

УДК 004.415.25

*Д.А. Дворанинович, студент, Брестский Государственный
Технический Университет, Брест*

*И.В. Абоимов, студент, Брестский Государственный
Технический Университет, Брест*

АЛГОРИТМ ПЛАНИРОВАНИЯ ПЕРЕВОЗОК В СИСТЕМЕ БЕСПИЛОТНОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА

Аннотация: процесс перевозок в любой транспортной системе включает в себя такие задачи как: планирование, организация и управление. Предложено описание алгоритма скоростной перевозки для городской пассажирской интеллектуальной транспортной системы, базирующейся на беспилотных транспортных средствах, способной адаптироваться к изменениям интенсивности пассажиропотока.

Ключевые слова: инфобус, алгоритм, планирование, организация перевозки, транспортная система.

The algorithm of transportation planning in the unmanned public transport system

Abstract: the transportation process in any transport system includes such tasks as planning, organization and management. A description of a high-speed transportation algorithm for an urban passenger intelligent transport system based on unmanned vehicles capable of adapting to changes in the intensity of passenger traffic is proposed.

Keywords: infobus, algorithm, planning, organization of transportation, transport system.

Введение

На сегодняшний день в большинстве городов мира существует устоявшаяся в течении XX века система общественного транспорта. Однако данная система подходит к пределу собственного совершенствования. Решением данной проблемы может явиться переход на абсолютно иной способ организации пассажирских транспортных перевозок.

В монографии «Кассетно-конвейерная технология скоростных систем городских пассажирских перевозок»[1] рассмотрены основные недостатки существующих систем городского транспорта и предложена система пассажирского беспилотного транспорта, которая предназначена заменить существующую систему, устранив её недостатки. В первую очередь низкую скорость движения общественного транспорта и низкую адаптивность всей системы к изменению пассажиропотока.

Интеллектуально-информационная транспортная система – это транспортная система, которая способна самостоятельно собирать информацию, обрабатывать и принимать решения о изменении маршрута или типа транспортного средства согласно полученным данным. В рамках данной системы высокую важность имеет алгоритм выбора маршрута. От данного алгоритма зависит общая эффективность перевозок.

В предложенной статье рассмотрен алгоритм скоростной перевозки пассажиров для интеллектуально-транспортной системы.

Описание интеллектуально-информационной транспортной системы общественного транспорта

Городская транспортная система – это комплекс объектов инфраструктуры и меры по её эксплуатации и профилактике, предназначенные для перевозки по городу пассажиров и грузов. Основная цель – перевозка пассажиров и грузов по городу.

Основные её недостатки:

1. Отсутствие точной, объективной информации в режиме реального времени о интенсивности пассажиропотока на маршруте;
2. Ошибки человеческого фактора в принятии ответственных решений;
3. Малая номенклатура транспортных средств различной вместимости для более точного покрытия меняющегося пассажиропотока.

Исходя из вышеперечисленного, предложена интеллектуально-информационная транспортная система на базе беспилотных транспортных средств.[2; 3].

Состав системы:

- Интеллектуальная система управления;
- Беспилотные транспортные средства объёмом 30-50 пассажиров (инфобус) [4; 5].
- Остановочные пункты, оснащенные терминалами для заказа и оплаты проезда.

Пассажир, проходя через терминал остановочного пункта оплачивает проезд с указанием станции назначения. Таким образом все пассажиры данного остановочного пункта дифференцируются по месту отправки и месту назначения. Сведения о заявках пассажиров со всех остановок поступают на сервер системы, где формируется матрица корреспонденций. Интеллектуальная система управления сканирует накапливаемые заявки и при достаточном их накоплении формирует матрицу корреспонденций.

Матрица корреспонденций (рис.1) это квадратная матрица размерности $k \times k$, где k число остановок одного направления маршрута. Каждый элемент $m_{ij}, i = \overline{1, k-1}, j = \overline{2, k}$ матрицы несет в себе информацию о запросах на перевозку по корреспонденций ij в текущий момент времени, т.к. определяет количество пассажиров, желающих ехать с остановки $i, i = \overline{1, k-1}$ на остановку $j, j = \overline{2, k}$. Очевидно, что элементы матрицы на главной диагонали и под главной диагональю равны нулю, т.к. предполагается, что пассажир не может выйти на остановке, на которой сел, и не может ехать назад.[1]

$$M = \begin{pmatrix} 0 & m_{12} & m_{13} & \dots & \dots & m_{1j} & \dots & m_{1k} \\ 0 & 0 & m_{23} & \dots & \dots & m_{2j} & \dots & m_{2k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & m_{ii+1} & \dots & m_{ij} & \dots & m_{ik} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & 0 & m_{k-1k} \\ 0 & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & 0 \end{pmatrix}$$

Рисунок 1 - Матрица корреспонденций

Программа на сервере по матрице корреспонденций формирует маршрут текущей перевозки, по которому высылается беспилотное транспортное средство, которое и осуществляет развозку пассажиров. Система использует набор алгоритмов перевозки, среди которых для текущей перевозки выбирается оптимальный. Один из вариантов алгоритма, реализующим метод скоростной перевозки пассажиров, описан в данной статье.

К особенностям данного алгоритма относятся:

- Каждый пассажир совершает не более одной не нужной ему остановки по ходу движения инфобуса;
- Реализуется алгоритм скоростной перевозки, обеспечивающий высокую скорость движения по городу;
- Маршрут перевозки строится в процессе передвижения: при прибытии на остановку сервер обновляет матрицу корреспонденций и достраивает инфобусу дальнейший маршрут.

Описание алгоритма

Алгоритм условно можно разделить на 2 части:

1. Построение таблиц;
2. Поиск оптимального варианта развозки.

Построение таблиц. Первым шагом алгоритма является преобразование матрицы корреспонденций в k таблиц (по числу остановок маршрута). Каждая таблица строится на основе строки матрицы корреспонденций M , каждому остановочному пункту соответствует

строка матрицы корреспонденций. Каждая таблица представляет собой совокупность планов развозки с текущей остановки, на одну или две остановки.

Основные переменные, применяемые при описании алгоритма:

i – номер строки матрицы корреспонденций/номер остановочного пункта

j, z – номера остановок, на которые будут перевезены пассажиры

q_{sn} – элемент таблицы остановочного пункта i , обозначающий количество пассажиров, что будут перевезены по маршруту i остановка – s остановка – n остановка с остановки i ;

e_{in} – элемент таблицы остановочного пункта i , обозначающий количество пассажиров, что будут перевезены по маршруту i остановка – n остановка с остановки i ;

M – матрица корреспонденций (квадратная), обновляемая сервером при прибытии инфобуса на остановочный пункт;

k – размерность матрицы корреспонденций;

m_{xy} – элемент матрицы корреспонденций обозначающий количество человек перевозимых с остановки x на остановку y ;

W_i – таблица остановочного пункта i , представляющая совокупность планов развозки с текущей остановки, на одну или две остановки.

Алгоритм заполнения таблицы:

1. Для остановочного пункта i индексация строк таблицы W_i производится в диапазоне $\overline{i, k}$, а индексация столбцов производится в диапазоне $\overline{i+1, k}$, где i – номер остановочного пункта, для которого создается таблица, а k – размер матрицы корреспонденций;

2. Для остановочного пункта i , $i = \overline{1, k}$, из строки i матрицы M элементы m_{is} , где $s > i$, записываются в строку с индексом i и столбцами с индексом s , в элементы e_{is} , таким образом $e_{is} = m_{is}$;

3. Для строки z таблицы W_i , элементы q_{zj} где $j > z$ $q_{zj} = m_{iz} + m_{ij}$; $z = \overline{i+1, k-1}$; $j = \overline{i+2, k}$; z и j соответствуют индексам таблицы по строкам и столбцам соответственно; элементы q_{zj} где $z \geq j$ заполняются нулями.

В результате обработки строки i матрицы корреспонденций M получаем таблицу совокупностей вариантов перевозки пассажиров W_i (Таблица 1), где строка i представляет собой совокупность вариантов перевозки на одну остановку, а остальные строки представляют собой совокупность перевозки пассажиров на 2 остановки.

	$i+1$	$i+2$	...	k
i	e_{ii+1}	e_{ii+2}	...	e_{ik}
$i+1$	0	q_{i+1i+2}	...	q_{i+1k}
...	...	...	...	...
$k-1$	0	0	...	q_{k-1k}

Таблица 1, таблица W_i

Поиск оптимального варианта развозки. Выбор варианта развозки/элемента таблицы производится при прибытии на остановку и зависит от следующих вводных:

- Наличие пассажиров и дальнейшего маршрута, по которому будет двигаться инфобус;
- Итоговое количество свободных мест.

При прибытии на остановку i , сервер обновляет матрицу корреспонденций M , строит таблицу W_i и производит проверку:

Если имеется дальнейший маршрут, обозначим его остановкой z , и пассажиры, то поиск варианта дальнейшего пути (остановочного пункта) j производится в строке z таблицы W_i , или в строке i таблицы W_i , где $j \geq z$.

В случае выбора элемента q_{zj} , маршрут достраивается с i остановка – z остановка, до i остановка – z остановка – j остановка и забираются все пассажиры, которые едут с остановки i на остановки z и j .

В случае выбора элемента e_{ij} из таблицы W_i , где $j > z$, маршрут достраивается с i остановка – z остановка, до i остановка – z остановка – j остановка, но при этом не забираются пассажиры что едут с остановки i на остановку z , а только пассажиры, что едут с остановки i на остановку j .

В случае выбора элемента e_{ij} из таблицы W_i , где $j = z$, маршрут i остановка – z остановка остается неизменным, при этом забираются пассажиры что едут с остановки i на остановку z .

Если не имеется дальнейшего маршрута и пассажиров, то поиск оптимального варианта перевозки осуществляется по всей таблице.

В случае выбора элемента q_{zj} таблицы W_i , строится маршрут i остановка – z остановка – j остановка и забираются все пассажиры, которые едут с остановки i на остановки z и j .

В случае выбора элемента e_{ij} из таблицы W_i , строится маршрут i остановка – z остановка и забираются пассажиры, что едут с остановки i на остановку j .

При соблюдении данных правил построения маршрута, любой пассажир в процессе движения по маршруту, совершит не более одной не нужной ему остановки.

Выводы:

На сегодняшний день кассетно-конвейерная система общественного транспорта может рассматриваться как альтернатива современной системе общественного транспорта. Данная система потенциально может эффективно заменить существующие системы общественного транспорта, являясь довольно гибкой в плане перевозки пассажиров. Предложенный алгоритм реализует один из возможных алгоритмов перевозки в системе беспилотного общественного транспорта, а именно скоростную перевозку, при неизвестном количестве пассажиров на следующих остановках. Возможность применения системой разных алгоритмов перевозки, в том числе и выше представленного, является основным преимуществом кассетно-конвейерной системы общественного транспорта.

Список литературы

1. Шуть В.Н., Швецова Е.В. Кассетно-конвейерная технология скоростных систем городских пассажирских перевозок /В.Н.Шуть, Е.В.Швецова -Брест: Издательство УО «БрГТУ», 2023. -230с. - ISBN 978-985-6744-41-2.
2. Пролиско, Е.Е. Динамическая модель работы транспортной системы «ИНФОБУС» /Е. Е. Пролиско, В. Н. Шуть // Материалы научно-технической конференции «Искусственный интеллект. Интеллектуальные транспортные системы». Брест, Беларусь, 25–28 мая 2016 г. – Брест :«БрГТУ», 2016.– С. 49-54.
3. Шуть В.Н., Персия Лука Интеллектуальные робототехнические транспортные системы / В.Н. Шуть, Л. Персия. – Брест: Издательство УО «БрГТУ», 2017. – 196 с.
4. Shviatsova, A. The cassette method principles of passengers transportation through the intelligent transportation system / A. Shviatsova, V. Shuts; Institute of Artificial Intelligence Problems // Штучний інтелект. – 2020. – No. 1. – P. 14–18.
5. Швецова, Е. В. Алгоритм составления плана перевозок на городских линиях в интеллектуальной системе управления беспилотными транспортными средствами / Е. В. Швецова, В. Н. Шуть // Вестник Херсонского национального технического университета. – Т. 2(69), № 3. – 2019. – С. 222–230.