

УДК 519.863

Соколюк С.В.

Донецкий национальный технический университет, г. Донецк
кафедра системного анализа и моделирования

ОБ ОПТИМАЛЬНОМ УПРАВЛЕНИИ ПАССАЖИРСКИМИ ТРАНСПОРТНЫМИ ПЕРЕВОЗКАМИ В ГОРОДЕ

Аннотация

Соколюк С.В. Об оптимальном управлении пассажирскими транспортными перевозками в городе. Рассмотрена проблема транспортных пассажирских перевозок в городе. Она состоит в том, что общественный транспорт сильно перегружен в т.н. «часы пик». Проведен анализ подходов к решению транспортных задач. Поставлена задача об оптимальном управлении транспортными перевозками в городе как задача минимизации функции, зависящей от количества пассажиров, числа маршрутных такси и стоимости проезда. Методами решения поставленной задачи выбраны методы градиентного спуска и сопряженных градиентов.

***Ключевые слова:** оптимальное управление, транспорт, пассажирские перевозки, метод сопряженных градиентов.*

Общая постановка проблемы. В настоящее время в больших городах существует проблема перегрузки общественного транспорта в так называемые «часы пик». В эти часы нагрузка на общественный транспорт непропорционально возрастает, что приводит к тому, что он не справляется с пассажиропотоком [1]. Это означает, что люди не могут вовремя добраться до работы или добираются в подавленном состоянии из-за перегруженности транспорта. В свою очередь, данные факторы негативно сказываются на производительности труда работников и, как следствие, на росте экономики города.

Цель работы. Оптимизация работы общественного транспорта, обеспечивающая равномерную нагрузку на него в течение дня.

Обзор существующих подходов к решению проблемы. Оптимальное планирование работы транспортных систем, принципиально позволяющее преодолеть большинство из перечисленных трудностей, опирается на систему взаимосвязанных математических моделей, в рамках которых удается учесть такие особенности транспортных систем, как нечеткость имеющейся информации, противоречия в интересах партнеров, многоцелевой характер оценки выбираемых режимов функционирования и т. д. На основе этих моделей появляется возможность формализовать задачи оптимизации и использовать соответствующий математический аппарат [2].

В работе А.Э. Горева [3] выделяются несколько классов задач оптимизации транспортных систем:

- Задачи маршрутизации перевозок и движения транспортных средств заключаются в выборе рациональных или оптимальных схем перемещения грузов или пассажиров между конечным числом пунктов.

- Задачи загрузки транспортных средств определяют номенклатуру, объем и схему размещения груза при перевозке.

- Задачи составления графиков движения возникают при обслуживании технологических процессов производственных предприятий (перевозка бетона), выполнении перевозок по технологии «точный срок», при загрузке или разгрузке транспортных средств на крупных складах и терминалах, пассажирских перевозках.

- Задачи планирования использования трудовых и технических ресурсов в транспортном узле решаются для оптимизации использования общеузловых и специализированных для каждого вида транспорта ресурсов с целью снижения простоев всех видов ресурсов, повышения производительности транспортного узла.

- Задачи планирования работы транспортных предприятий затрагивают транспортную (планирование перевозок) и эксплуатационную (выполнение техобслуживания, использование кадров) деятельность предприятия.

- Задачи производственно-транспортного планирования касаются логистических систем, когда по критерию минимума суммарных затрат на производство и доставку продукции определяется план производства, распределения и складирования готовой продукции при наличии альтернативных источников поставки и потребления взаимозаменяемых изделий.

- Задачи определения оптимальных тарифов позволяют максимизировать доход транспортного предприятия за счет проведения той или иной маркетинговой политики.

Таким образом, можно видеть, что существующие подходы к решению транспортных задач не рассматривают выбранное для данной работы направление оптимизации, поскольку направлены на другие области, например оптимизацию грузоперевозок или построение карты возможных мест скопления транспорта.

Постановка задачи. С целью оптимизации общественного транспорта в данной работе будет рассмотрена задача нахождения оптимального числа маршрутных такси, необходимого для перевозки всех пассажиров города по необходимым им маршрутам с учетом минимизации затрат перевозчика и максимизации выгоды пассажиров.

Решение данной задачи позволит определить необходимый автопарк для обеспечения потребности в транспорте для населения города при учете интересов перевозчиков и потребителей.

Для решения задачи было бы целесообразно провести масштабное исследование пассажиропотока в его динамике за продолжительное время (около месяца) для выявления всех характерных закономерностей и учета их в планируемой модели.

Задачу в общем виде можно поставить следующим образом. Необходимо построить модель, позволяющую определить количество маршрутных такси, необходимых для перевозки всех пассажиров города по необходимым им маршрутам с учетом минимизации затрат перевозчика и максимизации выгоды пассажиров.

Также необходимо учесть, что некоторые из переменных величин могут быть связаны не только через функционал, но и непосредственно между собой через некоторые уравнения.

В данной работе рассмотрена частная задача: необходимо построить модель, позволяющую рассчитать необходимое количество маршрутных такси для перевозки населения по одному маршруту при оптимальном соотношении времени перевозки всех пассажиров, прибыли перевозчика и стоимости проезда.

Введем следующие величины:

Доход перевозчика:

$$D = S \int_{t_0}^{t_1} N_{\text{пас.}}(t) dt.$$

Время перевозки всех пассажиров:

$$T = \int_{t_0}^{t_1} T_{\text{пр.}} \frac{N_{\text{пас.}}(t)}{N_{\text{м.}}(t) K_{\text{max}}} dt.$$

Тогда можно поставить задачу оптимизации следующим образом:

$$J = S \int_{t_0}^{t_1} \left[-N_{\text{пас.}}(t) + \lambda T_{\text{пр.}} \frac{N_{\text{пас.}}(t)}{N_{\text{м.}}(t) K_{\text{max}}} \right] dt - \max_t N_{\text{м.}}(t) \cdot Z \rightarrow \min,$$

где t – время;

$N_{\text{пас.}}$ – количество пассажиров, которых нужно перевезти;

S – стоимость проезда;

Z – затраты перевозчика на одно маршрутное такси;

$T_{\text{пр.}}$ – время проезда по маршруту;

$N_{\text{м.}}$ – число маршрутных такси;

K_{max} – максимально возможное количество пассажиров в одной маршрутке;

λ – весовой коэффициент.

Также для решения задачи целесообразно использовать следующие ограничения:

- доход перевозчика должен превышать его затраты;
- стоимость проезда для пассажиров не должна превышать 5 грн.;
- время перевозки всех пассажиров не должно превышать 16 ч.

Таким образом, поставлена задача оптимизации функции $J(S, N_m)$. Поскольку минимизируемая функция зависит от нескольких переменных, методом оптимизации можно выбрать метод градиентного спуска:

$$\vec{u}^{k+1} = \vec{u}^k - \alpha \nabla J^k, k = 0, 1, \dots,$$

где $\vec{u} = \{S, N_m\}$ – вектор оптимизации [4].

Поскольку большинство функций подобного вида овражны (т.е. в некоторой области норма вектора-градиента существенно меньше, чем в остальной части пространства), имеет смысл удостовериться в сходимости алгоритма к решению, т.к. данный метод имеет достаточно медленную сходимость.

Для увеличения сходимости алгоритма к минимуму функции при $\nabla J \rightarrow 0$ можно использовать для поиска оптимального значения метод сопряженных градиентов:

$$\vec{u}^{k+1} = \vec{u}^k - \alpha p^k,$$

где $\vec{u} = \{S, N_m\}$ – вектор оптимизации [4], $p^k = \nabla J^k + \frac{\|\nabla J^k\|^2}{\|\nabla J^{k-1}\|^2} p^{k-1}, p^0 = \nabla J^0$.

Данный метод позволяет найти решение с требуемой точностью за конечное число итераций.

Выводы. Новизна работы заключается в новой постановке задачи оптимизации пассажирской транспортной системы города.

Модель предполагает поиск оптимального решения многокритериальной задачи оптимизации, что требует разработки соответствующего программного комплекса.

В качестве метода решения задачи предложен метод сопряженных градиентов.

Список литературы

1. Бойко Г.В. Методика оптимизации структуры транспорта для обслуживания городских пассажирских перевозок / Г.В. Бойко – Волгоград: ВГТУ, 2006 г. - 162 с.
2. Гудков В.А. Пассажирские автомобильные перевозки: Учебник для вузов / В.А. Гудков, Л.Б. Миротин, А.В. Вельможин, С.А. Ширяев – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 488 с.
3. Горев А.Э. Основы теории транспортных систем: учеб.пособие / А. Э. Горев; СПбГАСУ. – СПб., 2010. – 214 с.
4. Максимов Ю.А. Алгоритмы решения задач нелинейного программирования / Ю.А.Максимов, Е.А. Филлиповская— М.: МИФИ, 1982.