

УДК 004.942

И.В. ШОСТАК, В.В. ВОРОНЬКО, А.Б. ЗИБРОВ*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина***РАЗРАБОТКА ТЕМПОРАЛЬНО-ЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПОДДЕРЖКИ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ ЗАНЯТИЙ В УЧЕБНОМ КОМПЛЕКСЕ**

Приведена характеристика учебного комплекса (УК) как заведения нового типа в украинской системе высшего образования. Разработана содержательная постановка задачи автоматизированного составления расписания занятий в УК. Проведен обзор математических структур в аспекте их пригодности для адекватного воспроизведения асинхронности и параллельности, характерных для реализации учебного процесса в УК. Обоснована возможность использования в качестве методической основы синтеза модели расписания занятий в УК теории временных утверждений в форме темпоральной логики первого порядка.

Ключевые слова: учебный комплекс, расписание занятий, компьютеризация, теория временных утверждений, преподаватели, аудиторный фонд, группы студентов, поток, дисциплины, занятия, кафедра, факультет.

Введение

Актуальной проблемой для современной системы высшего образования Украины является все большее распространение учебных заведений нового типа – учебных комплексов. Учебный комплекс – это многопрофильное высшее учебное заведение, имеющее в своей структуре другие учебные заведения разных уровней аккредитации и реализующее различные формы организации учебного процесса.

Типичными примерами учебного комплекса являются Одесский национальный университет им. И. И. Мечникова, Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт", Харьковский национальный университет внутренних дел, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ". Обобщенная структура УК приведена на рис. 1.

К основным особенностям диспетчеризации занятий в УК относятся: различные формы организации учебного процесса и формы проведения занятий для разных категорий обучаемых. При этом ресурсы обеспечения учебного процесса являются общими. К ресурсам, в данном случае, относятся учебно-вспомогательный персонал, профессорско-преподавательский состав, аудиторный фонд. Таким образом, возникает противоречие между необходимостью проведения занятий в едином пространственно-временном континууме. В дополнение к этому, создаваемые средства компьютерной поддержки образовательного процесса должны иметь социальную направленность.

Наиболее существенным недостатком, присутствующим в аналитических моделях расписания учебного процесса является малая выразительная способ-

ность отражения категории времени, в особенности при высокой степени параллельности моделируемых процессов, что характерно для функционирования УК.

Целью статьи является изложение подхода к синтезу модели составления расписания занятий в УК на основе теории временных утверждений в форме темпорально-логической модели.

1. Постановка задачи исследования

В качестве исходных данных в задаче синтеза формальной модели расписания занятий в УК рассмотрим ряд следующих объектов: студенческая группа, потоки, преподаватели, пользователи расписания, занятия, аудиторный фонд, учебный план. Охарактеризуем каждый из перечисленных объектов.

Студенческая группа входит в один или несколько *Потоков*. Объединение *Студенческих групп* в один *Поток* производится по следующим правилам:

1. *Студенческие группы* в *Потоке* используют один и тот же *Аудиторный фонд*. Например, *Поток* «Основы программирования. 1 курс», состоящий из *Студенческих групп* 611п, 612п, 613п использует *Аудиторный фонд*, состоящий из одной аудитории на 120 мест. Лекции читаются всему *Потоку* одновременно.

2. Для каждого *Потока* должно запланировано хотя бы одно *Занятие* на рассматриваемом временном интервале (неделя, семестр, учебный год).

3. *Поток* может состоять из одной *Студенческой группы*. Например, *Поток* «Инженерия программного обеспечения, предметы по специально-

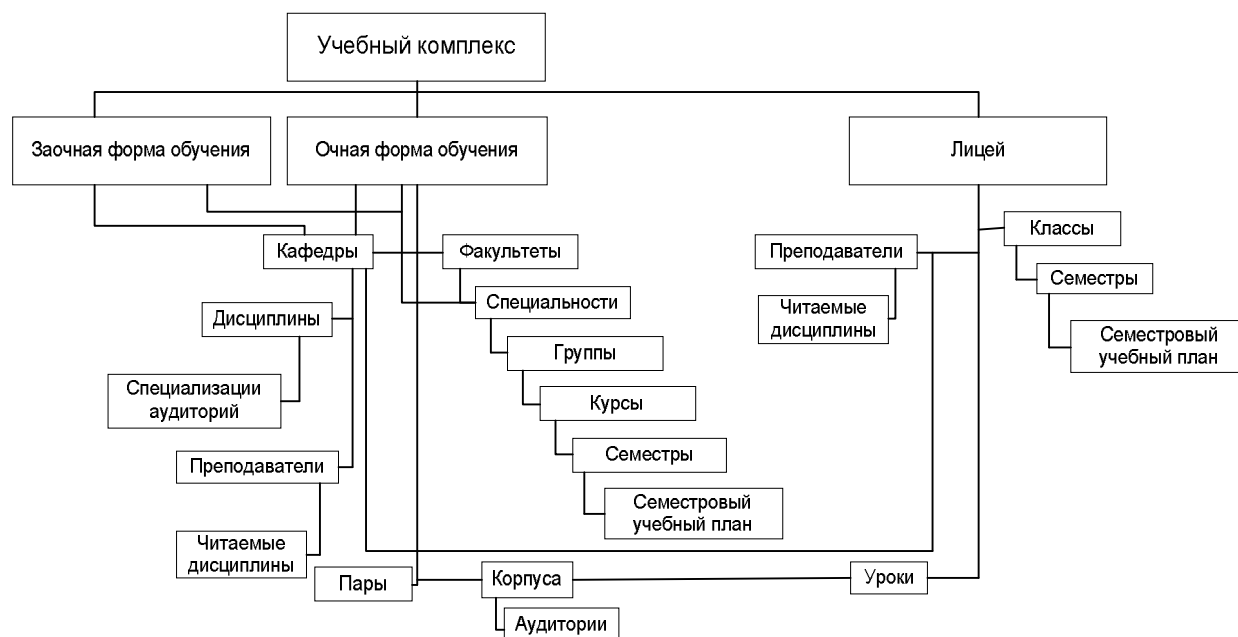


Рис. 1. Обобщенная структура учебного комплекса

сти, пятый курс» состоит из одной *Студенческой группы*, 657 п2м.

У каждого *Преподавателя* есть нагрузка и семестровый план, а также индивидуальные пожелания.

Множество *Пользователи расписания* формируется на основе отображения множества всех групп на множество всех преподавателей.

Преподаватели проводят лекционные и практические *Занятия*. Лекционные *Занятия* проводятся у всего потока сразу. Практические *Занятия* - только у одной *Студенческой группы*; требуют другого аудиторного фонда. Например, практические *Занятия* по программированию должны проходить в компьютерном классе. Идентификатором *Занятия* является пара «номер *Потока* - номер *Занятия* на *Потоке*». Лекционное *Занятие* однозначно идентифицируется парой значений «номер *Потока* - номер лекционного *Занятия*».

Количество лекционных *Занятий*: практическое *Занятие* однозначно идентифицируется тройкой значений «номер *Потока* - номер практического *Занятия* - номер *Студенческой группы*».

Количество практических *Занятий*: количество *Студенческих групп* в *Потоке*.

Учебный план закрепляет за каждым *Преподавателем* предметы, которые он должен будет провести в течение семестра. Например, *Преподаватель* номер 4 ведет *Занятие* номер 2 из списка лекционных *Занятий Потока* номер 1.

Учебный план практических *Занятий*: «номер *Потока* - номер практического *Занятия* - номер *Студенческой группы*». Например, у *Студенческой*

группы с номером 4, которая входит в *Поток* 1, практическое *Занятие* номер 2 ведёт *Преподаватель* 7.

Аудиторный фонд – множество аудиторий, где могут быть проведены *Занятия*.

Загрузка аудиторий определяется путем задания отображения множества *Занятий* на множество *Аудиторный фонд*. Введём следующие ограничения.

1. Один *Преподаватель* в каждый момент времени может проводить не более одного *Занятия*.

2. В одной единице *Аудиторного фонда* в каждый момент реализации учебного процесса может проводиться не более одного *Занятия*.

3. Для одной *Студенческой группы* в каждый момент времени реализации учебного процесса может проводиться не более одного *Занятия*.

Другими словами, для каждого двух пересекающихся *Потоков* в каждый момент времени не может быть разных лекционных *Занятий* в одно и то же время и для каждой *Студенческой группы* не может быть разных практических *Занятий* в одно и то же время. Это ограничение удобно проверять, предварительно разбив все *Занятия* на классы. В каждый класс должны быть включены все *Занятия*, которые читаются каждой *Студенческой группой* или *Потоком*.

Ограничение будет удовлетворено тогда и только тогда, когда все *Занятия Студенческих групп* одного класса проводятся в разное время.

Результатом решения задачи должна стать формальная модель, способная адекватно отражать характерные особенности реализации учебного процесса в УК.

2. Теория временных утверждений как методическая основа синтеза темпоральной модели расписания занятий в УК

Для определения структуры времени и выбора метода связывания логических утверждений со временем, необходимо задать теорию временных утверждений [2], решив вопросы, какие простейшие временные утверждения можно использовать для описания предметной области (ПрО), как их различать между собой и каковы их свойства. В частности, что понимается под фактами и событиями.

Свойства временных утверждений задаются в виде множества схем аксиом, записанных на выбранном языке представления, и образуют так называемую теорию временных утверждений.

Классификация временных утверждений. Ниже приведено интуитивное понимание понятий факт, событие и действие. Факты (свойства) – это «сущности, зависящие во времени». Факты представляют статические аспекты мира, например, «лаборатория физики», «лекция проводится». События – это «сущности, которые происходят», они обычно представляют динамические аспекты мира, например, «сдать экзамен» или «начать занятие». Действия же можно понимать как способности системы (агента) воздействовать на предметную область, т.е. – это то, что можно «совершить». Например, «провести консультацию» или «принять зачет». Причем действия не всегда могут привести к получению ожидаемого результата.

Рассмотрим известные классификации и определения временных утверждений. Так, МакДермотт (McDermott D.) [5] определяет факт, как множество состояний (множество моментов времени), в которых он истинен. Например, факт «Объект А рядом с объектом В» – это множество всех состояний времени, в которых фактически объект А рядом с объектом В. Следовательно, факт может быть справедлив либо в момент времени, либо на интервале. События определяются иначе. Обычное определение, основанное на некотором изменении в результате появления события, отвергается, так как в таком случае события не имеют длительности, и нет возможности представить незавершенные события, пока ещё не имеющие эффекта. События идентифицируются с множеством интервалов, над которыми они имеют место быть. Интервалы обозначаются своими начальными и конечными моментами.

Хотя классификация МакДермотта широко используется в последующих подходах, она критикуется из-за отсутствия формальных определений [1].

Классификация Аллена [1] во многом аналогична предыдущей. Различаются три типа времен-

ных утверждений, – свойства, события и процессы, определяемые ограничениями на истинность утверждения над одним интервалом и его истинностью над другими интервалами. Свойства соответствуют временным утверждениям, которые гомогенны на некотором интервале времени [1] (утверждение гомогенно в том случае, если оно истинно на интервале тогда и только тогда, когда оно истинно над всеми его собственными подинтервалами.) Например, если свойство типа «лаборатория физики» справедливо на интервале p , то оно также справедливо на всех подинтервалах интервала p , что задается с помощью следующей схемы аксиом:

$$(\forall p, i \text{ HOLDS}(p, i) \wedge (\forall I' \text{ In}(I', i)) \Rightarrow \Rightarrow \text{HOLDS}(p, I'), \quad (1)$$

где i – номер интервала, $i \subset I'$;

HOLDS – тип временного утверждения, неизменного на рассматриваемом интервале;

I' – номер подинтервала.

Для Аллена события описывают деятельность, которая выражается в результате (например, «Преподаватель провел Занятие»). Для событий свойство гомогенности не выполняется, они происходят в течение наименьшего необходимого для их появления времени, что задается с помощью следующей схемы аксиом:

$$\forall e, t, t' (\text{OCCURS}(e, t) \wedge \text{In}(t, t')) \Rightarrow \Rightarrow \text{OCCURS}(e, t'), \quad (2)$$

где t – момент начала события;

t' – момент окончания события (получения результата);

OCCURS – тип временного утверждения, означающего некий факт, имевший место в прошлом;

e – номер сущности.

Процессы – это нечто среднее между свойствами и событиями, например, («Студенческая группа присутствует на Занятиях»). Они происходят либо над определенным числом подинтервалов данного интервала, либо над подинтервалами, большими определенной длины, например, четверти интервала. Аллен дает более простое определение, утверждая, что процесс должен происходить, по крайней мере, на одном подинтервале, что задается с помощью следующей схемы аксиом:

$$\forall e, t \text{ OCCURRING}(e, t) \Rightarrow \Rightarrow \exists t' \text{ In}(t', t) \wedge \text{OCCURRING}(e, t'), \quad (3)$$

где e – номер сущности;

t – момент начала процесса;

OCCURRING – тип временного утверждения, обо-

значающего происходящий процесс;

t' – момент окончания процесса (получения результата).

Классификация Аллена основана на различиях между статическим и динамическим аспектами представления окружающего мира.

Первоначально, подход Аллена имел существенный недостаток, состоящий в отсутствии средств формальной семантики, что затрудняло определение временных сущностей. В поздней модификации [1] этот недостаток был преодолен.

Шоэмом (Shoham Y.) дана обобщенная классификация временных утверждений [4], включающая все, рассмотренные выше. Основой для этой классификации является тот же критерий – связь истинности утверждения над одним интервалом с его истинностью на других интервалах. Временное утверждение может быть:

– вниз-наследуемым – тогда и только тогда, когда – в том случае если оно справедливо на некотором интервале, оно также справедливо на всех его подинтервалах (например, «Прошел один академический час Занятий»);

– вверх-наследуемым – тогда и только тогда, когда – в том случае если оно справедливо на всех собственных подинтервалах некоторого невырожденного интервала, оно справедливо на всем этом интервале (например, «Преподаватель должен опросить всех студентов из Студенческой группы во время Занятия»);

– мягким – тогда и только тогда, когда оно одновременно вверх и вниз наследуемо (например, «Каждый студент Студенческой группы должен получить оценку»);

– соединяемым – тогда и только тогда, когда – в том случае если оно справедливо на двух последовательных интервалах, оно также справедливо на их объединении (например, утверждения «Преподаватель начал и закончил изложение материала по текущей теме» и «Преподаватель прочитал часть лекционного материала по дисциплине» соединяемы);

– целостным – если оно никогда не справедливо на двух интервалах, один из которых целиком содержит другой (например, «Прошла одна пара занятий»);

– жестким – если оно никогда не справедливо на двух пересекающихся интервалах (например, «Студенческая группа сдает модуль по дисциплине (от начала до конца)»).

Таким образом, мягкие временные утверждения соответствуют фактам, а жесткие – событиям. Другие временные утверждения не соответствуют ни тому, ни другому, например, утверждения, которые вверх наследуемы, но вниз не наследуемы.

Построение теории временных утверждений существенно зависит от предметной области, для которой строится модель знаний с учетом временных зависимостей.

Проведенный анализ различных классификаций временных утверждений позволяет сконструировать теорию временных утверждений, учитывающую все особенности в УК для создания и применения системы поддержки принятия решений (СППР) по диспетчеризации учебного процесса. Следует отметить, что теория временных утверждений, а особенно способ представления аксиом, существенно зависит от используемого метода конкретизации.

Для описания учебного процесса в УК достаточно ввести два сорта термов: свойства (Fluent) и события (Event)

Для разделения свойств, справедливых в моменты и на интервалах времени, а также для выделения событий, будем использовать следующие предикаты временных утверждений:

$\text{VnI}(f, i)$ – это означает, что свойство $f \in \text{Fluent}$ имеет место (истинно) на интервале времени $i \in \text{Interval}$;

$\text{PnMI}(e, p)$ – это означает, что событие $e \in \text{Event}$ имеет место (истинно) в момент или на интервале времени $p \in \text{Time} \cup \text{Interval}$;

Таким образом, в ходе разработки модели представления временных зависимостей для описания динамики были введены дополнительные сорта для реализации учебного процесса в УК моментов и интервалов времени, а также сорта для временных утверждений – свойства и события. В результате получено многосортное исчисление предикатов первого порядка со временем. Эта логическая модель встраивается в продукционную модель представления знаний, соответственно, продукционные правила будут записаны с помощью импликаций вида $A \Rightarrow B$, где истинность A и правило Modus ponens позволяют сделать вывод B .

Заключение

Проведен анализ существующих моделей в аспекте представления временных зависимостей, имеющих место при диспетчеризации занятий в учебном комплексе. Показано, что формальные теории первого порядка могут служить основой синтеза темпоральных моделей для рассматриваемой предметной области. Для модели представления временных зависимостей, как для формальной логической системы были заданы словарь, семантика и синтаксис, которые представляют собой следующий набор атрибутов: базовые временные примитивы; отношения между временными примитивами; система ак-

сиом, описывающая структуру времени; метод конкретизации, для связывания логических утверждений со временем.

Реализация темпоральной модели диспетчеризации занятий предполагает представление математической структуры – многосортного исчисления предикатов, в виде продукционной модели знаний, в которой в качестве антецедентов и консеквентов будут использоваться предикаты многосортной логики. Полученная модель станет элементом интеллектуального ядра системы поддержки принятия решений при диспетчеризации занятий в учебном комплексе.

Литература

1. Пайкерс, В.Г. Методика составления расписания в образовательном учреждении [Текст] / В.Г. Пайкерс. – М.: АРКТИ, 2001. – 112 с.

2. Кандрашина, Е.Ю. Представление знаний о времени и пространстве в интеллектуальных системах [Текст] / Е.Ю. Кандрашина, Л.В. Литвинцева, Д.А. Поспелов; под ред. Д.А. Поспелова. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. – 328 с.

3. Allen, J.F. Actions and events in interval temporal logic [Electronic resource] / J.F. Allen, G. Ferguson // Technical Report TR521, Computer Science Department, University of Rochester. – Rochester, New York 14627, July 1994. – Access mode: <http://citeseer.ist.psu.edu/allen94actions.html>. – 12.03.2013.

4. Shoham, Y. Reasoning about Change: Time and Causation from the Standpoint of Artificial Intelligence [Text] / Y. Shoham. – Boston, MA: MIT Press, 1988.

5. McDermott, D. Temporal logic for reasoning about processes and plans [Text] / D. McDermott // Cognitive Science. – 1982. – Vol. 6. – P. 101-155.

Поступила в редакцию 10.09.2013, рассмотрена на редколлегии 11.09.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф., проф. каф. системотехники Э.Г. Петров, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков, Украина.

РОЗРОБКА ТЕМПОРАЛЬНО-ЛОГІЧНОЇ МОДЕЛІ КОМП'ЮТЕРНОЇ ПІДТРИМКИ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦІЇ ЗАНЯТЬ В НАВЧАЛЬНОМУ КОМПЛЕКСІ

І.В. Шостак, В.В. Воронько, А.Б. Зібров

Наведено характеристику навчального комплексу (НК) як закладу нового типу в українській системі вищої освіти. Розроблено змістовну постановку задачі автоматизованого складання розкладу занять в НК. Проведено огляд математичних структур в аспекті їх придатності для адекватного відтворення асинхронності і паралельності, характерних для реалізації навчального процесу в НК. Обґрунтовано можливість використання в якості методичної основи синтезу формальної моделі розкладу занять у НК теорії часових тверджень у формі темпоральної логіки першого порядку.

Ключові слова: розклад, навчальний комплекс, викладач, аудиторний фонд, групи студентів, дисципліни, заняття, кафедра, факультет, комп'ютеризація, теорія часових тверджень, аудиторний фонд, потік.

DEVELOPMENT TEMPORAL-LOGIC MODEL OF COMPUTER SUPPORTED SCHEDULE FORMING IN EDUCATIONAL COMPLEX

I.V. Shostak, V.V. Voronko, A.B. Zibrov

The description of educational complex (EC) is shown, as a new type of establishment in Ukrainian system of higher education. Meaningful statement of the problem of automate formation of classes timetable in EC has been developed. Mathematical structures review is shown in the way if they can be used for adequate simulation of asynchrony and parallelism, which are a key characteristic of teaching process implementation in EC. The theory of timing assertion in the form of first-order temporal logics has been proved to be used as a methodic basis of a synthesis of formal model of classes timetable in EC.

Key words: scheduling, educational complex, temporal logic model, teachers, classroom Fund, student group, faculty, department.

Шостак Игорь Владимирович - д-р техн. наук, проф., профессор кафедры инженерии программного обеспечения, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: iv_shostak@rambler.ru.

Воронько Виталий Владимирович - канд. техн. наук, ст. науч. сотр., доцент кафедры технологии производства летательных аппаратов, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: vitaliy.voronko@gmail.com.

Зібров Антон Борисович - аспирант кафедри інженерії програмного забезпечення, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: anton.zibrov@gmail.com.