НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет компьютерных наук
Департамент программной инженерии
Отчет по преддипломной практике

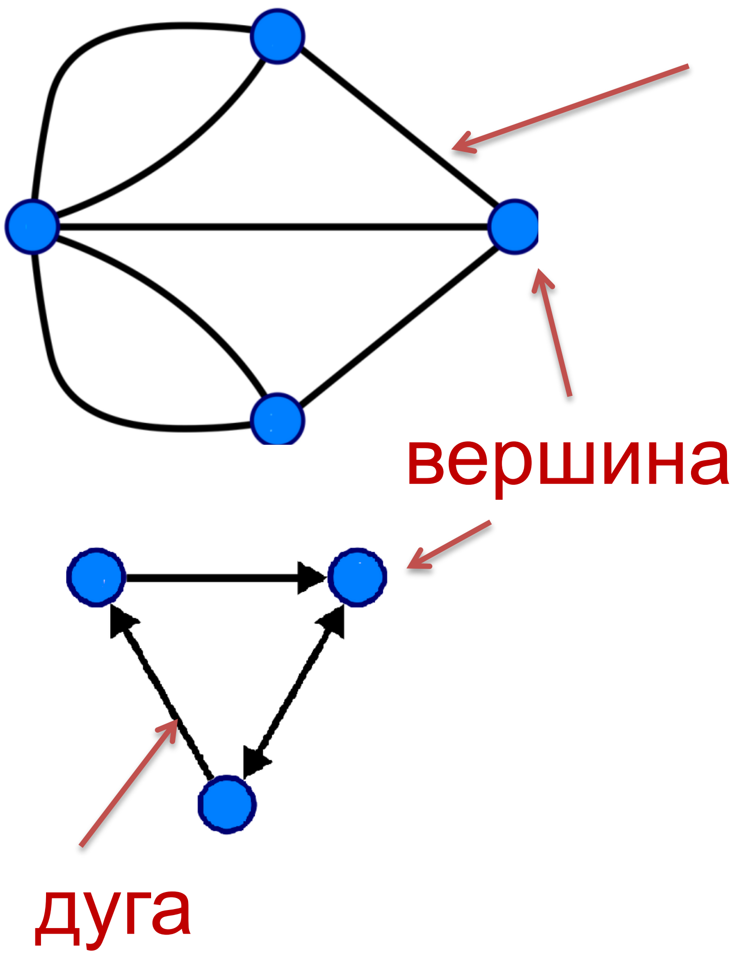
Реализация и оценка качества эвристических алгоритмов для смешанной задачи китайского почтальона

Место прохождения практики: НИУ ВШЭ

Научный руководитель:
Профессор ДПИ, к.т.н.
Авдошин С.М.

Выполнила студентка группы БПИ131
образовательной программы
09.03.04 «Программная инженерия»
Горденко М.К.

ОПИСАНИЕ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ



- Полустепень исхода $d^-(v)$
- Полустепень захода $d^+(v)$
- Дивергенция

$$div(v) = d^-(v) - d^+(v)$$

- Если $div(v) = 0$
  то вершина *v* сбалансирована
- Эйлеров граф

$$D^+ = \{v|\, div(v) > 0\}$$
$$D^- = \{v|\, div(v) < 0\}$$

ОПИСАНИЕ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ

Задача китайского почтальона заключается в том, чтобы пройти все улицы заданного маршрута с определенной длиной каждой дороги, входящей в маршрут, и вернуться в начальную точку, пройдя при этом как можно меньшее расстояние

ОБЪЕКТ И ПРЕДМЕТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследований является задача поиска маршрута китайского почтальона в смешанном мультиграфе.

Предметом исследования является теория и алгоритмы решения задачи китайского почтальона в смешанном мультиграфе.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ОБОСНОВАНИЕ АКТУАЛЬНОСТИ РАБОТЫ

Verify link broken

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Цель работы

Исследование и разработка эвристических и приближенных алгоритмов решения CPP в смешанном мультиграфе.

Задачи работы

- Анализ существующих исследований в области решения CPP в смешанном мультиграфе;
- Анализ существующих алгоритмов решения CPP в смешанном мультиграфе;
- Разработка эвристических и приближенных алгоритмов решения CPP в смешанном мультиграфе;
- Экспериментальное исследование найденных и разработанных алгоритмов CPP в смешанном мультиграфе с целью сравнительной оценки рациональности изученных решений.

Оглавление ВКР

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ

Подход 1.

Преобразовать существующие алгоритмы решения задачи в ориентированном, неориентированном смешанном графе.

Подход 2.

Использовать преобразование проблемы в эквивалентные

(MCPP -> GTSP -> ATSP -> STSP)

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Дан взвешенный смешанный сильно связный мультиграф $G = < V, E \cup A, C >$, где V - множество вершин мультиграфа,
E – мультимножество ребер,
A - мультимножество дуг,
$C: E \cup A \to R_+$- функция стоимости, задающая не отрицательные веса дуг и ребер между вершинами.

Пусть $I = \{1, 2, \dots, |E + A|\}$, $L = \{1, 2, \dots, |V|\}$.

На множестве вершин графа V зададим индексацию $inv = V \to L$, $\forall v_i \in V\ \forall v_j \in V\ v_i \neq v_j => i \neq j$. Здесь $i = inv(v_i)$.

На множестве $E \cup A$ графа зададим индексацию $inea = \mathrm{E} \cup \mathrm{A} \to I$, $\forall e_i \in \mathrm{E} \cup \mathrm{A}\ \forall e_j \in \mathrm{E} \cup \mathrm{A}\ e_i \neq e_j => i \neq j$. Здесь $i = inea(e_i)$.

Решение ЗКП представляет собой маршрут $\mu = (e_{p_1}, e_{p_2}, \dots, e_{p_k})$, удовлетворяющий следующим соотношениям:

1) $v^-(e_{p_1}) = v^+(e_{p_k})$, $\forall i \in \{1, 2, \dots, k-1\}\ v^+(e_{p_i}) = v^-(e_{p_{i+1}})$, где $v^-(e)$ - начало дуги или ребра e, $v^+(e)$ - конец дуги или ребра e.

2) $\mathrm{E} \cup \mathrm{A} \setminus \{e_{p_1}, e_{p_2}, \dots, e_{p_k}\} = \emptyset$.

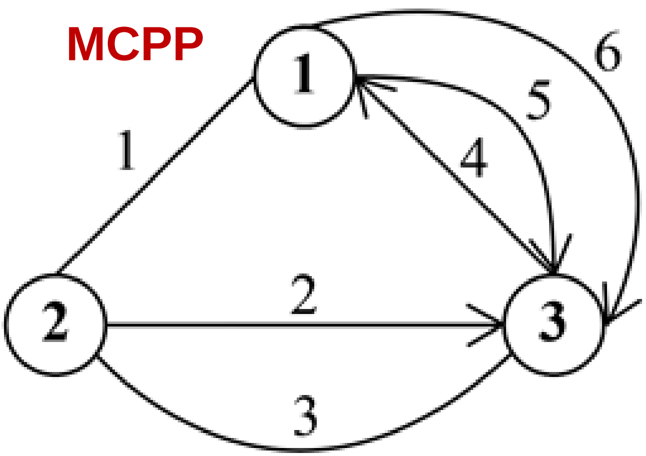
Обозначим через $C(\mu) = \sum_{i=1}^{k} C(e_i)$ - стоимость маршрута.

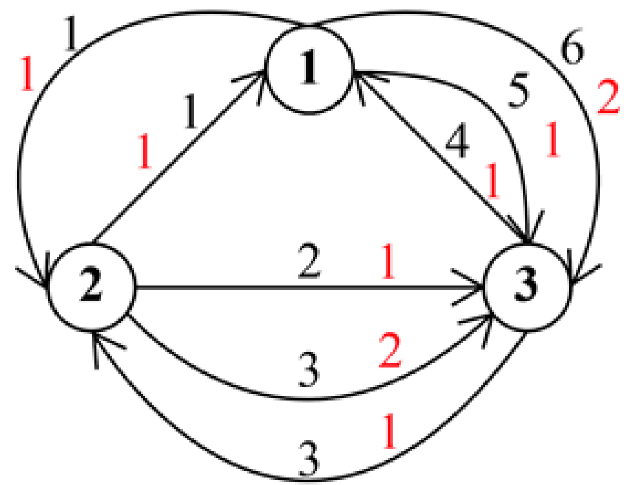
Пусть $\mathcal{M}$ - множество решений ЗКП. Требуется найти маршрут $\mu_0 \in \mathcal{M}$, такой что $\forall \mu \in \mathcal{M}\ C(\mu_0) \leq \mathrm{C}(\mu)$ или

$$C(\mu_0) = \min_{\mu \in \mathcal{M}} (\mathrm{C}(\mu))$$

ОПИСАНИЕ ВЫБРАННОЙ МОДЕЛИ

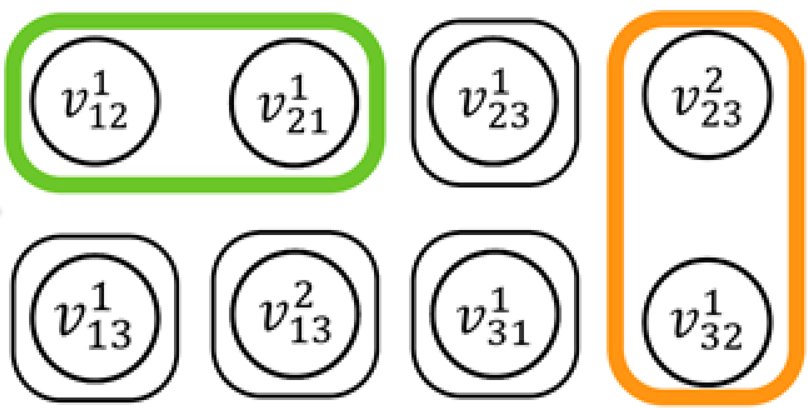
MCPP





GTSP

		1	2	3	4	5	6	7	8
		v_{12}^1	v_{13}^1	v_{13}^2	v_{21}^1	v_{23}^1	v_{23}^2	v_{31}^1	v_{32}^1
1	v_{12}^1	-	6	7	1	2	3	6	5
2	v_{13}^1	5	-	10	4	5	6	4	3
3	v_{13}^2	5	9	-	4	5	6	4	3
4	v_{21}^1	1	5	6	-	3	4	7	6
5	v_{23}^1	5	9	10	4	-	6	4	3
6	v_{23}^2	5	9	10	4	5	-	4	3
7	v_{31}^1	1	5	6	2	3	4	-	6
8	v_{32}^1	2	6	7	1	2	3	6	-



ОПИСАНИЕ ВЫБРАННОЙ МОДЕЛИ

ATSP

		1	2	3	4	5	6	7	8
		v_{12}^1	v_{13}^1	v_{13}^2	v_{21}^1	v_{23}^1	v_{23}^2	v_{31}^1	v_{32}^1
1	v_{12}^1	-	5	6	0	3	4	7	6
2	v_{13}^1	5	-	10	4	5	6	4	3
3	v_{13}^2	5	9	-	4	5	6	4	3
4	v_{21}^1	0	6	7	-	2	3	6	5
5	v_{23}^1	5	9	10	4	-	6	4	3
6	v_{23}^2	2	6	7	1	2	-	6	0
7	v_{31}^1	1	5	6	2	3	4	-	6
8	v_{32}^1	5	9	10	4	5	0	4	-

ОПИСАНИЕ ВЫБРАННОЙ МОДЕЛИ

STSP

	v_{12}^1	v_{13}^1	v_{13}^2	v_{21}^1	v_{23}^1	v_{23}^2	v_{31}^1	v_{32}^1	$v_{12}'^1$	$v_{13}'^1$	$v_{13}'^2$	$v_{21}'^1$	$v_{23}'^1$	$v_{23}'^2$	$v_{31}'^1$	$v_{32}'^1$
v_{12}^1	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$-\infty$	5	5	0	5	2	1	5
v_{13}^1	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	5	$-\infty$	9	6	9	6	5	9
v_{13}^2	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	6	10	$-\infty$	7	10	7	6	10
v_{21}^1	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	0	4	4	$-\infty$	4	1	2	4
v_{23}^1	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	3	5	5	2	$-\infty$	2	3	5
v_{23}^2	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	4	6	6	3	6	$-\infty$	4	0
v_{31}^1	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	7	4	4	6	4	6	$-\infty$	4
v_{32}^1	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	6	3	3	5	3	0	6	$-\infty$
$v_{12}'^1$	$-\infty$	5	6	0	3	4	7	6	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$
$v_{13}'^1$	5	$-\infty$	10	4	5	6	4	3	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$
$v_{13}'^2$	5	9	$-\infty$	4	5	6	4	3	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$
$v_{21}'^1$	0	6	7	$-\infty$	2	3	6	5	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$
$v_{23}'^1$	5	9	10	4	$-\infty$	6	4	3	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$
$v_{23}'^2$	2	6	7	1	2	$-\infty$	6	0	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$
$v_{31}'^1$	1	5	6	2	3	4	$-\infty$	6	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$
$v_{32}'^1$	5	9	10	4	5	0	4	$-\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$

Горденко М.К., БПИ131, ВКР – Смешанная задача китайского почтальона

ОПИСАНИЕ ВЫБРАННЫХ АЛГОРИТМОВ

MCPP -> GTSP -> ATSP -> STSP

1. NN
2. RNN
3. INN
4. RINN
5. DENN
6. NLN
7. DENLN

ТЕХНОЛОГИИ И ИНСТРУМЕНТЫ РЕАЛИЗАЦИИ

– язык C++;
– .NET Framework 4.0;
– Microsoft Visual Studio 2015.

АПРОБАЦИЯ РАБОТЫ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2014661301

ClosedCPPForDirecredAndAndirectedGraph

Правообладатель: *Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (RU)*

Авторы: *Авдошин Сергей Михайлович (RU), Горденко Мария Константиновна (RU)*

Заявка № 2014619115

Дата поступления 11 сентября 2014 г.

Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ *28 октября 2014 г.*

Врио руководителя Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Л.Л. Кирий

International Journal of Open Information Technologies

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ практики

Задачи работы

- Анализ существующих исследований в области решения CPP в смешанном мультиграфе;
- Анализ существующих алгоритмов решения CPP в смешанном мультиграфе;
- Разработка эвристических и приближенных алгоритмов решения CPP в смешанном мультиграфе;
- Экспериментальное исследование найденных и разработанных алгоритмов CPP в смешанном мультиграфе с целью сравнительной оценки рациональности изученных решений

Ожидаем от ВКР

Роспатент

- Улучшить существующие решения;
- Оформить новые алгоритмы в виде статей и патентов;
- Увеличить точность работы алгоритмов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1) G. Laporte, «The undirected Chinese postman problem,» в *Arc Routing: Problems, Methods, and Applications*, т. 20, MOS-SIAM Series on Optimization, 2014, pp. 53-64.
2) H. Thimbleby, «The directed chinese postman problem,» *Software: Practice and Experience*, т. 33, № 11, pp. 1081-1096, 2003.
3) J. Edmonds и E. L. Johnson, «Matching, Euler tours and the Chinese postman,» *Mathematical programming*, т. 5, № 1, pp. 88-124, Johnson.
4) T. Ralphs, «On the mixed Chinese postman problem,» *Operations Research Letters*, т. 14, № 3, pp. 123-127, 1993.
5) M. Guan, «On the windy postman problem,» *Discrete Applied Mathematics*, т. 9, № 1, pp. 41-46, 1984.
6) A. M. Rodrígues и J. S. Rodrígues, «MIC'2001 – 4th Metaheuristics International Conference,» в *Solving the Rural Postman Problem by Memetic Algorithms*, Porto, Portugal, 2001.
7) G. Ghiani и G. Improta, «An algorithm for the hierarchical Chinese postman problem,» *Operations Research Letters*, т. 26, № 1, pp. 27-32, 2000.
8) U. Derigs, «Routing problems,» *Optimization and Operations Research*, т. 2.
9) T. Harju, *Lecture Notes on Graph Theory*, pp. 29-31.
10) L. Xu, Graph Planning for Environmental Coverage, Pittsburgh, Pennsylvania: Carnegie Mellon University, 2011, pp. 95-96.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

11) K. Yaoyuenyong, P. Charnsethikul и V. Chankong, «A Heuristic Algorithm for the Mixed Chinese Postman Problem,» *Optimization and Engineering*, т. 3, № 2, p. 157–187, June 2002.

12) F. Javier и Z. Mart́ ınez, Postman Problems on Mixed Graphs, 2003, pp. 59-61.
13) G. Laporte и A. Corberan, Arc Routing: Problems, Methods, and Applications, SIAM, 2015, pp. 112-114.
14) D. Ben-Arieh, G. Gutin, M. Penn и A. Zverovitch, «Transformations of generalized ATSP into ATSP,» *Operations Research*, т. 31, № 5, pp. 357-365, 2003.
15) R. Kumar и H. Li, «On Asymmetric TSP: Transformation to Symmetric TSP and Performance Boundv,» *Journal of Operations Research*, 1996.
16) K. Helsgaun, «Solving Arc Routing Problems Using the Lin-Kernighan-Helsgaun Algorithm,» Roskilde University, 2014.
17) Á. Corberán, I. Plana и J. M. Sanchis, «Arc Routing Problems: Data Instances,» 20 November 2015. [В Интернете]. Available: http://www.uv.es/corberan/data/. [Дата обращения: 20 April 2017].
18) S. Bönisch, «Implementierung der Edmonds-Johnson Heuritik für das Mixed Chinese Postman Problem,» 21 December 1999. [В Интернете]. Available: http://comopt.ifi.uni-heidelberg.de/teaching/praktikum/projekte/mcppHeuristikSebastianBoenisch.tar.gz. [Дата обращения: 20 April 2017].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

19) А. В. Левитин, Алгоритмы: введение в разработку и анализ, Издательский дом Вильямс, 2006, pp. 349-353.
20) G. Laporte и M. Blais, «Exact solution of the generalized routing problem through graph transformations,» *Journal of the Operational Research Society*, т. 54, № 8, pp. 906-910, 2003.
21) G. Laporte, M. Gendreau и H. Eiselt, «Arc routing problems, part I: The Chinese postman problem,» *Operations Research*, т. 43, № 2, pp. 231-242, 1995.
22) C. E. Noon и J. C. Bean, «An efficient transformation of the generalized traveling salesman problem,» *INFOR: Information Systems and Operational Research*, т. 31, № 1, pp. 39-44, 1993.
23) M. Hahsler и K. Hornik, «TSP-Infrastructure for the traveling salesperson problem,» *Journal of Statistical Software*, т. 23, № 2, pp. 1-21, 2007.
24) F. G. S. L. Pimentel, «Double-ended nearest and loneliest neighbour–a nearest neighbour heuristic variation for the travelling salesman problem,» *Revista de Ciências da Computação,* т. 6, № 6, 2016.
25) C. Nilsson, «Heuristics for the traveling salesman problem,» Sweden, 2003.
26) D. S. Johnson и L. A. McGeoch, «The traveling salesman problem: A case study in local optimization,» *Local search in combinatorial optimization*, т. 1, pp. 215-310, 1997.
27) J. L. Bentley, «Fast algorithms for geometric traveling salesman problems,» *ORSA J. Computing*, т. 4, pp. 387-411, 1992.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Спасибо за внимание!

Горденко М.К.
mkgordenko@edu.hse.ru

Москва - 2017