

# ФОРМИРОВАНИЕ РАСПИСАНИЯ ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА С ПОМОЩЬЮ МУРАВЬИНОГО АЛГОРИТМА

Горохова Е.С.

Научный руководитель: Кочегурова Е.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
GorokhovaES@mail.ru

**Введение.** В настоящее время в г. Томск транспортная ситуация далека от идеальной. Наблюдается значительное увеличение спроса на услуги городского транспорта в часы пик(1). При этом в Томске зарегистрировано 603 юридических лица, занимающихся пассажироперевозками. Такое большое количество организаций осложняет процесс контроля и управления пассажирскими перевозками в городе. Часть маршрутов дублируется, центральные улицы постоянно загружены. (2). В связи с этим, задача построения расписания городского пассажирского транспорта является актуальной и должна быть решена в рамках более крупной задачи формирования маршрутной сети города.

Для решения задачи построения расписания могут использоваться следующие методы (3):

- эвристические алгоритмы;
- метод динамического программирования;
- метод ветвей и границ;
- метаэвристические методы;
- графический метод.

Наиболее эффективными признаны метаэвристические алгоритмы. В данной работе исследуется применение муравьиного алгоритма для оптимизации расписания городского пассажирского транспорта в г. Томске.

**Постановка задачи.** Необходимо составить расписание движения городского транспорта, обеспечивающее максимальную удовлетворенность пассажиров и пассажироперевозчиков одновременно.

Главным требованием, предъявляемым пассажирами, является минимизация времени перемещения от одной остановки до другой.

$$\sum_{i,j} (tw_i^j + \sum_{k=i}^l \Delta t_k^j) \rightarrow \min$$

где  $i$  – остановка отправления,

$l$  – остановка прибытия,

$j$  – номер маршрута,

$tw_i^j$  – время ожидания автобуса  $j$ -го маршрута на  $i$ -й остановке,

$\Delta t_k^j$  – время движения автобуса между остановками  $k$  до  $(k+1)$ -й остановки на маршруте  $j$ . Для пассажироперевозчиков важна, в первую очередь, экономическая выгода от предпринимательской деятельности. Они заинтересованы в максимизации прибыли. Однако, принимая во внимание, что цены на городской транспорт контролируются муниципалитетом, увеличение прибыли возможно только за счет

снижения издержек или увеличения пассажиропотока. К издержкам относятся затраты на топливо, содержание и текущий ремонт автобусов. Таким образом, необходимо минимизировать количество автобусов на маршрутах при наибольшем объеме перевозок.

$$\sum_j N_j + M \rightarrow \min$$

где  $j$  – номер маршрута,

$N_j$  – количество единиц транспорта на  $i$ -м маршруте,

$M$  – количество резервных единиц транспорта.

$$\sum_{i,j} pass_i^j \rightarrow \max$$

где  $i$  – порядковый номер автобуса,

$j$  – номер маршрута,

$pass_i^j$  – количество пассажиров в  $i$ -м автобусе  $j$ -го маршрута.

Также при составлении расписания необходимо учитывать, что в разные времена года, в разное время суток, а также в зависимости от того, является день будним, выходным или праздничным, интенсивность дорожного движения различается. Кроме того, изменения присущи объему пассажиропотока. Это сказывается на времени движения между остановками.

Для решения поставленной задачи необходимо определить:

- Количество единиц транспорта (автобусов, троллейбусов, трамваев):

- Время начала движения  $j$ -го автобуса на  $i$ -м маршруте  $t_{start}^{i,j}$ ;

- Время окончания движения  $j$ -го автобуса на  $i$ -м маршруте  $t_{end}^{i,j}$ ;

**Муравьиный алгоритм.** Как известно, муравьи живут в коллективах – колониях. Число муравьев в одной колонии может достигать нескольких миллионов особей. При этом действия муравьев при поиске пищи, преодолении препятствий, строительстве муравейника зачастую являются теоретически оптимальными или близкими к ним (4). Основу поведения муравьев составляет самоорганизация. Используется случайность, многократность, положительная и отрицательная обратная связь (5). Так, для передачи информации используется феромон – специальный секрет, откладываемый на тропе при перемещении муравья. Чем выше концентрация феромона на тропе, тем больше муравьев будет по ней двигаться. По прошествии определенного времени оставленный муравьем след испаряется.

Это позволяет корректировать маршруты при изменениях внешней среды.

Адаптируя муравьиный алгоритм к задаче составления расписания пассажироперевозок, можно получить следующие утверждения.

- След феромона. Феромон откладывается там, где проехал автобус. Выбор величины оставленного феромона опирается на количестве пассажиров, которых автобус собрал на остановках. Пусть для каждой остановки  $j$  на маршруте  $i$  в текущий момент времени количество феромона составляет  $F_{i,j}$ .

- Феромон испаряется с течением времени с некоторой заданной скоростью.

- Список табу – список запрещенных вариантов действий. Значения интервалов движения между соседними остановками не могут быть слишком короткими, поскольку автобус должен успеть доехать до следующей остановки, и не могут быть слишком длинными, потому что в этом случае замедленное движение автобуса создаст проблемы другим участникам дорожного движения, приведет к созданию заторов и т.д.  $T_{j_1,j_2}$  – табу для движения между остановками  $j_1$  и  $j_2$ .

- Видимость – локальная информация, которая выражает желание автобуса потратить на проезд между остановками именно такое количество времени. Оптимальное время рассчитывается в соответствии с физическим состоянием дороги. Также возможны различные отклонения от него. Предполагается, что чем больше отклонение, тем меньше желание выбрать именно это время движения.

$$\eta(i, j) = \frac{1}{|\Delta t(i, j)_{\text{действ}} - \Delta t(i, j)_{\text{опт}}|}$$

где  $i$  – номер маршрута,

$j$  – начальная остановка,

$\Delta t(i, j)_{\text{действ}}$  – действительное время перемещения между остановками  $j$  и  $j+1$ ,

$\Delta t(i, j)_{\text{опт}}$  – оптимальное время перемещения между остановками  $j$  и  $j+1$ ,

- Разные варианты расписания появляются при регулировании вклада двух параметров: видимости и следа феромона. Также необходимо задавать время испарения феромона.

Ключевым моментом алгоритма является выбор длительности движения до следующей остановки. По умолчанию движение происходит с наиболее удобной скоростью  $\Delta t(i, j)_{\text{опт}}$ . Она высчитана на основе имеющейся информации о пассажироперевозках в Томске. Кроме того, с вероятностью  $P(\Delta t_{i,j}[k])$  автобус принимает решение ехать с другой скоростью.

4. , 206. – 53 с.

$$P(\Delta t_{i,j}[k]) = \frac{F_{i,j}(t)^\alpha \eta_k(i, j)^\beta}{\sum_{i \notin T_{i,j+1}} \eta_l(i, j)^\beta}$$

Здесь  $i$  – номер маршрута

$j$  – номер остановки в маршруте

$j+1$  – номер следующей остановки

$k$  – номер варианта интервала времени движения между остановками, из допустимых

$l$  – номера вариантов интервала времени движений между остановками

$\alpha$  – весовой коэффициент для феромона

$\beta$  – весовой коэффициент для видимости

В конце рабочего дня необходимо рассчитать, сколько пассажиров было перевезено и сколько автобусо-часов потрачено. На основании анализа полученных данных принимается решение, эффективнее ли сработал алгоритм, чем заранее заданное расписание. Необходимо использовать алгоритм на протяжении нескольких дней, чтобы повысить его эффективность.

**Заключение.** В результате работы была исследована проблема составления эффективного расписания в г. Томске. Были изучены современные методы составления расписаний. Выбранный метод адаптирован для применения в задаче составления расписания городского пассажирского транспорта. Его использование поможет улучшить эффективность существующего расписания городского пассажирского транспорта.

#### Список источников.

1. M. Yurchenko, E. Kochegurova, A. Fadeev, and A. Piletskya. Calculation of performance indicators for passenger transport based on telemetry informatio. Engineering Technology, Engineering Education and Engineering Management. - CRC Press.-2015.- Pages 847–851.
2. Таловская М.А., Фадеев А.С., Кочегурова Е.А. Расчет эксплуатационных показателей маршрутов городского пассажирского транспорта для предпроектного и инспекционного анализа (на примере города Томска). «Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ)» 2014. № 1. 8с.
3. Лазарев А.А., Гафаров Е.Р. Теория расписаний. Задачи и алгоритмы. Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (МГУ) 2011. 222 с.
4. Штовба С.Д. Муравьиные алгоритмы. Exponenta Pro. Математика в приложениях. 2004. №4. С.70-75.
5. Тим Джонс. Программирование искусственного интеллекта в приложениях. Пер. с англ. Осипов А.И., М.: ДМК - Пресс, 2004. С. 63-8.