

ЗМІСТ

1. ФОРМУЛЮВАННЯ ЗАДАЧІ, ІСТОРІЯ ТА МЕТОДИ	9
1.1. Застосування ЗК	12
1.2. Як розв'язати ЗК	13
1.3. Метаевристики для ЗК	17
1.4. Історія розв'язування ЗК	18
1.5. Класифікація методів розв'язування ЗК	22
1.6. Структури даних для представлення маршруту	25
1.7. Колекції тестових задач	26
1.8. Сучасні підходи до задач великих розмірностей	33
1.9. Резюме	35
2. ЗК З КЛАСТЕРНИМ РОЗПОДІЛОМ ТОЧОК	46
2.1. Опис декомпозиційного методу	36
2.2. Методологія макромодельовання	39
2.3. Пошук початкового розв'язку	40
2.4. Оптимізація початкового розв'язку	47
2.5. Експериментальні дослідження	56
2.6. Резюме	58
3. ЗК З ДОВІЛЬНИМ РОЗПОДІЛОМ ТОЧОК	59
3.1. Геометричний метод розширення часткового розв'язку	60
3.1.1. Розв'язок ЗК у початковій підмножині	61
3.1.2. Розширення початкового часткового розв'язку	62
3.2. Метод розширення часткового розв'язку на основі триангуляції	71
3.2.1. Розв'язок ЗК у початковому кластері	74
3.2.2. Розширення часткового розв'язку	75
3.3. Обчислювальна складність методів	79
3.4. Результати експериментів для геометричного методу	81
3.5. Результати експериментів для методу на основі триангуляції	85
3.6. Резюме	88

4. ОПТИМІЗАЦІЯ РОЗВ'ЯЗКІВ ЗК ВЕЛИКИХ РОЗМІРНОСТЕЙ	89
. 4.1. Метод послідовної оптимізації маршруту	98
. 4.2. Метод геометричної оптимізації маршруту	102
. 4.3. Оптимізація маршруту на основі тріангуляції	109
. 4.4. Результати експериментів розроблених методів	114
. 4.4.1. Дослідження методу послідовної оптимізації	115
. 4.4.2. Дослідження методу геометричної оптимізації	119
. 4.4.3. Дослідження методу оптимізації на основі тріангуляції	121
. 4.4.4. Комбіноване застосування методів оптимізації	125
. 4.5. Резюме	128
5. АРХІТЕКТУРА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	129
. 5.1. Опис архітектури ПЗ	129
. 5.2. Резюме	134
ВИСНОВКИ	135
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	136
ДОДАТОК. ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗКІВ ЗАДАЧ	142

ВСТУП

"Для 50 точок якби ви почали розв'язувати цю задачу на своєму домашньому комп'ютері, ви б знайшли оптимальний маршрут приблизно через $9,64 \times 10^{52}$ років."

© DailyMail, 2015 р.

Задача комівояжера (Traveling Salesman Problem, TSP, ЗК) формулюється наступним чином: дано множину точок, які треба відвідати лише по одному разу так, щоб маршрут був найкоротшим. Кількість можливих маршрутів через множину точок зростає дуже швидко навіть для малої їх кількості. Наприклад, для задачі на 13 точок існує 239500800 різних можливих маршрутів.

Одним з перших задачу досліджував Дж. Данциг – автор симплекс-методу. Він з групою дослідників знайшов оптимальний розв'язок задачі для 52 штатів США і довів, що не існує коротшого маршруту. Алгоритми для знаходження якісного розв'язку задачі зазвичай складні в програмній реалізації. Найпопулярнішим серед них є алгоритм Ліна-Кернігана, розроблений Брайаном Керніганом та Шеном Ліном у 1973 році [1]. Реалізацію алгоритму Ліна-Кернігана можна знайти у вихідних кодах прикладної програмної системи "Concorde" [2].

Для оцінки якості алгоритмів використовуються стандартні колекції тестових задач. Розмір задач з відомих колекцій – в межах від декількох десятків до сотень тисяч та мільйонів точок. Найпопулярнішою колекцією тестових задач є TSPLIB, створена в 1991 році Герхардом Райнельтом [3]. До неї входять задачі розмірністю від 52 до 85900 точок. Для всіх задач відомі оптимальні розв'язки, тому при розробленні свого власного алгоритму можна перевірити його ефективність. Іншою колекцією є перетворені Робертом Бошом [4, 5] зображення у набори точок. Спеціальним алгоритмом зображення перетворюється в набір точок на площині, щільність яких залежить від яскравості. Малюючи неперервною

лінією і тим самим розв'язуючи задачу комівояжера для заданих точок одержується зображення. Для дослідників доступні тестові задачі "Мона Ліза" розмірністю 10^5 точок, "Ван Гог" та ін. [6].

Задача комівояжера дозволяє розробляти нові методи для інших задач комбінаторної оптимізації, багато прикладних задач зводяться до неї. Знаходженню оптимальних розв'язків присвячені дослідження Д. Еплгейта, Р. Біксбі, В. Хватала та В. Кука [7]. Ними розроблено програмне забезпечення "Concorde" для знаходження точного розв'язку задачі. Впродовж останніх років К. Гельсгаун удосконалив класичну версію методу Ліна-Кернігана – розробив метод Ліна-Кернігана-Гельсгауна, що є найкращим на даний час евристичним методом розв'язання ЗК [8]. Гельсгауном вдосконалено відсікання простору пошуку на основі субградієнтної оптимізації.

У книзі представлено нові алгоритми для розв'язання важливої практичної задачі, яка має широке застосування у різних галузях (транспортні задачі, дослідження структури білка, виготовлення НВІС, штучний інтелект та ін.). Теоретична частина книги супроводжується великою кількістю експериментів.



© Р. Бош