



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Гиперэвристические подходы и их классификация

Аспирант первого года обучения Николаев А. И.

Утвержденная тема диссертации: Прикладные задачи маршрутизации с большим числом ограничений

Научный руководитель: канд. физ.-мат. наук Бацын М. В.



План

- 1. Задачи маршрутизации транспорта**
- 2. Гиперэвристические подходы и их классификация**

Задачи маршрутизации транспорта

Задача маршрутизации транспорта (Vehicle Routing Problems, VRP) впервые была сформулирована в работе Dantzig & Ramser в 1959.

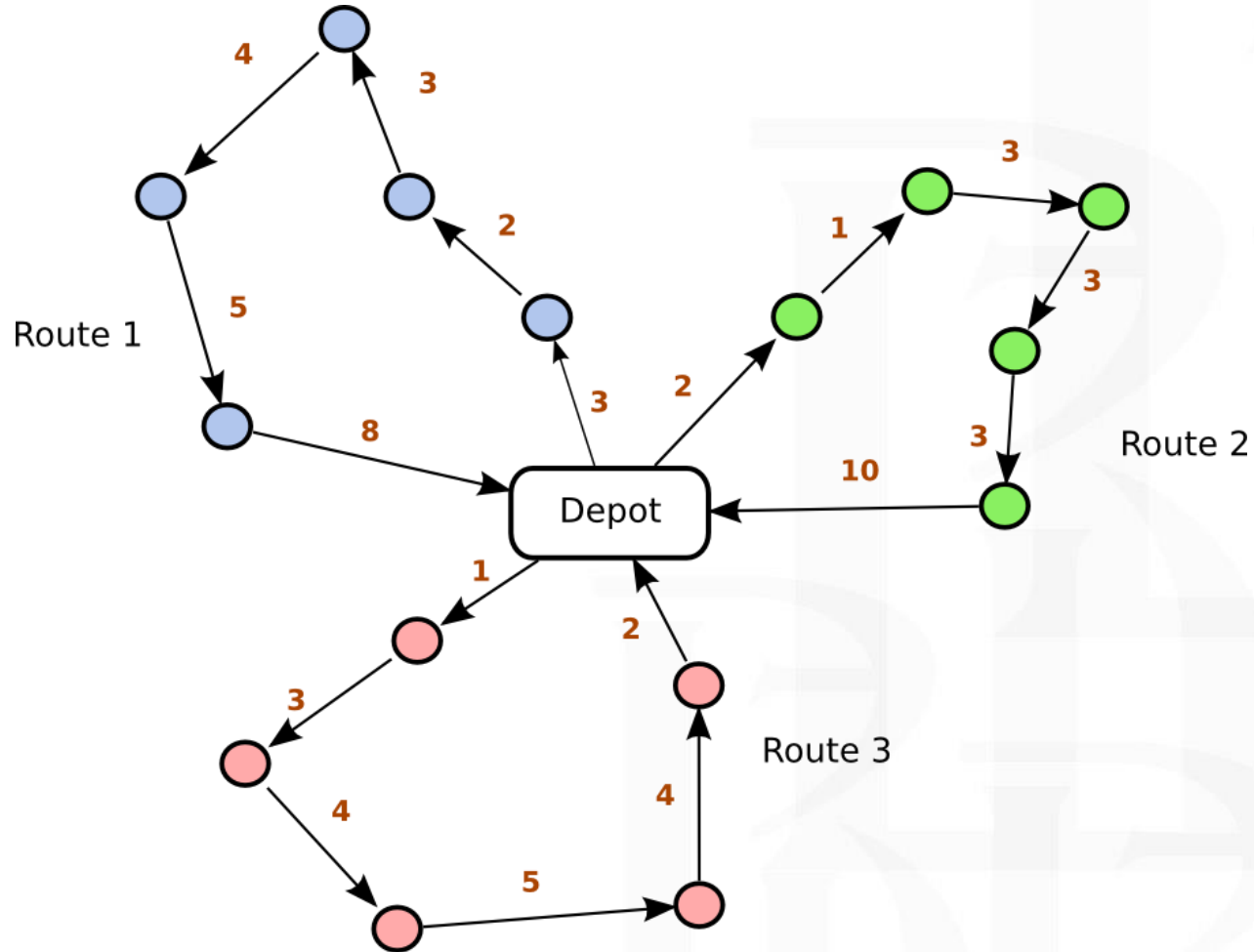
Dantzig G. B., Ramser J. H. The truck dispatching problem //Management science. – 1959. – Т. 6. – №. 1. – С. 80-91.

Классический вариант VRP

- Ограниченный автопарк одинаковых транспортных средств расположен на складе. Каждое ТС имеет фиксированную вместимость.
- Маршрут всех ТС должен начинаться и заканчиваться на складе.
- Для каждого клиента известен объем его заказа.
- **Задача заключается в поиске оптимального (минимального по затратам) набора маршрутов ТС при условии, что все клиенты должны быть обслужены.**

Laporte G. Fifty years of vehicle routing //Transportation Science. – 2009. – Т. 43. – №. 4. – С. 408-416.

Классический вариант VRP



<http://neo.lcc.uma.es/dynamic/vrp.html>

Различные варианты VRP

- С ограничением времени обслуживания (VRP with Time Windows – VRPTW)
- С возможностью использования транспортных средств из нескольких депо (Multi-Depot VRP – MDVRP)
- С возможностью разбиением доставки на несколько транспортных средств (Split Delivery VRP – SDVRP)
- С ограничением на обслуживание клиентов (Site-Dependent VRP – SDVRP)
- С разнообразным парком ТС (Heterogeneous Fleet VRP – HFVRP)
- С возможностью совершения несколько рейсов (Multi-Trip VRP – MTVRP)
- ...



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Различные варианты VRP

Lahyani R., Khemakhem M., Semet F. Rich vehicle routing problems: From a taxonomy to a definition //European Journal of Operational Research. – 2015. – Т. 241. – №. 1. – С. 1-14.

Исследуемая задача

В рамках исследования изучается задача маршрутизации со следующими ограничениями:

- С ограничением времени обслуживания
- С ограничением на обслуживание клиентов
- С разнообразным парком ТС
- С возможностью совершения несколько рейсов

1. Точные подходы

2. Эвристические подходы

- Классические эвристики (конструктивные алгоритмы, двухфазные алгоритмы)
- Метаэвристики
- Гиперэвристики

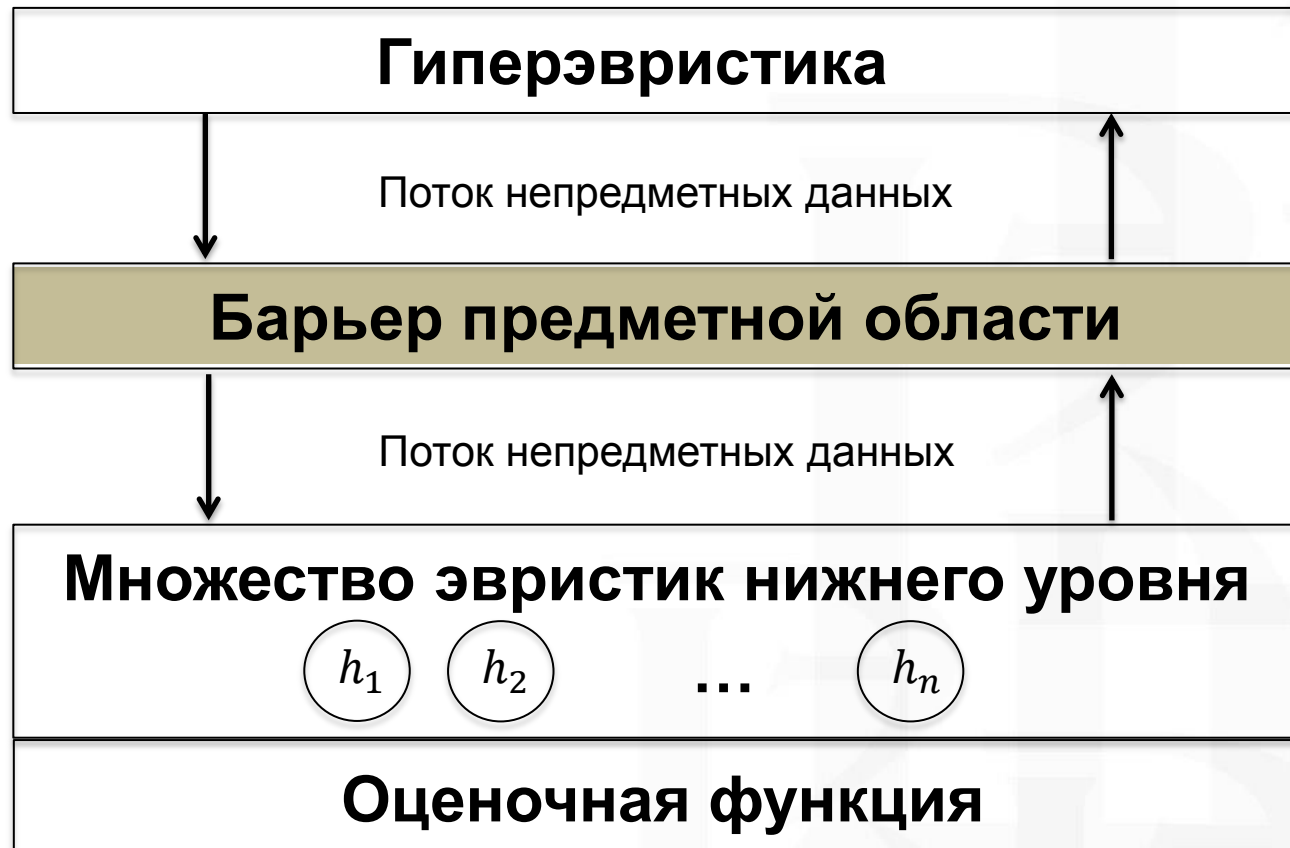
Впервые термин «гиперэвристика» (в значении «эвристика для выбора эвристик») был предложен в статье Cowling et al.

Гиперэвристика - это автоматизированный способ выбора или создания эвристик для решения сложных с вычислительной точки зрения задач.

Cowling P., Kendall G., Soubeiga E. A hyperheuristic approach to scheduling a sales summit //International Conference on the Practice and Theory of Automated Timetabling. – Springer Berlin Heidelberg, 2000. – С. 176-190.



Выбор эвристик



Burke E. et al. Hyper-heuristics: An emerging direction in modern search technology //Handbook of metaheuristics. – Springer US, 2003. – С. 457-474.

Пример 1 (Задача об упаковке в контейнеры)

Формулировка задачи:

Заданы список предметов p_1, p_2, \dots, p_n и вместимость одинаковых контейнеров C .

Требуется разместить предметы в минимальное число одинаковых контейнеров таким образом, чтобы сумма весов предметов в каждом контейнере не превосходила C .

Ross P. et al. Learning a procedure that can solve hard bin-packing problems: A new GA-based approach to hyper-heuristics //Genetic and Evolutionary Computation Conference. – Springer Berlin Heidelberg, 2003. – С. 1295-1306.

Пример 1 (Задача об упаковке в контейнеры)

Описание алгоритма

Для состояния S решаемой задачи находится «ближайшее» состояния I (из базы правил) и применяется ассоциированная с I эвристика $H(I)$. После этого решаемая задача переходит из состояния S в состояние S' и повторяется до тех пор, пока решение не будет получено решение.

Ross P. et al. Learning a procedure that can solve hard bin-packing problems: A new GA-based approach to hyper-heuristics //Genetic and Evolutionary Computation Conference. – Springer Berlin Heidelberg, 2003. – С. 1295-1306.

Пример 1 (Задача об упаковке в контейнеры)

Алгоритмы нижнего уровня:

1. LFD (Largest-Fit-Decreasing)
2. NFD (Next-Fit-Decreasing)
3. DJD
4. DJT
5. Filler+LFD
6. Filler+NFD
7. Filler+DJD
8. Filler+DJT

Пример 1 (Задача об упаковке в контейнеры)

Показатели состояния решаемой задачи:

1. Доля неупакованных предметов, у которых вес $w_i > \frac{C}{2}$
2. Доля неупакованных предметов, у которых $\frac{C}{3} < w_i \leq \frac{C}{2}$
3. Доля неупакованных предметов, у которых $\frac{C}{4} < w_i \leq \frac{C}{3}$
4. Доля неупакованных предметов, у которых $w_i \leq \frac{C}{4}$
5. Доля неупакованных предметов относительно всех предметов

Все показатели состояния – действительные числа от 0 до 1.

Пример 1 (Задача об упаковке в контейнеры)

Полученные правила с помощью ГА:

0.70	-2.16	-1.10	1.55	1.81	-->	1		2.34	0.67	0.19	1.93	2.75	-->	1
0.12	1.37	-0.54	1.12	0.58	-->	6		-1.93	-2.64	-1.89	2.17	-1.46	-->	3
0.13	1.43	-1.27	0.13	-2.18	-->	2		-1.30	0.11	2.00	-1.85	0.84	-->	4
1.87	-0.91	1.30	-1.34	1.93	-->	3		0.32	1.94	2.24	0.99	-0.53	-->	0
2.60	1.30	-0.54	1.12	0.58	-->	6		0.58	0.87	0.23	-2.11	0.47	-->	1
0.25	2.09	-1.50	-1.46	-2.56	-->	0		1.21	0.11	2.00	0.09	0.84	-->	4

Ross P. et al. Learning a procedure that can solve hard bin-packing problems: A new GA-based approach to hyper-heuristics //Genetic and Evolutionary Computation Conference. – Springer Berlin Heidelberg, 2003. – С. 1295-1306.

Пример 2 (Adaptive Large Neighborhood Search)

Адаптивный локальный поиск по большим окрестностям:

1. Построение допустимого решения x ; $x^* := x$
2. Повторять
3. С помощью метода рулетки выбрать «разрушающую» окрестность N^- и «восстанавливающую» окрестность N^+ , используя полученные на предыдущем шаге оценки качества окрестностей $\{\pi_j\}$
4. Создание нового решения x' из x с помощью эвристик, соответствующих выбранным окрестностям N^- и N^+
5. Если x' - допустимое решение, то $x' := x$
6. Обновить оценки качества окрестностей π_j для N^- и N^+
7. Если $f(x) < f(x^*)$, то $x^* := x$
8. Пока не выполнен критерий остановки
9. Вернуть x^*

Pisinger D., Ropke S. A general heuristic for vehicle routing problems //Computers & operations research. – 2007. – Т. 34. – №. 8. – С. 2403-2435.

Для автоматического создания эвристик обычно используется генетическое программирование.

Генетическое программирование — автоматическое создание или изменение программ с помощью генетических алгоритмов. С помощью этой методологии «выращиваются» программы, всё лучше и лучше (в соответствии с определенной функцией приспособленности для хромосом) решающие поставленную вычислительную задачу.

Koza J. R. Genetic programming: on the programming of computers by means of natural selection. – MIT press, 1992. – Т. 1.

Пример 3 (Онлайн задача об упаковке в контейнеры)

Формулировка задачи:

Задана вместимость одинаковых контейнеров C .

Требуется последовательно разместить предметы p_1, p_2, \dots, p_L в минимальное число одинаковых контейнеров таким образом, чтобы сумма весов предметов в каждом контейнере не превосходила C .

Burke E. K., Hyde M. R., Kendall G. Evolving bin packing heuristics with genetic programming //Parallel Problem Solving from Nature-PPSN IX. – Springer Berlin Heidelberg, 2006. – С. 860-869.

Пример 3 (Онлайн задача об упаковке в контейнеры)

```
For each piece p in L
  For each bin i in A
    output = evaluate(p, fullness of i, capacity of i)
    If (output > 0)
      place piece p in bin i
      break
    End If
  End For
End For
```

Пример 3 (Онлайн задача об упаковке в контейнеры)

Функция приспособленности:

$$Fitness = \begin{cases} B - \frac{\sum_{k=1}^n S_k}{C}, & \text{если решение допустимое;} \\ +\infty, & \text{иначе.} \end{cases}$$

B – число использованных контейнеров, C – вместимость контейнеров, n – число предметов, S_k – размер k -ого предмета.

Терминальное множество:

Символ	Описание
F	Возвращает сумму весов предметов, находящихся в контейнере
C	Возвращает вместимость контейнера
S	Возвращает размер предмета

Пример 3 (Онлайн задача об упаковке в контейнеры)

Функциональное множество:

Символ	Кол-во аргументов	Описание
+	2	
-	2	
*	2	
%	2	Безопасное деление. В случае деления на 0 возвращает 1
<	2	Если первый аргумент меньше или равен второму, то возвращает 1. В противном случае возвращает -1
A	1	Возвращает абсолютное значение аргумента

Пример 3 (Онлайн задача об упаковке в контейнеры)

В большинстве случаев была автоматически создана эвристика сравнимая с эвристикой First Fit*.

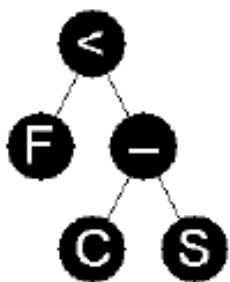


Fig. 2. Tree A

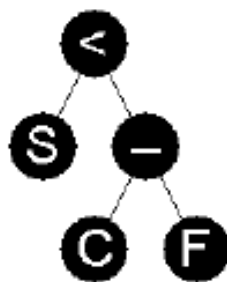


Fig. 3. Tree B

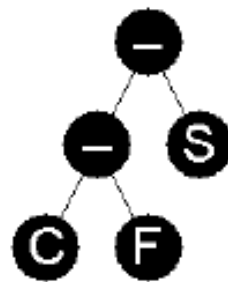


Fig. 4. Tree C

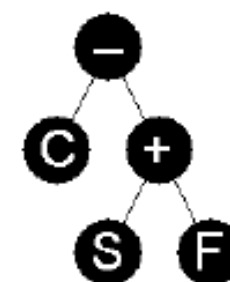


Fig. 5. Tree D

* Johnson D. S. et al. Worst-case performance bounds for simple one-dimensional packing algorithms //SIAM Journal on Computing. – 1974. – Т. 3. – №. 4. – С. 299-325.

Поиск в пространстве эвристик:

1. Выбор эвристик

- Конструктивные эвристики
- Эвристики, использующие локальный поиск

2. Создание эвристик

- Конструктивные эвристики
- Эвристики, использующие локальный поиск

Burke, E. K., Hyde, M., Kendall, G., Ochoa, G., Özcan, E., & Woodward, J. R. (2010). A classification of hyper-heuristic approaches. In Handbook of metaheuristics (pp. 449-468). Springer US.

Процесс обучения:

1. Онлайн обучение (обучение происходит во время решения текущей задачи)
2. Офлайн обучение (обучение на некоторой выборке задач)
3. Отсутствие обучения



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Спасибо
за внимание!