

Анализ стратегий обслуживания вендинговых автоматов

Ревотюк М.П.; Батура П.М.; Шамбалев А.В.

Кафедра информационных технологий автоматизированных систем
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь
e-mail: rmp@bsuir.by

Аннотация—Рассмотрена задача выбора стратегий обслуживания группы вендинговых автоматов, формулируемая в терминах задачи коммивояжера с возмущениями элементов матрицы.

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

$$\min \left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij} x_{ij} \\ \sum_{i=1}^n x_{ij} = \sum_{j=1}^n x_{ij} = 1; \\ x_{ij} \geq 0, \quad i, j = \overline{1, n}; \\ u_i - v_j + nx_{ij} \leq n - 1, \\ i = \overline{2, n}, \quad j = \overline{2, n}, \quad i \neq j \end{array} \right\}$$

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 – оценка эффективности формирования новых решений ЗК путем подготовки предопределенных решений для текущего 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 [1,2].

Обозначим в ЗК расстояние между городами с произвольными номерами i и j как $d(i, j)$. Пусть $\gamma_1, \dots, \gamma_n$ – оптимальный маршрут посещения городов в открытой ЗК, когда фиксированы начальный и конечный города маршрута – γ_1 и γ_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 $\gamma_1, \dots, \gamma_k, z, \gamma_{k+1}, \dots, \gamma_n$ остается оптимальным, если выполняется условие [2]

$$d(\gamma_k, z) + d(z, \gamma_{k+1}) - d(\gamma_k, \gamma_{k+1}) = \min_{i, j} \{ d(i, z) + d(z, j) - d(i, j), \quad i, j \in \overline{1, n} \}. \quad (1)$$

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

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

или условие

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

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 $\gamma_1, \dots, \gamma_n$. Далее можно решать возникающую открытую ЗК методом динамического программирования [1].

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 [2]. Оптимизация новых задач коммивояжера 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] 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. Компют. науки, 2010, № 1. – С. 48-57
- [2] Lantao Liu, Dylan A Shell. Assessing optimal assignment under uncertainty: An interval-based algorithm/The International Journal of Robotics Research, 30(7), 2011. – pp. 936-953.