

Pavlenko V. N., Tkachenko Y. M. Temporal logic model of performance in high school = Темпорально-логическая модель деятельности обучаемого в вузе. Journal of Education, Health and Sport. 2015;5(7):258-270. ISSN 2391-8306. DOI [10.5281/zenodo.19951](https://doi.org/10.5281/zenodo.19951)
<http://ojs.ukw.edu.pl/index.php/johs/article/view/2015%3B5%287%29%3A258-270>
<https://pbn.nauka.gov.pl/works/584328>
<http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.19951>
Formerly Journal of Health Sciences. ISSN 1429-9623 / 2300-665X. Archives 2011 – 2014
<http://journal.rsw.edu.pl/index.php/JHS/issue/archive>

Deklaracja.
Specyfika i zawartość merytoryczna czasopisma nie ulega zmianie.
Zgodnie z informacją MNiSW z dnia 2 czerwca 2014 r., że w roku 2014 nie będzie przeprowadzana ocena czasopism naukowych; czasopismo o zmienionym tytule otrzymuje tyle samo punktów co na wykazie czasopism naukowych z dnia 31 grudnia 2014 r.
The journal has had 5 points in Ministry of Science and Higher Education of Poland parametric evaluation. Part B item 1089. (31.12.2014).
© The Author (s) 2015;
This article is published with open access at Licensee Open Journal Systems of Kazimierz Wielki University in Bydgoszcz, Poland and Radom University in Radom, Poland
Open Access. This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Noncommercial License which permits any noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium,
provided the original author(s) and source are credited. This is an open access article licensed under the terms of the Creative Commons Attribution Non Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted, non commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the work is properly cited.
This is an open access article licensed under the terms of the Creative Commons Attribution Non Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted, non commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the work is properly cited.
The authors declare that there is no conflict of interests regarding the publication of this paper.
Received: 15.06.2015. Revised 05.07.2015. Accepted: 12.07.2015.

TEMPORAL LOGIC MODEL OF PERFORMANCE IN HIGH SCHOOL

ТЕМПОРАЛЬНО-ЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБУЧАЕМОГО В ВУЗЕ

V. N. Pavlenko, Y. M. Tkachenko
В. Н. Павленко, Ю. М. Ткаченко

National Aerospace University «Kharkiv Aviation Institute», Ukraine
Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Украина

V.N. Pavlenko,
National Aerospace University «Kharkiv Aviation Institute», Ukraine
Chkalova str. 17, Kharkiv, Ukraine, 61070
E-mail: pavlenko_vitaliy@mail.ru

Y.M. Tkachenko,
National Aerospace University «Kharkiv Aviation Institute», Ukraine
Chkalova str. 17, Kharkiv, Ukraine, 61070
E-mail: juli.tkachenko@mail.ru

Abstract: The one of the stages of the approach to the organization of computer decision support to determine the trajectory of training of students in universities, namely the synthesis of model student. For the synthesis of the student model used mathematical apparatus of temporal logic. The form of a software implementation, the student model is representation in the form of an intelligent agent. Further stages of developing a new approach based on the development of the model of the student group as a community of intelligent agents, and on the notion of the learning process of students in the form of multi-agent system. A multi-agent system will be used to support decision-making by different levels (deans, vice-rector for scientific and pedagogical work) in the event of disputes in the learning process of individual students and student groups.

Keywords: student, student group, the trajectory of education, educational process, process model, multi-agent systems, intelligent agents, temporal logic.

Аннотация: изложен один из этапов реализации подхода к организации компьютерной поддержки принятия решений по определению траектории обучения студентов в ВУЗах, а именно синтеза модели обучаемого. Для синтеза модели обучаемого использован математический аппарат темпоральной логики. Формой программной реализации модели обучаемого является его

представление в виде интеллектуального агента. Дальнейшие этапы разрабатываемого подхода основаны на разработке модели студенческой группы как сообщества интеллектуальных агентов, и на представлении процесса обучения студентов в форме мультиагентной системы. Мультиагентная система будет использоваться для поддержки принятия решений руководителями разных уровней (деканами, проректорами по научно-педагогической работе) при возникновении спорных ситуаций в процессе обучения как отдельных студентов, так и студенческих групп.

Ключевые слова: студент, студенческая группа, траектория обучения, образовательный процесс, процессная модель, мультиагентные системы, интеллектуальные агенты, темпоральная логика.

Introduction

Improving the process of training and effective use of the creative potential of the teaching staff of the university, at the present stage involves the creation of integrated computer systems, management of educational process. An important task is to provide a formal means of representation of the educational process, and the establishment on this basis of decision support systems administrators of different levels (issuing department, dean's office of administration) in the event of various types of disputes. In these cases, there is a high level of uncertainty, which is necessary to reduce the representation of large amounts of information on precedents (cases that took place in the learning process). This information should be presented in a fairly compact form, to ensure that an impartial decision in a reasonable time.

Existing approaches to the automation of various aspects of the educational process is mainly based on the use of classical methods, which use analytical models. However, in practice it is very difficult to build such an analytical model that, with sufficient dimension would be able to take into account the linguistic and fuzzy nature of the data. Thus, any attempt to simplify the mathematical model result leads to inadequate results. Based on the above considerations, the solution to the problem of modeling the trajectory of student learning in higher education by conventional means is ineffective due to unstructured, large dimension and fuzzy initial data [1].

Of particular relevance discussed task becomes to develop methodological tools to support decision-making leaders of the upper level of the hierarchy - the rector and vice-rector for scientific and pedagogical work

The aim of the article is to present an approach to modeling the trajectory of training of students of the university on the basis of temporal logic.

Statement of the research problem

The initial data for the development of the approach to the computerization of the process of determining the trajectories of training students in technical colleges are: regulatory framework, making up of a collection of documents of the object, sectoral and national levels; data on the training levels "bachelor" and "master"; results of the evaluation activities of the trainees.

The basic concepts for solving this problem are: "student" as an object of study, and "educational process", as a system of organization of educational activities. It is assumed that the educational process is based on organic unity and the relationship of teaching and learning.

The solution of the problem should be formed learning paths of separate learners and learning groups as a community of learners.

Formulation of requirements for model representation of time, taking into account the specifics of the learning process at the university

Any formal description that is used to simulate the events, actions and processes must address the relevant challenges and problems [2]:

- The frame problem - relates to the need to specify clearly all that remains intact in the world, in the process of evolution;
- The qualification problem - the need to explicitly specify all possible conditions for the appearance or perform some action, as well as the conditions that it may cancel (falsify);
- The problem of representation of cause-effect relationships is the main argument of the changes and includes the previous problem. It requires the use of an explicit model of time for submission of complex cause-effect relationships;
- The problem of formalization of non-monotonic reasoning - the ability to overrule the findings of the performed activities and revise the assumptions.

Almost all of the problems relevant to the simulation the learning process.

Time model should reflect our intuitive, natural understanding of time and be able to present the change of truth statement over time. There are allegations describing state of the world (properties) and approval, which are incidents that occur in the world and can change its state (events).

Tasks specific to dynamic domains include both continuous and discrete parameters. This makes additional difficulties in constructing models of time.

Currently, the vast majority of cases to reflect the temporal dependencies in computer systems use the right product, in which the time intervals shown, assigning the appropriate rules. However, in the classical production systems do not contain information on the application of the rules, i.e the knowledge of what products should be used to achieve a given goal. Until recently, this circumstance is a serious obstacle to the effective use of production systems, because the rules had activated search predicates view antecedents of all the rules that make up the knowledge base (KB). In the development of production system accommodates hundreds of thousands, and in some cases millions of rules. Performance of modern computers eliminate this drawback, moreover, the use in the process of inference RETE-algorithm [3] reduced time-to- knowledge.

Production base of knowledge provide an opportunity to adequately reflect the causal relationships of domains, however, to describe other aspects of the existence of objects in the real world (including temporal relations) with the rules of production requires a disproportionate number of them.

This feature of classical production systems is a significant drawback preventing their use as a model of knowledge production dynamic expert system. However, the expansion of a production model of language that implements an explicit representation of time, allow the build-sorted productional knowledge representation language that can be used as a model for knowledge representation of the learning process at the university.

The logical model of knowledge representation have well-developed formal syntax and semantics, and the proliferation of logic programming languages for logical addition to inventories developed procedural denotational semantics. Application of evidence to answer questions, check the semantic restrictions or search warrants correctness of management decisions of the result with respect to the existing domain description.

The above advantages of logical inventories suggest the theoretical possibility of their use in modeling of learning processes in higher education. However, in the classical form of logical inventories make it impossible to adequately represent time dependencies, so they need modification to reflect temporary factors.

Frame-based representation model allows you to display the diversity of knowledge about the world, using different types of frames. However, the principal drawback of frame inventories is their static nature, which is manifested in the complexity of organizing the process of withdrawal of knowledge. Even if all aspects of the subject area are counted in the network frames, displayed time and causal relationships, the activation of the network frames must be made using the attached procedures, as a set of production rules.

Synthesis of frame and production system generates a framing-productions inventories, improved output in terms of knowledge. In conventional frame-oriented expert systems used output mechanism, based on predicate logic.

Semantic network is a directed graph in which the vertices are assigned to specific objects and arcs, their binding - semantic relationships between these objects. The main difficulty in modeling a semantic network is the knowledge that the engineer in each case is free to determine the set of relevant domain objects and relations between them, on the basis of which the effectiveness of the developed system to a large extent depends on the "art" of the developer. With the advent of ontological systems semantic networks have received a new impetus to the development, as the taxonomy (part of the ontology) is essentially a semantic network.

A significant drawback of inventories is the complexity of the procedure of finding a solution to the semantic web, which is to find a fragment of the network corresponding to a certain subnet, reflecting a request delivered to the decision support system.

The inventories are based on classical logic, there is no restriction on the domain of the bound and free variables; variables and constants logical formulas take the values of one and the same set-universe U . However, in describing the real domain, there is no quantifiers are not limited to any domain. The universe highlights some subsets (classes) that correspond to the concepts of the subject area: student, student group, the deanery, rector, etc. Thus, in contrast to the classical logic that monosort, applied calculus, describing the subject area - polysort. Thus, it is advisable for the adequate representation of the learning process within a computer system designed specifically with the logic of the time, which will describe the dynamic properties of the modified domain, by introducing a new variety [4].

Summary of temporal logic in the application to the problem of modeling activity of the student at the university

Based on the discrete nature of the educational process at the university, it is advisable to introduce the process in question from the standpoint of event approach that calls for a process in an ordered sequence of events, linked to appropriate conditions.

Determination 1. The events in the learning process are the following milestones trajectory of trainees: the beginning of the discipline, the end of the discipline, the passage of the control of knowledge (preparation laboratory workshop, the module, exam, defense of the course project, get credit, protect qualifying work).

Determination 2. Conditions for the realization of events are the following facts: the totality of the relevant control tasks put, the need to implement an alternative training options in the event of deviations from the curriculum.

Specificity of training at university leads to asynchronous and parallel occurrence of the event, so the business model the student at the university may be represented by a seven objects:

$$AT = (P, S, I, O, V, Q, M_0), \quad (1)$$

where P - a non-empty finite set of elements (products) network, which, in turn, consists of the following sets: $P^a \subset P$ - a variety of conditions that occur when the control tasks are trained in terms caused by the curriculum (normal mode); $P^o \subset P$ - the set of conditions that determine the need to implement alternative solutions caused by abnormalities (delay) when the learner control tasks, while $P^a \cap P^o = \emptyset$;

$B \subset P, B \cap P^a \cap P^o = \emptyset$ - the set of conditions that correspond to the current state of implementation of the curriculum, $B = \{\Phi^n \cup \Phi^w \cup \Phi^r\}$ and where Φ^n - tasks that have not yet been issued, Φ^w - tasks that are performed, and Φ^r - tasks that have been handed over, $\Phi^n \cap \Phi^w \cap \Phi^r = \emptyset$;

R - set of critical positions that are knowledge representation in the form of production rules that allow, depending on the problem situation at a certain time (the delay in the delivery of control tasks for up causing conflict) to choose the options to solve it graphically portrayed hexagons;

S - set of elements (transitions) network modeling events that take place in the learning process, where $G \subset S$ - set of transitions of Petri net-activated without the time (the job); $E \subset S$ set of transitions containing scheduled times (t^{pl}) and actual (t^ϕ) changes the state of the elements of the curriculum (the beginning of the implementation, the end of the implementation), and characterized by calculating a function of delay in delivery of control tasks; $F \subset S$ - set of transitions with adjacent input decisive positions, and related events perform control tasks, are interpreted as the process of making the resolution of conflicts arising in the performance of students with the curriculum. Thus $S = \{G \cup E \cup F\}, G \cap E \cap F = \emptyset$;

$I: S \rightarrow P$ - Input function - Display of the transitions to the set position;

$O: S \rightarrow P$ - Input function - Display of the transitions to the set position;

$V = \{A, L\}$ - set of variables, where A is interpreted as a set of delays putting control tasks with respect to the curriculum, and L - lots of places assignments (the corresponding departments and faculties of the university);

Q - set of procedures to calculate the amount of delay in the delivery of control tasks, the total predicted late learner of the delay in the implementation of certain elements of the curriculum (form a set of variables V). Procedures related to the transfer from E , perform the formation of the facts of delays in carrying out control tasks on the basis of causal-temporal rules. The set Q can be extended, if necessary, other procedures, in accordance with the interpretation of places and transitions;

M_0 - initial marking vector network AT , is defined as $M_0 = (M_0(p_1), \dots, M_0(p_N))$ where $N = |P|$.

With this definition of the arc in the network will be presented and value pairs $(p_i, s_j) \in I(s_j) \times S$ ($s_j, p_i) \in S \times O(s_j)$, i.e. consist of contiguous positions and transitions, and then $I(S) \cup O(S) \subset P$ there is no point in the network and without transition arcs.

Proposition 1. For an adequate representation of the process of monitoring the current state of implementation of the curriculum of any university trainees, necessary and sufficient network model similar to the following:

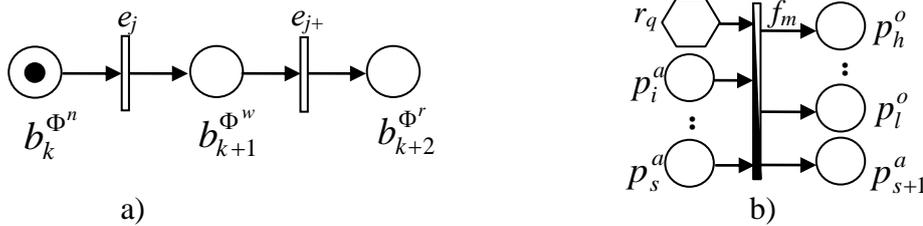
$$MN = (B, E, I^{MN}, O^{MN}, V^{MN}, Q^{MN}, M_0) \quad (2)$$

Proposition 2. For the adequate representation of the formation of decisions on the implementation of the curriculum the student group, there is necessary and sufficient network model like this:

$$DN = (P^a, P^o, R, G, F, I^{DN}, O^{DN}, V^{DN}, Q^{DN}) \quad (3)$$

Proof of claims 1 and 2 is the immediate consequence of the interpretation of the elements of the network model. These statements suggest that the distribution network of the AT can be built by combining certain types of network MN and DN.

Elements (positions and transitions) of network MN (Figure 1, a) have the following interpretation: $b_k^{\Phi^n}$ - control task has not yet been issued, $b_{k+1}^{\Phi^w}$ - control task in the work, $b_{k+2}^{\Phi^r}$ - the control job is completed and delivered, e_j - the beginning of implementation of



the control task, e_{j+} - end of the execution of the control task where $j, k \in \Omega^{AT}$.

Fig.1. Fragments of the monitoring network of the learning process (a) and the formation of a network of decisions to change the trajectory of training (b)

Network DN displays the performance of students with the curriculum and ensures the formation of decisions on the basis of the monitoring data of the delay in the delivery of control tasks, and knowledge about options for changing the trajectory of learning. Fig. 1 (b) positions have such an interpretation: $\{p_i^a, \dots, p_s^a, p_{s+1}^a\}$ - subject to completion of control tasks, $\{p_h^o, K, p_l^o\} \in P^o$ - the implementation of an alternative embodiment of the terms of the curriculum in case of deviations.

Interpretation of the network elements suggests that for each network MN there is always a position $b_i \in B$ that has no output arcs. However, for the network type DN there is always a position $p_j^a \in P^a$ that does not have input arcs.

Based on the specifics of the implementation of the educational process at the university, for the network type DN there is at least one network type MN, for which the fair: $\exists b_i \in B \mid I(s_j) = 0 \wedge O(s_j) = 1$ at the same time

$\exists p_i^a \in P^a \mid I(s_k) = 1 \wedge O(s_k) = 0$, where $i, j, k \in \Omega^{AT}$, Ω^{AT} - the set of indices of the generalized network AT.

Definition 3. A generalized network AT is a composition of all types of networks MN and set type DN, by combining the positions of the respective output $\exists b_i \in B \mid I(s_j) = 0 \wedge O(s_j) = 1$ and input products $\exists p_i^a \in P^a \mid I(s_k) = 1 \wedge O(s_k) = 0$.

Such a composition of the network reflects the transition of students who have received qualifying levels "bachelor", the next stage of the educational process.

Dynamics of the process in the model AT set as follows. Marking positions network MN is due subsystem monitoring, and the appearance of the markers in positions is a result of activation of the corresponding transitions at certain times. Operation of the network associated with the real time implementation of the educational process, and labeling products, and enhancing the crucial position in the network DN by means of a variety of procedures Q^{MN} that calculate the delay in the implementation of the curriculum by comparing targets to actual changes in the implementation of the curriculum. Crossing of $f_m \in F$ network DN is activated and performed by the general rules of network output in the event of markers in all input positions. Depending on the availability of delays in the delivery of control tasks and the lack of marker in certain positions of the input $p_j^a \in P^a$ activates the decisive position $r_q \in R$ and allows the implementation of the transition f_m , which provides positioning $p_r^o \in P^o$ for the token using the appropriate procedures, based on logical rules related r_q .

Conclusions

1. In this paper there is the synthesis technology student model which represents one of the stages of the organization of computer decision support to determine the trajectory of training students in the universities.
2. It is shown that the mathematical apparatus of temporal logic is a rational basis for the synthesis of the student model, a form of the program realization of the student model may be its representation in the form of an intelligent agent.
4. At the next stage the approach involves the development of multi-agent system to support decision-making by different levels (deans, vice-rector for scientific and pedagogical work) in the event of disputes in the learning process of individual students and student groups.

LITERATURA

1. Ladkin, P. B. The Algebra of Constraint Satisfaction Problems and Temporal Reasoning / P. B. Ladkin, R. D. Maddux // Technical Report, Crestel Institute, 1988.
2. Van Beek, P. The Design and Experimental Analysis of Algorithms for Temporal Reasoning / P. Van Beek, D. W. Manchak // Journal of Artificial Intelligence Research. – 1996. – № 4. – P. 1–18.
3. Broxvall, M. Point Algebras for Temporal Reasoning: Algorithms and Complexity / M. Broxvall, P. Jonsson // Artificial Intelligence. – 2003. – Vol. 149, № 2. – P. 464–469.
4. Allen, J. F. Moments and Points in an Interval-based Temporal Logic / J. F. Allen, P. Hayes // Computational Intelligence. – 1989. – Vol. 5. – P. 225–238.

В. Н. ПАВЛЕНКО, Ю. М. ТКАЧЕНКО

*Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ»,
Украина*

ТЕМПОРАЛЬНО- ЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБУЧАЕМОГО В ВУЗЕ

Аннотация: изложен один из этапов реализации подхода к организации компьютерной поддержки принятия решений по определению траектории обучения студентов в ВУЗах, а именно синтез модели обучаемого. Для синтеза модели обучаемого использован математический аппарат темпоральной логики. Формой программной реализации модели обучаемого является его представление в виде интеллектуального агента. Дальнейшие этапы разрабатываемого подхода основаны на разработке модели студенческой группы как сообщества интеллектуальных агентов, и на представлении процесса обучения студентов в форме мультиагентной системы. Мультиагентная система будет использоваться для поддержки принятия решений руководителями разных уровней (деканами, проректорами по научно-педагогической работе) при возникновении спорных ситуаций в процессе обучения как отдельных студентов, так и студенческих групп.

Ключевые слова: студент, студенческая группа, траектория обучения, образовательный процесс, процессная модель, мультиагентные системы, интеллектуальные агенты, темпоральная логика.

1. Введение

Совершенствование процесса подготовки специалистов и эффективное использование творческого потенциала профессорско-преподавательского состава ВУЗа, на современном этапе предполагает создание интегрированных компьютерных систем управления учебным процессом. Важной задачей при этом является разработка формальных средств представления учебного процесса, и создание на этой основе систем поддержки принятия решений администраторами различных уровней (выпускающей кафедры, деканата, ректората) при возникновении различного рода спорных ситуаций. В этих случаях возникает высокий уровень неопределенности, для снижения которого необходимо представление значительных объемов информации о прецедентах (ситуациях, имевших место в процессе обучения). Эта информация должна быть представлена в достаточно компактном виде, чтобы обеспечить принятие объективного решения в приемлемые сроки.

Существующие подходы к автоматизации различных аспектов учебного процесса в основном базируются на использовании классических методов, в которых используются аналитические модели. Однако, на практике весьма затруднительно построить такую аналитическую модель, которая при достаточной размерности была бы способна учитывать лингвистический и нечеткий характер данных. Таким образом, любые попытки упрощения математической модели приводят к получению неадекватного результата. Исходя из приведенных выше соображений, решение задачи моделирования траектории обучения студентов в ВУЗе с помощью традиционных средств оказывается неэффективным, вследствие неструктурированности, большой размерности и нечеткости исходных данных [1].

Особую актуальность обсуждаемая задача приобретает при разработке методических средств поддержки принятия решений руководителей верхнего уровня иерархии – ректора и проректоров по научно-педагогической деятельности.

Целью статьи является изложение подхода к моделированию траектории обучения студентов ВУЗа на основе темпоральной логики.

2. Постановка задачи исследования

Исходными данными для разработки подхода к компьютеризации процесса определения траекторий обучения студентов в технических ВУЗах являются: нормативная база, составленная из коллекции документов объектового, отраслевого и национального уровней; данные об обучаемых уровнях «бакалавр» и «магистр»; результаты оценивания деятельности обучаемых.

Базовыми понятиями при решении данной задачи являются: «Обучаемый», как объект обучения, и «Учебный процесс», как система организации учебно-воспитательной деятельности. При этом предполагается, что в основу учебного процесса положено органическое единство и взаимосвязь преподавания и учения; направленное на достижение целей обучения и воспитания.

В результате решения задачи должны быть сформированы траектории обучения как отдельных обучаемых, так и учебных групп, как сообществ обучаемых.

3. Формулировка требований к модели представления времени, учитывающей специфику процесса обучения в ВУЗе

Любое формальное описание, используемое для моделирования событий, действий и процессов, должно обеспечивать решение возникающих при этом проблем и задач [2]:

- Проблема границ (frame problem) — связана с необходимостью указывать явно все, что остается неизменным в мире, в процессе его эволюции;
- Проблема квалификации (qualification problem) — необходимость явного указания всех возможных условий возникновения или выполнения некоторого действия, а также условий, которые его могут отменить (фальсифицировать);
- Проблема представления причинно-следственных зависимостей — главная при рассуждении об изменениях и включающая в себя предыдущие проблемы. Требуется использование явной модели времени для представления сложных причинно-следственных зависимостей;
- Проблема формализации немонотонных рассуждений — умение отменять полученные выводы о выполняемых действиях и пересматривать сделанные предположения.

Практически все перечисленные задачи актуальны для моделирования во времени процесса обучения.

Модель времени должна отражать наше интуитивное, естественное понимание времени и быть способна представлять изменение истинности утверждений с течением времени. Различают утверждения, описывающие состояние мира (свойства) и утверждения, представляющие собой инциденты, которые происходят в мире и могут изменять его состояния (события).

Задачи, специфичные для динамических предметных областей включают в себя и непрерывные, и дискретные параметры. Это обуславливает дополнительные сложности при построении моделей времени.

В настоящее время в преобладающем большинстве случаев для отражения временных зависимостей в компьютерных системах используют правила продукции, в которых время представлено интервалами, отнесенными к соответствующим правилам. Однако, в классических продукционных системах не содержится сведений о применении правил, то есть знаний о том, какие продукции необходимо использовать для достижения заданной цели. До последнего времени это обстоятельство служило серьезным препятствием для эффективного использования продукционных систем, поскольку для поиска активизированного правила приходилось просматривать предикаты антецедентов всех правил, входящих в состав баз знаний (БЗ). В развитых системах продукционная система вмещает сотни тысяч, а в отдельных случаях и миллионы правил. Производительность современных компьютеров устранила указанный недостаток, кроме того, использование в процессе логического вывода RETE-алгоритма [3] значительно сократило время вывода на знаниях.

Продукционные базы знаний дают возможность адекватно отразить причинно-следственные связи предметной области, вместе с тем для описания других аспектов существования объектов в реальном мире (в том числе и временных отношений) с помощью правил продукции требуется неоправданно большое их количество.

Указанная особенность классических продукционных систем является существенным недостатком, препятствующим их использованию в качестве модели знаний производственной динамической экспертной системы. Однако, расширение продукционного языка моделью, реализующей явное представление времени, позволит построить многосортный продукционный язык представления знаний, который может быть использован в качестве модели знаний для представления процесса обучения в ВУЗе.

Логические модели представления знаний (МПЗ) обладают хорошо разработанным синтаксисом и формальной семантикой, причем в связи с распространением языков логического

программирования для логических МПЗ помимо денотационной разработана процедурная семантика. Применение методов доказательства для получения ответов на запросы, проверки семантических ограничений или поиска управляющих решений гарантирует корректность полученного результата относительно имеющегося описания предметной области.

Указанные выше достоинства логических МПЗ позволяют сделать вывод о принципиальной возможности их применения при моделировании процессов обучения в ВУЗе. Однако в классическом виде логические МПЗ не дают возможности адекватно представлять временные зависимости, поэтому необходима их модификация для отражения временного фактора.

Фреймовая модель представления позволяет отобразить все многообразие знаний о мире, с помощью различных типов фреймов. Однако, принципиальным недостатком фреймовых МПЗ является их статичность, проявляющаяся в сложности организации процесса вывода на знаниях. То есть, даже если в сети фреймов учтены все аспекты предметной области, отображены временные и причинно-следственные зависимости, активизация сети фреймов должна производиться с помощью присоединенных процедур, представляющих собой наборы правил продукции.

Синтез фреймовых и продукционных моделей представления знаний порождает фреймово-продукционные МПЗ, более совершенные в плане вывода на знаниях. В известных фрейм-ориентированных экспертных системах используется механизм вывода, основанный на логике предикатов.

Семантические сети представляют собой ориентированный граф, в котором вершинам ставятся в соответствие конкретные объекты, а дугам, их связывающим, – семантические отношения между этими объектами. Основная трудность моделирования в виде семантической сети состоит в том, что инженер знаний в каждом случае волен сам определять множество релевантных объектов предметной области и характер отношений между ними, исходя из чего эффективность разработанной системы в большой мере зависит от «искусства» разработчика. С появлением онтологических систем семантические сети получили новый толчок к развитию, поскольку таксономия (входящая в состав онтологии) по сути дела представляет собой семантическую сеть.

Существенным недостатком указанной МПЗ является сложность организации процедуры поиска решения на семантической сети, которая состоит в поиске фрагмента сети, соответствующего некоторой подсети, отражающей поставленный запрос к системе поддержки принятия решений.

В МПЗ, основанных на классической логике, нет ограничений на область определения связанных и свободных переменных; переменные и константы логических формул принимают значения из одного и того же множества-универсума U . Однако при описании реальной предметной области, не существует кванторов, не ограниченных какой-либо областью определения. В универсуме выделяются некоторые подмножества (сорта), которые соответствуют понятиям предметной области: студент, студенческая группа, деканат, ректорат и т.д. Таким образом, в отличие от классической логики, которая односортна, прикладное исчисление, описывающее предметную область – многосортно. Таким образом, целесообразно для адекватного представления процесса обучения в рамках компьютерной системы, разработать специальную логику со временем, которая позволит описывать динамически изменяемые свойства предметной области, путем введения нового сорта [4].

4. Основные положения темпоральной логики в приложении к задаче моделирования деятельности обучаемого в ВУЗе

Исходя из дискретной природы учебного процесса в ВУЗе, целесообразно представить рассматриваемый процесс с позиций событийного подхода, который предусматривает представление процесса в виде упорядоченной последовательности событий, связанных между собой соответствующими условиями.

Определение 1. Событиями в учебном процессе считаются следующие вехи траектории обучаемых: начало изучения дисциплины, окончание изучения дисциплины, прохождение контроля знаний (сдача лабораторного практикума, модуля, экзамена, защита курсового проекта, получение зачета, защита квалификационной работы).

Определение 2. Условиями реализации событий являются такие факты: совокупность соответствующих контрольных заданий сдана, необходимость выполнения альтернативного варианта обучения в случае возникновения отклонений от учебного плана.

Специфика обучения в ВУЗе обуславливает асинхронное и параллельное возникновение событий, поэтому модель деятельности обучаемого в ВУЗе может быть представлена семеркой объектов:

$$AT = (P, S, I, O, V, Q, M_0), \quad (1)$$

где P – конечное непустое множество элементов (позиций) сети, которая, в свою очередь, состоит из следующих множеств: $P^a \subset P$ – множество условий, имеющих место при выполнении контрольных заданий обучаемым в сроки, обусловленные учебным планом (штатный режим);

$P^o \subset P$ – множество условий, определяющих необходимость реализации альтернативных решений, вызванных отклонениями (опозданиями) при выполнении обучаемым контрольных заданий, при этом $P^a \cap P^o = \emptyset$;

$B \subset P$, $B \cap P^a \cap P^o = \emptyset$ – множество условий, которые соответствуют текущему состоянию выполнения учебного плана, причем $B = \{ \Phi^n \cup \Phi^w \cup \Phi^r \}$, где Φ^n – задания,

которые еще не выданы, Φ^w – задания, которые выполняются и Φ^r – задания, которые были сданы, $\Phi^n \cap \Phi^w \cap \Phi^r = \emptyset$;

R – множество решающих позиций, которые являются знаниями, представленными в виде продукционных правил, позволяющими, в зависимости от проблемной ситуации, в определенный момент времени (опоздание в сдаче контрольных заданий на срок, вызывающий конфликт) выбирать возможные варианты ее решения, графически изображаются шестиугольниками;

S – множество элементов (переходов) сети, моделирующих события, которые имеют место в процессе обучения, где $G \subset S$ – множество переходов сети Петри, срабатывающих без учета времени (выполнения задания); $E \subset S$ – множество переходов, содержащих моменты времени плановых (t^{pl})

и фактических (t^{ϕ}) изменений состояния элементов учебного плана (начало выполнения, окончание выполнения), и характеризующихся функцией вычисления опозданий в сдаче контрольных заданий; $F \subset S$ – множество переходов, имеющих смежные по входу решающие позиции, и соответствующих событиям выполнения контрольных заданий, интерпретируются как процессы формирования решений при разрешении коллизий, возникающих в ходе выполнения обучаемым учебного плана. При этом $S = \{ G \cup E \cup F \}$, $G \cap E \cap F = \emptyset$;

$I: S \rightarrow P$ – входная функция – отображение из переходов на множество позиций;

$O: S \rightarrow P$ – входная функция – отображение из переходов на множество позиций;

$V = \{A, L\}$ – множество переменных, где A интерпретируется как множество опозданий сдачи контрольных заданий относительно учебного плана, а L – множество мест выполнения заданий (соответствующие кафедры и факультеты ВУЗа);

Q – множество процедур, которые вычисляют величину опоздания в сдаче контрольных заданий, общее прогнозное опоздание обучаемого по опозданиям в выполнении отдельных элементов учебного плана (формируют множество переменных V). Процедуры, связанные с переходами из множества E , выполняют формирование фактов опозданий в выполнении контрольных заданий на основе каузально-темпоральных правил. Множество Q может быть расширено при необходимости другими процедурами, согласно с интерпретацией позиций и переходов;

M_0 – вектор начального маркирования сети AT , задается как $M_0 = (M_0(p_1), \dots, M_0(p_N))$, где $N = |P|$.

При таком определении дуги в сети будут представлены парами значений $(p_i, s_j) \in I(s_j) \times S$ и $(s_j, p_i) \in S \times O(s_j)$, то есть состоять из смежных позиций и переходов, причем $I(S) \cup O(S) \subset P$, то есть в сети нет позиций и переходов без дуг.

Утверждение 1. Для адекватного представления процесса мониторинга текущего состояния выполнения учебного плана любым из обучаемых ВУЗа, необходимо и достаточно сетевой модели следующего вида:

$$MN = (B, E, I^{MN}, O^{MN}, V^{MN}, Q^{MN}, M_0), \quad (2)$$

Утверждение 2. Для адекватного представления процессов формирования решений по выполнению учебного плана студенческой группой, необходимо и достаточно сетевой модели такого вида:

$$DN = (P^a, P^o, R, G, F, I^{DN}, O^{DN}, V^{DN}, Q^{DN}), \quad (3)$$

Доказательство утверждений 1. и 2. непосредственно вытекает из интерпретации элементов сетевой модели. Эти утверждения позволяют сделать вывод, что обобщенная сеть AT может быть построена путем объединения отдельных сетей типов MN и DN .

Элементы (позиции и переходы) сети MN (рис.1, а) имеют следующую интерпретацию: $b_{k+1}^{\Phi^n}$ – контрольное задание еще не выдано, $b_{k+2}^{\Phi^w}$ – контрольное задание в работе, $b_{k+3}^{\Phi^r}$ – контрольное задание завершено и сдано, e_j – начало выполнения контрольного задания, e_{j+1} – конец выполнения контрольного задания, где $j, k \in \Omega^{AT}$.

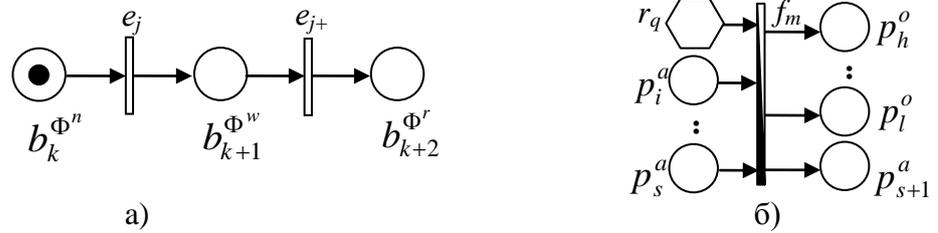


Рис.1. Фрагменты сети мониторинга процесса обучения (а) и сети формирования решений об изменении траектории обучения (б)

Сеть DN отображает выполнение обучаемым учебного плана и обеспечивает формирование решений по результатам мониторинга на основе данных об опозданиях в сдаче контрольных заданий и знаний о возможных вариантах изменения траектории обучения. На рис. 1, (б) позиции имеют такую интерпретацию: $\{p_i^a, \dots, p_s^a, p_{s+1}^a\} \in P^a$ – условия завершенности контрольных заданий, $\{p_h^o, K, p_i^o\} \in P^o$ – альтернативные условия реализации вариантов выполнения учебного плана в случае возникновения отклонений.

Интерпретация элементов сети позволяет утверждать, что для каждой сети MN всегда существует такая позиция $b_i \in B$, которая не имеет выходных дуг. Вместе с тем, для сети типа DN всегда существует такая позиция $p_j^a \in P^a$, которая не имеет входных дуг.

Исходя со специфики реализации учебного процесса в ВУЗе, для сети типа DN существует хотя бы одна сеть типа MN , для которой справедливо: $\exists b_i \in B \mid I(s_j) = 0 \wedge O(s_j) = 1$, вместе с тем $\exists p_i^a \in P^a \mid I(s_k) = 1 \wedge O(s_k) = 0$, где $i, j, k \in \Omega^{AT}$, Ω^{AT} - множество индексов обобщенной сети AT .

Определение 3. Обобщенная сеть AT является композицией всех сетей типа MN и сет типа DN , путем объединений соответствующих выходных позиций $\exists b_i \in B \mid I(s_j) = 0 \wedge O(s_j) = 1$ и входных позиций $\exists p_i^a \in P^a \mid I(s_k) = 1 \wedge O(s_k) = 0$.

Такая композиция сетей отображает переход части обучаемых, получивших квалификационный уровень «бакалавр», на следующий этап учебного процесса.

Динамика процесса в модели AT задана следующим образом. Маркирование позиций сети MN происходит вследствие работы подсистемы мониторинга, и появление маркеров в позициях является результатом активизации соответствующих переходов в определенные моменты времени. Таким образом, функционирование сети связано с реальным течением времени реализации учебного процесса, и маркирование позиций, и активизация решающих позиций в сети DN осуществляется с помощью процедур из множества Q^{MN} , которые вычисляют опоздание в выполнении учебного плана путем сравнения плановых показателей с фактическими изменениями в выполнении учебного плана. Переход $f_m \in F$ сети DN активируется и осуществляется по общим правилам сетевого вывода в случае наличия маркеров во всех входных позициях. В зависимости от наличия опозданий в сдаче контрольных заданий и отсутствия маркера в некоторых входных позициях $p_j^a \in P^a$, активируется решающая позиция $r_q \in R$ и позволяет выполнение перехода f_m , который осуществляет выбор позиции $p_r^o \in P^o$ для передачи маркера с помощью соответствующих процедур на основе логических правил, связанных с r_q .

5. Выводы

1. В статье изложена технология синтеза модели обучаемого которая представляет собой один из этапов организации компьютерной поддержки принятия решений по определению траектории обучения студентов в ВУЗах.
2. Показано, что математический аппарат темпоральной логики представляет собой рациональную основу для синтеза модели обучаемого, формой же программной реализации модели обучаемого может являться его представление в виде интеллектуального агента.
4. На последующих этапах разрабатываемого подхода предполагается разработка мультиагентной системы для поддержки принятия решений руководителями разных уровней (деканами, проректорами по научно-педагогической работе) при возникновении спорных ситуаций в процессе обучения как отдельных студентов, так и студенческих групп.

Литература

1. Ladkin P.B., Maddux R.D. The Algebra of Constraint Satisfaction Problems and Temporal Reasoning// Technical Report, Crestel Institute, 1988.
2. 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.
3. Broxvall M., Jonsson P. Point Algebras for Temporal Reasoning: Algorithms and Complexity// Artificial Intelligence. – 2003. – Vol.149, №2. – P.464-469.
4. Allen J.F., Hayes P. Moments and Points in an Interval-based Temporal Logic// Computational Intelligence. – 1989. – Vol.5. – P.225-238.