# ОПТИМИЗАЦИЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ ВЕНДИНГОВЫХ АВТОМАТОВ

Батура П.М., Шамбалев А.В.
Кафедра информационных технологий автоматизированных систем
Научный руководитель: Ревотюк М.П., к.т.н., доцент
e-mail: rmp@bsuir.by

***Аннотация*** **—Рассмотрена задача оптимизации обслуживания группы вендинговых автоматов, формулируемая в терминах задачи коммивояжерас возмущениями элементов матрицы.Предложен алгоритм кэширования границ интервалов допустимого изменения элементов матрицы, позволяющий сократить количество итераций пересчета.**

***Ключевые слова:вендинговые автоматы, задача коммивояжера, устойчивость решения***

Технические и технологические возможности современных вендинговых автоматов позволяют использовать систему телеметрии для контроля их состояния практически в реальном времени. Наличие информации о состоянии позволяет строить варианты обслуживания, например, для замены ингредиентов, инкассации или профилактики. Даже объезд мастером всех автоматов с периодичностью, равной среднему времени выработки ингредиентов, может потребовать элементарной логистики на основе решения задач коммивояжера (ЗК) и ее модификаций [1]. Однако классическая модель ЗК в виде

$$\min\left\{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} d_{ij}x_{ij} \left| \begin{array}{l} \sum_{i=1}^{n} x_{ij} = \sum_{j=1}^{n} x_{ij} = 1; \\ x_{ij} \ge 0,\ i, j = \overline{1,n}; \\ u_i - v_j + nx_{ij} \le n-1, \\ i = \overline{2,n},\ \ j = \overline{2,n},\ \ i \ne j \end{array} \right. \right\}$$

не учитывает всех временных параметров процесса обслуживания, а также очевидной открытости задачи. Прямолинейный пересчет новых ЗК после коррекции множества вершит графа транспортной сети и матрицы расстояний не всегда приемлем из-за экспоненциальной сложности ЗК.

Предмет обсуждения – повышение оперативности формирования новых решенийЗК путем подготовки предопределенных решений длятекущего варианта обслуживания. Такие решения позволят реализовать идею ленивой инициализации пересчета ЗК после обновления оперативной информации.

Приемлемый для симметричных и асимметричных ЗК способ выделения предопределенных решений вытекает из условий устойчивости решения ЗК [2].

Обозначим в ЗК расстояние между городами с произвольными номерами $i$ и $j$ как $d(i, j)$. Пусть $\gamma_1,\ldots,\gamma_n$ – оптимальный маршрут посещения городов в открытой ЗК, когда фиксированы начальный и конечный города маршрута – $\gamma_1$ и $\gamma_n$. Для закрытой ЗК такими городами могут быть любые смежные города кратчайшего гамильтонова цикла.

В случае добавления нового города с номером $z = n+1$ маршрут $\gamma_1,..\gamma_k, z, \gamma_{k+1},..\gamma_n$ остается оптимальным, если выполняется условие [2]

$$\begin{aligned} &d(\gamma_k, z) + d(z, \gamma_{k+1}) - d(\gamma_k, \gamma_{k+1}) = \\ &= \min_{i,j}\left\{d(i,z) + d(z,j) - d(i,j),\ i, j \in \overline{1,n}\right\}. \end{aligned} \qquad (1)$$

Пусть $D_k = d(\gamma_{k-1}, \gamma_{k+1}) - d(\gamma_{k-1}, \gamma_k) - d(\gamma_k, \gamma_{k+1})$.

В случае удаления города $\gamma_k$ из текущего оптимального маршрута $\gamma_1,..\gamma_{k-1},\gamma_k,\gamma_{k+1},..\gamma_n$, когда $1 < k < n$, маршрут $\gamma_1,..\gamma_{k-1},\gamma_{k+1},..\gamma_n$ останется оптимальным, если справедливо условие [2]

$$D_k \le \min_j \left\{ \begin{array}{l} d(\gamma_1, \gamma_j) - d(\gamma_1, \gamma_k) - d(\gamma_k, \gamma_j), \\ j \in \overline{2,n} \setminus k \end{array} \right\} \qquad (2)$$

или условие

$$D_k \le \min_i \left\{ \begin{array}{l} d(\gamma_i, \gamma_n) - d(\gamma_i, \gamma_k) - d(\gamma_k, \gamma_n), \\ i \in \overline{1,n-1} \setminus k \end{array} \right\}. \qquad (3)$$

Изменение положения некоторого города соответствует ситуации его удаления и добавления в новую точку на плоскости.

Вычислительная сложность процедур проверки условий (1)-(3) – $o(n^3)$. Проверка таких условий может проводиться путем построения областей устойчивости решения. Если условия (1)-(3) не выполняются, то придется провести поиск оптимального или близкого к нему решения, уточняя маршрут посещения $\gamma_1,\ldots,\gamma_n$. Возникающую далее открытую ЗК можно решать методом динамического программирования [2].

Однако эксперименты показывают, что если модификация текущей ЗК касается большого количества элементов ее описания, то более практичным является применение инкрементная версия метода ветвей и границ с ветвлением на задачах о назначении. Схема алгоритма оптимизацииновых асимметричных задач коммивояжера в [3] использует наследование решений порождающих задач, при котором оценка вариантов порожденных задач проводится методом коррекции дерева кратчайших путей приращений. Реоптимизация дерева путей приводит к снижению вычислительной сложности задачи на порядок.

[1] Gutin G., Punnen A.P. The Travelling Salesman Problem and Its Variations. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2007. – 830 p.

[2] Иванко, Е. Е. Достаточные условия устойчивости оптимального маршрута в задаче коммивояжера при добавлении новой вершины и при удалении существующей/Е. Е. Иванко//Вестн. Удмуртск. ун-та. Матем. Мех. Компьют. науки, 2010, № 1. – С. 48-57

[3] Ревотюк, М.П. Реоптимизация кратчайших путей приращений при решении асимметричных задач коммивояжера/М.П. Ревотюк., П.М.Батура, А.М.Полоневич//Доклады Белорусского Государственного университета Информатики и Радиоэлектроники, № 3(57), 2011. – С. 56-62