

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР им. А.А. ДОРОДНИЦЫНА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ФЕДЕРАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА
«ИНФОРМАТИКА И УПРАВЛЕНИЕ»
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

РОССИЙСКОЕ НАУЧНОЕ ОБЩЕСТВО
ИССЛЕДОВАНИЯ ОПЕРАЦИЙ

VIII Московская международная конференция по исследованию операций (ORM2016)

Москва, 17-22 октября, 2016

ТРУДЫ
ТОМ II



Федеральный исследовательский центр
Информатика
и Управление
Российской академии наук



ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР им. А.А. ДОРОДНИЦЫНА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
МОСКВА 2016

УДК 519.83
ББК 22.18

Составитель и редактор
В.В. Шевченко
Ответственный редактор
доктор физ.-матем. наук **Е.З. Мохонько**

VIII Московская международная конференция по исследованию операций (ORM2016):
Москва, 17–22 октября 2016 г.: Труды. Том II / Отв. ред. Е.З. Мохонько. – М.: Издательство
ФИЦ ИУ РАН, 2016. – 267 с.
ISBN 978-5-91993-067-9

В сборнике представлена вторая часть трудов VIII Московской международной конференции по исследованию операций, посвященной памяти выдающегося российского ученого академика П.С. Краснощекова. Конференция проводится Вычислительным центром им. А.А.Дородницына Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» Российской академии наук (ФИЦ ИУ РАН), факультетом Вычислительной математики и кибернетики МГУ им. М.В. Ломоносова и Российским научным обществом исследования операций (РНОИО). В докладах, представленных в настоящем томе, обсуждаются математические вопросы исследования операций в экономике, экологии, социологии, биологии, медицине, политологии, страховании, банковском деле, военном деле и области обеспечения безопасности, автоматизированном проектировании и моделировании транспортных потоков, а также численные методы исследования операций.

Ключевые слова: исследование операций, математические модели, теория игр, новые модели и методы исследования операций, оптимизационные методы исследования операций, многокритериальная оптимизация, исследование операций в экономике, исследование операций в военном деле, исследование операций в банковском деле и на финансовых рынках, исследование операций в страховании и риск-менеджменте, исследование операций в медицине, биологии и экологии, автоматизированное проектирование, теоретико-игровые модели, анализ политических процессов и коррупции, рынки и аукционы, предсказательное моделирование транспортных потоков.

Рецензенты: Ю.А. Флёров, А.А. Васин

УДК 519.83
ББК 22.18

VIII Moscow International Conference on Operations Research (ORM2016): Moscow, October 17–22, 2016: Proceedings: Vol. II. – Moscow, FRC CSC RAS Publishing, 2016. – 267p.
The collection presents the second part of the works of VIII Moscow International Conference on Operations Research. The conference is organized by Dorodnicyn Computing Center of Federal Research Center “Computer Science and Control” of Russian Academy of Sciences (FRC CSC RAS), Faculty of Computational Mathematics and Cybernetics of Lomonosov Moscow State University (MSU) and Russian Scientific Operations Research Society (RSORS) and is dedicated to the memory of an outstanding Russian scientist, full member of RAS Pavel Krasnoshchekov. The conference brings together scientists from all over the world to discuss theoretical aspects and various applications of operations research. The conference aims to consider mathematical problems of operations research, latest achievements, new models in economics, ecology, medicine, political science, etc

Keywords: operations research, mathematical models, game theory, the new models and methods of Operations Research, Optimization methods, multi-criteria optimization, operations research in economics, operations research in military science, operations research in banking and financial markets, operations research in insurance and risk management, operations research in medicine, biology and ecology, computer-aided design, game theoretic models, the analysis of political processes and corruption, markets and auctions: analysis and design, predictive modeling of traffic flows.

Научное издание

©Вычислительный центр им. А.А. Дородницына Российской академии наук
Федерального исследовательского центра «Информатика и Управление»
Российской академии наук



Федеральный исследовательский центр
**Информатика
и Управление**
Российской академии наук



СЕКЦИИ КОНФЕРЕНЦИИ

ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПЕРАЦИЙ	7
МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ	66
ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ В ЭКОНОМИКЕ.....	80
ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ В ВОЕННОМ ДЕЛЕ И ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ.....	109
ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ В БАНКОВСКОМ ДЕЛЕ И НА ФИНАНСОВЫХ РЫНКАХ	119
ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ В СТРАХОВАНИИ И РИСК-МЕНЕДЖМЕНТЕ	144
ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ В ФИЗИКЕ, БИОЛОГИИ, ЭКОЛОГИИ И МЕДИЦИНЕ....	146
АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ	166
ТЕОРЕТИКО-ИГРОВЫЕ МОДЕЛИ	176
АНАЛИЗ ПОЛИТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И КОРРУПЦИИ	192
РЫНКИ И АУКЦИОНЫ. АНАЛИЗ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ	204
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ	226
АСИМПТОТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СЛОЖНЫХ СТОХАСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ	258

Оптимизационные методы исследования операций

1. Josef Kartvelishvili, Luka Shonia Visualization of inter-communication in normative-legal documents and automated design of analysis in reference-legal systems
2. Laptin Yu.P. Exact penalty functions in decomposition schemes in variables
- ✓ 3. Д.И. Архипов, А.А. Лазарев Построение оптимального расписания для одного прибора: оценка абсолютной погрешности с помощью метрик
4. Л.Г. Афраймович, А.С. Катеров Поточковые методы построения оценок для аксиальной трехиндексной задачи о назначениях
5. В.В. Балашов, В.А. Балаханов, В.А. Костенко Алгоритмы построения расписаний в информационно-управляющих системах реального времени с архитектурой ИМА
6. Е.А.Беляевских, М.С.Никольский О количестве переключений релейного оптимального управления для осциллирующих управляемых объектов
- ✓ 7. С.В. Бронников, А.Р. Герасимов, А.А. Лазарев, Е.Г. Мусатова, А.С. Петров, К.В. Пономарев, М.М. Харламов, Н.Ф. Хуснуллин, Д.А. Ядренцев Алгоритмы формирования расписания подготовки космонавтов
8. Е.М.Бронштейн, И.Е.Копылов Оптимизация маршрута доставки грузов водным транспортом
9. А.М. Валуев, Е.С. Никифорова О задачах вычисления субоптимальных путей на графах
10. Д.Ю. Волканов Адаптивный метод сбалансированного выбора модулей встроенной вычислительной системы с учётом требований надёжности
11. Б.В. Ганин Метод параметризации целевой функции для нахождения проекции точки на множество решений прямой задачи линейного программирования
12. А.В. Гасников, П.Е. Двуреченский, И.Н. Усманова О нетривиальности рандомизированных ускоренных покомпонентных методов
13. А.И. Голиков, Ю.Г. Евтушенко Новый класс теорем об альтернативах
14. Я.В. Голубева Алгоритмы балансировки нагрузки в параллельной реализации метода ветвей и границ и методика их исследования
15. Д.Р. Гончар Решение минимаксной задачи теории расписаний методом ветвей и границ
16. Д. Р. Гончар, С. Н. Мирошник, Ю. С. Юрезанская Математическое моделирование взаимодействия основного и дополнительного обучения учащихся средней школы
17. М.Р. Давидсон, А.В. Селезнев Метод решения динамической задачи оптимизации состава включенного генерирующего оборудования
18. М.Р. Давидсон, А.В. Селезнев Регуляризация метода Ньютона для решения системы уравнений установившегося режима
19. М.Н. Деменков Пересечение прямой и зонотопа в задаче линейного программирования
20. В.В. Дикусар Вопросы идентификации стохастических дифференциальных уравнений
21. В.И. Ерохин, А.В. Рассадин, А.С. Гоголевский Обобщение регуляризованного метода наименьших квадратов А.Н. Тихонова на l_1 -норму
22. А.Г. Коротченко, В.М. Сморякова Об оптимальном одношаговом алгоритме поиска экстремума в классе функций, определяемом кусочно-линейной мажорантой
23. В.А. Костенко Сочетание жадных стратегии и ограниченного перебора при решении задач о выборе максимально совместимого числа заявок
24. В.А. Костенко Использование самообучения для выбора параметров генетических алгоритмов
25. В.А. Костенко, Р.Л. Смелянский Планировщик ресурсов для облачных платформ
26. В.В. Кулагин Робастность как показатель эффективности решения, принимаемого в условиях неопределенности. Задача о максимальной робастности.

ISBN 978-5-91993-067-9

Труды VIII Московской международной конференции
по исследованию операций (ORM2013)

Подписано в печать 21.09.2016

Формат бумаги 60×84 1/8

Уч.-изд. л. 27. Усл.- печ. л. 33,5

Тираж 170 экз. Заказ 3

Отпечатано на цифровой печатной машине
в Федеральном государственном учреждении
ФИЦ «Информатика и управление» Российской академии наук
Вычислительный центр им. А.А. Дородницына
119333, Москва, ул. Вавилова, 40

Построение оптимального расписания для одного прибора: оценка абсолютной погрешности с помощью метрик*

Д.И. Архипов¹, А.А. Лазарев^{1,2,3,4}

¹ИПУ РАН, Москва, Россия;

²МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия;

³НИУ ВШЭ, Москва, Россия;

⁴МФТИ (ГУ), Москва, Россия.

Рассматривается классическая NP-полная задача теории расписаний. Имеется множество N , состоящее из n требований, и один прибор для их обслуживания. Для каждого требования определены *момент поступления* r_j , *время обслуживания* p_j и *директивный срок* d_j . Каждое требование j должно быть обслужено без прерываний, начиная с момента времени не меньшего чем r_j , одновременное обслуживание нескольких требований запрещено. *Расписанием* будем называть последовательность обслуживания требований $\pi = \{j_1, j_2, \dots, j_n\}$. Естественно рассматривать ранние расписания, при которых $C_{j_1}(\pi) = r_{j_1} + p_{j_1}$, $C_{j_k}(\pi) = \max\{r_{j_1}, C_{j_{k-1}}(\pi)\} + p_{j_k}$, $k = 2, 3, \dots, n$, где $C_j(\pi)$ – *момент окончания обслуживания* требования j при расписании π . Множество расписаний, удовлетворяющих данным требованиям, будем называть *допустимым* и обозначать через $\Pi(N)$. Необходимо построить допустимое расписание π , оптимальное по критерию

$$\min_{\pi \in \Pi(N)} \max_{j \in N} L_j(\pi),$$

где $L_j(\pi) = C_j(\pi) - d_j$ – временное смещение требования j при расписании π . В соответствии с обозначениями, принятыми в теории расписаний и предложенными в статье данная задача может быть обозначена как $1|r_j|L_{\max}$.

Данная задача является N -полной в сильном смысле. Известно большое количество различных полиномиально разрешимых случаев данной задачи, когда параметры требований удовлетворяют системе неравенств. Некоторые из них представлены в таблице 1.

Дополнительное условие	Статья
$r_j = \text{const}$	Jackson [1]
$d_j = \text{const}$	Lawler [2]
$p_j = \text{const}$	Simons [3]
$d_j - p_j - A \leq r_j \leq d_j - A, A = \text{const}$	Hoogeveen [4]
$r_1 \leq \dots \leq r_n, d_1 \leq \dots \leq d_n$	Hoogeveen [4]
$d_1 \leq \dots \leq d_n, d_1 - \alpha p_1 - \beta r_1 \geq \dots \geq d_n - \alpha p_n - \beta r_n, \alpha = \text{const}, \beta = \text{const}, \alpha \in [0, 1], \beta \in [0, +\infty]$	Лазарев, Архипов [5]

Каждый пример задачи $1|r_j|L_{\max}$ задаётся $3n$ параметрами $\{r_1, \dots, r_n, p_1, \dots, p_n, d_1, \dots, d_n\}$, и может быть рассмотрен как точка в $3n$ -мерном пространстве. В данной работе для пространства примеров задачи используется метрика ρ , предложенная в [6], удовлетворяющая свойству

$$\rho(A, B) \geq |L_{\max}^A - L_{\max}^B|.$$

Предложены алгоритмы нахождения ближайших по метрике точек из областей, соответствующих полиномиально разрешимым случаям, представленным в таблице 1, для любого произвольного примера A . Использование данных алгоритмов совместно с методом изменения параметров, предложенным в работе [6], позволяет найти приближённое решение для любого примера задачи $1|r_j|L_{\max}$.

В данной работе показывается, что каждому примеру A может быть поставлена в соответствие точка B на $3n$ -мерной евклидовой единичной сфере, такая, что расписание, оптимальное для B , будет оптимальным и для A тоже. Для примеров, принадлежащих единичной сфере доказывается, что погрешность E приближённого решения, найденного с помощью предложенного алгоритма, удовлетворяет неравенству $E < 1$ для действительных параметров требований и $E < \frac{1}{\sqrt{2}}$, если $r_1, \dots, r_n, p_1, \dots, p_n, d_1, \dots, d_n$ не отрицательны.

В работе представлены численные эксперименты для оценки эффективности предложенного подхода, а также для стохастической оценки погрешности E .

Список литературы

1. Jackson. J.R. Scheduling a production line to minimize maximum tardiness // Manag. Sci. Res. Project. Res. Report, 1955. no. 43.
2. Lawler E.L. Optimal sequencing of a single machine subject to precedence constraints // Manag. Sci. 1973. V. 19. N. 5, pp. 544-546.
3. Simons, B.B. A fast algorithm for single processor scheduling // In 19th Annual Symposium on Foundations of Computer Science (Ann Arbor, Mich., 1978), pp. 246-252.
4. Hoogeveen J.A. Minimizing maximum promptness and maximum lateness on a single machine // Math. Oper. Res. 1996. V.21, pp. 100-114.
5. Лазарев А.А., Архипов Д.И. Минимизация максимального временного смещения для одного прибора // Автоматика и телемеханика. 2016. №4.
6. Лазарев А.А. Теория расписаний. Оценка абсолютной погрешности и схема приближенного решения задач теории расписаний // М.: МФТИ, 2008.