

**Information resources geoinformatics**

*Sergey Vladimirovich Shaytura, Ph.D., Associate Professor FPA «Synergy», Moscow, Russia.*

*The article analyzes the content of information resources in geoinformatics. Article shows the importance of digital resources. Article shows three types of information resources, which are formed in geoinformatics. This informatics resources, resources, networking and special GIS resources. The article reveals the essence of the Web – GIS technology. Article shows the importance of spatial data infrastructure as a basis for the storage of information resources in geoinformatics.*

*Keywords: geoinformatics, information resources, modeling, geodata, geoinformation systems*

УДК 004.2, 004.9

**МЕТОДИКА ВРЕМЕННОГО АНАЛИЗА  
ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

*Татьяна Васильевна Баранюк, магистрант*

*E-mail: Varanic.ru@mail.ru*

*Московский государственный технический университет  
радиотехники, электроники и автоматики*

*<https://www.mirea.ru>*

*Статья описывает временной анализ информационных систем с помощью информационных моделей. Для этой цели предлагаются процессуальные информационные модели, которые описывают процессы. Методика строится на междисциплинарном переносе знаний из области искусственного интеллекта в область информационных систем. В основе информационных моделей применяется темпоральная логика. Это позволяет не только описывать процессы, но и вычислять область истинности в зависимости от временных характеристик. Для информационной системы характерно изменение состояний в виде набора ситуаций и сценариев. Поэтому методика использует простые алгоритмы согласования ограничений для последующего получения решения более сложной задачи - поиска согласующего сценария поведения информационной системы.*

*Ключевые слова: информация, информационные системы, информационные модели. процессуальные модели, логический вывод, темпоральная логика, согласование ограничений, согласование сценариев.*

**Введение**

Важность представления времени и временных (темпоральных) зависимостей достаточно широко обсуждается в области интеллектуальных систем [1, 2]. Этот подход может быть использован и для анализа информационных систем. Особенно актуальной эта проблема является для динамических [3], открытых [4], сложных информационных систем и информационных систем реального времени [5]. Кроме того эта проблема является актуальной при обновлении баз данных [6, 7], особенно баз данных большого объема, для которых существует проблема "больших данных" [8]. Необходимость темпорального представления информации, изменяющейся с течением временем возникает при решении многих задач в информационных системах реального времени (ИС РВ), например, задач управления, диагностики, мониторинга, планирования, прогнозирования и др. Использование при



**Т.В. Баранюк**

решении этих задач фактора времени и средств временного (темпорального) вывода (временных рассуждений) позволяет повысить надежность и скорость действий информационной системы.

**Информационные модели представления временных зависимостей.** Информационное моделирование [9] и информационные модели [10] широко зарекомендовали себя в качестве универсального средства познания и решения разнообразных задач. Однако в настоящее время отсутствуют развитые средства представления временных зависимостей в инструментальных средствах конструирования ИС. Некоторые известные программные реализации являются исследовательскими системами, интеграция которых в промышленные ИС является затруднительной [11,12]. В связи с этим важной является задача построения системы временных рассуждений (СВР) для анализа и прогнозирования состояния ИС и оценки ее устойчивости.

Среди задачами временных (темпоральных) рассуждений выделяются две группы:

- Поддержка временной согласованности – проверка согласованности базы знаний (БЗ) при добавлении в нее новой информации. В случае несогласованности БЗ необходимо локализовать соответствующее подмножество утверждений и разрешить (или принять) противоречия;

- Ответы на временные запросы – ответы на запросы, касающиеся временных аспектов данных и знаний. Запросы могут быть как простыми, например, нахождение факта, справедливого в заданный момент времени, так и сложными, например, определение момента или интервала времени, когда некоторое множество утверждений станет истинным

Для этого необходимо разработать информационные модели представления времени. Существующие подходы формального представления времени и временных зависимостей в программных системах можно разбить на две основные группы: основанные на моделировании изменений во времени и основанные на явном моделировании времени [13].

Для первой группы время представляется неявно посредством моделирования изменений состояний системы во времени в виде информационных ситуаций [14], которые рассматриваются как мгновенные снимки мира. Это обозначают как ситуационное исчисление. Другие представители данной группы - планирующие системы типа STRIPS и сети Петри [15, 16]. Они обладают существенными ограничениями по представлению сложных временных и причинно-следственных зависимостей [17]. Существуют различные способы по устранению этих сложностей, однако в большинстве своем они сводятся к введению информационной модели времени.

Для второй группы явное моделирование времени дает возможность строить «гибкие» формализованные языки или информационные конструкции. Эти языки позволяют получать вывод на основе высказываний, истинность которых зависит от момента или интервала времени

В эту группу входят темпоральные расширения классической логики и различные темпоральные логики, в которых время представляется с учетом его свойств: синтаксически (используются явные средства представления) или семантически, например, на основе модальных логик. При явном моделировании времени возникают специфические задачи временного вывода:

- поддержка согласованности информации о времени, которая состоит в проверке согласованности базы знаний при дополнении ее новой информацией или новыми знаниями;

• ответ на временной запрос, который включает как простое нахождение факта, справедливого в заданный момент времени, так и определение истинности совокупности темпоральных высказываний

В данной группе можно выделить три подгруппы:

- временные расширения подходов на основе моделирования изменений;
- введение фактора времени в логику;
- модели, построенные на основе парадигмы согласования ограничений.

Первая подгруппа возникла в результате исследований, целью которых было сокращение недостатков подхода на основе моделирования изменений. Во вторую подгруппу входят модели, полученные путем введения фактора времени в логику. Например, широко известен метод временных аргументов, в котором время вводится в логику предикатов первого порядка в качестве дополнительного параметра. Применительно к спецификации и верификации свойств программ развитие получили модальные временные логики, построенные путем добавления к логике высказываний новых знаков, отражающих свойства времени. К этой же группе относятся и темпоральные логики ветвящегося времени, разработанные для ИС, в которых необходимо рассматривать ветвящееся время.

В третью подгруппу входят модели, построенные на основе представления информации о времени в виде ограничений между временными примитивами: моментами, интервалами или их комбинациями. Зависимости между временными примитивами трактуются как ограничения на их расположение во времени.

**Процессуальные информационные модели.** Информационные модели можно использовать для описания свойств, ситуаций или процессов [18]. Информационные модели процессов строятся на основе правил вывода или логических выражений.

Основной задачей временного вывода является порождение выводов на множестве временных ограничений, т.е. получение новых условий для непротиворечивых входных множеств. Множество временных примитивов и отношений между ними представляется в виде задачи согласования временных ограничений (ЗСВО), являющейся частной по отношению к более общей задаче согласования ограничений (ЗСО), что позволяет использовать в ЗСВО методы, применяемые для ЗСО. Задача согласования ограничений (*Constraint Satisfaction Problem*) решает проблему вывода в темпоральной логике. Для решения этой проблемы Алленом построена темпоральная интервальная алгебра [19], позволившая формализовать алгоритмы в терминах алгебраических операций. Задача согласования временных ограничений задается как

$$Z = (V, D, BTR, C),$$

где  $V = \{V_1, V_2, \dots, V_m\}$  – конечное множество временных переменных;

$D$  – область значений временных переменных;

$BTR = \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$  – конечное множество бинарных временных отношений, полное объединение которых является универсальным отношением  $U$ ;

$C = \{C_{ij} | C_{ij} = \{r_1, \dots, r_k\}; k > 0; r_1, \dots, r_k \in BTR; i, j \leq m\}$  – конечное множество ограничений, где  $C_{ij}$  – ограничение над временными переменными  $V_i$  и  $V_j$ , интерпретируемое как  $(V_i, r_1, V_j) \vee \dots \vee (V_i, r_k, V_j)$ . В случае, если  $C_{ij}$  состоит только из одного дизъюнкта, то оно называется точным.

Для решения задачи выполнимости (*satisfaction*) SAT алгоритма системы или программы необходимо найти такое множество ограничений  $C^* = \{C_{ij}^* | C_{ij}^* = \{r_j\}, r_j \in C_{ij}\}$ , что входящие в него точные ограничения не противоречат друг другу.

В рамках информационного моделирования выполнимость связана с возможностью интерпретации. Выражение выполнимо, если сохраняется отношение между конечными точками интервалов.

При этом проводится оппозиционный анализ [20, 21]. Если необходимое

множество находится, то ЗСВО является согласованной, иначе – несогласованной. Оппозиция "согласование - несогласование".

Алгоритмы, используемые при решении задачи согласования ограничений, применимы и для решения задачи поиска согласующего сценария. При этом применяются различные эвристические приемы для ускорения работы алгоритмов, в частности, упорядочивание отношений на ребрах графа по значимости, упорядочивание меток, а также комбинирование алгоритмов согласования ограничений и поиска с возвратами. Для решения задачи нахождения согласованных сценариев ACS необходимо вычислить все возможные множества  $C^*$ .

Элементы множества  $V$  могут интерпретироваться как моменты, интервалы времени или длительности. Область значений переменных  $D$ , соответствующих моментам времени и длительностям, представляет собой множество вещественных чисел, а для интервальных переменных – множество упорядоченных пар значений.

Основными операциями над временными ограничениями являются:

отрицание ( $\neg$ ):  $\neg L_{ij} = U \setminus L_{ij}$ ;  
 инвертирование ( $\sim$ ):  $\sim(r_1, \dots, r_k) = (\sim r_1, \dots, \sim r_k)$ ;  
 пересечение:  $S \cap T = \{r: r \in S, r \in T\}$ ;  
 композиция:  $T \bullet S = (t_1, \dots, t_k) \bullet (s_1, \dots, s_q) = ((t_1 \bullet s_1), (t_1 \bullet s_2), \dots, (t_k \bullet s_q))$ .

Множество всех возможных временных ограничений, связывающих два временных примитива, состоит из  $2^{|BTR|}$  ограничений, замкнуто относительно операций  $\neg, \sim, \cap, \bullet$  и образует алгебру временных ограничений [22].

Задачу согласования временных ограничений называют единичной задачей согласования временных ограничений (ЕЗСВО) тогда, когда в множество  $C$  входят только точные ограничения.

Задачу определения точного ограничения  $r \in C_{ij}$ , справедливого для переменных  $V_i$  и  $V_j$ , для которых задано неточное ограничение  $C_{ij} = \{r_1, \dots, r_k\}$ ,  $k > 1$ , называют задачей вычисления неточного ограничения  $C_{ij}$ . (ЗВНО).

Ограничение  $C_{ij}$  выполнимо для переменных  $V_i$  и  $V_j$  тогда, когда существует хотя бы одно решение ЗСВО, в котором  $C_{ij}$  является ограничением для этих переменных. Минимальным ограничением  $C_{ij}^{min}$  называется множество, состоящее только из выполнимых ограничений для  $V_i$  и  $V_j$ . ЗСВО называют минимальной, если все ее ограничения минимальны.

Задачу вычисления минимальной ЗСВО называют задачей поиска минимального представления MIN. Известно, что для любой ЗСВО всегда можно найти эквивалентную минимальную задачу или показать несогласованность.

Для случаев, когда необходимо обрабатывать неточную информацию вводится дизъюнктивная ЗСВО (ДЗСВО), которая определяется как

$$DZ = (Z, A),$$

где  $Z$  – ЗСВО;  $A = \{a_i | a_i = (a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{ik})\}$  – множество дизъюнктивных ограничений, где каждый элемент  $a_i$  интерпретируется как  $(a_{i1} \vee a_{i2} \vee \dots \vee a_{iu})$ ,  $a_{ij} = \{(x_i, r_i, y_i) | x_i, y_i \in V, r_i \in BTR\}$ , каждый элемент  $a_{ij}$  интерпретируется как  $(x_i, r_i, y_i) \wedge \dots \wedge (x_u, r_u, y_u)$ .

Для решения задачи выполнимости SAT необходимо найти такое множество ограничений  $A^* = \{a_i^* | a_i^* = \{a_{ij}\}, a_{ij} \in a_i\}$ , что ЗСВО  $Z' = (V, D, BTR, C \cup A^*)$  имеет решение.

Для решения задачи нахождения согласованных сценариев ACS необходимо найти все возможные множества  $A^*$ . Для решения задачи выполнимости DSAT с  $k$  элементами в множестве  $A$  в худшем случае необходимо проверить разрешимость  $|a_1| \cdot |a_2| \cdot \dots \cdot |a_k|$  ЕЗСВО. Доказано, что в общем случае задачи DSAT и ACS являются NP-полными.

Различные модели отличаются сложностью и выразительными способностями. В зависимости от типа ограничений, входящих в множество BTR, ЗСВО подразделяются на качественные, метрические и гибридные. В зависимости от выбора временных

примитивов различаются точечная (на базе моментов времени), интервальная (на базе интервалов времени) [12] и интервально–точечная (допустимы моменты и интервалы) модели времени.

Качественная точечная модель времени хорошо подходит как основа для построения системы временных рассуждений СВР. Она проста и приемлема по вычислительной сложности, что дает возможность применять ее в составе промышленных ИС РВ. Кроме того, т.к. интервальные и точечно–интервальные ЗСВО могут быть сведены к точечным ЗСВО, целесообразным является реализация в рамках СВР быстрых алгоритмов решения точечных ЗСВО, а для интервально–точечных и интервальных ЗСВО предлагается предварительное их преобразование в точечную ЗСВО. Такая единая основа позволяет упростить переход с одной модели на другую и уменьшить сложность реализации.

Задача проверки функционирования информационной системы состоит в определении выполнимости для конечной модели программы, которая задается системой переходов состояний ИС, выраженных формулами темпоральной логики.

**Заключение.** Предложенная схема дает возможность анализировать и прогнозировать поведение информационной системы в зависимости от временных факторов. Информационное моделирование является в первую очередь описательным и качественным и во вторую количественным. Особенностью методики является ее адаптивность. Это дает возможность ее модификации и модернизации. В свою очередь эти свойства расширяют область применения темпоральных информационных моделей в сравнении с обычными подходами. темпоральные информационные модели являются процессуальными. Это является развитием теории информационного моделирования и информационных моделей.

#### **Литература**

1. McCarthy J., Hayes P.J. Some Philosophical Problems from the Standpoint of Artificial Intelligence// Machine Intelligence. Edinburgh University Press. 1969. №4. P. 463-502.
2. Пospelов Д.А., Кандрашина Е.Ю., Литвинцева Л.В. Представление знаний о времени и пространстве в интеллектуальных системах / Под ред. Д.А. Пospelова. М.: Наука, 1986.
3. Ben-Akiva M., De Palma A., Isam K. Dynamic network models and driver information systems //Transportation Research Part A: General. 1991. Т. 25. № 5. С. 251–266.
4. Hewitt C. Open information systems semantics for distributed artificial intelligence //Artificial intelligence. 1991. Т. 47. № 1. С. 79–106.
5. Amadon C. G. et al. Real time information system for cellular telephones : пат. 5517555 США. 1996.
6. Цветков В.Я., Лобанов А.А., Матчин В.Т., Железняков В.А. Обновление банков данных пространственной информации // Информатизация образования и науки. 2015. № 1 (25). С.128–136
7. Цветков В. Я. Применение темпоральной логики для обновления информационных конструкций // Славянский форум. 2015. № 1 (7). С. 286-292.
8. Tsvetkov V. Ya., Lobanov A. A. Big Data as Information Barrier // European Researcher, 2014. Vol. (78). № 7-1. P. 1237–1242.
9. Максудова Л.Г., Цветков В.Я. Информационное моделирование как фундаментальный метод познания // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2001. № 1. С. 102–106.
10. Цветков В.Я. Модели в информационных технологиях. М.: Макс Пресс, 2006. 104 с.
11. Gerevini A., Schubert L. Efficient Algorithms for Qualitative Reasoning about Time// Technical report 496, Department of Computer Science, University of Rochester, Rochester, NY, 1993.
12. Ladkin P.B., Maddux R.D. The Algebra of Constraint Satisfaction Problems and Temporal Reasoning// Technical Report, Crestel Institute, 1988.
13. Еремеев А.П., Троицкий В.В. Концепции и модели представления времени и их применение в интеллектуальных системах // Новости искусственного интеллекта. 2004. № 1. С. 6–29.
14. Tsvetkov V. Ya. Information Situation and Information Position as a Management Tool //

European Researcher. 2012. Vol. (36). № 12-1, P. 2166–2170.

15. *Fikes R., Nilsson N.* STRIPS: a New Approach to the Application of Theorem Proving to Problem Solving // Artificial Intelligence. 1971. № 2. P. 189-208.

16. *Бестужева И.И., Руднев В.В.* Временные сети Петри. Классификация и сравнительный анализ // Автоматика и телемеханика. 1990. № 10. С. 3–31.

17. *Ozhereleva T.A.* Impact Analysis of Education Quality Factors // European Journal of Economic Studies. 2013. Vol. (5). № 3. P. 172–176.

18. *Цветков В.Я.* Информационные модели объектов, процессов и ситуаций // Дистанционное и виртуальное обучение. 2014. № 5. С. 4–11.

19. *Allen J. F., Ferguson G.* Actions and events in interval temporal logic // Journal of logic and computation. 1994. V. 4. № 5. Pp. 531-579.

20. *Цветков В.Я.* Использование оппозиционных переменных для анализа качества образовательных услуг // Современные наукоёмкие технологии. 2008. № 1. С. 62–64.

21. *Tsvetkov V. Ya.* Opposition Variables as a Tool of Qualitative Analysis // World Applied Sciences Journal. 2014. № 30 (11). Pp. 1703–1706.

22. *Van Beek P., Manchak D. W.* The Design and Experimental Analysis of Algorithms for Temporal Reasoning // Journal of Artificial Intelligence Research. 1996. № 4. P. 1–18.

### **Methodology temporal analysis of information systems**

*Tat'yana Vasil'evna Baranyuk, undergraduate, Federal State Educational Institution of Higher Professional Education Moscow State Technical University of Radio Engineering, Electronics and Automation MIREA.*

*This article describes the temporal analysis of information systems using information models. Article offers procedural information models that describe the processes. The technique is based on the interdisciplinary transfer of knowledge from the field of artificial intelligence in the field of information systems. For the construction of information models used temporal logic. This approach allows us not only to describe the processes, but also to calculate the area of truth for the temporal characteristics. Information system changes its status as a set of situations and scenarios. Therefore, the technique uses a simple matching algorithm limits for the issuance of more complex tasks. This task involves finding the matching script behavior information system.*

*Keywords: information, information systems, information models. procedural models, the logical conclusion, temporal logic, satisfaction constraints, satisfaction scenarios.*

УДК 004.8

## **МУЛЬТИАГЕНТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ИНФОРМАЦИОННЫМИ ПОТОКАМИ**

*Беззубова Юлия Олеговна, магистрант*

*E-mail: yul8290629@yandex.ru*

*Московский государственный технический университет радиотехники,  
электроники и автоматики  
<https://www.mirea.ru>*

*Статья описывает мультиагентное управление распределенными информационными потоками, как нового универсального метода управления. Описаны особенности распределенных информационных систем. Показаны особенности агентных систем. Введено понятие информационного агента. Статья показывает, что мультиагентная система строится как система агентов, осуществляющих информационное взаимодействие. выделены синтагматические, парадигматические, иерархические и субсидиарные связи в мультиагентной системе. дано формализованное выражение мультиагентной технологии моделирования информационных потоков. Показаны преимущества, обусловленные созданием и применением мультиагентных систем.*