

Козачок Лариса Николаевна, старший преподаватель кафедры прикладной математики ХНАДУ.

ОРГАНИЗАЦИЯ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК НА ОСНОВЕ ПОСТРОЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАВНОМЕРНОГО ГРАФИКА ДВИЖЕНИЯ ПО МАРШРУТУ.

Для оптимального управления перевозочным процессом, разработана схема организации перевозок на основе графика движения автобусов по определенному маршруту. Комплексная экономико-математическая модель формирования «твёрдых ниток» графика обеспечивает стабильность работы транспорта за счёт, по возможности, равномерной прокладки ниток графика, что обеспечивает рациональную загрузку технического оснащения, участков, бригад. Обеспечение равномерности даёт как прямой экономический эффект (снижение экономических затрат), так и косвенный, трудно учитываемый в модели, но явно возникающий вследствие улучшений условий труда диспетчерского аппарата и повышения качества перевозочного процесса.

1. Рассматриваемый полигон может быть представлен в виде графа, вершины которого соответствуют остановкам, а дуги – расстояниям между ними.

Структуру полигона будем описывать матрицей смежности

$$P = \{P_{ij}\}, P_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{между ост. } i, j \text{ существует соединение,} \\ 0 & \text{ост. } i, j \text{ не смежные} \end{cases} \quad (1)$$

Кроме того, полигон характеризуется расстояниями между остановками. Их будем описывать матрицей времени проезда.

$T^x = \{t_{ij}^x\}, t_{ij}^x > 0$ - время проезда между остановками i и j ,

$t_{ij}^x = 0$ - проезда $i-j$ не существует в маршруте.

В общем случае $t_{ij}^x \neq t_{ji}^x$.

2. Поступившие заявки на перевозку образуют множество Z , элементы которого представляют собой векторы:

$$\vec{Z}_l = (i, j, v, k, t_{\text{дост}}, q, t_{\text{отпр}}), \quad (2)$$

где i - станция отправления;

j - станция назначения;

v - количество пассажиров;

k - тип автобуса;

$t_{\text{отпр}}$ - время готовности к отправлению;

$t_{\text{дост}}$ - время приезда к остановке;

q - вместимость автобуса.

3. Перемещение отправок (соответствующих выставленным заявкам на перевозку) по маршруту от начальной остановки до конечной будем

отслеживать на графе, полученном из исходного графа путем его временной развертки.

Зададимся некоторым периодом планирования $T_{пл}$ и разобьем его на интервалы дискретизации длительностью Δt .

Вершины будем нумеровать двумя индексами (i, t) ,

i - номер вершины исходного графа,

t - номер интервала дискретизации.

Вершины (i_1, t_1) и (i_2, t_2) соединяются дугой, если проложен маршрут между остановками i_1 и i_2 , и время проезда по этому участку маршрута равно $(t_2 - t_1)$. Такая дуга соответствует возможному отправлению автобуса от остановки i_1 до остановки i_2 , в момент начала дискретизации t_1 .

Кроме того, вводятся дуги ожидания - дуги, соединяющие вершины (i, t) и $(i, t + 1)$. Такие дуги соответствуют тому, что автобус остается на остановке i в течение интервала t .

4. Каждой дуге этого графа поставим в соответствии массив X размером, равным количеству вариантов реализации поступивших заявок на проезд.

l -й элемент этого массива равен 1, если автобус, выполняющий заявку номер l , перемещается по этой дуге. В противном случае l -й элемент равен 0.

$$X = \{X_{ijtl}\} \quad (3)$$

$$X_{ijtl} = \begin{cases} 1 & \text{Умовні позначення:} \\ & \blacklozenge - \text{значення транспортного тяжіння як величини, зворотної до відстані;} \\ 0 & \text{и } t; \end{cases} \quad (4)$$

Необходимо найти массив X , который представляет собой, по сути, план твердого графика движения автобусов.

В качестве целевой функции предлагается использовать минимум автомобилечасов простоя автобусов инвентарного парка:

$$\sum_{\forall_i} \sum_{\forall_t} \sum_{\forall_l} X_{ijtl} V_l \Delta t \rightarrow \min \quad (5)$$

Выбор такой целевой функции обеспечит выполнения требований перевозки отправок маршрутами, по крайней мере, с минимумом переработки и с минимумом пробега.

Ограничения задачи можно записать следующим образом.

1. Автобусы должны быть не более нормы вместимости Q_{ij}^H на данном маршруте для уменьшения интервала движения по маршруту:

$$\sum_{\forall_l} X_{ijtl} V_l q_{оп}^l \leq Q_{ij}^H \quad \text{для каждой дуги } (i, j, t). \quad (6)$$

3. Прибытие на конечную остановку должно выполняться в срок

$$\sum_{\forall_i} \sum_{\forall_t} X_{ij_{назн}tl} \cdot t \leq t_{дост} \quad \text{для всех } l. \quad (7)$$

$t_{дост}$ - время доставки l -ой отправки.

4. Отправка должна быть отправлена на соответствующую остановку назначения

$$\sum_{\forall_i} \sum_{\forall_t} X_{ij_{назн}tl} = 1 \quad \text{для всех } l. \quad (8)$$

5. Нельзя отправить прибывшую отправление

$$\sum_{\forall_k} \sum_{\forall_t} X_{j_{назн}ktl} = 0 \quad \text{для всех } l. \quad (9)$$

6. Наличие отправки после прохода маршрута

$$\sum_{\forall_k} X_{kjt} = \sum_{\forall_i} X_{ji(t+T_{kj})l} \quad \text{для всех } j, l, t; \quad (10)$$

$k=j$ или $j \neq i_{омпр}$; $j \neq j_{назн}$; $t+T_{kj} \leq kt$; $T_{ii}=1$ для всех i .

7. Отправка не может быть отправлена на остановку отправления

$$\sum_{\forall_i} \sum_{\forall_t} X_{ii_{омпр}tl} = 0 \quad \text{для всех } l, i \neq i_{омпр}. \quad (11)$$

8. Загруженность автобуса должна быть не менее рекомендуемой нормы

$$\sum_{\forall_l} X_{ijtl} V_l q_{бр}^l \geq Q_{ij}^{PEK} \cdot X_{ijtk} \quad \text{для всех } i, j, t, k; i \neq j. \quad (12)$$

В случае наличия промежуточных остановок необходимо строго соблюдать время отправления с промежуточных остановок. Добавляется новое ограничение:

$$\sum_{\forall_i} \sum_{\forall_t} X_{i_{омпр}jtl} \cdot t = t_{омпр} \quad \text{для всех } l. \quad (13)$$

В случае высадки пассажиров на промежуточных станциях необходимо строго соблюдать время прибытия на промежуточную остановку. Ограничение примет вид:

$$\sum_{\forall_i} \sum_{\forall_t} X_{i_{омпр}jtl} \cdot t = t_{дост} \quad \text{для всех } l. \quad (14)$$

Приведенные ограничения были проверены экспериментально. Данные ограничения обеспечивают выполнение проезда по маршрутам для автобусов определенной вместимости, который следуют от начальной остановки до конечной.