

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. В Беларуси примерно каждое пятое предприятие убыточно [Электронный ресурс] // Информационное агентство Interfax.by. – 2015. – Режим доступа: <http://www.interfax.by/news/belarus/1156228>. – Дата доступа: 01.04.2015.
2. Коноплицкая, М. А. Тенденции капитализации банковской системы Республики Беларусь / М. А. Коноплицкая ; Полес. гос. ун-т. – Пинск, 2013.
3. Экономические показатели Республики Беларусь на 01.01.2015 [Электронный ресурс] // Информационный портал TUT.BY. – 2015. – Режим доступа: <http://finance.tut.by/indicators/>. – Дата доступа: 05.01.2015.
4. Об утверждении основных направлений денежно-кредитной политики Республики Беларусь на 2014 год : Указ Президента Респ. Беларусь, 31 дек. 2013 г. № 586. – Минск, 2013.

УДК 519.6

А. Н. Сендер

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ СОСТАВЛЕНИЯ
РАСПИСАНИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

В работе рассмотрена задача о составлении расписания занятий в вузе и проведен обзор существующих методов ее решения. Для анализа методов решения задачи о составлении расписания необходимо определить критерии оценки. Существуют два типа ограничений на расписание: *жесткие* и *мягкие* ограничения. Жесткие ограничения должны выполняться всегда, а мягкие – учитываются в приоритетные требования. Дадим несколько определений, касающихся жестких ограничений.

Определение 1. *Конфликт* называется ситуация, если два занятия назначены в одно и то же время и в одну и ту же аудиторию или если два события назначены в одно и то же время и ведутся у одной и той же группы.

Определение 2. Расписание называется *допустимым*, если оно удовлетворяет всем жестким ограничениям.

Можно выделить следующие жесткие ограничения: 1) расписание должно быть бесконфликтным; 2) количество мест в аудитории должно быть не меньше, чем человек в группе.

Из мягких ограничений выделим следующие: 1) дополнительные свободные дни у студентов и преподавателей; 2) периодичность расписания; 3) минимизация расстояния и времени между аудиториями соседних корпусов; 4) равномерная загруженность аудиторного фонда; 5) равномерное распределение занятий по дням недели.

В связи с наличием нескольких корпусов у вузов, следует выделить мягкое ограничение на расстояние между аудиториями соседних корпусов.

(шкала: *Cdist*, + учитывается специально, +/- учитывается с помощью мягких ограничений, – не учитывается). Важной частью метода должна быть возможность ручной правки полученного расписания (шкала: *Chand*, + есть возможность, – нет возможности). Значение имеет и эффективность метода (шкала: *Ctime*, + эффективен, – не эффективен). Под эффективностью понимается способность метода выдать приемлемое решение за приемлемое время. Учитывая масштабируемость метода на многоядерные и кластерные системы, можно искать баланс между эффективностью метода и удовлетворением другим критериями (шкала: *Spar*, + поддерживается, – не поддерживается). Еще одним важным критерием является возможность приоритизации мягких ограничений (шкала: *Csoft*, + поддерживается в полном объеме, +/- поддерживается с помощью ограниченного класса целевых функций, – не поддерживается). Самым важным критерием является удовлетворения расписания жестким ограничениям (шкала: *Chard*, + удовлетворяет, – не удовлетворяет).

Задача составления расписания в общей формулировке принадлежит классу *NP*-полных задач. При решении этой задачи используются различные методы: классические; метаэвристические; мультиагентные системы и метод решения по прецедентам.

К классическим методам решения относятся:

1. *Раскраска графа*. Задача о составлении расписании формулируется в терминах задачи о раскраске графа следующим образом: вершинами являются события, а ребрами проводятся между конфликтующими событиями.

2. *Целочисленное программирование*. В работе [1] в качестве целевой функции для мягких ограничений используется количество нарушений мягких ограничений. В работе [2] обсуждается постановка ограничений, в терминах целочисленного программирования, связанных с расположением событий по времени. В работе [3] приводится параллельный алгоритм для задачи целочисленного программирования. Данный метод не удовлетворяет требованиям: *Ctime*, *Cdist*, *Chand*.

К метаэвристическим методам решения относятся:

1. *Метод имитации отжига*. Метод имитации отжига – это вероятностный локальный поиск. В отличие от метода локального поиска в качестве текущего решения может с некоторой вероятностью принято и худшее решение. В работе [4] показано, что алгоритм, основанный на методе имитации отжига при небольшом количестве итераций может найти хорошее решение. Метод легко расширяем на любые ограничения. Возможна интеграция эвристической работы с составителем расписания в метод.

2. *Генетический алгоритм* – это эвристический алгоритм поиска, используемый для решения задач оптимизации и моделирования путём последовательного подбора, комбинирования и вариации искомым параметров с использованием механизмов, напоминающих биологическую эволюцию. Важной особенностью генетического алгоритма является акцент на использование оператора «скрещивания», который производит операцию комбинации решений-кандидатов, роль которого аналогична роли скрещивания в живой природе.

Мультиагентная система – это самоорганизующаяся система, состоящая из нескольких взаимодействующих между собой интеллектуальных агентов. В работах [5; 6] приведены модели для решения задачи о составлении расписания на основе мультиагентных систем. Выделяются две роли агентов: 1) агенты-организаторы (агенты-учителя); 2) агенты-участники (агенты-группы, агенты-аудитории, агенты). Агенты взаимодействуют между собой, пытаются найти приемлемое время и место события (занятия).

В работе [7] рассмотрен метод решения задачи составления расписания на основе **метода решения по прецедентам**: прецеденты представляются в виде списка особенность-значение, база прецедентов содержит по две лучшие эвристики из предопределенного набора эвристик. В работе предложена функция схожести двух прецедентов. *Недостатки метода*: низкая гибкость в ограничениях, низкое качество расписания при небольшом количестве прецедентов, плохая масштабируемость. Метод не учитывает специфические требования и не удовлетворяет требованиям: Chard, Spar.

Сравнение методов решения задачи составления расписания приведено в таблице.

Таблица – Сравнение методов решения задачи составления расписания

Метод	Chard	Chand	Spar	Csoft	Ctime	Cdist
Раскраска графа	+	–	+	–	–	–
Имитация отжига	–	+	+	+	+	+/-
Генетические алгоритмы	–	+	+	+	+	+/-
Мультиагентные системы	–	+	+	–	+	–
Метод решения по прецедентам	–	+	–	+	+	+/-
Целочисленное программирование	+	–	+	+/-	–	–

Наиболее применимы оказались метаэвристические методы. Метаэвристические методы хорошо применимы при больших объемах данных, а классические методы – при небольших объемах данных за счет точных решений.

В ходе анализа методов решений по выделенным критериям было установлено, что ни один из методов не подходит сразу по всем критериям. Из чего следует, что необходимо разработать/адаптировать метод, наиболее подходящий по представленным требованиям. Для этого необходимо решить следующие задачи: 1) формализовать информационную модель расписания; 2) формализовать жесткие критерии и мягкие ограничения в терминах выбранной модели; 3) разработать/адаптировать алгоритм решения задачи с учетом выделенных требований; 4) протестировать метод на сгенерированных и реальных данных, и сравнить с другими методами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hahn-Goldberg S. Defining, Modeling and Solving a Real University Course Timetabling [Электронный ресурс] / S. Hahn-Goldebrg // University of Toronto. 2007. – Режим доступа: <http://tidel.mie.utoronto.ca/pubs/Theses/hahngoldberg.miao.pdf>

2. Burke, E. K. Penalising Patterns in Timetables: Novel Integer Programming Formulations / E. K. Burke, J. Marecek, J. Parkes, J. Andrew, H. Rudova // In Operation Research Proceedings 2007. – Berlin : Springer, 2008. – P. 409–414.

3. Boehning, R. L. A parallel integer linear programming algorithm / R. L. Boehning, R. M. Butler, B. E. Gillett // European Journal on Operations Research. – 1988. – Vol. 34.

4. Abdullah, S. A Hybrid Approach for University Course Timetabling / S. Abdullah, A. R. Hamdan // IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security. – 2008. – Vol. 8, № 8. – P. 127–131.

5. Babkin, E. AgentTime: A Distributed Multi-agent Software System for University's Timetabling / E. Babkin, H. Abdulrab, T. Babkina // Emergent Properties in Natural and Artificial Complex Systems Proceedings. – 2007.

6. Autry, B. M. University course timetabling with probability collectives [Электронный ресурс] / B. M. Autry, K. Squire. – 2007. – Режим доступа: http://bosun.nps.edu/uhtbin/hyperion-image.exe/08Mar_Autry.pdf.

7. Burke, E. K. Case-based heuristic selection for timetabling problems / E. K. Burke, S. Petrovic, R. Qu // Journal of Scheduling. – 2006. – Vol. 9, № 2. – P. 115–132.

УДК 339.92:332.135

Т. С. Сялюк

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

ПРОЕКТ МТП «СОЗДАНИЕ ТРАНСГРАНИЧНОЙ ПЛАТФОРМЫ «БИЗНЕСТРАНС»

С целью обеспечения интегрированного и устойчивого регионального развития с 1 декабря 2013 г. по 30 ноября 2015 г. партнеры – Высшая государственная школа имени Папы Яна Павла II в Бялой Подляске и БрГУ имени А. С. Пушкина – реализуют проект МТП «Создание трансграничной платформы «Бизнесстранс» для поощрения и поддержки сотрудничества между бизнесом и научными учреждениями».

Территория проекта: с польской стороны – поветы Хайнувка, Семятыче, Бялой Подляска, Влодава, с белорусской стороны – Брестский, Каменецкий, Пружанский, Малоритский районы.

Общий бюджет проекта – 162 982, 4 евро.

Конечные бенефициары проекта – предприниматели, университеты, органы местного самоуправления, бизнес-сообщества.

Стратегическая цель проекта: создание базы для развития инициатив трансграничного сотрудничества среди предпринимателей и учреждений науки с целью активизации связей между бизнесом и наукой, стимулирования торговой и инвестиционной деятельности.