

ЕВРИСТИЧНИЙ МЕТОД РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ МАРШРУТИЗАЦІЇ З ЧАСОВИМИ ВІКНАМИ

Розглянуто задачу маршрутизації з часовими вікнами та методи, які можуть бути застосовані для розв'язання поставленої задачі.

Вступ

Багато практично важливих задач планування, розподілення ресурсів, маршрутизації перевезень, побудови зводяться до задач дискретної оптимізації, розв'язання яких викликає значні труднощі. Задача маршрутизації з часовими вікнами є NP-складною задачею [1]. Тому задача не розв'язується за допомогою точних методів, а використовуються евристичні алгоритми [2].

Задача маршрутизації транспортних засобів. Серед множини транспортних задач виділяються своєю складністю задачі маршрутизації транспортних засобів з часовими вікнами. Відомі приклади застосування генетичних алгоритмів до деяких різновидів задачі маршрутизації з часовими вікнами [3, 4].

Загальна постановка задачі маршрутизації з часовими вікнами

На площині задана деяка кількість клієнтів з їхніми потребами, заданий час обслуговування та час від отримання замовлення до поставки, а також депо з однаковими транспортними засобами і з відомими обмеженнями на ємність транспортного засобу. Потрібно знайти множину шляхів прибуття та відбуття на головну станцію (склад), таку що кожен клієнт обслуговується тільки одним транспортним засобом. Очевидно, що деякий маршрут не повинен порушувати обмеження ємності транспортного засобу. Крім того, кожен клієнт повинен обслуговуватися в своєму так званому часовому вікні. Часове вікно точно визначає ранній та самий пізній час, за який доставка має початися. Якщо транспортний засіб прибуває до клієнта до відкриття часового вікна, то він повинен очікувати. Прибуття після кінця часового вікна не дозволяється.

Виклад основного матеріалу

І. П. Норенковим за допомогою методу комбінування евристик розв'язувалась одна з найбільш складних різновидів задачі маршрутизації з часовими вікнами у наступній постановці:

Основні вихідні дані: n – кількість вузлів споживачів продукту (k -й вузол-споживач ототожнюється з k -м замовленням); b – кількість вузлів-джерел продукту; m – кількість серверів (транспортних засобів); w – загальна кількість вузлів; V – вихідне розташування споживачів, джерел і серверів у вузлах; D – матриця відстаней між вузлами; $T1i$ і $T2i$ – нижня і верхня межі часового вікна для виконання i -го замовлення; p – кількість видів продукту. Крім того, для вузлів-споживачів та вузлів-джерел задані об'єми відповідно замовленого і наявного продукту кожного типу, для серверів – максимальний об'єм продукту, що перевозиться, швидкість руху, ціна за одиницю відстані пробігу, штрафи за порушення часових обмежень (вихід за межі часових вікон), причому штрафи залежать від ціни одиниці продукту кожного типу і від ступеня порушення обмежень.

Потрібно знайти графік руху транспортних засобів для виконання всіх замовлень з мінімальними затратами.

Метод комбінування евристик. В генетичних методах будь-яке рішення задачі синтезу представляється хромосомою (запис, фрейм), що складається з генів (полів, слотів). Аллелями, тобто значеннями генів, є значення проектних параметрів.

Направлений перебор рішень реалізується за допомогою генетичних операторів вибору батьків, кроссовера, мутації, селекції, перевпорядкування. Спочатку формується (зазвичай випадковим чином) початкове покоління, що складається з g хромосомів. Далі випадковим чином серед хромосомів даного покоління вибираються пари батьків, причому ймовірність вибору хромосом з кращими значеннями цільової функції повинна бути вище. Наступне покоління утворюється (селектується) з g перспективних дочірніх хромосом, що є результатом ряду операцій кроссовера. Кроссовер міститься в розриві двох батьківських хромосомів та рекомбінуванні утворених хромосомних відрізків. Мутації, тобто випадкові зміни деяких аллелей, відбуваються за деяким правилом (наприклад, з заданою ймовірністю) і слугують для виключення застрягання пошуку в обмеженому підпросторі. Різновиди генетичних операторів та їх утворення породжують множину генетичних методів, опис яких можна знайти, наприклад, в [5, 6].

Очевидно, що не будь-який результат кроссовера є допустимою хромосомою. Наприклад, нехай в задачі про призначення кожного з n виконавців на одну з n робіт гени відповідають виконавцям, а аллелями є номери робіт (або навпаки). Після кроссовера в дочірній хромосомі можуть з'явитися гени з однаковими номерами, що порушує вихідні умови задачі, оскільки кожна з робіт повинна виконуватися одним конкретним виконавцем. Тому додатково виконуються оператори перевпорядкування – коректування подібних "неправильних" хромосомів. Але їх застосування зазвичай знижує ефективність генетичного пошуку.

Метод комбінування евристик вільний від необхідності коректування дочірних хромосомів. Його головна особливість полягає у тому, що аллелями служать не значення проектних параметрів, а імена евристик, що використовуються для визначення цих значень. Виконання умов допустимості переноситься в самі евристики, що робить власне генетичний алгоритм інваріантним до різних задач.

Іншими словами, в методі комбінування евристик i -й ген відповідає i -й підзадачі, а i -й аллель є номер (ім'я) процедури (евристики), що реалізує локальну цільову функцію та обмеження i -ої підзадачі. В методі комбінування евристик для кожної підзадачі повинно бути сформульовано декілька альтернативних постановок (процедур), саме серед них генетичний алгоритм і буде вибирати члени послідовності, наближаючись до оптимальної послідовності евристик.

Методом комбінування евристик розв'язувалась задача маршрутизації з часовими вікнами І. П. Норенковим.

Задача декомпозується на підзадачі, в кожній з яких застосовуються евристики для наступних частин підзадачі:

1) вибір замовлення (вузла-споживача);

2) вибір вузла-джерела;

3) вибір сервера (не виключено, що для виконання конкретного замовлення приваблюється більш ніж по одному джерелу і/або серверу).

Для першої частини підзадач використовувались правила S1—S3, в яких вибирається споживач:

S1) з максимальним сумарним об'ємом замовленого продукту;

S2) з максимальною вартістю замовленого продукту;

S3) з мінімальною верхньою межею часового вікна.

Для другої частини підзадач використовувались правила Q1 і Q2 по відношенню до джерел з запасом продукту хоча б одного типу більшим, ніж замовлений об'єм; якщо таких джерел немає, використовувалось правило Q3. В правилах вибирається джерело:

Q1) з мінімальною відстанню до вузла споживача, вибраного в першій частині задачі;

Q2) з мінімальною сумою відстаней до вузла-споживача і до найближчого вузла, в якому є вільний сервер;

Q3) з мінімальною величиною $h = \frac{L1+L2}{U}U0$, де $L1$ і $L2$ – відстані відповідно до вузла-споживача і до

найближчого вузла, в якому є вільний сервер; $U0$ – сумарний об'єм замовленого продукту; U – сумарний об'єм продукту в джерелі.

Для третьої частини підзадач використовувались правила V1 – V3, в яких вибирається сервер:

V1) з мінімальною відстанню до вузла-споживача;

V2) з мінімальним часом звільнення від попереднього обслуговування;

V3) з мінімальним часом виконання маршруту.

В якості тестової використовувалась задача VRP_80 з наступними вихідними даними: $w = 80$, $n = 25$, $b = 40$, $m = 12$, $p = 2$.

Кожний ген в хромосомі відповідає одному акту перевезення, тобто переміщенню сервера з стартового вузла через вузол-джерело в вузол-споживач. Оскільки число актів завчасно невідоме (виконання замовлення може вимагати декілька актів) і виявляється різним у різних варіантах розкладу, то повинно змінюватися і число генів у хромосомі в процесі пошуку. Однак можна використовувати постійне число генів g , що перевищує максимально можливе число актів G , або автоматично змінювати довжини хромосом у процесі рішення. Простіше перша альтернатива, у ній $g > G$ вибирається з запасом по пробним прогонам задачі.

На відміну від методу комбінування евристик, де потрібна різноманітність евристик, в звичайних евристичних методах можна підвищити ефективність рішення, застосовуючи в єдиній евристиці по декілька критеріїв з визначеними ваговими коефіцієнтами.

Розглянемо переваги методу комбінування евристик.

Перш за все відмітимо значно більшу близькість результатів до оптимальних значень в методі комбінування евристик у порівнянні зі звичайними евристичними методами, як це впливає з даних табл. 1.

Таблиця 1

	VRP 80
Кращий з евристичних методів	705
метод комбінування евристик	494 — 504
Ev	5400

Більша ефективність методу комбінування евристик у порівнянні із звичайними генетичними методами обумовлюється наступними причинами:

1. Суттєве скорочення пошукового простору за рахунок використання обмеженого числа розумних

евристик (отже, скорочення іде за рахунок неперспективних областей простору рішень). Наприклад, в таких задачах, як задачі про призначення n виконавців на n робіт або задачі комівояжера з n містами, потужність множини можливих рішень є $n!$ В той же час у методі комбінування евристик при використанні набору з t евристик потужність зменшується до t^n .

2. Оскільки в скороченому пошуковому просторі підвищена ймовірність раціональних рішень (внаслідок раціональності використовуваних евристик), то зазвичай пошук починається з значно більш вигідного початкового покоління, ніж в звичайних генетичних методах, і скоріше приводить в допустимий окіл екстремума.

3. Не потрібно виконувати операції коректування хромосом після кроссовера або мутації.

Підвищення ефективності виражається у більшій точності (ступеня наближення до екстремума) і/або в більшій швидкості збіжності до прийняттого результату. Друга перевага методу комбінування евристик – чіткий розподіл програмного забезпечення на прикладну та інваріантну частини.

Висновок

Очевидно, що переваги методу комбінування евристик можуть бути досягнуті тільки при відповідній алгоритмічній реалізації методу. Ефективність залежить від складу використовуваних евристик, ймовірності їх вибору в операторах мутації та формуванні початкового покоління, ступені поєднання процедур генетичного і локального пошуку, глибини та розміру макромутацій тощо.

У подальших дослідженнях буде спроба використати нові підходи до розв'язання задач маршрутизації, що базуються на властивостях допусків [7].

Список використаних джерел

1. Гери М., Джонсон Д. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи. – М.: Мир, 1982. – 416 с.
2. Michael Polacek, Richard F. Hartl, Karl Doerner. A Variable Neighborhood Search for the Multi Depot Vehicle Routing Problem with Time Windows // Journal of Heuristics, 10, 2004. – P. 613 – 627.
3. Blanton J., Wainwright R. Multiple Vehicle Routing with Time and Capacity Constraints Using Genetic Algorithms // Proc. of 5th Int. Conf. on GA. – Morgan Kaufmann Publ., San Mateo, 1993.
4. Thanglash S., Vinayagamoorthy R., Gabbi A. Vehicle Routing and Time Deadlines Using Genetic and Local Algorithms // Proc. of 5th Int. Conf. on GA. – Morgan Kaufmann Publ., San Mateo, 1993.
5. Goldberg D. Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning // Adison-Wesley Publ., 1989.
6. Батищев Д. И. Генетические алгоритмы решения экстремальных задач. – Воронеж: ВГТУ, 1995.
7. Boris Goldengorin. Quantitative Logistics (20 lectures in Combinatorial Optimization). – Department of Econometrics and Operations Research, University of Groningen, 2000.
8. Норенков И. П. Генетические методы структурного синтеза проектных решений // Информационные технологии, 1998. – № 1. – С. 9 – 13.