

DOI 10.23859/1994-0637-2018-6-87-5  
УДК 004.6

© Самойлов М. Ю., Ивашко А. Г., 2018

**Самойлов Михаил Юрьевич**

Ассистент,  
Тюменский государственный университет  
(Тюмень, Россия)  
michael.samoilov@gmail.com

**Samoylov Mikhail Yur'yevich**

Assistant Professor,  
Tyumen State University  
(Tyumen, Russia)  
michael.samoilov@gmail.com

**Ивашко Александр Григорьевич**

Доктор технических наук, профессор,  
Тюменский государственный университет  
(Тюмень, Россия)  
ivashco@mail.ru

**Ivashko Alexander Grigoryevich**

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Tyumen State University  
(Tyumen, Russia)  
ivashco@mail.ru

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕХАНИЗМА  
ДЕСКРИПЦИОННОЙ ЛОГИКИ  
ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ  
РАСПИСАНИЯ УЧЕБНОГО  
ЗАВЕДЕНИЯ**

**APPLICATION OF DESCRIPTION  
LOGIC MECHANISM TO  
COMPOSITION OF EDUCATIONAL  
INSTITUTIONS' SCHEDULE**

**Аннотация.** В данной статье предлагается способ для составления расписания занятий учебного заведения на основе входных данных, которые представлены в виде онтологии с использованием формализма дескрипционной логики и механизма логического вывода в нем. Концепты в данном способе используются для представления основных понятий, которые используются в расписаниях учебных заведений.

Была предложена математическая модель. При использовании операции проверки согласованности с помощью системы логического вывода в дескрипционной логике в исходной модели у предметов появятся связи с преподавателями, аудиториями, группами, которые позволяют определить нахождение того или иного предмета в расписании.

**Ключевые слова:** онтология, расписание, дескрипционная логика, концепт, аксиома, роль, индивид

**Abstract.** In this article, a method based on input data is presented for the preparation of the schedule of classes at the school, which is presented in the form of an ontology with help of the formalism of the descriptive logic and the mechanism of logical inference in it. Concepts in this case are used to represent the basic concepts that are used in the schedules of educational institutions.

A mathematical model was proposed. Applying the consistency check with help of the logical conclusion system to descriptive logic, in the source model the links to teachers, audiences, groups appear. These links allow to determine the location of an item in the timetable.

**Keywords:** ontology, schedule, descriptive logic, concept, axiom, role, individual

**Введение**

В современном мире довольно часто приходится сталкиваться с задачами, которые связаны с планированием некоторых действий во времени. Разнообразие обла-

тей применения данных задач достаточно велико. Одной из таких областей является образовательная сфера, где составление расписания в учебных заведениях представляет некоторую трудность. В качестве результата решения данной задачи является расписание, которое получается при распределении учебных занятий в соответствии с учебными планами групп, нагрузкой преподавателей, по имеющимся аудиториям в определенные временные интервалы [2].

В итоговом расписании должны соблюдаться определенные ограничения, которые делают расписание допустимым, без каких-либо противоречий. Рассмотрев все ограничения, их можно разбить на две основные категории: обязательные и необязательные.

К обязательным ограничениям можно отнести следующие:

- занятия должны проводиться в соответствии с установленной учебной сменой;
- в группе не могут проводиться одновременно занятия по разным дисциплинам;
- один преподаватель не может вести несколько занятий одновременно;
- в одной аудитории не может проводиться несколько занятий одновременно.

К необязательным ограничениям можно отнести такие, как:

- отсутствие окон у преподавателей;
- возможность начала занятия с первой пары;
- отсутствие дней только с одной парой;
- отсутствие окон у студентов и т. д.

В каждом учебном заведении имеются свои особенности учебного процесса и, как следствие, набор ограничений может быть тоже специфичен. В большинстве учебных организаций составление расписания является ручным процессом, что довольно трудоемко. В связи с этим очень актуально получение инструмента, который позволит составлять расписание на основе входных данных и ограничений.

### **Основная часть**

Для решения задачи составления расписаний используем формализм дескрипционных логик и алгоритм осуществления логического вывода в них [7]. Данный алгоритм называется табличным. Применив данный алгоритм при проверке согласованности базы знаний, заданной в виде онтологии, в которой определены основные понятия в виде концептов и ограничения в виде связей, добавим некоторые утверждения, которые будут представлять собой тройки: занятие, аудитория, время [10].

Рассмотрим метод создания таких баз знаний с помощью онтологий [4]. В данной статье предлагается упрощенная модель расписания.

### **Математическая модель**

В качестве основы возьмем математическую модель [1] в упрощенном виде:

$A = \{a_1, a_2, \dots, a_r\}$  – множество аудиторий.

$T = \{t_1, t_2, \dots, t_p\}$  – множество преподавателей.

$G = \{g_1, g_2, \dots, g_k\}$  – множество групп.

$S = \{s_1, s_2, \dots, s_l\}$  – множество предметов.

$M = \{m_1, m_2, \dots, m_f\}$  – множество временных отрезков.

$\varphi: S \rightarrow G$  – функция отображения множества предметов на множество групп.

$\gamma: S \rightarrow T$  – функция отображения множества предметов на множество преподавателей.

$\omega: S \rightarrow A$  – функция отображения множества предметов на множество аудиторий.

$\delta: S \rightarrow M$  – функция отображения множества предметов на множество временных отрезков.

Ограничения:

1. Один преподаватель в каждый момент времени может проводить не более одного занятия:  $\forall t \in T, \forall s_i, s_j \in S: s_i \neq s_j \wedge \gamma(s_i) = \gamma(s_j) = t \Rightarrow \delta(s_i) \neq \delta(s_j)$ .

2. В одной аудитории в каждый момент времени может проводиться не более одного занятия:  $\forall a \in A, \forall s_i, s_j \in S: s_i \neq s_j \wedge \omega(s_i) = \omega(s_j) = a \Rightarrow \delta(s_i) \neq \delta(s_j)$ .

3. В одной группе в каждый момент времени может проводиться не более одного занятия:  $\forall g \in G, \forall s_i, s_j \in S: s_i \neq s_j \wedge \varphi(s_i) = \varphi(s_j) = g \Rightarrow \delta(s_i) \neq \delta(s_j)$ .

При нахождении функции отображений  $\omega, \delta$  для всех предметов при заданных ограничениях будет получено допустимое расписание в простейшем виде.

### Модель с использованием механизма дескрипционной логики

Построим собственную модель, описав ее понятиями дескрипционной логики. Для понятий, фигурируемых в расписании, предлагается использовать концепты и элементарные роли, которые задают начальные отношения между данными концептами.

Множества  $A, T, G, S$  из рассмотренной выше модели опишем с помощью следующих концептов:

- *Audit* – аудитория;
- *Teacher* – преподаватель;
- *Group* – группа;
- *Subject* – предмет.

Функции  $\gamma, \varphi$  из рассмотренной выше модели опишем с помощью следующих ролей:

- *hasTeacher* – «имеет преподавателя»;
- *hasGroup* – «имеет группу».

Данные роли являются функциональными, это означает, что связь может быть установлена только с одним элементом. Это позволяет задать количественные ограничения:

- одну дисциплину не могут вести два разных преподавателя;
- одна дисциплина не может относиться к разным группам.

По заданным концептам и ролям задаются следующие правила:

- $Subject \subseteq \exists hasTeacher.Teacher$  (1);
- $Subject \subseteq \exists hasGroup.Group$  (2).

Для каждого концепта определяется набор индивидов, представителей данного концепта.

Таким образом, заданные концепты, роли, правила и индивиды формируют входные данные для составления расписания. Концепты задают набор аудиторий, преподавателей, предметов и набор групп. Роли задают назначение предмета группе, назначение предмета преподавателю.

Дальнейшей задачей становится расположение предметов по временным отрезкам. Для этого необходимо в модель ввести соответствующие элементы. Временные отрезки решено задавать в виде ролей. Рассмотрим следующие классы ролей:

- *hasTimeTeacherSubject<sub>i\_j</sub>* – в данный временной отрезок преподаватель проводит определенное занятие;
- *hasTimeAuditSubject<sub>i\_j</sub>* – в данный временной отрезок в аудитории проводится определенное занятие;
- *hasTimeGroupSubject<sub>i\_j</sub>* – в данный временной отрезок у группы проводится определенное занятие.

Для данных классов ролей  $k$  – количество учебных отрезков в одном учебном дне,  $n$  – количество учебных дней. В имени роли  $i$  и  $j$  принимают соответствующие индексы  $1..k$  и  $1..n$ . Таким образом, получается  $k*n$  подобных ролей.

Для каждого из рассмотренных классов ролей имеются и соответствующие инверсные роли:

- *hasTimeTeacherSubject<sub>i\_j</sub>Inverse*;
- *hasTimeAuditSubject<sub>i\_j</sub>Inverse*;
- *hasTimeGroupSubject<sub>i\_j</sub>Inverse*.

Рассмотренные выше классы ролей сделаны функциональными, что позволяет задать ограничения:

- один преподаватель не может вести несколько занятий одновременно;
- в одной аудитории не может проводиться несколько занятий одновременно;
- в группе не могут одновременно проводиться занятия по разным дисциплинам.

Функциональные роли позволяют задать ограничение для индивида на количество связей, не более одной, однако они допускают и отсутствие связей вообще [8]. А это может означать, что могут получиться предметы, которые не связаны ни с одним из временных отрезков, другими словами, предмет не будет поставлен в расписание.

Для того, чтобы избежать такого случая, введем следующее правило:

$$\begin{aligned}
 & Subject \subseteq \\
 & \bigcup_{1 \leq i \leq k, 1 \leq j \leq n} (\exists hasTimeTeacherSubject_{i_j}Inverse.Teacher \\
 & \cap \exists hasTimeAuditSubject_{i_j}Inverse.Audit \\
 & \cap \exists hasTimeGroupSubject_{i_j}Inverse.Group)
 \end{aligned} \tag{3}$$

Это правило задает ограничение на то, что каждый предмет должен стоять хотя бы в одном временном отрезке.

Для индивидов концепта *Group* введем концепты *FirstShiftGroup*, *SecondShiftGroup*. Данные концепты позволяют разбить все группы на две смены обучения. Соответственно, в модели появляются правила:

$$\bullet \textit{FirstShiftGroup} \subseteq \textit{Group} \quad (4)$$

$$\bullet \textit{SecondShiftGroup} \subseteq \textit{Group} \quad (5)$$

Данные концепты позволяют разбить группы по учебным сменам. Для ограничения распределения занятий по сменам задается следующее правило:

$$\begin{aligned} \textit{Group} \subseteq & (\textit{FirstShiftGroup} \cap \\ & \bigcup_{d \leq i \leq k, 1 \leq j \leq n} (\neg \exists \textit{hasTimeGroupSubject\_i\_j}.\textit{Subject})) \cup \\ & (\textit{SecondShiftGroup} \cap \\ & \bigcup_{1 \leq i \leq s, 1 \leq j \leq n} (\neg \exists \textit{hasTimeGroupSubject\_i\_j}.\textit{Subject})) \end{aligned} \quad (6)$$

В данном правиле *d* и *s* указывают на границы учебных смен. Первая смена заканчивается на *s*-м интервале дня, вторая смена начинается с *d*-го интервала дня.

Для индивидов концепта *Audit* введем концепты *LAudit*, *PAudit*. Данные концепты позволяют разбить все аудитории на лекционные и семинарские. Соответственно, в модели появляются правила:

$$\bullet \textit{LAudit} \subseteq \textit{Audit} \quad (7)$$

$$\bullet \textit{PAudit} \subseteq \textit{Audit} \quad (8)$$

Для индивидов концепта *Subject* введем концепты *LSubject*, *PSubject*. Данные концепты позволяют разбить все занятия на лекции и практики. Соответственно, в модели появляются правила:

$$\bullet \textit{LSubject} \subseteq \textit{Subject} \quad (9)$$

$$\bullet \textit{PSubject} \subseteq \textit{Subject} \quad (10)$$

Для того чтобы практические занятия проводились в аудиториях для практик, а лекции проводились в аудиториях для лекций, добавим следующее правило:

$$\begin{aligned} \textit{Subject} \subseteq & \\ & \bigcup_{1 \leq i \leq k, 1 \leq j \leq n} ((\exists \textit{hasTimeAuditSubject\_i\_j\_Inverse}.\textit{LAudit} \\ & \cap \textit{LSubject}) \cup (\exists \textit{hasTimeAuditSubject\_i\_j\_Inverse}.\textit{PAudit} \\ & \cap \textit{PSubject})) \end{aligned} \quad (11)$$

### Желаемые ограничения на расписание

Для любого желаемого ограничения предлагается заводить новый концепт и выстраивать иерархию с базовыми концептами. Если преподаватель хочет вести занятия в определенный набор временных отрезков, тогда есть некий набор временных отрезков, в которые занятия преподаватель проводить не хочет. Таким образом, можно создать концепт и сформулировать следующее правило:

$$\begin{aligned} \textit{OgrTeacher} \subseteq & \neg \exists \textit{hasTimeTeacherSubject\_q\_t}.\textit{Subject} \cap \\ & \neg \exists \textit{hasTimeTeacherSubject\_e\_f}.\textit{Subject} \cap \dots \end{aligned} \quad (12)$$

Также появляется следующее правило:

$$\text{OgrTeacher} \subseteq \text{Teacher} \quad (13)$$

Все индивиды, которые будут включены в *OrgTeacher*, будут содержать заданные временные ограничения. Подобных концептов может быть большое количество в зависимости от пожелания преподавателей. Таким образом, можно представить все в виде иерархии классов:

- *Teacher*
  - *OgrTeacher1*
  - *OgrTeacher2*
  - *OgrTeacher3*
  - *OgrTeacher4*
  - *OgrTeacher5*
  - ...

В целом можно получить и более сложный вариант иерархии, с более глубокой вложенностью концептов:

- *Teacher*
  - *OgrTeacher1*
    - *OgrTeacher2*
    - *OgrTeacher3*
  - *OgrTeacher4*
    - *OgrTeacher5*
    - *OgrTeacher6*

Таким же образом предполагается накладывать ограничения на предметы, аудитории и группы. Это позволит задать желаемое время для предметов, аудиторий и групп. Кроме всего прочего, данные ограничения позволят в определенное время иметь всегда свободные аудитории для проведения некоторых мероприятий, будь то заседания, консультации и проч. С помощью данных ограничений можно закреплять за группой свободное время. Это будет способствовать освобождению в группах мест под потоковые лекции и другие мероприятия, позволять учесть пожелания группы, если есть возможность скомпоновать пары более удобным для них способом.

Важно отметить, что, добавив какое-либо из желаемых ограничений в модель, оно начинает быть обязательным. Включать такие ограничения в модель стоит очень внимательно, поскольку не всегда имеется возможность удовлетворения всех желаемых ограничений.

Задав все необходимые концепты, индивиды для них, правила, получаем базу знаний, в которой содержится вся информация о будущем расписании. Следующий шаг для получения итогового расписания заключается в проверке согласованности с помощью системы логического вывода, а именно: применение табличного алгоритма. При проверке согласованности в базе знаний появляются связи между индивидами [9]. Данные связи будут указывать на расположение предмета во времени. У предметов появятся связи с аудиториями, преподавателями, группами. Полученная база знаний будет содержать всю информацию о полученном расписании. Если про-

верка базы знаний приведет к отрицательному результату, то это будет означать, что расписание по входным данным составить невозможно.

### Выводы

В данной статье была предложена математическая модель, созданная с помощью механизма дескрипционной логики. В данной модели были описаны определенные правила, которые накладывают ограничения на расписание. Набор концептов, ролей и правил предоставляет полный набор необходимых инструментов для построения расписания с помощью алгоритма логического вывода.

Также стоит отметить, что единую математическую модель для всех учебных заведений использовать нельзя, поскольку в каждом заведении есть своя специфика. Кроме того, в модели фигурируют правила для задания желаемых ограничений на расписание, которые могут появляться в модели с течением времени.

Рассмотренная модель достаточно проста, в ней отражены базовые требования, которые встречаются при составлении расписания учебного заведения. Предложенная в статье математическая модель является фундаментом для построения в будущем других математических моделей, позволяющих определить более точно и подробно составляемое расписание учебного заведения.

### Литература

1. Бабкина Т. С. Задача составления расписаний: Решение на основе многоагентного подхода. Красноармейск, 2008.
2. Лазарев А. А., Гафаров Е. Р. Теория расписаний. Задачи и алгоритмы. М.: МГУ, 2011. 222 с.
3. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход. М.: Вильямс, 2006. 1408 с.
4. Щербина Д. OWL, язык веб-онтологий. Краткий обзор. 2004. URL: [http://sherdim.rsu.ru/pts/semantic\\_web/REC-owl-features-20040210\\_ru.html](http://sherdim.rsu.ru/pts/semantic_web/REC-owl-features-20040210_ru.html).
5. Baader F., Sattler U. Expressive Number Restrictions in Description Logics. Journal of Logic and Computation, 1999.
6. Baader F., Horrocks I., Sattler U. Description Logics as Ontology Languages for the Semantic Web. Lecture Notes in Artificial Intelligence. Vol. 2605. Springer-Verlag, 2005.
7. Baader F., Calvanese D., McGuinness D., Nardi D., Patel-Schneider P.F. The Description Logic Handbook. Cambridge University Press, 2003.
8. Blackburn P., van Benthem J., Wolter F. Handbook of Modal Logic. Studies in Logic and Practical Reasoning. Vol. 3. Elsevier, 2007.
9. Horrocks I., Sattler U., Tobies S. Practical Reasoning for Very Expressive Description Logics. Logic Journal of the IGPL (Interest Group in Pure Logic), 2000.
10. Horrocks I., Sattler U. A Tableaux Decision Procedure for SHOIQ. In Proceedings of 19th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI'2005), 2005.

### References

1. Babkina T. S. *Zadacha sostavleniya raspisanij: Reshenie na osnove mnogoagentnogo podhoda* [The task of scheduling: Solution based on multi-agent approach]. Krasnoarmeysk, 2008.
2. Lazarev A. A., Gafarov E. R. *Teoriya raspisanij. Zadachi i algoritmy* [Theory of schedules. Tasks and algorithms]. Moscow: MGU, 2011. 222 p.

3. Rassel S., Norvig P. *Iskusstvennyj intellekt: sovremennyy podhod* [Artificial intelligence: a modern approach]. Moscow: Vilyams, 2006. 1408 p.
  4. Shcherbina D. *OWL, yazyk veb-ontologij. Kratkij obzor* [OWL, the language of web ontologies. Overview]. 2004. URL: [http://sherdim.rsu.ru/pts/semantic\\_web/REC-owl-features-20040210\\_ru.html](http://sherdim.rsu.ru/pts/semantic_web/REC-owl-features-20040210_ru.html).
  5. Baader F., Sattler U. Expressive Number Restrictions in Description Logics. *Journal of Logic and Computation*, 1999.
  6. Baader F., Horrocks I., Sattler U. Description Logics as Ontology Languages for the Semantic Web. *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, Vol. 2605. Springer-Verlag, 2005.
  7. Baader F., Calvanese D., McGuinness D., Nardi D., Patel-Schneider P.F. *The Description Logic Handbook*. Cambridge University Press, 2003.
  8. Blackburn P., van Benthem J., Wolter F. *Handbook of Modal Logic. Studies in Logic and Practical Reasoning*, Volume 3. Elsevier, 2007.
  9. Horrocks I., Sattler U., Tobies S. Practical Reasoning for Very Expressive Description Logics. *Logic Journal of the IGPL (Interest Group in Pure Logic)*, 2000.
  10. Horrocks I., Sattler U. A Tableaux Decision Procedure for SHOIQ. In *Proceedings of 19th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI'2005)*, 2005.
- 

Для цитирования: Самойлов М. Ю., Ивашко А. Г. Применение механизма дескрипционной логики для составления расписания учебного заведения // Вестник Череповецкого государственного университета. 2018. №6 (87). С. 47–54. DOI: 10.23859/1994-0637-2018-6-87-5

For citation: Samoylov M. Y., Ivashko A. G. Application of description logic mechanism to composition of educational institutions' schedule. *Bulletin of the Cherepovets State University*, 2018, no. 6 (87), pp. 47–54. DOI: 10.23859/1994-0637-2018-6-87-5