

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ФОРМИРОВАНИЯ И КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА РАСПИСАНИЯ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

Аннотация: Рассматривается компонент информационной модели образовательного процесса, обеспечивающий решение задачи формирования расписания учебных занятий и оценки степени его соответствия установленным критериям. Проведен анализ технологии составления расписания, определены и формализованы критерии оценки его качества, разработаны USE-Case-модель, ER-модель и схема реляционной базы данных, обеспечивающей работу соответствующих компонентов электронной информационно-образовательной среды ВУЗа.

Ключевые слова: информационная модель, аудиторный фонд, база данных, расписание, учебный план, электронная образовательная среда.

1. Теоретическое введение

Теория расписаний занимается построением и анализом математических моделей календарного планирования различных целенаправленных действий с учетом целевой функции и ограничений. В этой теории используется следующую формальную модель: задано множество "*работ*" с определенным набором временных, стоимостных и/или иных ограничений и множество "*исполнителей*", каждый из которых способен выполнить одну или несколько "*работ*" при соблюдении определенных условий.

В такой постановке *допустимое расписание* – это соединение двух множеств, то есть множество пар ("*работа*"-"*исполнитель*"), упорядоченное во времени и удовлетворяющее всем заданным условиям и ограничениям. Таких допустимых расписаний может быть много, и все они *осуществимы*.

Оптимальным будет считаться такое допустимое расписание, которое соответствует некоторому критерию оптимальности – например, обеспечивает минимум времени или стоимости выполнения заданного множества "*работ*".

Если используется несколько критериев оптимальности, то будет получено несколько оптимальных расписаний, каждое из которых в определенном смысле *целесообразно*.

При этом считается, что можно количественно оценить "*степень неоптимальности*" каждого допустимого расписания путем присвоения ему "штрафных баллов", вычисляемых специальными функциями.

Процедура формирования оптимального расписания базируется на алгоритмах комбинаторной оптимизации, которые хорошо изучены, классифицированы и применяются при решении задач календарного планирования производственных процессов, транспортных перевозок, исполнения заявок на обслуживание и ремонт оборудования, управления передачей пакетов в компьютерных сетях и пр.

Применительно к задаче календарного планирования учебного процесса в ВУЗе, *работа* – это учебное занятие определенного вида по некоторой дисциплине, проводимое с одной или несколькими группами студентов в заданный временной промежуток в определенной аудитории, а *исполнитель* – это проводящий учебное занятие преподаватель, специализирующийся в определенных областях знаний.

Согласно принятой в теории расписаний классификации [1], задача календарного планирования учебных занятий ВУЗе может быть отнесена к следующим категориям:

– по типу искомого решения – к *задачам упорядочивания*, в которых необходимо определить порядок выполнения работ каждым исполнителем при условии, что уже определена продолжительность выполнения работ, и все работы распределены между исполнителями (задача оптимального распределения дисциплин между преподавателями с учетом их загруженности или профессиональной компетентности здесь не рассматривается);

- по типу целевой функции – к *задачам многокритериальной оптимизации*, которая может быть сведена к однокритериальной задаче путем введения *штрафной функции* от значений критериев и ее последующей минимизации;
- по способу задания входной информации – к *детерминированным (off-line) задачам*, для которых значения всех параметров точно известны до начала решения задачи (здесь не рассматривается задача динамического (on-line) планирования, когда не все параметры изначально известны, и некоторые из них могут изменяться в процессе планирования).

Многие практические задачи теории расписаний имеют весьма большую размерность (сотни работ с различными временными параметрами, десятки исполнителей, множество дополнительных условий и ограничений), что может потребовать неприемлемо больших временных затрат при программной реализации алгоритмов решения таких задач.

Однако, алгоритмическая сложность решения задачи формирования вузовского расписания, отнесенной к классу *детерминированных задач упорядочивания*, не так высока, так как имеет относительно небольшую размерность. В такой постановке задачи априорно определены многие её параметры: состав и структура дисциплин учебного плана, изучаемых в течение семестра; еженедельная цикличность расписания; распределение преподавателей по кафедрам, дисциплинам и группам студентов; частичная специализация аудиторий по кафедрам, дисциплинам и видам учебных занятий.

2. Задачи разработки. UML-модель вариантов использования

В рамках проекта поставлена задача разработки информационной модели расписания учебных занятий, включающей формальную модель ограничений и критериев оценки качества расписания, и создания на базе этих моделей программных компонентов электронной образовательной среды ВУЗа, обеспечивающих специалистам различных категорий возможность формирования и корректировки расписания в автоматизированном режиме, а

студентам и преподавателям - возможность оперативного доступа к расписанию с целью получения актуальной информации.

Базовая технология формирования расписания учебных занятий (рис. 1) реализуется следующими последовательными этапами, исполнителями которых являются сотрудники учебного отдела (этапы 1.1, 2.2 и 2.3) и заведующие соответствующими кафедрами ВУЗа (этапы 1.2 и 2.1).

1. Подготовительный этап - планирование годовой учебной нагрузки.
 - 1.1. Распределение учебной нагрузки по кафедрам ВУЗа, обеспечивающим реализацию учебных планов.
 - 1.2. Персональное распределение учебной нагрузки между преподавателями кафедр.
2. Составление расписания учебных занятий на предстоящий семестр.
 - 2.1. Разработка рекомендаций кафедр по составлению расписания, в том числе с учетом ограничений по использованию аудиторного фонда и персональных временных ограничений для преподавателей.
 - 2.2. Разработка и утверждение расписания.
 - 2.3. Публикация расписания.

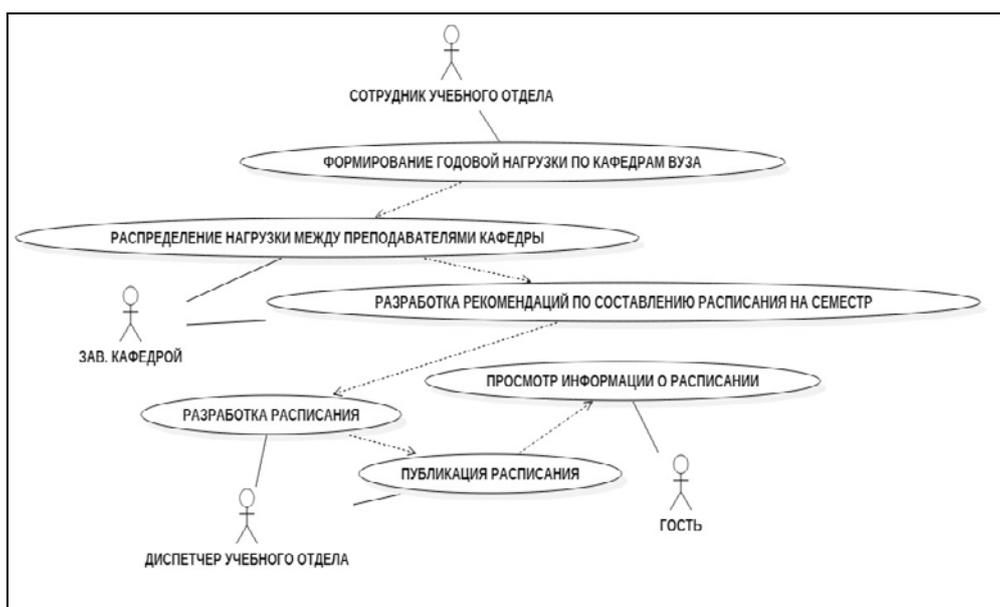


Рис. 1. UML-модель вариантов использования.

Основными информационными источниками на подготовительной этапе являются учебные планы, а на этапе составления расписания – данные об аудиторном фонде и персональном распределении учебной нагрузки между преподавателями кафедр.

Этап 1.1 частично автоматизирован, однако остальные, наиболее трудоемкие и ответственные этапы, выполняются вручную, при этом обмен информацией между исполнителями, работающими на различных этапах, осуществляется путем передачи документов на бумажных носителях.

3. Объектная модель

Информационной основой процесса формирования расписания является модель учебного плана – основного нормативного документа, на базе которого реализуется образовательный процесс. Учебный план определяет состав дисциплин образовательной программы, их трудоемкость, распределение по семестрам и видам учебных занятий, а также определяет кафедры, обеспечивающие преподавание дисциплин.

Очевидно, что модель расписания должна включать модели учебных планов всех образовательных программ, реализуемых ВУЗом, и дополнительно – информационные модели аудиторного фонда, модели контингента студентов и преподавательского состава кафедр и, разумеется, модель рабочего времени.

Указанные выше модели были реализованы авторами в формате реляционной базы данных. Модели достаточно тривиальны, перечислим лишь их основные особенности:

- *модель учебного плана* поддерживает его многоверсионность с возможностью регистрацией вносимых в план изменений;
- *модель преподавательского состава* кафедр учитывает специализацию преподавателя и обеспечивает возможность хранения персональных ограничений на использование его рабочего времени;

- *модель аудиторного фонда* включает «географическую» составляющую - распределение по учебным корпусам, хранение данных о длительности переходов между аудиториями, закрепление их за факультетами и кафедрами, а также учитывает специализацию аудиторий по категориям учебных дисциплин и видам занятий и дает возможность временного резервирования аудиторий, не занятых базовым расписанием.

Расписание, по существу – это k-арная ассоциативная связь между объектами модели *Группа студентов - Аудитория - Время - Дисциплина - Вид занятий - Преподаватель*. Каждый экземпляр такой связи определяет позицию одного учебного занятия в пространстве и времени. Таким образом, процесс составления расписания сводится к последовательному выполнению двух типовых процедур:

- процедуры формирования экземпляров этой связи путем внесения соответствующих записей в базу данных;
- процедуры оценивания качества связей путем сравнения результатов запросов к базе данных с заданными ограничениями.

4. Критерии оценки качества расписания

Оценивая качество расписания, будем использовать критерии его соответствия ограничениям двух категорий: безусловным универсальным и локальным.

Безусловные и универсальные ограничения — это такие, как, например, соответствие учебному плану или достаточный размер аудитории для проведения лекционного занятия в потоке студенческих групп. Такие ограничения должны безусловно выполняться в любом подразделении вуза, и их выполнение может быть проверено стандартным способом при условии, что наличие этих ограничений было учтено при проектировании базы данных. Например, запросом к базе данных можно определить равномерность загрузки

преподавателей и аудиторий в течение недели или рабочего дня, количество переходов преподавателей и студентов между учебными корпусами и т.д.

Локальные ограничения могут быть обязательными, но не универсальными (например, только для некоторых подразделений вуза или для некоторых преподавателей); могут быть не обязательными, а только желательными, и тогда каждому такому ограничению надо присвоить допустимое пороговое значение и «штрафной балл» за его превышение. При этом локальные ограничения могут относительно часто меняться, поэтому следует дать возможность их устанавливать пользователю.

5. Формальная модель

Объекты формальной модели: *скаляры, записи, наборы, условия, лингвистические шкалы и измерители нежелательности.*

Типы наборов: M1- множество записей; M2 - множество множеств типа M1 или M2; M3 (образ) - набор скаляров какого-то определенного типа, связанный с элементами какого-то множества типа M1 или M2. Пусть, например, M1 — множество преподавателей определенной кафедры, а образ M3 - набор чисел, каждое из которых представляет недельную нагрузку преподавателя.

Типы условий: условие выделения подмножества, условие объединения объектов в подмножество.

Лингвистическая шкала - упорядоченное множество из двух или более лингвистических значений, например: {замечательно, нежелательно, плохо, совсем плохо}. Лингвистическое значение — это слово/словосочетание естественного языка, используемое для субъективного оценивания каких-то ситуаций.

Измеритель нежелательности служит для перевода числового показателя в лингвистическую шкалу, представляет собой упорядоченное множество пар {число - лингвистическое значение}.

Функции: *интегративные, функции над записями, функции над множествами, специальные функции.*

Интегративные функции используют *наборы* в качестве аргументов и возвращают скалярное значение – какую-то числовую характеристику входного набора (например, среднее значение, диапазон и т.п.). *Функции над записями* – возвращают определенные атрибуты одной входной записи. *Функции над множествами*: определение мощности, получение подмножества, разбиение на подмножества, получение образа.

Специальные функции. В качестве примеров таких функций можно привести функцию определения количества переходов студентов между корпусами/аудиториями, функцию определения количества «окон» в расписании преподавателей или функцию проверки соответствия аудитории *маркеру специализации* учебного занятия по дисциплине.

Объекты формальной модели расписания естественно реализуются в реляционной модели данных, а функции - программируются на языке SQL.

6. Заключение

На основе рассмотренных выше моделей разработан действующий прототип программной системы, включающий реляционную базу данных и компоненты клиентских web-приложений. Тестирование прототипа показало правильность подходов, реализованных авторами в данном проекте.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лазарев А.А., Гафаров Е.Р. Теория расписаний. Задачи и алгоритмы - Учебное пособие. Изд-во МГУ им. М.В.Ломоносова. М: 2011, 220 с.