

УДК 519.1:519.8:004.6

**МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ ДЕКОМПОЗИЦИИ
ПРИ РЕШЕНИИ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ЗАДАЧИ СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЯ****М.В. ДЕКАНОВА***(Полоцкий государственный университет)*

Предложена методика применения декомпозиции при решении многокритериальной задачи составления расписания учебных занятий университета, реализующая разбиение сложной многомерной задачи на отдельные подзадачи меньшей размерности и более простой структуры с учетом системного рассмотрения задач оптимизации параметров расписания занятий и методики автоматизации процесса его составления. Описана организация совместного решения полученных подзадач, которая включает выбор алгоритма решения каждой подзадачи; координацию процесса обмена информацией между подзадачами.

Введение. Первые публикации на тему применения вычислительной техники с целью автоматизировать составление расписания занятий появились в начале 1960-х годов. Таким образом, задача составления учебного расписания с помощью вычислительной техники имеет достаточно продолжительную историю [1–3]. На первый взгляд задача составления расписания не сложнее любой другой задачи автоматизации. Число исследователей, так или иначе изучавших эту задачу, велико. Среди них десятки докторов, сотни кандидатов технических и физико-математических наук. Необходимо отметить работы таких ученых, как: В.С. Танаев, Ю.Н. Сотсков, В.С. Михалевич, А.М. Вендров, В.И. Грекула, Н.Л. Коровкин, Г.Н. Смирнов, С.С. Диго, А.А. Емельянов, Г.Н. Денищенко, М.И. Семенов, И.Т. Трубилин, В.И. Лойко, В.В. Бойко, И.О. Губенко, Ю.Г. Строкин, Е.Р. Гафаров, и других [4–10].

Исследованию этой проблемы и ее разработке посвящены программы: «1С: ХроноГраф Расписание»; «Астра»; «АВТОРасписание»; «Экспресс-расписание Колледж 6.3.71 Мини»; «aSc Расписания 2014 Про»; «Экспресс-расписание ВУЗ 6.0 Полная»; «Ректор 3.31»; «ScheduleBuilder 1.1» и т. д. [11–13].

С математической точки зрения задача построения оптимального расписания учебных занятий является сложной [15]. Даже нахождение допустимого расписания является NP-трудной задачей [16]. Для формирования расписания существует огромное количество методов, со своими достоинствами и недостатками. Основным отличием алгоритма, предлагаемого в данной работе, от большинства подходов является то, что задача разбивается на части, или точнее, на ряд последовательно решаемых подзадач, при этом каждая решенная подзадача на предыдущем шаге является ограничением для подзадачи, подлежащей решению на следующем шаге. Следует отметить, что каждая в отдельности из подзадач, которые последовательно решаются в ходе алгоритма, являются «допустимо» разрешимыми.

Метод декомпозиции задачи составления расписания. Опишем пошаговый алгоритм разбиения многокритериальной задачи составления расписания учебных занятий в университете на подзадачи.

Шаг 1. Следует выбрать режим работы учебного заведения, а именно определиться с тем, сколько дней в неделю будет работать университет, и определиться с количеством проводимых за учебный день «пар-занятий». Также нужно задать количество студенческих групп в университете. Далее необходимо поставить запрещения на те таймслоты, по которым «пары-занятия» не проводятся. Это последние часы в каждом учебном дне. Таблица запрещений на проведение «пар-занятий», которая далее будет использоваться на протяжении всего алгоритма, запоминается.

Шаг 2. Строится расписание для совместителей. Основная особенность этой подзадачи заключается в том, что совместителям позволено заявлять дни, по которым они будут работать. Кроме того, некоторым совместителям позволено отказаться от первой «пары-занятия» всех рабочих дней, когда они работают. Задача решается с помощью алгоритма раскраски гипервершин гиперграфа. Математическая модель этого алгоритма описана в научных статьях [17–19] и книгах [20, 21]. Далее для каждой «пары-занятия» (группа, преподаватель, таймслот [17]) с помощью алгоритма решения задачи о назначении подбирается аудитория для проведения этого занятия. Алгоритм решения задачи о назначении описан в современных учебных книгах, в частности [22], и научных статьях [23]. Окончанием второго шага является операция по объединению таблицы запрещений на проведение «пар-занятий», сформированной на шаге 1, и полученного расписания для совместителей. Таким образом, формируется новая таблица запрещений на проведение «пар-занятий», которая будет одним из ограничений для следующего шага алгоритма.

Шаг 3. Этот шаг состоит из решения подзадачи о проведении занятий, требующих объединения групп в потоки (поточные лекции). Особенностью такой задачи является то, что в некоторый учебный таймслот назначается занятие для потока, сформированного из нескольких групп. Преподаватели будут назначены только после окончательного построения всего расписания. То есть на этом шаге преподаватели для проведения поточных занятий не назначаются. При построении расписания соблюдается правило: для любого потока в один учебный день может быть назначено не более одного учебного таймслота

для проведения поточного занятия. Кроме того, соблюдается другое правило: в любой таймслот не могут быть запланированы поточные занятия более чем для одного потока. Это правило (ограничение) представляется вполне разумным, поскольку при проведении поточных занятий резко возрастает потребность в аудиториях для проведения «пар-занятий». Оно введено именно с той целью, чтобы не возникло ситуации, когда нескольким потокам в один и тот же таймслот требуется большое количество свободных аудиторий, в которых бы поместился поток студентов. Преподаватели и аудитории для проведения поточных занятий на этом шаге не назначаются, они будут подобраны после построения всего расписания. Алгоритмом решения задачи о проведении поточных занятий является также алгоритм раскраски гипервершин гиперграфа. Новая таблица запрещений на проведение «пар-занятий» строится точно так же, как и на предыдущем шаге. Полученное расписание объединяется с таблицей запрещений.

Шаг 4. На этом шаге алгоритма строится расписание для «пар-занятий», при проведении которых группы необходимо разделить на подгруппы (например, лабораторных занятий). Для преподавателей с небольшой нагрузкой гарантирован один или два выходных, которые им будут предоставлены. Точно так же, как и на втором шаге алгоритма, преподаватели, которые проводят лабораторные работы, могут потребовать освободить их от «занятий-пар» в первый час рабочего дня. Задача о расписании по проведению рассматриваемого вида занятий так же, как и на втором и третьем шагах, решается с помощью алгоритма раскраски гипервершин гиперграфа. С помощью алгоритма о назначении каждому занятию, а точнее, каждой подгруппе студентов и их преподавателю подбирается аудитория для его проведения. Окончанием четвертого шага так же, как второго и третьего, является операция по объединению таблицы запрещений на проведение «пар-занятий» с полученным расписанием. Таким образом, получаем новый вариант таблицы, который будем использовать на шестом шаге. После окончания четвертого шага алгоритма в зависимости от учебного плана расставляется обычно от 15 до 40 % всей учебной нагрузки, предусмотренной этим планом.

Шаг 5. Подсчитывается нагрузка, определенная учебным планом, на аудитории, которые для университета являются «дефицитными» (аудитории, оснащенные компьютерами для проведения лабораторных работ, мультимедийные аудитории, лаборатории и др.). Этот подсчет осуществляется с целью максимально возможной загрузки (минимального «простоя») таких аудиторий.

Шаг 6. Строится расписание для всех оставшихся дисциплин, кроме тех, которые проводятся в «дефицитных» аудиториях. У преподавателей нет возможности заявить, в какие дни они будут работать, но для тех преподавателей, у которых низкая нагрузка, гарантирован один или два выходных, существует возможность отказаться от проведения первой «пары-занятия». Эта задача решается с помощью алгоритма раскраски гиперграфа. Построенное расписание состоит из четверок <группа, преподаватель, дисциплина, таймслот>. На этом же шаге всем четверкам с помощью алгоритма решения задачи о назначении сопоставляются аудитории, где будут проводиться эти «пары-занятия» (четверки). После окончания этого шага вся сетка расписания заполнена, за исключением занятий, проводимых в «дефицитных» аудиториях. Оставшиеся пробелы в расписании – это и есть расписание для проведения занятий в «дефицитных» аудиториях.

Шаг 7. Осуществляется разделение групп на подгруппы (или, при необходимости, объединение групп в потоки) по дисциплинам, которые будут проводиться в «дефицитных» аудиториях. Если множество преподавателей, для которых построено расписание на предыдущем шаге, пересекается с множеством преподавателей, проводящих занятия в «дефицитных» аудиториях, то тогда формируется таблица на запрещенные таймслоты работы преподавателей, являющихся пересечением этих множеств. С помощью алгоритма решения задачи о назначении осуществляется подбор преподавателей для каждой подгруппы.

Шаг 8. Осуществляется объединение всех полученных ранее расписаний, т.е. формируется финальное расписание. После получения финального расписания каждый преподаватель может решить для себя, когда ему будет удобно проведение поточных занятий. Время для них было зарезервировано на шаге 3 алгоритма. И если этот преподаватель сможет набрать себе поток учащихся, он самостоятельно поставит свое поточное занятие в расписание вместе с подобранной им же самой аудиторией. Общим правилом для преподавателей является то, что каждый преподаватель может проводить занятия по нескольким дисциплинам, в том числе и у одной и той же группы.

Заключение. Предложен пошаговый алгоритм разбиения многокритериальной задачи составления расписания учебных занятий в университете на подзадачи, который позволяет учесть в процессе реализации предлагаемой методики критерии оптимальности и ограничения двух взаимосвязанных задач – задачи оптимизации основных показателей учебного расписания и методики автоматизации процесса его составления. Процедура декомпозиции сложной задачи упрощает методологию решения многокритериальной задачи путем решения подзадач «допустимой» сложности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лазарев, А.А. Методы и алгоритмы решения задач теории расписаний для одного и нескольких приборов и их применение для задач комбинаторной оптимизации: дис. ... д-ра физ.-мат. наук / А.А. Лазарев. – М.: Ин-т проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 1997. – 413 с.

2. Баронов, В.В. Автоматизация управления предприятием / В.В. Баронов. – М.: Инфра-М, 2000.
3. Логоша, Б.А. Комплекс моделей и методов оптимизации расписания занятий в вузе / Б.А. Логоша, А.В. Петропавловская // Экономика и математические методы. – 1993. – Т. 29, № 4.
4. Танаев, В.С. Теория расписаний. Многостадийные системы / В.С. Танаев, Ю.Н. Сотсков, В.А. Струевич. – М.: Наука, 1989. – 328 с.
5. Гафаров, Е.Р. Задачи теории расписаний. Алгоритмы и применение / Е.Р. Гафаров // Современные проблемы фундаментальных и прикладных наук: управление и прикладная математика: тр. 49 науч. конф. МФТИ, Москва–Долгопрудный, 2006 г. – М., 2006. – С. 82–83.
6. Строкина, Ю.Г. Алгоритмические процедуры формирования гетерогенных расписаний для производственных систем: дис. ... канд. техн. наук / Ю.Г. Строкина. – Уфа: УГАТУ, 1997. – 150 с.
7. Burke, E.K. A University Timetabling System Based on Graph Coloring and Constraint Manipulation / E.K. Burke, D.G. Elliman, R.F. Weare // Journal Of Research on Computing in Education, 1993.
8. Бабкин, Э.А. Проектирование и реализация алгоритмов составления учебного расписания на основе многоагентных технологий / Э.А. Бабкин, И.М. Ретинский // Технические, программные и математические аспекты управления сложными распределенными системами: материалы науч.-техн. конф., Нижний Новгород, 2003 г. – Н. Новгород, 2003. – С. 10–12.
9. Ханов, Г.В. Автоматизация составления расписаний с учетом неопределенности / Г.В. Ханов, Е.В. Алабужев // Информационные технологии в образовании, технике и медицине: материалы междунар. конф., Волгоград, 2004 г.: в 3-х т. / ВолГТУ. – Волгоград, 2004. – Т. 1.
10. Сотсков, Ю.Н. Построение расписаний учебных занятий на основе раскраски вершин графа / Ю.Н. Сотсков, С.В. Балтак // Информатика. – 2006. – С. 58–69.
11. РасписаниеПро 2.3. – Modeofaccess: <http://www.softsearch.ru/programs/28-705-raspisanie-pro-download.shtml>.
12. Magic Timetable Master. – Mode of access: <http://www.imagictimetablessoftware.com/>
13. TimeTabler – Mode of access: <http://www.timetabler.com/>
14. Люгер, Дж.Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем / Дж.Ф. Люгер. – 4-е изд., пер. с англ. – М.: Издат. Дом «Вильямс», 2003. – 864 с.
15. Гэри, М. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи / М. Гэри, Д. Джонсон. – М.: Мир, 1982. – 416 с.
16. Гафаров, Е.Р. Математические методы оптимизации при составлении учебного расписания / Е.Р. Гафаров, А.А. Лазарев // Новые информационные технологии в образовании: сб. науч. тр. – М.: 1С-Паблишинг, 2013. – Ч. 2. – С. 51–55.
17. Деканова, М.В. Математическая модель и алгоритм построения расписания учебных занятий университета / М.В. Деканова // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Серия С. Фундаментальные науки. – 2013. – № 12.
18. Визинг, В.Г. Раскраска вершин графа при мажоритарных ограничениях на используемые цвета / В.Г. Визинг // Дискретный анализ и исследование операций. – 2009. – Т. 16, № 4. – С. 21–30.
19. Карпов, Д.В. Динамические правильные раскраски вершин графа / Д.В. Карпов // Записки научных семинаров ПОМИ. – 2010. – Т. 381. – С. 47–77.
20. Дистель, Р. Теория графов / Р. Дистель. – Новосибирск: Изд-во Ин-та математики, 2002. – 336 с.
21. Лекции по теории графов / В.А. Емеличев [и др.]. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990. – 384 с.
22. Пападимитру, Х. Комбинаторная оптимизация. Алгоритмы и сложность: пер. с англ. / Х. Пападимитру, К. Стайглиц. – М.: Мир, 1985. – 512 с.
23. Деканова, М.В. Эвристический алгоритм назначения аудиторий для задачи составления расписания учебных занятий / М.В. Деканова, С.В. Кухта // Информационные компьютерные технологии: проектирование, разработка, применение: сб. науч. ст. / ГрГУ им. Я. Купалы. – Гродно: ГрГУ, 2013. – 378 с.

Поступила 03.03.2014

TECHNIQUE OF APPLICATION OF THE PRINCIPLES OF DECOMPOSITION AT THE SOLUTION OF THE MULTICRITERIA PROBLEM OF TIMETABLING

M. DEKANOVA

The technique of application of the principles of decomposition is offered at the solution of a multicriteria problem of drawing up the schedule of studies of the university, realizing splitting a complex multidimensional challenge into separate subtasks of smaller dimension and simpler structure taking into account system consideration of problems of optimization of parameters of lesson schedule and a technique of automation of process of its drawing up. The organization of the joint solution of the received subtasks which includes is described: choice of algorithm of the solution of each subtask; coordination of process of exchange of information between subtasks.