

Программа учебной дисциплины
«Дополнительные главы методов оптимизации»

Утверждена
Академическим советом ООП
Протокол № от «__» ____ 20__ г.

| | |
|-------------------------------|--|
| Автор | Бычков И.С., ст. преподаватель, ibychkov@hse.ru |
| Число кредитов | 6 |
| Контактная работа (час.) | 60 |
| Самостоятельная работа (час.) | 168 |
| Курс | 2 |
| Формат изучения дисциплины | Без использования онлайн-курса |

I. ЦЕЛЬ, РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРЕРЕКВИЗИТЫ

Целями освоения дисциплины «Дополнительные главы методов оптимизации» является изучение современных алгоритмов для решения задач дискретной оптимизации, подходов к построению моделей математического программирования для описания практических задач оптимизации, точных и эвристических методов решения.

Изучение данной дисциплины базируется на следующих дисциплинах:

- Исследование операций
- Разработка программного обеспечения

Для освоения учебной дисциплины, студенты должны владеть следующими знаниями:

- Задач математического программирования, алгоритмов решения классических задач
- Любого языка программирования общего назначения (C, C++, C#, Java и т.п.)

II. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Тема 1. Задачи о рюкзаке, о разбиении, о раскраске, о максимальной клике, о максимальном независимом множестве, о минимальном вершинном покрытии

Формулировка задач в терминах математического программирования. Связь задачи о рюкзаке (knapsack problem) и задачи о разбиении (partition problem). Жадная эвристика для решения задачи о рюкзаке. Связь задач о максимальной клике (maximum clique problem), о максимальном независимом множестве (maximum independent set problem) и о минимальном вершинном покрытии (minimum vertex cover problem). Жадная эвристика для поиска максимальной клики на основе степеней вершин. Жадная эвристика на основе задачи о раскраске.

Тема 2. Задачи коммивояжера, маршрутизации транспорта

Модели смешанного целочисленного программирования для задачи коммивояжера и задачи маршрутизации транспорта с ограничением грузоподъемности, а также с временными окнами. Жадные эвристики для решения этих задач.

Тема 3. Задачи планирования с одним станком, с несколькими станками

Модели смешанного целочисленного программирования для задач планирования с одним и несколькими станками. Жадные эвристики для решения этих задач.

Тема 4. Задачи о формировании производственных ячеек, о назначении ячейки хранения на складе

Модели смешанного целочисленного программирования для задачи о формировании производственных ячеек и задачи о назначении ячейки хранения на складе. Жадные эвристики для решения этих задач.

Тема 5. Различные модели целочисленного программирования для задачи о раскраске.

Метод ветвей и границ на примере задачи о раскраске

Модели VCP-ASS (Assignment) и VCP-SC (Set Covering) для задачи о раскраске. Современные методы решения для этих моделей. Начальное упорядочение, эвристическое решение, глобальная и локальная нижние границы и другие способы повышения эффективности метода ветвей и границ.

Тема 6. Модель математического программирования для практической задачи маршрутизации транспорта с большим числом ограничений.

Задача маршрутизации с несколькими видами транспорта с прицепом, ограничением грузоподъемности, ограничениями заказчиков по виду транспорта, временными окнами, разделенной доставкой, несколькими выездами.

Тема 7. Классические эвристики: жадная эвристика (greedy), метод максимального сожаления (max-regret), multi-start подход, усеченный метод ветвей и границ

Описание алгоритма каждой из эвристик. Подробное рассмотрение каждой эвристики на небольших примерах различных задач комбинаторной оптимизации.

Тема 8. Локальный поиск, или поиск в окрестности (local, or neighbourhood, search), итеративный локальный поиск (iterated local search)

Описание алгоритма локального поиска и итеративного локального поиска. Подробное рассмотрение локального поиска и итеративного локального поиска на небольших примерах различных задач комбинаторной оптимизации.

Тема 9. Поиск во многих окрестностях (variable neighbourhood search)

Описание алгоритма поиска во многих окрестностях. Подробное рассмотрение поиска во многих окрестностях на небольших примерах различных задач комбинаторной оптимизации.

Тема 10. Табу поиск (tabu search)

Описание алгоритма табу поиска. Подробное рассмотрение эвристики табу поиска на небольших примерах различных задач комбинаторной оптимизации.

Тема 11. Рассредоточенный поиск (scatter search)

Описание алгоритма рассредоточенного поиска. Подробное рассмотрение эвристики рассредоточенного поиска на небольших примерах различных задач комбинаторной оптимизации.

Тема 12. Генетические алгоритмы (genetic algorithms)

Описание генетического алгоритма общего вида. Подробное рассмотрение конкретных генетических алгоритмов на небольших примерах различных задач комбинаторной оптимизации.

Тема 13. Муравьиный алгоритм (ant colony optimization)

Описание муравьиного алгоритма в общем виде. Подробное рассмотрение конкретных муравьиных алгоритмов на небольших примерах различных задач комбинаторной оптимизации.

Тема 14. Метод роя частиц (particle swarm optimization)

Описание метода роя частиц в общем виде. Подробное рассмотрение конкретных алгоритмов роя частиц на небольших примерах различных задач комбинаторной оптимизации.

Тема 15. Пчелиный алгоритм (bees algorithm)

Описание пчелиного алгоритма в общем виде. Подробное рассмотрение конкретных пчелиных алгоритмов на небольших примерах различных задач комбинаторной оптимизации.

III. ОЦЕНИВАНИЕ

Накопленная оценка учитывает результаты домашнего задания (д/з). Оценка определяется по формуле:

Накопленная = $(\text{Од}/z_1 + \text{Од}/z_2 + \dots + \text{Од}/z_n) / n$

Итоговая оценка вычисляется по формуле:

Итоговая = $0,5 * \text{Оэкзамен} + 0,5 * \text{Онакопл.}$

Способ округления оценок – арифметический. В диплом выставляется итоговая оценка.

IV. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Оценочные средства для текущего контроля студента

Домашнее задание включает программирование алгоритмов, например:

- алгоритм локального поиска для задачи коммивояжера
- алгоритм муравьиной колонии для задачи маршрутизации транспорта.

Оценочные средства для промежуточной аттестации

Примерный перечень вопросов к экзамену по всему курсу или к каждому промежуточному и итоговому контролю для самопроверки студентов.

- В чем заключается multi-start подход?
- Каким образом можно избавиться от экспоненциального числа неравенств запрещающих подциклы в задачи коммивояжера?
- Выполните один шаг алгоритма VNS для заданной задачи.
- Найдите оценку снизу для заданной задачи
- Какие существуют способы улучшения локального поиска?

V. РЕСУРСЫ

5.1 Основная литература

1. Методы оптимальных решений: учебное пособие : в 2 т. Т.1: Общие положения. Математическое программирование / А.В.Соколов, В.В.Токарев. - 3-е изд.; испр. и доп. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. - 563 с. - (Анализ и поддержка решений). Гриф МО РФ
2. Методы оптимальных решений: учебное пособие : в 2 т. Т.2: Многокритериальность. Динамика. Неопределенность / В.В.Токарев. - 3-е изд.; испр. и доп. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. - 416 с. - (Анализ и поддержка решений). Гриф МО РФ

5.2 Дополнительная литература

1. Алгоритмы: построение и анализ / Т. Кормен [и др.]. - 2-е изд. - М.: Вильямс, 2012. - 1290 с.
2. Andreas S. Schulz, Martin Skutella, Sebastian Stiller, Dorothea Wagner. Gems of Combinatorial Optimization and Graph Algorithms. Springer International Publishing, Switzerland, 2015.
3. Panos M. Pardalos, Ding-Zhu Du, Ronald L. Graham. Handbook of Combinatorial Optimization. Springer Science+Business Media, New York, 2013.
4. Bernhard Korte, Jens Vygen. Combinatorial Optimization. Theory and Algorithms. Fifth edition. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2012.
5. Ming-Yang Kao. Encyclopedia of Algorithms. Springer, New York, NY, 2016.

5.3 Программное обеспечение

| № п/п | Наименование | Условия доступа |
|-------|--------------------------------------|--|
| 1. | Linux | <i>Свободно распространяемое программное обеспечение</i> |
| 2. | Java SDK, Eclipse, IDEA | <i>Свободно распространяемое программное обеспечение</i> |
| 3. | MS Visual Studio (Community Edition) | <i>Свободно распространяемое программное обеспечение</i> |

5.4 Дополнительная литература для самостоятельного изучения дисциплины

1. M. Gendreau, J.-Y. Potvin. Handbook of Metaheuristics. Springer, 2010.
2. Michael L. Pinedo. Scheduling. Theory, Algorithms, and Systems. Springer US, 2012.
3. M. Garey, D. Johnson. Computers and Intractability: A Guide to the Theory of NP-Completeness. 1979.
4. Gregory Gutin, Abraham P. Punnen. The Traveling Salesman Problem and Its Variations. Combinatorial Optimization, Vol. 12, 2007.
5. Paolo Toth, Daniel Vigo. The Vehicle Routing Problem. Society for Industrial and Applied Mathematics, Philadelphia, USA, 2001.
6. Carraghan, R., Pardalos, P.M.: An exact algorithm for the maximum clique problem. Operations Research Letters 9(6), 375-382, (1990).
7. Tomita, E., Sutani, Y., Higashi, T., Takahashi, S., Wakatsuki, M.: A simple and faster branch-and-bound algorithm for finding a maximum clique. In: Proceedings of the

4th international conference on Algorithms and Computation, WALCOM'10, pp. 191-203, (2010).

8. David L. Applegate. The Traveling Salesman Problem: A Computational Study. Princeton University Press, 2006.
9. Goncalves, J.F., Resende, M.G.C.: An evolutionary algorithm for manufacturing cell formation. *Comput. Ind. Eng.* 47, 247–273 (2004).
10. Xambre, A.R., Vilarinho, P.M.: A simulated annealing approach for manufacturing cell formation with multiple identical machines. *Eur. J. Oper. Res.* 151, 434–446 (2003).
11. Bouazza Elbenani & Jacques A. Ferland. Cell Formation Problem Solved Exactly with the Dinkelbach Algorithm. Montreal, Quebec. CIRRELT-2012-07 (2012).
12. Adrian Kosowski, Krzysztof Manuszewski. Classical Coloring of Graphs. In: Graph Colorings (Ed.) Marek Kubale. American Mathematical Society, 2004.
13. N. V. Reinfeld and W. R. Vogel, *Mathematical Programming*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1958.
14. D. T. Pham, A. Ghanbarzadeh, E. Koc, S. Otri, S. Rahim, M. Zaidi. The Bees Algorithm – A Novel Tool for Complex Optimisation Problems. Cardiff University Technical Report, 2005.

5.5 Профессиональные базы данных, информационные справочные системы, интернет-ресурсы (электронные образовательные ресурсы)

| № п/п | Наименование | Условия доступа |
|---|--|--|
| <i>Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы</i> | | |
| 1. | Электронные библиотечные ресурсы НИУ ВШЭ (электронные образовательные ресурсы) | Договор |
| <i>Интернет-ресурсы (электронные образовательные ресурсы)</i> | | |
| 1. | Википедия | URL: https://wikipedia.org |

5.6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для лекционных занятий по дисциплине обеспечивают использование и демонстрацию тематических иллюстраций, соответствующих программе дисциплины в составе:

- ПЭВМ с доступом в Интернет (операционная система, офисные программы, антивирусные программы);
- мультимедийный проектор с дистанционным управлением.