

УДК 004.415.25

Пролиско Е.Е., кандидат технических наук, доцент,
Брестский государственный технический университет, Брест
Шуть В.Н., кандидат технических наук, доцент,
Брестский государственный технический университет, Брест
Козинский А.А., кандидат педагогических наук, доцент,
Брестский государственный технический университет, Брест

ГОРОДСКОЙ ОБЩЕСТВЕННЫЙ ТРАНСПОРТ БЕЗ ЗАДАННОГО МАРШРУТА

Аннотация. Предложена модель работы городского общественного пассажирского транспорта, функционирующего в режиме «транспорт по запросу». Решается задача определения оптимального количества транспортных единиц и оптимальных маршрутов движения, позволяющих перевезти всех пассажиров на остановках.

Ключевые слова: городской общественный транспорт, оптимизация работы, новый подход к организации работы.

URBAN PUBLIC TRANSPORT WITHOUT A SPECIFIED ROUTE

Annotation. A model of the operation of urban public passenger transport operating in the “transport on demand” mode is proposed. The problem of determining the optimal number of transport units and optimal routes that allow transporting all passengers at stops is being solved.

Key words: urban public transport, optimization of work, new approach to organizing work.

В настоящее время организация работы городского общественного пассажирского транспорта имеет ряд недостатков. К этим недостаткам можно отнести, например, отсутствие гибкого управления количеством перевозчиков, а также необходимость делать одну или несколько пересадок для того, чтобы попасть на нужную остановку.

Поставим задачу так организовать перевозку пассажиров чтобы:

время ожидания пассажиром средства перевозки было по возможности минимальным;
количество перевозчиков было достаточным, чтобы они забирали всех пассажиров на остановках, но, чтобы при этом они не ездили постоянно полупустыми;
пассажир, севший в перевозчик на любой остановке, имел возможность без пересадок доехать до любой другой остановки в данном населенном пункте.

Для решения этих, а также других проблем организации работы городского общественного пассажирского транспорта предлагается в качестве перевозчика использовать разрабатываемую в Брестском техническом университете транспортную систему «Инфобус» [1]. В основе материальной части этого проекта находятся беспилотные кары, режим работы каждого из которых определяется связанным с ним центральным компьютером. При этом пассажир, войдя на остановку, имеет возможность указать свою целевую остановку, и эта информация также поступает в центральный компьютер. Кроме того, этому компьютеру «известно» количество пассажиров в каждом инфобусе и их целевые остановки.

В работе [2] предлагается использовать для поиска оптимальных маршрутов этих перевозок математический аппарат комбинаторных аукционов. В работе [3] авторами описан математический аппарат выбора оптимальных маршрутов перевозок пассажиров в режиме «транспорт по запросу», используя методику перебора с возвратом. Для эффективного использования такой методики наиболее вероятные маршруты переездов между остановками находились в начале списка возможных переездов. Данный подход значительно ускорил поиск оптимального маршрута и позволяет работать в режиме реального времени даже при достаточно большом количестве остановок.

Для решения предлагается следующий подход. Для некоторого заданного интервала времени Δt выбираются такие маршруты для перевозчиков, которые минимизируют целевую функцию [3]

$$F(\Delta t) = \alpha \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^{n_i} \Delta t_{i,j}^n + \beta \sum_{l=1}^k \sum_{p=1}^{m_l} \Delta t_{l,p}^o - \gamma \sum_{i=1}^r s_i, \quad (1)$$

где r – количество перевозчиков; k – количество остановок; n_i – количество пассажиров в i -ом перевозчике; $\Delta t_{i,j}^n$ – время перевозки j -го пассажира в i -ом перевозчике; m_l – количество пассажиров на l -ой остановке; $\Delta t_{l,p}^o$ – время ожидания p -го пассажира на l -ой остановке; s_i – количество перевезенных пассажиров i -ым перевозчиком. Коэффициенты α , β и γ – выбираются исследователем. Их величина определяет «значимость» соответствующей характеристики системы. Работоспособность данной модели была проверена средствами имитационного моделирования. Модель, описанная в [3], предполагала, что на остановках имеется случайное, но известное системе в начале моделирования как количество пассажиров, так и их целевые остановки, и новые пассажиры не поступают. Задачей являлось нахождение оптимальных маршрутов перевозчиков.

Чтобы учесть возможность подхода новых пассажиров введем дополнительные характеристики системы, которые полагаем известными: $\lambda_i(t)$ – интенсивность поступления новых пассажиров на i -ую остановку в момент t ; Dt_c – среднее время нахождения пассажира в системе (время ожидания на остановке + время поездки); V – количество мест в перевозчике. Методика нахождения оптимальных маршрутов, определяемая (1) не обеспечивает перевозки всех пассажиров. Если перевозчиков недостаточно, то пассажиры начнут накапливаться на остановках. Если перевозчиков больше необходимого, то они постоянно будут полупустыми.

Введем величину d – вероятность того, что всем пассажирам, пришедшим на все остановки за время Dt_c хватит места в перевозчиках, например, $d = 95\%$. Полагая, что потоки пассажиров – пуассоновские с интенсивностями $\lambda_i(t)$ $i = 1, \dots, k$ получим среднее количество пассажиров, пришедших на все остановки за интервал времени $[t, t + \Delta\tau_c]$

$$\Lambda = \sum_{j=1}^k \int_t^{t+\Delta\tau_c} \lambda_j(s) ds, \text{ и решаем относительно } N \text{ уравнение } \sum_{i=0}^N \frac{\Lambda^i}{i!} e^{-\Lambda} \approx d. \quad (2)$$

То есть с вероятностью d за интервал $[t, t + \Delta\tau_c]$ на все остановки придет не более N пассажиров. Тогда необходимое количество перевозчиков

$$W = \lceil N / V \rceil. \quad (3)$$

где $\lceil \cdot \rceil$ – обозначает округление вверх.

Список литературы

1. Пролиско, Е. Е. Возможности и перспективы беспилотного городского общественного транспорта [Текст] / Е.Е. Пролиско, В.Н. Шуть // Математические методы в технике и технологиях : сб. тр. междунар. науч. конф. Т. 9. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2018. – С. 16-23.
2. Сатунин, С. В. Применение комбинаторных аукционов для планирования маршрутов в моделировании задачи «транспорт по запросу» [Текст] / С.В. Сатунин // Бизнес-Информатика. – 2009. – № 4 (10). – С. 3-9.
3. Пролиско, Е. Е. Модификация работы городского общественного пассажирского транспорта [Текст] / Е.Е. Пролиско, В.Н. Шуть // Цифровая среда: технологии и перспективы : сб. мат. междунар. науч.-практ. конф., Брест, 31 октября 2022 г. – Брест : БрГТУ, 2022. – С. 44-46.