrow (\neg R_{AQ}(T, E)))))) \vee R_{AQ}(O, A))$
$R_W(A, O)$	$(R_F(A, O) \wedge R_U(A, O))$
$R_H(A, O)$	$R_W(A, O)$
$R_E(A, O)$	$R_H(O, A)$
$R_D(A, O)$	$((\neg R_U(O, A)) \wedge (\neg R_F(O, A)))$
$R_V(A, O)$	$((\neg R_B(O, A)) \wedge (\neg R_A(O, A)))$
$R_I(A, O)$	$((\forall E((\{E\} \subseteq A) \rightarrow (\{E\} \subseteq O))) \vee (\{A\} = \{O\}))$
$R_O(A, O)$	$((\forall E((\{E\} \subseteq A) \rightarrow (\neg(\{E\} \subseteq O))) \wedge (\neg(\{A\} = \{O\})))$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Понятия, введенные в предложенной онтологической модели, предназначены и применяются для описания процессов обработки знаний в базах знаний, использующих средства модели унифицированного семантического представления знаний в сочетании с такими моделями, механизмами и методами их обработки как продукции, процедуры и нейронные сети с целью семантического протоколирования для объяснения результатов процессов обработки знаний [1].

1. Ивашенко, В. П. Алгоритмы семантического протоколирования процессов обработки знаний / В. П. Ивашенко // BIG DATA Advanced Analytics: collection of materials of the fourth international scientific and practical conference, Minsk, Belarus, May 3-4, 2018 / editorial board: M. Batura [etc.]. – Minsk, BSUIR, 2018. – P. 267–273.
2. Derczynski, L., Gaizauskas, R. Empirical Validation of Reichenbach's Tense Framework. Proceedings of the 10th Conference on Computational Semantics, ACL. – 2013. – pp. 71–82.
3. Staab, S. From binary temporal relations to non-binary ones and back. Artificial Intelligence. – 2001. – Vol. 128 (1-2). – pp. 1–29.
4. Pustejovsky, J., Ingria, B., Sauri, R., Castano, J., Littman, J., Gaizauskas, R., Setzer, A., Katz, G., Mani, I. The specification language TimeML. In: The Language of Time: A Reader, Oxford University Press. – 2005. – pp. 545–557.
5. Gerevini, A., Schubert, L. K. Efficient Temporal Reasoning through Timegraphs. In: Proceedings of the 13th International Joint Conference on Artificial Intelligence, California, USA. – 1993. – Vol. 1. – pp. 648–654.
6. Llorens, H., Chambers, N., UzZaman, N., Mostafazadeh, N., Allen, J. F., Pustejovsky, J.: SemEval-2015 Task 5: QA TempEval – Evaluating Temporal Information Understanding with Question Answering. – 2015. – pp. 792–800.