

Багирова М.А., Зимарин Г.И., Кравец О.Я.

ДИНАМИЧЕСКОЕ ОПТИМАЛЬНОЕ НАЗНАЧЕНИЕ МОБИЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

Воронежский экономико-правовой институт

Как правило, диспетчеризация мобильных комплексов для обслуживания социально-экономических объектов (например, система скорой медицинской помощи) осуществляется в реальном масштабе времени, решение задачи статической маршрутизации необходимо осуществлять всякий раз при получении вызова. Однако в силу жестких ограничений на время реакции системы управления такое решение может оказаться неприемлемым. Кроме того, как будет показано ниже, в некоторых случаях целесообразно производить выбор не только из множества свободных комплексов, но и из всего множества.

Рассматриваются теоретические основы оптимального поиска пространственно нестационарных обслуживающих объектов (ПНОО). К ним также относятся мобильные лечебно-диагностические комплексы и некоторые другие.

Пусть имеется N ПНОО. Введем вектор состояний ПНОО в фиксированный момент времени:

$$s_i = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-й ПНОО свободен;} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (1)$$

Введем множество свободных ПНОО: $\Theta = \{i: s_i=1\}$. Рассмотрим булевы переменные (2), удовлетворяющие ограничению (3):

$$x_i = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-й ПНОО выбран для обслуживания и } i \in \Theta; \\ 0, & \text{в противном случае,} \end{cases} \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^N x_i = 1, \quad (3)$$

в случае обслуживания без резервирования или ограничению (4)

$$1 \leq \sum_{i=1}^N x_i \leq k \quad (4)$$

в случае k -кратного резервирования. Резервирование может применяться в случае особо важных (сложных) вызовов, когда стоимостные показатели оказываются несущественными. Пусть далее t_i - плановое время перемещения ПНОО, а g_i - вероятностная компонента, зависящая от времени года, состояния трассы, объекта, метеоусловий и некоторых других факторов. Тогда задача оптимального выбора ПНОО с критерием минимизации времени ожидания формулируется для случая без резервирования как

$$\sum_{i=1}^N t_i x_i \rightarrow \min, \quad (5)$$

а для случая с k -кратным резервированием

$$\min_{i \in q} t_i x_i \rightarrow \min, \quad (6)$$

где $\tau_i = t_i + g_i$ - время ожидания начала обслуживания.

Задача (6) сформулирована для так называемого "мягкого" резервирования, определяемого соотношением (4) и требующим наличия в точке вызова единственного ПНОО. Однако на практике встречаются ситуации "жесткого" резервирования, например, при катастрофах, когда требуется наличие большого количества ПНОО. В такой ситуации (4) переходит в

$$\sum_{i=1}^N x_i = k, \quad (7)$$

вводится среднее время ожидания обслуживания

$$t_{cp} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^N t_i x_i, \quad (8)$$

которое и необходимо минимизировать. Критерий (8) не является единственным. Например, можно потребовать, чтобы первое средство прибыло в кратчайшее время, а остальные как можно быстрее, что соответствует решению сначала задачи (5), а затем задачи (8) с $(k-1)$ -кратным резервированием.

Заметим, что задачи (5), (6) и (8) несмотря на кажущуюся простоту не поддаются аналитическому исследованию вследствие вероятностного характера g_i . Кроме того, попытки выбора ПНОО для обслуживания производятся (в соответствии с (2)) только среди свободных средств. Вместе с тем может оказаться (а на практике часто именно так и происходит), что свободное средство достаточно удалено и его t_i велико, хотя вблизи от объекта, затребовавшего обслуживание, находится хотя и занятое средство, но имеющее намного меньшее t_i и скоро заканчивающее обслуживание.

В связи с изложенным рассмотрим постановку задачи оперативной оптимизации назначения мобильного обслуживающего комплекса на всем множестве ПНОО.

Пусть $\tau_{обс.i}$ - ожидаемое время до окончания обслуживания i -м ПНОО. Тогда

$$\tau_{обс.i} = t_{обс.i} - t_{тек.i} + g_{обс.i}, \quad (9)$$

где

$t_{обс.i}$ - плановое время обслуживания вызова;

$t_{тек.i}$ - время, прошедшее с момента начала обслуживания;

$g_{обс.i}$ - вероятностная компонента, зависящая от: категории обслуживаемого вызова; состояния обслуживаемой точки вызова; параметров обслуживающего ПНОО и некоторых других факторов.

При выборе на всем множестве ПНОО переопределим (2) следующим образом:

$$x_i = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-й ПНОО выбран для обслуживания;} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (10)$$

Задачи (5), (6) и (8) примут следующий вид. Задача оптимального выбора ПНОО с критерием минимизации времени ожидания для случая без резервирования:

$$\sum_1^N (t_i + t_{обс.i}) x_i \rightarrow \min. \quad (11)$$

Задача оптимального выбора ПНОО с критерием минимизации времени ожидания для случая с k -кратным "мягким" резервированием:

$$\min_{i \in q} (t_i + t_{обс.i}) x_i \rightarrow \min. \quad (12)$$

Задача оптимального выбора ПНОО с критерием минимизации времени ожидания для случая с k -кратным "жестким" резервированием:

$$\frac{1}{k} \sum_1^N (t_i + t_{обс.i}) x_i \rightarrow \min. \quad (13)$$

Заметим, что (5) и (8), а также (11) и (13) практически идентичны за исключением различий в системах ограничений (6) и (12).

Таким образом, осуществлена постановка задачи оперативного оптимального выбора пространственно нестационарного социально-экономического объекта с критерием минимального времени прибытия к точке вызова для случаев без резервирования, с k -кратным "мягким" и "жестким" резервированием объектов.