



УДК 656.022(072)

ВОПРОСЫ СРАВНЕНИЯ МЕТОДОВ СИНХРОНИЗАЦИИ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА

Т.В. Новикова, магистр кафедры системного анализа и логистики ГУАП.

В данной статье были рассмотрены различные методы синхронизации общественного транспорта. Задача синхронизации транзитного расписания решалась с помощью различных методов и подходов. Обширные научно-исследовательские работы были посвящены снижению негативных последствий трансферов в транзитных сетях.

Ключевые слова: общественный транспорт, транспортный трансфер, трансферный пассажир, транзит, задача синхронизации.

Общественный транспорт (ОТ) играет важную роль в социальной инфраструктуре любого города. Для своего функционирования он требует больших материальных, финансовых и трудовых затрат. Поскольку государство несет существенную долю расходов по обеспечению транспортного процесса, повышение эффективности ОТ имеет значение не только для пассажира-пользователя, но и для экономики отдельных регионов, а следовательно и страны в целом.

Специфика же ОТ состоит в том, что пассажир является не только объектом перевозки, но и потребителем. В системе ОТ действуют сложные, многофакторные потоковые процессы (пассажирские, материальные, информационные, финансовые), требующие исследования, описания и последующей оптимизации на основе использования аналитического моделирования, адаптированного к методам логистического администрирования.

Интеграция - ключевой фактор в работе ОТ, который может позволить ему конкурировать с частным транспортом. В последние годы, параллельно с увеличением значения общественного транспорта растет интерес к разработке комплексной системы общественного транспорта. Такие системы предназначены для облегчения трансфера и упрощения услуг для пассажиров, которые нуждаются в использовании нескольких служб.

Транспортным трансфером называют процесс перевозки пассажира от места отправления до места назначения несколькими видами служб или разными рейсами.

Трансферный пассажир - пассажир, который в соответствии с договором перевозки прибыл в хаб одним рейсом (видом транспорта) и продолжает передвижение другим.

Трансфера следует избегать в транзитных системах, когда это является возможным. Однако, экономические причины налагают необходимость трансфера в системах ОТ, поскольку невозможно составить транспортную сеть только лишь из прямых связей. Трансфер улучшает эксплуатационную гибкость и эффективность транзита поскольку каждая линия может быть спланирована согласно ее объему требований и особенностей. Если пассажирские трансферы будут спланированы должным образом, то негативное воздействие на пассажиров будет невысоким и будет компенсироваться преимуществами трансфера.

Транзит – это перевозка пассажира из начального пункта в конечный через транзитный центр одной службой или одним рейсом.

Синхронизация ОТ является важным аспектом интеграции в системах общественного транспорта и, благодаря своей актуальности, в последние годы привлекла внимание многих исследователей. В связи с этим были разработаны различные методы и модели по синхронизации расписания.



Задача синхронизации сводится к минимизации задержек в расписании, вызванных явлением трансфера в системах ОТ. Поскольку поездки на общественном транспорте часто требуют комбинации нескольких способов или видов транспортных средств (ТС), возникает задержка. Эта задержка, которую называют временем ожидания трансфера, сильно зависит от синхронизации пересекающихся по транзиту служб.

Время в пути является важным фактором в решении потенциального, а также существующего пользователя использовать транзит на регулярной основе. Это время состоит из различных компонент, в том числе времени движения пассажира из пункта отправления до первой остановки, времени движения от последней остановки до места назначения, времени поездки в транспорте, начального времени ожидания и любого времени трансфера между разными транспортными службами при необходимости. Пассажирские трансферы возникают там, где две или более транзитных линий пересекаются или заканчиваются в одной точке. Трансферы также могут возникать между линиями, которые находятся в непосредственной близости друг от друга. Переход от одной транзитной службы к другой порождает время ожидания, из-за которого увеличивается общее время трансфера и, соответственно, поездки в целом.

Важность компонент времени поездки различна для пользователей транзита и варьируется от одного человека к другому. Исследования показали, что время вне ТС более раздражительно и важнее для людей в 2-4 раза, нежели время нахождения в ТС. Исследования также показали, что в большинстве случаев время трансфера еще более важно, чем начальное время ожидания.

Когда интервал движения относительно короткий (обычно, ≤ 6 минут), время трансфера, как правило, тоже короткое. Напротив, пересадка на маршрут, у которого длинный интервал движения (скажем, > 10 минут) может привести к большой задержке[1].

Таким образом, время ожидания трансфера сильно зависит от временной координации ТС, то есть, является прямым следствием синхронизации расписания.

Задача синхронизации касается урегулирования расписания для транзитных линий предварительно разработанной транзитной сети. На практике это может включать в себя, например, добавление или “удаление” некоторых ТС, сокращение или увеличение времени цикла. Изменение времени отправления - типичный подход, используемый на стадии сервисного планирования и урегулирования расписания. Этот подход может быть выполнен статически и динамически.

В динамическом подходе информация, в режиме реального времени использующаяся и для отправления и для прибытия транспорта, регулируется непрерывно, чтобы минимизировать время ожидания трансфера. Статический случай - когда транзит предназначен для того, чтобы работать, основываясь на фиксированном, предварительно запланированном расписании. В этом случае расписание составляется на этапе планирования и затем публикуется для общественности. Другими словами это предварительное планирование, которое направлено на синхронизацию расписания на фиксированной основе в различные периоды планирования. Это и называется синхронизацией графика или оптимизацией трансфера.

Добиться минимизации времени ожидания можно двумя способами:

1. Изменением частоты транспорта на линии, что может привести к изменению требуемого размера парка (например, увеличение числа автобусов).
2. Имеющимися ресурсами с сохранением предопределенной частоты транспорта на линии, что не влияет на размер парка.[4]



Методы синхронизации расписания транзита можно разделить на две основные категории: расчет трансфера и оптимизация трансфера

В первом подходе транзитные ТС из разных линий планируется свести в определенных пунктах пересадки, тогда как в последнем подходе линии планируются так, чтобы свести к минимуму общее время ожидания трансфера пассажирами сети.

Система расчета трансфера (система тайм-трансфера) представляет собой сведение к минимуму времени ожидания с помощью максимизации одновременно прибывающих ТС в некоторых конкретных точках трансфера в сети (хабах). Система тайм-трансфера (СТТ) - система транзита, состоящая из линий транзита и нескольких транзитных центров, в которые транзитные ТС всех пересекающихся линий прибывают одновременно и позволяют пассажирам легко переходить по всем направлениям.

В то время как СТТ стремится максимизировать одновременное прибытие транзитных ТС в транзитный центр, метод оптимизации предназначен для минимизации общего времени ожидания трансфера на протяжении всей транзитной сети. Такой подход учитывает все возможные трансферы между линиями транзита в сети и пытается установить расписания линий так, чтобы общее время ожидания трансфера стало минимальным во всей сети. Фактически, СТТ устраняет большое количество узлов и фокусируется на максимальной синхронизации.

Подобно любой задаче оптимизации, у задачи синхронизации графика есть три жизненно важных аспекта: (1) выбор контролируемого параметра (ов) в качестве переменной (ых) решения, (2) разработка целевой функции и набора ограничений, и (3) определение эффективного метода решения. Задача находится в пределах задач целочисленного программирования (IP), которые намного труднее решить по сравнению с задачами линейного программирования (LP).

Существует две классических формы этой задачи: частично-целочисленное программирование (MIP) и частично-целочисленное нелинейное программирование (MINP).

В таблице 1 представлены некоторые методы исследований, которые были проведены относительно проблем синхронизации транзита, в соответствии с их целями, методами оптимизации и областями применения.

Таблица 1.

Автор	Год	Цель	Метод оптимизации	Применение
Domschke[2]	1989	Минимизации общего времени ожидания трансфера	Эвристические алгоритмы, включая метод рисков и алгоритм имитации отжига	Во всех видах сетей
Voß[3]	1992	Минимизация времени ожидания пассажирами на определенных трансферных станциях сети	Метод поиска с запретами	Во всех видах сетей
Daduna[4]	1995	Минимизация общего времени ожидания трансфера	Метод поиска с запретами	Во всех видах сетей



Продолжение Таблицы 1

Автор	Год	Цель	Метод оптимизации	Применение
Chakroborty и др.[5]	1997	Минимизация общего времени ожидания и размера парка	Метаэвристика (генетический алгоритм)	Во всех видах сетей
Ceder и др.[6]	2001	Максимизация числа одновременных прибытий ТС	Эвристический алгоритм на Турбо-Паскаль.	Автобусные сети
Jansen и др.[7]	2002	Минимизации общего времени ожидания трансфера	Нелинейная МIP-модель. Поиск с запретами.	Автобусная сеть
Shrivastava and Dhingra[8]	2002	Минимизация времени ожидания и эксплуатационных расходов.	Метаэвристика (генетический алгоритм)	Ж/д и фидерные автобусы
Fleurent и др.[9]	2004	Качество синхронизации расписания	Метод Лагранжевых релаксаций и несколько эвристических алгоритмов, ПО Hastus	Во всех видах сетей
Wong и др.[10]	2004	Минимизация времени ожидания	MIP-решатель (CPLEX)	Ж/д сети
Cevallos and Zhao[11]	2006	Минимизации общего времени ожидания трансфера	Метаэвристика (генетический алгоритм)	Автобусные сети
Shafahi&Khani[12]	2010	Минимизации общего времени ожидания трансфера	Метаэвристика (генетический алгоритм)	Во всех видах сетей
Rojas and Solis[13]	2012	Максимизация числа одновременных прибытий ТС и сокращение пробок	Алгоритм ветвей и границ. Алгоритм много-пускового итерационного локального поиска.	Автобусные сети



В данной статье были рассмотрены различные методы синхронизации общественного транспорта. Задача синхронизации транзитного расписания решалась с помощью различных методов и подходов.

Обширные научно-исследовательские работы были посвящены снижению негативных последствий трансферов в транзитных сетях.

Оценка существующих методов показывает, что они принципиально отличаются в зависимости от своих целей, постановок и методов решения.

В результате исследования можно сказать, что необходима разработка практических алгоритмов для реализации данных методов, поскольку лишь один метод (Метод Янсена для автобусной сети, 2002 г.) был применен на практике и проверен на городе Копенгагене.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Synchronisation of Public Transport Services: Comparison of Methods Vahid POORJAFARI a , Wen Long YUE Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.9, 2013
2. Domschke, W (1989), 'Schedule synchronization for public transit networks', Operations-Research-Spektrum, vol. 11, no. 1, 1989/03/01, pp. 17-24.
3. Castelli, L, Pesenti, R & Ukovich, W (2004), 'Scheduling multimodal transportation systems', European Journal of Operational Research, vol. 155, no. 3, pp. 603-615.
4. Ceder, A, Golany, B & Tal, O (2001), 'Creating bus timetables with maximal synchronization', Transportation Research Part A: Policy and Practice, vol. 35, no. 10, pp. 913-928.
5. Cevallos, F & Zhao, F (2006), 'Minimizing Transfer Times in a Public Transit Network with a Genetic Algorithm', 85th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C., January 22-26, 2006.
6. Chakroborty, P (2003), 'Genetic algorithms for optimal urban transit network design', Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, vol. 18, no. 3, pp. 184-200.
7. Chakroborty, P, Deb, K & Porwal, H (1997), 'A genetic algorithm based procedure for optimal transit systems scheduling', Proceedings of the Fifth International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management, Mumbai, India, pp. 330-341.
8. Chakroborty, P, Kalyanmoy, D & Subrahmanyam, S (1995), 'Optimal scheduling of transit systems using genetic algorithms.', Journal of Transportation Engineering, vol. 121, no. 6, pp. 544-552.
9. Chakroborty, P, Deb, K & Sharma, RK 2001, 'Optimal fleet size distribution and scheduling of urban transit systems using genetic algorithms', Transportation Planning and Technology, vol. 24, no. 3, pp. 209-226.
10. Currie, G & Bromley, L (2005), 'Developing Measures of Public Transport Schedule Coordination Quality', 28th Australasian Transport Research Forum. Dadson, J, Mees, P, Stone, J and Burke, M (2011), The Principles of Public Transport Planning: A review of the emerging literature with select examples, Griffith university, Brisbane, Australia.
11. Daduna, J & Voß, S (1995), 'Practical Experiences in Schedule Synchronization', in Daduna, J, Branco, I & Paixão, JP (eds), Computer-Aided Transit Scheduling, vol. 430, Springer Berlin Heidelberg, pp. 39-55.