

УДК 519.85

**Ф. Соуса; А. Алвес к. т. н., доц****ПОЛНОСТЬЮ ЭВРИСТИЧЕСКОЕ РАСПИСАНИЕ ЗАНЯТИЙ,  
УПРАВЛЯЕМОЕ ПОЖЕЛАНИЯМИ СТУДЕНТОВ**

*Рассмотрена задача автоматизации создания расписания занятий, учитывающего пожелания студентов. Предложен полностью эвристический подход к созданию расписания, в разработке которого принимают участие все желающие студенты. Разработана платформа, генерирующая окончательный вариант расписания в среде НРС.*

**Ключевые слова:** эвристическое расписание, оптимальное расписание лекций и экзаменов, программные ограничения, среда НРС

**Введение**

Составление оптимального расписания лекций и экзаменов является очень важной задачей для высших учебных заведений. Однако, высокая сложность указанной задачи вызывает необходимость ее автоматизации.

Поскольку в каждом высшем учебном заведении существуют свои особые требования к расписанию, каждое из них обычно разрабатывает свою собственную платформу. Проведенная в политехническом институте Браганчи оценка известных решений показала, что ни одно из них не удовлетворяет все требования. Это привело к заключению о необходимости разработки новой платформы для учета всех сформулированных ограничений и всех знаний, накопленных на протяжении многих лет при составлении расписания вручную.

В частности, была поставлена задача планирования лекций, оптимального с точки зрения студентов. Проблема заключается в том, что многие студенты параллельно с учебной работой, а многие живут за пределами нашего региона. Кроме того, учебные планы содержат, в основном, обязательные дисциплины. Это значительно усложняет такое планирование лекций, при котором большинство студентов сможет посещать все лекции, которые они хотят или обязаны посещать. Поэтому удобство расписания для студентов было определено как одно из основных программных ограничений.

Проблема составления расписания заключается в установлении последовательности встреч преподавателей и студентов в предварительно заданный промежуток времени (как правило, в течении недели), с учетом удовлетворения ряда ограничений различных типов.

Составление расписания вручную обычно требует нескольких дней. При этом, в связи с чрезвычайной сложностью учета всех ограничений, окончательный результат может оказаться неудовлетворительным. Поэтому большое внимание уделяется автоматизации составления расписания. В литературе предлагается большое количество разных вариантов решения проблемы, отличающихся друг от друга типами учебных заведений и видами ограничений. В [1] выделены три основных класса проблем, имеющих место при составлении расписания:

- общеинститутское расписание – еженедельное расписание для всех аудиторий, исключающее одновременное присутствие преподавателя в двух аудиториях, и наоборот;
- расписание дисциплин – еженедельное расписание всех лекций для множества университетских дисциплин, минимизирующее наложение лекций, посещаемых одними и теми же самыми студентами;
- расписание сессии – расписание экзаменов по множеству университетских дисциплин, исключающее наложение экзаменов по дисциплинам, изучаемым одними и теми же самыми студентами, и максимально продлевающее срок сдачи экзаменов студентами.

В политехническом институте Браганчи (ПИБ) разрабатывается платформа,

интегрирующая расписание сессий, общеинститутское расписание и расписание дисциплин. Интеграция общеинститутского расписания с расписанием дисциплин обуславливается тем, что мы считаем более педагогически эффективными занятия в аудиториях постоянных групп студентов, что создает у студентов чувство группы. Группирование студентов легко реализуется, поскольку учебные планы включают, в основном, обязательные дисциплины. Однако, необходимо учитывать и наличие дисциплин индивидуального выбора студентов, связанного главным образом с тем, что не сдавшим итоговый экзамен студентам, приходится повторно изучать соответствующие курсы годом позже.

В ПИБ разработано совершенно новое программное обеспечение для составления расписания – платформа GAL – которая позволяет: 1) описывать все типы ограничений с использованием простых GUI-интерфейсов; 2) вручную планировать лекции; 3) проверять удовлетворение каждого ограничения. Кроме того, эта платформа поддерживает определение новой функциональности через плагины. С 2004 года мы разрабатываем новые плагины для расширения свойств автоматизации платформы, чтобы достичь 100% автоматизации решения задачи составления расписания занятий. Мы сконцентрировались на использовании эвристических методов планирования, основанных на знаниях, которые накоплены за многие годы составления расписания вручную.

В настоящее время мы пробуем расширять полную функциональность платформы GAL путем предоставления студентам возможности описывать их собственные пожелания, в частности потому, что многие студенты ПИБ работают, и многие студенты живут за пределами нашего региона. Для гарантированного учета пожеланий студентов, составление расписания начинается с ввода каждым студентом через Web-интерфейс своих предпочтений. Затем система пробует сгенерировать расписание и выявляет непреодолимые конфликты, вызванные ограничениями, обуславливаемыми пожеланиями студентов. Платформа пытается найти компромиссные решения, генерируя альтернативные варианты расписания, которые по электронной почте рассылаются студентам с просьбой пересмотреть и повторно ввести в систему пожелания. Процесс повторяется до получения приемлемого решения, имеющего определенное сходство с предложениями [2].

### **Ограничения расписания**

Важной фазой в процессе планирования лекций или экзаменов является правильное определение задачи.

Платформа GAL предоставляет возможность ввода через GUI интерфейсы следующих данных:

- предложения по времени занятий для преподавателей, студентов и аудиторий;
- описания всех ресурсов, доступных в каждой аудитории и необходимых для каждой дисциплины;
- запись студентов на дисциплины (крайне важна для обнаружения перекрытия лекций и для выбора аудиторий соответствующей вместительности);
- определение курса лекций (включая количество и продолжительность блоков времени и ответственного преподавателя);
- минимальный и максимальный интервал между двумя следующими лекциями дисциплины.

Для ввода пожеланий студентов платформа предлагает Web-интерфейс (рис. 1), где каждый студент может указать, в какие периоды в течение недели он не сможет посещать лекции.

	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday
08:30-09:00						
09:00-09:30						
09:30-10:00						
10:00-10:30						
10:30-11:00						
11:00-11:30						
11:30-12:00						
12:00-12:30						
12:30-13:00						
13:00-14:00						
14:00-14:30						
14:30-15:00						
15:00-15:30						
15:30-16:00						
16:00-16:30						
16:30-17:00						
17:00-17:30						
17:30-18:00						
18:00-18:30						
18:30-19:00						
19:00-19:30						
19:30-20:00						

Рис. 1. Web-интерфейс для введения студентами ограничений

### Начальное решение

Платформа GAL использует для назначения лекций простой эвристический алгоритм. Алгоритм, использующий некоторые стратегии представленные в [3], имитирует ручной процесс, который использовали до создания автоматизированной платформы GAL, который может быть описан следующим образом:

- лекции сортируются согласно ожидаемым в процессе планирования трудностям;
- как и в ручном решении, система пытается сначала разместить лекции, которые характеризуются наибольшим количеством ограничений и конфликтных ситуаций;
- для каждого временного слота, для каждой конкретной лекции определяются все доступные и адекватные аудитории; при доступности нескольких аудиторий, выбирается та из них, которая обеспечивает минимизацию расходов ресурсов.

Алгоритм также включает много "хитростей", которым мы научились при составлении расписаний вручную, например, выбор временных слотов возле обеденного времени для получения более компактных расписаний и увеличения доступности классов. Однако, полное расписание получить практически невозможно даже если игнорировать предпочтения студентов.

Для нахождения пригодного решения система должна несколько раз повторять выполнение базового алгоритма. На каждой итерации некоторые лекции из расписания система пробует заменять другими лекциями, которые не удалось разместить согласно требованиям в предыдущих попытках.

Для обеспечения оптимальных характеристик мы распараллеливаем алгоритм с использованием распределенных структур данных, внедренных непосредственно в MX-библиотеки [4], низкоуровневой системы передачи сообщений для сетей Myrinet, что позволяет эффективно использовать 10-гигабитные интерфейсные карты сети.

## Улучшение решения

Первоначально указанные студентами ограничения являются строгим ограничением процесса составления расписания. На самом деле, студенты стремятся указать большое количество недоступных слотов времени без какого-либо обоснования. Таким образом, учет всех недоступных временных слотов, указанных студентами класса, может сделать невозможным планирование любой лекции.

Для нахождения начального допустимого решения, платформа GAL пренебрегает теми ограничениями студентов, которые не разделяются большинством студентов класса. Таким образом, лекции назначаются без учета выбора студентов, что вызывает необходимость запуска этапа переговоров.

На этапе переговоров всем студентам, чьи пожелания не были учтены, система отправляет электронные письма. Таким образом, эти студенты могут конкретизировать свои новые ограничения с учетом присланных системой замечаний. Платформа GAL "поощряет" студентов к ослаблению их ограничений.

По окончании этапа переговоров запускается этап улучшения, включающий следующие этапы:

- изучение новых ограничений для выяснения того, может ли быть существующее решение удовлетворительным;

- если решение не является удовлетворительным, все конфликтующие лекции удаляются, после чего повторно выполняется главный алгоритм планирования.

Если система определяет ограничения пожеланий учителей и аудиторий как существенные, она посылает сообщение команде составления расписаний. При наличии такой необходимости, ограничения пожеланий преподавателей и аудиторий могут быть смягчены администратором, чтобы быть удобными студентам.

Весь этот процесс повторяется, пока не будет получено удовлетворительное решение.

## Обсуждение

Многие авторы считают, что проблема составления расписания не может быть полностью автоматизирована. На то имеется две причины: с одной стороны, есть причины, делающие одно расписание лучшим другого, которые не могут быть просто выражены в алгоритме. С другой стороны, так как область поиска обычно огромна, вмешательство человека может направить поиск в нужном направлении, которое система не может выявить самостоятельно.

Допуск студентов к нашей платформе, интерактивная конкретизация ограничений их пожеланий, обеспечивает два главных преимущества:

- студенты сталкиваются с реальной проблемой составления расписания и стараются более адекватно подходить к своим пожеланиям, чтобы помочь системе найти глобальное решение;

- подтверждая некоторое время как недоступное, класс принуждает систему выполнить новый поиск и сгенерировать лучшее расписание.

Самоочевидное расширение платформы должно включить дополнительные методы составления расписаний в дополнение к полностью эвристической стратегии, которая была реализована. Например, интересным подходом к разрешению противоречивых ограничений, обусловленных пожеланиями студентов, могли бы стать генетические алгоритмы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Andrea Schaerf. A survey of automated timetabling, *Artificial Intelligence Review*, 13(2):87- 127, Kluwer Academic Publishers, 1999.
2. Tomás Müller, Roman Barták. Interactive Timetabling: Concepts, Techniques and Practical Results, PATAT 2002 - 4<sup>th</sup> international conference on the Practice And Theory of Automated Timetabling, 58-72, 2002.
3. P. A. Kostuch. Timetabling Competition - SA-based Heuristic. 2003.
4. Myricom. Myrinet Express (MX): A High-Performance, Low-Level, Message-Passing Interface for Myrinet. Myricom, Inc., 2006.

**Филипп Соуса** – старший программист-аналитик центра разработки программного обеспечения.

**Албано Алвес** – декан факультета технологий и менеджмента.  
Политехнический институт Браганчи.