

16. Официальный сайт KG Risk. URL <http://www.krissgroup.ru>
17. Официальный сайт Issue Manager. URL: <http://limathon.com>

Проектирование расписания движения городского пассажирского транспорта на основе одноприборной задачи теории расписания

Пилецкая А.Ю.
ayp@tpu.ru

*Научный руководитель: к.т.н., доцент, Кочегурова Е.А., доцент каф. АИКС НИ
ТПУ*

Эффективная работа городского транспорта является одной из самых важных задач в процессе обеспечения жизнедеятельности любого города. Транспортную сеть города можно сравнить с кровеносной системой в организме человека. Поэтому очень важно обеспечить оптимальную загрузку сети в целях обеспечения удобства всех участников движения: водителей личных автомобилей, пассажиров городского пассажирского транспорта (ГПТ) и перевозчиков. Однако, если удовлетворенность водителей личных автомобилей качеством транспортной сети зависит, прежде всего, от качества дорожного полотна и ширины проезжей части, то удовлетворенность пассажиров определяется уровнем, объемом и качеством обеспечения ГПТ. Одна из задач по улучшению транспортной сети города – составление расписания движения транспортных средств (ТС) по имеющимся и вновь вводимым маршрутам.

Как правило, задача составления расписания – это мультикритериальная оптимизационная задача. Одним из способов решения многокритериальной задачи является ее декомпозиция. Решение задачи разделяется на ряд этапов.

Прежде всего требуется определить основных участников ГПТ. Ими являются:

- пассажиры;
- перевозчики;
- представители городской администрации.

С одной стороны, пассажиры заинтересованы в сокращении времени ожидания ТС на остановке при сохранении или уменьшении платы за проезд. С другой стороны, перевозчики заинтересованы в увеличении прибыли при сохранении количества подвижного состава. Задача представителей городской власти состоит в нахождении баланса между противоречивыми требованиями – обеспечением минимального интервала ожидания и уменьшением нагрузки на городскую транспортную сеть.

Задачу составления расписания движения ГПТ можно разбить на несколько подзадач:

- 1) задача составления расписания для одного ТС;
- 2) задача составления расписания для всех ТС на одном маршруте;
- 3) задача составления расписания для всех пассажирских ТС города на всех маршрутах.

Далее будет рассмотрена задача составления расписания для одного ТС.

Так как в данной задаче проектируется расписание только для одного ТС, то к решению задачи можно подойти с точки зрения одноприборной транспортной задачи [1]. Тогда, формулировка задачи будет выглядеть следующим образом.

На одном ТС требуется посетить множество остановок $N = \{1, 2, \dots, n\}$. Для каждой остановки $j \in N$ определен ряд характеристик:

- $p_j > 0$ – длительность простоя на остановке;
- $r_j > 0$ – время прихода ТС на j -ую остановку,
- $D_j > 0$ – максимальное время простоя на остановке;
- $t_j > 0$ – время перемещения ТС между двумя остановками j и $(j+1)$.

Время прихода ТС на первую остановку считается начальным моментом времени. ТС посещает остановки в порядке, определенном маршрутом.

Необходимо построить допустимое расписание движения ТС по маршруту, при котором выполнены все условия задачи.

Т.е. необходимо для каждой остановки $j \in N$ определить время фактического прихода ТС на остановку S_j такое, что $S_j \geq r_j$, и момент окончания простоя $C_j = S_j + p_j \leq D_j$

Длительности r_j и S_j отличаются тем, что момент времени r_j – ожидаемое время прибытия ТС на остановку, тогда как S_j – фактическое время прибытия ТС на остановку. Другими словами, r_j – время прибытия на остановку согласно нормативным документам (утвержденному расписанию), а S_j – реальное время прибытия на остановку.

В рамках теории расписания поставленная задача может быть обозначена следующим образом:

$$1 | r_j, \sum_{j=1}^N D_j + \sum_{j=1}^{N-1} t_j = D, prec | \sum_{j=1}^N S_j,$$

где

«1» обозначает тип задачи – одноприборная;

r_j – ограничение, указывающее, что посадка и высадка пассажиров на остановке j не может начаться раньше момента времени r_j ;

$\sum_{j=1}^N D_j + \sum_{j=1}^{N-1} t_j = D$ - ограничение на время простоя. Сумма времен простоев и времен нахождения в пути ТС не может превышать времени нахождения ТС на маршруте (регламентируется нормативными документами);

prec (от англ. «*precedence relations*») – отношение предшествования. Говорит о том, что если $j > i$, то $r_j > r_i$. Другими словами, ТС не может прибыть на j -ую остановку, пока не посетит i -ую остановку.

$\sum_{j=1}^N S_j$ - целевая функция.

Далее представлен алгоритм нахождения фактического момента прибытия ТС на остановку, описанный в виде блок-схемы (рисунок 1).

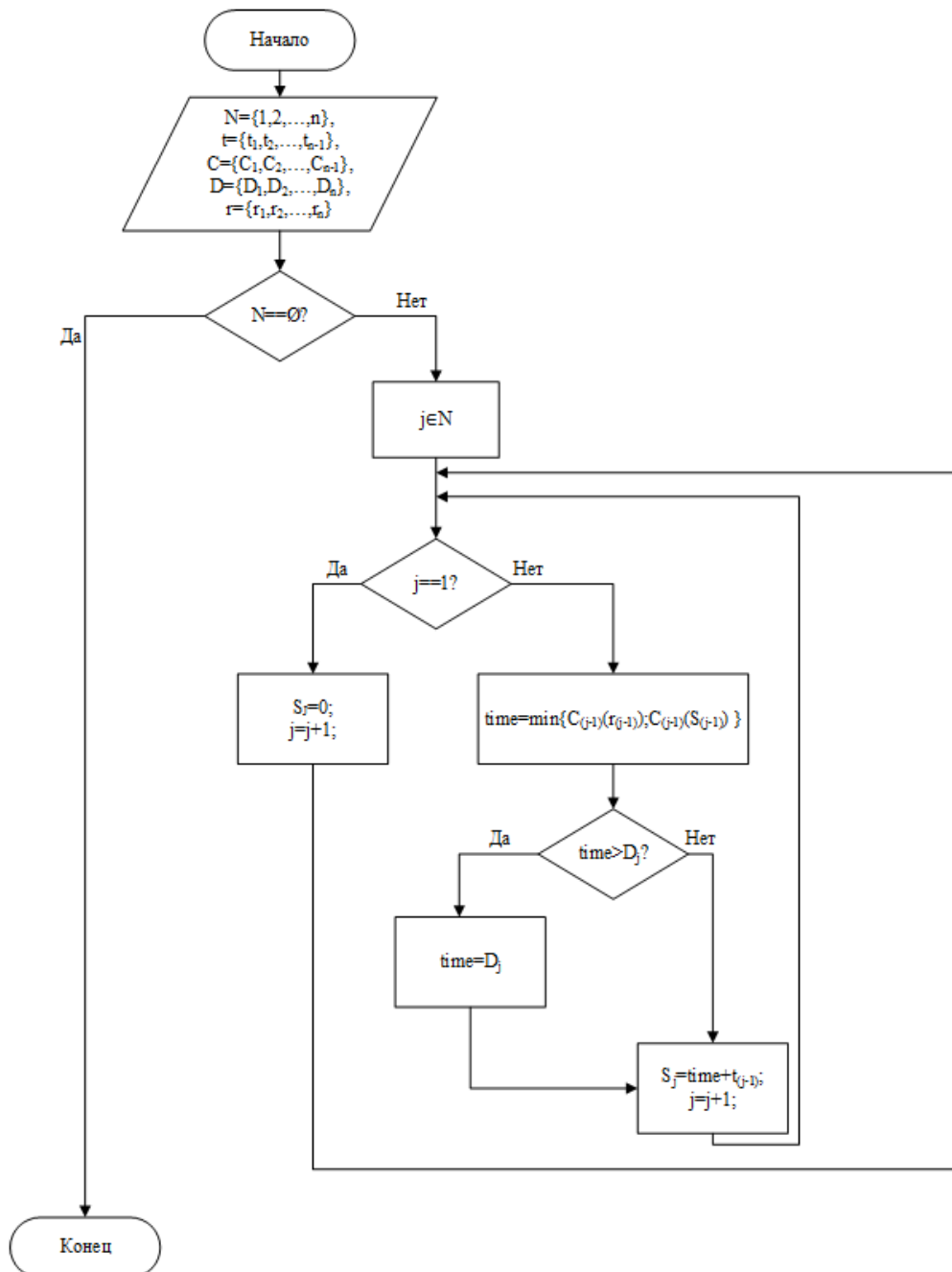


Рисунок 12. Алгоритм расчёта времени прибытия ТС на остановки.

Алгоритм достаточно прост в реализации, однако требует пояснений.

Исходные данные задачи – множество остановок, времен перемещения ТС между остановками и времен окончания простоя на остановке – являются исходными данными алгоритма.

Время перемещения ТС между остановками может быть получено с системы GPS/ГЛОНАСС, которыми в соответствии с требованиями регламента оснащены ТС. Имея статистику по определенному участку дороги в разные сезоны года, можно получить среднюю скорость ТС на этом участке, что и позволит вычислить среднее время прохождения участка.

Время окончания простоя C_j зависит от времени прихода ТС S_j на j -ую остановку и времени простоя ТС на остановке p_j . Согласно алгоритму, S_j рассчитывается на $(j-1)$ операции. Время простоя p_j может быть получено как сумма времени, потраченного на посадку и высадку пассажиров на остановке, и времени, затраченного на открывание и закрывание дверей, а также время реагирования водителя ТС. Время посадки и высадки пассажиров и количество входящих и выходящих пассажиров может быть получено путем полевых исследований. Тогда как время реагирования водителя и время открывания и закрывания дверей плохо поддаются фиксации. Результаты замеров неточны, однако результаты незначительно влияют на общее время простоя ТС.

Таким образом, проведя соответствующие полевые исследования, можно получить поминутное расписание движения одного ТС по маршруту. Данная задача решается с помощью понятного и простого алгоритма и является весьма важной при проектировании движения ГПТ. Задача является конструктивной с позиции дополнения и модификации ограничений.

Список литературы:

1. Лазарев А.А., Гафаров Е.Р. Теория расписания. Задачи и алгоритмы. – М.: Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (МГУ), 2011.– 222 с.