

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ «ТРАНСПОРТ ПО ЗАПРОСУ»

Дорожный транспорт – существенная часть современного общества, и к нему со стороны этого общества предъявляются повышенные требования, такие как, например, оптимальное расписание движения, повышение уровня мобильности пассажиров и т. д. Не так давно проблемы координации и управления транспортными потоками на улично-дорожных сетях (УДС) не были столь актуальными, однако в условиях урбанизации городов и растущей нагрузки на транспортную сеть и, как следствие, неэффективного её использования все большее внимание уделяется исследованию новых, наиболее оптимальных и прибыльных моделей городского транспорта [1, с. 1].

Существует несколько методов управления транспортными сетями:

1. По расписанию (автобусный транспорт):

движение общественного транспорта задаётся фиксированным расписанием с указанием периода движения (в течение года либо дачного периода), дней (выходных или рабочих), времени прибытия транспорта на остановочный пункт.

2. Интервальное (троллейбусный транспорт, маршрутное такси):

движение общественного транспорта осуществляется с постоянной периодичностью. Транспортные средства прибывают на остановочный пункт через определённый промежуток времени.

3. По запросу (агрегаторы такси и другие специализированные системы):

прибытие транспорта осуществляется по требованию потенциальных пассажиров.

Значительный процент пассажирских перевозок в Республике Беларусь охватывает система маршрутного такси – микроавтобусов, осуществляющих перевозку пассажиров по установленным маршрутам, забор и высадку – в определённых местах (остановочные пункты) и не полностью интегрированных в регулярную систему общественного транспорта [2]. Главный недостаток действующей транспортной системы заключается в её неэффективности. Периодичность движения транспорта не изменяется в течение дня [3], что не соответствует изменениям интенсивности прибывающего пассажиропотока, зависящего от различных показателей (погодные условия, рабочие часы, выходные и праздничные дни и др.). Вследствие такой негибкой системы появляются ситуации переполненности (высокая интенсивность прибывающего пассажиропотока) и наоборот – опустелости («безлюдье» на маршруте) транспортных средств.

В связи с вышеуказанным была предложена оптимизированная модель городского транспорта, основанная на модели «Транспорт по запросу». Ведется разработка системы управления городским пассажирским транспортом посредством использования приложения-клиента для информирования водителя. Приложение предназначено для предоставления водителю сведений о заявках на перевозку пассажиров, ожидающих на остановках. Со стороны пользователя может быть осуществлён один из сценариев в зависимости от используемого девайса:

1. Смартфон.

В таком случае пользователь имеет возможность по приходу на остановочный пункт отсканировать QR-код, вследствие чего откроется приложение с предложением ввести начальный и конечный остановочные пункты.

2. Другие устройства сотовой связи без возможности сканирования.

В данном случае пользователю предлагается отправить запрос через SMS на предложенный номер. Текст сообщения должен содержать в себе порядковый номер остановочного пункта, на котором находится пассажир, а также порядковый номер пункта назначения.

3. Пульт.

Остановочные пункты с наибольшим прибывающим в течение дня пассажиропотоком будут снабжены специальными пультами, в которых уже будет запрограммировано текущее местонахождение, поэтому запрос на вызов транспортного средства формируется на основе выбора только конечного остановочного пункта.

Далее хранение и передача данных происходит в виде запросов через сервер. Каждый запрос представляет собой набор, определяющий маршрут, начальную и конечную остановки. Маршрут, в свою очередь, определяется упорядоченной последовательностью остановок. Все остановки маршрута определяются идентификатором и названием. В соответствии с информацией, поступающей на сервер, водителю будет подан сигнал активации, когда ему следует выехать с остановочного пункта, на котором он находится. Выезд происходит, когда на одной из остановочных пунктов предполагаемая заполненность транспортного средства подходит к максимально допустимой в данной точке. Остановочный пункт фиксируется и происходит запуск транспортного средства. Далее по мере приближения к данной точке осуществляется высадка уже подобранных пассажиров и забор ожидающих на промежуточных остановках. После достижения зафиксированной точки перестает осуществляться забор пассажиров и происходит только высадка. Далее транспортное средство останавливается и ожидает следующего сигнала о запуске.

В общем виде маршрут транспортного средства можно представить в виде рисунка:

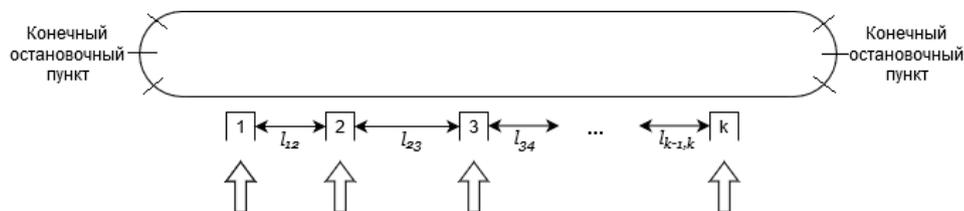


Рисунок 1 – Общий вид маршрута

На рисунке1 изображён линейный маршрут, состоящий из k остановок. На данном маршруте обозначены два конечных и $k-2$ промежуточных остановочных пункта. Через l_{ij} обозначены расстояния между i -й и j -й остановками, $i, j = \overline{1, k}$. Стрелками обозначена интенсивность прибывающего пассажиропотока.

Данные о пассажирах, получаемые с помощью приложения, хранятся в виде матрицы корреспонденций, которая имеет вид [4, с. 59]:

$$M = \begin{bmatrix} 0 & m_{1,2} & \dots & m_{1,j} & \dots & m_{1,k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & m_{i,j} & \dots & m_{i,k} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & m_{k-1,k} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix},$$

где m_{ij} – количество пассажиров, севших на i -ой остановке с целью доехать до j -й остановки при $i, j = \overline{1, k}$. Следует отметить, что все элементы матрицы M на главной диагонали и под главной диагональю равны нулю (т. к. пассажир не может выйти на остановке, на которой сел в вагон, и не может ехать «назад»).

Пусть S_r – заполненность транспортного средства на r -й остановке $r = \overline{1, k}$.

V – его общая вместимость. Общее количество m_i пассажиров, садящихся на i -ой остановке, определяется как сумма элементов i -ой строки матрицы M :

$$m_i = \sum_{j=1}^k m_{i,j} = \sum_{j=i+1}^k m_{i,j}, \quad i = \overline{1, k}.$$

В свою очередь число пассажиров m_i , выходящих на i -й остановке, определяется как сумма элементов i -го столбца матрицы M :

$$m_i = \sum_{j=1}^k m_{j,i} = \sum_{j=1}^{i-1} m_{j,i}, \quad i = \overline{1, k}.$$

Тогда после отъезда от остановки с номером r количество пассажиров в транспортном средстве будет равно:

$$S_r = \sum_{i=1}^r m_i - \sum_{i=1}^r m_i = \sum_{i=1}^r (m_i - m_i), \quad r = \overline{1, k}.$$

На каждой остановке число заходящих пассажиров совместно с числом пассажиров, уже находящихся в транспортном средстве, не должно превышать объём V . Так для k -й остановки заполненность составит

$$S_k : m_1 - m_{12} + m_2 - (m_{13} + m_{23}) + m_3 - \dots - (m_{1k} + m_{2k} + m_{3k} + \dots + m_{k-1,k}) \leq V$$

т. к. это конечный остановочный пункт и на нём пассажиры не заходят в транспортное средство.

Таким образом, заполненность транспортного средства на r -й остановке имеет вид:

$$S_r : \sum_{i=1}^r m_i - \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{j=i+1}^r m_{i,j} \leq V, \quad r = \overline{1, k}.$$

С учётом возможности прибытия ещё некоторого числа пассажиров за то время, пока транспортное средство будет ехать до необходимого остановочного пункта, вводится коэффициент требуемой заполненности a . Изначально определим $a = 80\%$ для первой остановки. Далее: чем дальше остановочный пункт находится от места ожидания транспортного средства, тем меньше коэффициент требуемой заполненности на этом остановочном пункте. Тогда сама требуемая заполненность на остановочном пункте определяется через величину, равную $a \cdot V$.

При запуске транспортного средства необходимо также учитывать время, за которое транспортное средство доедет до точки максимума, которое определяется следующим образом:

$$t_{\text{доезда}} = \frac{\sum_{i=2}^{\text{hump}} l_{i-1,i}}{v},$$

где hump – точка, в которой наблюдается приближение к величине $a_{\text{hump}} \cdot V$; v – средняя скорость транспортного средства.

Ещё одно условие для запуска транспортного средства на маршрут можно определить следующим образом:

$$\lambda_{\text{hump}} * t_{\text{доезда}} \leq (1 - a_{\text{hump}}) * V .$$

Данный подход к функционированию системы городского общественного транспорта позволяет повысить эффективность транспортных средств на маршруте, оптимизировать забор и высадку пассажиров для более полного удовлетворения потребностей клиентской стороны, уменьшить затраты из городского бюджета.

Список цитированных источников

1. Применение комбинаторных аукционов для планирования маршрутов в моделировании задачи «Транспорт по запросу» / С.В. Сатунин. – г. Нижний Новгород, 2009. – 7 с.
2. Маршрутное такси – Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Маршрутное_такси. – Дата доступа: 08.05.2020.
3. Расписание движения городских экспрессных маршрутов г. Бреста с октября 2019 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vb.by/help/transport/-minibus.html>. – Дата доступа: 10.05.2020
4. Пролиско, Е.Е. Математическая модель работы «ИНФОБУСОВ» // Матеріали VII-ої Українсько-польської науково-практичної конференції «Електроніка та інформаційні технології (ЕліТ-2015)», 27-30 серпня 2015 р. – Львів-Чинадієво, 2015. – С. 59-62.

УДК 004.925.86

Kalita E., Grigoruk A.

Supervisor: PhD, Associate Professor Lebed S.

APPLET FOR TAYLOR SERIES

The professional language of mathematical symbols and formulas is often incomprehensible to students, especially those who have not studied in physics and mathematics classes. The inability to imagine and see mathematical objects in reality creates certain difficulties in mastering the course of mathematics. Visualization of mathematical material, from our point of view, will help to facilitate the understanding of mathematics and improve the quality of knowledge in this discipline.

In the course of studying mathematics in the first year, we came across the concept of «Taylor series» and thought about how to depict this series. We'd like to introduce you our program, which makes graphs for four trigonometric functions using Taylor series and we should start with basic concepts.

What is a Taylor series?

Definition The Taylor series at point a of a function $f(x)$ of a real variable x , infinitely differentiable in the neighborhood of point a , is called a sum of the form:

$$f(x) = f(a) + \sum_{k=1}^{\infty} \frac{f^{(k)}(a)}{k!} x - a^k .$$

In other words, The Taylor series is a decomposition of a function into an infinite sum of power functions.

We have written a program that will build decompositions of some functions into a Taylor series depending on the number of Taylor series members and will allow