

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ПОСТРОЕНИЯ РАСПИСАНИЯ ЭКЗАМЕНОВ СТУДЕНТОВ ВУЗОВ

О.А. Бубарева, И.Р. Жданов

Бийский технологический институт (филиал) АлтГТУ им И.И. Ползунова, г. Бийск

В статье задача составления расписания рассматривается как процесс распределения конечного множества событий во времени с соблюдением ограничений. Статья посвящена описанию математической модели процесса автоматизированного составления расписания в образовательной системе вуза, а также разработки программной системы, базирующейся на ее основе. Показано, что формирование расписания занятий и экзаменов в вузе с большим контингентом студентов и множеством дисциплин различных учебных планов, при учете всех требований и ограничений является сложной и комплексной задачей. В работе описывается поэтапный процесс формирования расписания экзаменов. Качество сформированных расписаний занятий и экзаменов влияет на эффективность учебного процесса вуза.

Ключевые слова: составление расписания, математическая модель, обеспечение.

ВВЕДЕНИЕ

При создании плана учебных занятий и экзаменов на учебный период учебному отделу требуется большое количество времени, от пары дней до нескольких недель разработки. Составленное расписание обязано соответствовать некоторым требованиям систематического и организационного порядка, которое может иметь разные уровни обязательности, которые в свою очередь имеют право быть как взаимно противоречивыми, так и взаимоисключающими. Все эти факторы очень усложняют составление всех возможных способов расписания, не рассматривая даже оптимальные.

Для разработки расписания исходными данными, чаще всего являются:

- Учебная нагрузка;
- Списки дисциплин;
- Списки учебных групп.

Ресурсы для создания расписания, выделяют следующие:

- Сумма учебных дней;
- Сумма сессионных дней;
- Максимально допустимое количество занятий и экзаменов в день;
- Список аудиторий;
- Список групп;
- Список преподавателей.

Основной задачей создания подходящего расписания, является планирование по дням недели, для каждой из групп и подгрупп, учебные аудитории во все дни недели, учитывая все поправки преподавателей. Однако, структурные особенности предметов расписания (такие как, преподаватели, дисциплины, период времени занятий и экзаменов, аудитории для

занятий, группы) учитываются редко. Хотя среди них просматриваются большие связи, которые определяются особенностью учебного процесса. Например, экзамен проводит один преподаватель, в определённой группе, в определенное время, согласно с учебным планом. Некоторые объекты обладают иерархической структурой, например, потоки, содержащие в себе группы определённого курса одинаковой специальности, имеют возможность соединяться в учебные группы.

Подходы, базирующиеся на стандартных алгоритмах и способах целочисленного программирования, представлены в работах [1]. А в подходе [6] рассмотрены приближенные алгоритмы решения задачи с помощью раскраски графов. Так же, различают алгоритмы полного перебора, ветвей и границ, кроме того эвристические способы, основанные на генетических алгоритмах.

При использовании методов [2,3] возможно создать математическую модель, соответствующую всем ограничениям, однако в силу NP-сложного способа длительность решения данной проблемы возможна будет неприемлемо большой. Имитационное моделирование [4], применяется для избегания таких проблем.

При таком раскладе алгоритм работает напрямую со списком экзаменов и занятий, выходящих из расписания. Разработка начинается с пустых ячеек расписания, после чего алгоритм переключается от одного неполного расписания к следующему, пытаясь на каждом шаге целесообразно размещать все занятия или экзамены, вставленные в список. Алгоритм работает до того времени, пока не будет готово полностью заполненное расписание или установленное количество итераций.

Особое внимание уделяется нахождению лучшего для выбора положения предстоящего экзамена из перечня и оценке готового расписания. Преимущества данного подхода, заключается в дальнейшем учете специфики решаемой задачи в случае формирования расписания для определенного учебного заведения. Но подход такого типа значительно ограничивает вероятность использования данной технологии в других вузах. В свою очередь, это вызывает потребность добавления значимых изменений в алгоритм при малейших внутренних корректировках в учебном заведении.

Применение многоагентного подхода рассмотренного в [6] при взаимодействии немалого числа самостоятельных элементов для нахождения точного расписания помогает учитывать персональные желания о времени и месте проведения занятий, увеличить уровень качества поучаемого расписания, создать расписание аудиторного фонда и различных типов ресурсов. Агент – это независимый объект системы, характеризующийся свойством коммуникабельности и имеющий собственную систему выбора решений. Под коммуникабельностью понимается возможность агента обмениваться сообщениями с разными агентами и другими объектами системы.

На первом плане использования агентного подхода к различным задачам стоит разбиение ее на более мелкие части. Агент присваивается для решения каждой отдельной задачи. Основной задачей любого агента является поиск такого пользовательского расписания, которое отвечает ограничениям задачи и не возражает готовым расписаниям других преподавателей. Таким образом, можно найти решение для всех задач, которое помогает найти решение исходной задачи, или выяснить, что решения не существует.

Главные преимущества многоагентного подхода, в сравнении с классическими централизованными способами, строятся на использовании решения с учетом желаний любого пользователя системы и нахождении решения задачи на любой выбранной отдельно итерации разработки расписания.

Внести любые предпочтения настройки системы, а так же запрограммировать личного агента-представителя один раз, может пользователь расписания. Помимо этого, исчезает потребность в централизованном сборе и хранении желаний пользователей расписания, поскольку такие данные хранит агент и остальным агентам хватит обратиться к агенту с просьбой на изъятие нужных данных. Пользователю можно в нужный момент вставлять изменения в настройки и спустя некоторое время посмотреть итоговое расписание, которое полностью следует новым условиям пользователя.

Способы моделирования автоматизированных систем разработки расписания, которые были рассмотрены [1-20], показывают нам, что если правильно не составить расписание, то учебный процесс будет не-

возможен. В силу пробелов в существующих способах задача разработки расписания представляется актуальной, потому что, в ходе решения появляется не малое количество данных, которым необходима обработка.

АКТУАЛЬНОСТЬ ЗАДАЧИ СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЯ

Длительной и сложной, является задача составления расписаний экзаменационных сессий для крупнейших вузов. В основном такая задача относится к классу оптимизационных NP-полных задач с допустимыми пределами. Такая задача принадлежит сложному классу задач, однако итоги анализа такой проблемы почти отсутствуют в РФ, при том, что иностранных докладов существует большое количество. Для больших университетов резко возрастает актуальность автоматизации решения задачи составления расписания. В том числе, при переходе российского обучения к образованию по индивидуальным траекториям, длительность и сложность, с течением времени, будет только увеличиваться. Подводя итоги, можно сказать что такое исследование является актуальным.

ПОСТАНОВКА И ОПИСАНИЕ ЗАДАЧИ

На каждый учебный год, рассчитывается учебное наполнение кафедр, в соответствии с дисциплинами, количеством студентов и действующих учебных планов. Формирование учебных кафедр происходит в соответствии с рассчитанной учебной нагрузки на один из семестров. Ученым поручением кафедры можно называть поручение кафедры на осуществление занятия или прием экзамена, любой подгруппы и полной группы в двухнедельном расписании занятий. Если в учебных заведениях учебная нагрузка кафедр создается до составления расписаний, то очевидно, что есть возможность составления учебных заданий преподавателей кафедр.

Рассмотрев работы [4,5], возможно сделать акцент на некоторых особенностях в области решения задач оптимизации в автоматизированном составлении расписания экзаменов:

1) Большая доля неавтоматического труда при разработке расписания экзаменов определяет необходимость формирования систем автоматизированного создания расписаний, интегрированных в систему регулирования учебного процесса университета.

2) Готовое исходное расписание нуждается в оптимизации, что бы гарантировать эффективность учебного процесса. Оптимизация расписания требует использование математических способов оценки расписания посредством критериев оптимальности.

3) Поскольку классическая табличная форма не рациональна для анализа, то для возможности визуальной оценки качества созданного расписания нужно

создать удобную для анализа форму восприятия расписания экзаменов.

Создание оптимизация базового расписания экзаменов всегда происходит в два этапа:

Первый этап состоит из того, что на базе начальных данных, требований и ограничений, привязанных к расписанию, создается начальное расписание экзаменов

Второй этап строится на оптимизации готового начального расписания экзаменов. Используя критерии оптимальности, имеется возможность проведения оценки качества расписания. Критерий оптимальности может стать динамическим, при переопределении течения процесса оптимальности.

Если создание начального расписания на 1 этапе не имеет успеха, то сильно увеличивается объем расчетов на 2 этапе. Есть вероятность того что, конечное расписание окажется гораздо хуже при создании неудачного начального расписания.

Можно выделить главные элементы расписания:

– Учебное поручение. Другими словами поручение кафедры на выполнение экзамена в подгруппе, целой группе или всего потока.

– Временным интервалом, называется интервал времени для выполнения экзамена, который следует смене в точный день одной из 3-4 недель сессии. Подводя итоги, можно утверждать, что временной интервал точно описывает момент времени, в который обязано быть проведено учебное занятие.

– Аудитории можно описать как множество свободных для выполнения экзамена аудиторий.

Создание базового расписания экзаменов завершается, если всем учебным занятиям присвоено: место (нужная аудитория), время.

ОГРАНИЧЕНИЯ ЗАДАЧ

Непротиворечивость для созданного расписания экзаменов представляется его однозначным критерием вероятности существования. Непротиворечивость – это ситуация, при которой различные экзамены, запрашивают одинаковые ресурсы, принадлежат одинаковому временному интервалу расписания (кафедра, место, преподаватель, группа). Следование обязательным к исполнению ограничений при создании расписания хватает для непротиворечивости экзаменов. Главные ограничения, рассмотрены в работах [6]. Следующий вид принимает случай учебных занятий преподавателей, неимение накладок для:

- учебных групп;
- аудиторий;
- преподавателей.

Другими словами, для любой упорядоченной двойки (преподаватель, занятие) или находиться однозначный цикл занятий, который содержит «занятого» преподавателя во время данного занятия, или

данного цикла не находиться вообще, тогда преподаватель не занят. Обязательные ограничения нужны для избегания вероятных конфликтов по присвоению ресурса событию в расписании.

Обязательные ограничения имеют некоторые требования:

1. Преподаватель не имеет права принимать несколько экзаменов в один день. При создании базового расписания экзаменов, учитываются следующие ограничения, при установлении временного интервала и места для экзамена:

– Гарантия равномерности размещения экзаменов каждой группы в период сессии, служит для получения равных интервалов;

– А также гарантия равномерности размещения во временных интервалах, необходимо для рациональной эксплуатации аудиторного фонда.

Критерий загруженности занятия состоит из занятости преподавателя, группы и аудитории, а так же представляет собой мультипликативный распространенный критерий. Рассмотренные критерии помогают провести оценку среднего интервала среди экзаменов для группы или подгруппы. Любой из частных критериев является соответствующей величиной, вероятность предопределения значения частного критерия предоставляется переменной количества подряд включаемых в расписание экзаменов потока.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

Для построения математической модели, требуются следующие обозначения идентификации множеств индексов.

$\{R_p\}$ - преподавателей, $p = 1, 2, \dots, Pr$;

$\{R_g\}$ - групп, $g = 1, 2, \dots, Gr$;

$\{R_a\}$ - аудиторий, $a = 1, 2, \dots, Aud$;

$\{R_k\}$ - корпусов, $k = 1, 2, \dots, K$;

$\{R_d\}$ - дней недели, $d = 1, 2, \dots, D$;

$\{R_l\}$ - номеров пар, $l = 1, 2, \dots, L$;

$\{R_z\}$ - занятий, $z = 1, 2, \dots, Z$;

$\{R_v\}$ - видов занятий, $v = 1, 2, \dots, V$;

После этого необходимо ввести две группы булевых переменных:

$X(R_p, R_d, R_l)$ и $X(R_g, R_d, R_l)$;

$$X(R_p, R_d, R_l) = \begin{cases} 1, & \text{если преподаватель } R_p \text{ в день } R_d \\ & \text{проводит занятие } R_l \text{ парой,} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

$$X(R_g, R_d, R_l) = \left\{ \begin{array}{l} 0, \text{ если группа } R_g \text{ в день } R_d \\ \text{находится на занятиях } R_l \text{ парой,} \\ 1, \text{ в противном случае.} \end{array} \right\}$$

Далее требуется ввести в рассмотрение пять групп функций, описывающих сложные зависимости:

- 1) $f_k(X(R_p, R_d, R_l))$;
- 2) $f_g(X(R_g, R_d, R_l))$;
- 3) $f_z(X(R_p, R_d, R_l))$;
- 4) $\varphi_X(R_p, R_d, R_l)$;
- 5) $\varphi_X(R_g, R_d, R_l)$.

Функция под номером 1 описывает сложную зависимость, которая позволяет по $X(R_p, R_d, R_l)$ (с помощью заранее созданной базы данных (БД)) определить корпус, в котором преподаватель R_p проводит занятие R_l парой в R_d день.

Функция под номером 2 описывает сложную зависимость, которая позволяет по $X(R_g, R_d, R_l)$ (используя заранее созданную БД) определить корпус, в котором группа R_g занимается R_l парой в R_d день.

Функция под номером 3 представляет собой сложную зависимость, которая позволяет по $X(R_p, R_d, R_l)$ (используя заранее созданную БД) определить предмет и вид занятия, проводимый преподавателем R_p на R_l паре в R_d день;

Аргументами функции с номером 4 являются значения функции $f_k(X(R_p, R_d, R_l))$. Значениями, которыми функция $\varphi_X(R_p, R_d, R_l)$ может принимать, являются только 0 или 1:

$$\varphi_X(R_p, R_d, R_l) = \varphi(X(R_p, R_d, R_l) - X(R_p, R_d, R_{l-1})) = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$$

В случае если функция под номером 5 принимает значение 0, это означает отсутствие перехода преподавателя из корпуса в корпус. То есть в день R_d преподаватель R_p проводит R_l и R_{l+1} пару в одном корпусе.

В противном случае, если функция под номером 5 принимает значение 1, это означает наличие перехода преподавателя из корпуса в корпус. То есть в день R_d

преподаватель R_p проводит R_l и R_{l+1} пару в разных корпусах.

Аргументами функции $\varphi_X(R_g, R_d, R_l)$ являются значения функции $f_k(X(R_g, R_d, R_l))$. Значениями, которыми функция $\varphi_X(R_g, R_d, R_l)$ может принимать, являются только 0 или 1:

$$\varphi_X(R_g, R_d, R_l) = \varphi(X(R_g, R_d, R_l) - X(R_g, R_d, R_{l-1})) = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$$

В случае, если функция $\varphi_X(R_g, R_d, R_l)$ принимает значение 0, это означает отсутствие перехода группы студентов из корпуса в корпус. То есть в день R_d группа студентов R_g занимается R_l и R_{l+1} парой в одном корпусе.

В противном случае, если функция $\varphi_X(R_g, R_d, R_l)$ принимает значение 1, это означает необходимость перехода группы студентов из здания в здание. То есть в день R_d группа студентов R_g занимается R_l и R_{l+1} парой в разных корпусах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Предложен способ формирования базового расписания экзаменов и математическая модель с использованием критериев занятости в выборе экзаменов. Такие методы основаны на базе данных учебного заведения, в такой базе возможно использовать автоматически созданные учебные задания для выполнения экзаменов, и эксплуатируются критерии загруженности, которые учитывают просьбы пользователей и генерирующие ресурсы, что позволяет добиться более оптимального решения и подходящего быстродействия в пределах 10%, в отличие от массивных способов, нуждающиеся в громоздких вычислительных затратах, что указывается в [1; 6]. Примерная модель описывается в [2; 3], где учитывается равномерность генерации учебных занятий в прохождении временных интервалов, что вероятно никак не воздействует на итоговый результат, поскольку позволяет уменьшить погрешность в результатах порядка на 5-7%. Рассмотрен способ оптимизации базового расписания экзаменов, базирующиеся на применении введенных критериев.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ерунов В.П. Формирование оптимального расписания учебных занятий в вузе / В.П. Ерунов, И.И. Морковин // Вестник ОГУ. – 2001. – № 3. – С. 55–63.
2. Бубарева, О.А. К вопросу проектирования автоматизированной системы управления учебным процессом вуза / В сборнике: Телематика'2010: телекоммуникации, веб-технологии, суперкомпьютинг. – 2010. – С. – 72-76.

3. Бубарева, О.А. Разработка автоматизированной системы управления учебным процессом вуза / О.А Бубарева, Ф.А. Попов// Информация и образование: границы коммуникаций. 2010. – № 2 (10). – С. – 119-120.

4. Бубарева, О.А. Повышение эффективности управления вузом с использованием автоматизированной информационной системы /О.А Бубарева, Ф.А. Попов// Информация и образование: границы коммуникаций. – 2011. - № 3 (11). - С. 82-83.

5. Hahn-Goldberg S. Defining, Modeling, and Solving a Real University Course Timetabling [Электронный ресурс] // University of Toronto. – 2007. – Режим доступа: <http://tidel.mie.utoronto.ca/pubs/Theses/hahn-goldberg.masc.pdf>. (дата обращения: 19.02.2018).

6. Burke E.K. A supernodal formulation of vertex colouring with applications in course timetabling / E.K. Burke, J. Marecek, A.J. Parkes, H. Rudova // Annals of Operational Research. – 2010. – Vol. 179, № 1. – P. 105–130.

Бубарева Олеся Александровна – к.т.н., доцент кафедры методов и средств измерений и автоматизации, Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО АлтГТУ, тел.(3854)435300.e-mail: angel@bti.secna.ru.

Жданов Игорь Радиевич – студент магистратуры по специальности Информационные системы и технологии, Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО АлтГТУ.

MATHEMATICAL PROVISION OF THE PROCESS OF CONSTRUCTING THE SCHEDULE OF EXAMINATIONS OF STUDENTS OF HIGH SCHOOLS

O.A. Bubareva, I.R. Zhdanov
Biysk Technological Institute, Biysk

In the article the task of scheduling is considered as the process of distribution of a finite set of events in time with observance of restrictions. The article is devoted to the description of the mathematical model of the process of automated scheduling in the educational system of the university, as well as the development of a software system based on it. It is shown that the formation of a schedule of classes and examinations in a university with a large contingent of students and a multitude of disciplines of various curricula, with all requirements and constraints taken into account, is a complex and complex task. The paper describes the step-by-step process of forming the exam schedule. The quality of the formed schedules of classes and examinations influences the effectiveness of the educational process of the university.

Keywords: scheduling, mathematical model, provision.

REFERENCES

1. Erunov V.P. Formation of the optimal schedule of studies in the university / V.P. Yerunov, I.I. Morkovin // Bulletin of the OSU. - 2001. - No. 3. - P. 55-63.
2. Bubareva, OA To the question of designing an automated control system for the educational process of the university / In the collection: Telematics'2010: telecommunications, web technologies, supercomputing. - 2010. - P. - 72-76.
3. Bubareva, OA Development of an automated system for managing the educational process of the university / OA Bubareva, F.A. Popov // Information and Education: Boundaries of Communications. 2010. - No. 2 (10). - S. - 119-120.
4. Bubareva, OA Increasing the effectiveness of university management using an automated information system / OA Bubareva, F.A. Popov // Information and Education: Boundaries of Communications. - 2011. № 3 (11). Pp. 82-83. Hahn-Goldberg S. Defining, Modeling, and Solving a Real University Course Timetabling [Электронный ресурс] // University of Toronto. - 2007. - Режим доступа: <http://tidel.mie.utoronto.ca/pubs/Theses/hahn-goldberg.masc.pdf>. (дата обращения: 19.02.2018).
5. Burke E.K. A supernodal formulation of vertex colouring with applications in course timetabling / E.K. Burke, J. Marecek, A.J. Parkes, H. Rudova // Annals of Operational Research. - 2010. - Vol. 179, № 1. - P. 105-130.

Zhdanov Igor Radievich - Master of Arts in Information Systems and Technologies, Biysk Technological Institute. E-mail: Jdanov-filebit@yandex.ru.

Bubareva Olesya Aleksandrovna - Ph.D., Associate Professor of the Department of Methods and Means of Measurement and Automation, Biysk Technological Institute, tel. (3854) 435300. E-mail: angel@bti.secna.ru.