

УДК 656.02

В.П. СЛАВИЧ, А.В. ДЕРБЕДЕНСВ
Херсонський національний технічний університет**МОДЕЛЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНОГО ЗАТОРУ ТА
ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСУ ЙОГО ПОДОЛАННЯ**

Щороку проблеми моделювання транспортних потоків стають все більш актуальними, оскільки пов'язані з неухильним зростанням кількості транспортних засобів на дорогах. Метою роботи є розробка моделі, за допомогою якої можна визначати час, за який транспортний засіб, що потрапляє до мережі, на ділянці якої виникла перешкода, покине зону затору. При цьому зазначеною перешкодою може бути аварійний транспортний засіб, що вимушений зупинитись на смузі руху або пошкодження дорожнього покриття. Внаслідок чого із часом і виникають довгі транспортні черги, при чому дану зону затору є можливість об'їжджати через зустрічну смугу, але для цього необхідно пропускати зустрічний транспортний потік. При моделюванні використовувався дискретний підхід, при якому транспортна мережа представляє собою сукупність послідовних клітинок, кожна з яких може бути заповнена, якщо в ній знаходиться транспортний засіб, та вільною, якщо автомобіля в ній немає, що графічно пояснюється зафарбованістю клітинки. Для спрощення було припущено, що транспортний потік рухається групами окремих автомобілів. Модель визначення часу будується поетапно індуктивним методом, спочатку виводячи залежність для першого автомобіля першої групи, потім для всіх наступних автомобілів цієї групи. Далі виводяться аналогічні залежності для автомобілів другої та всіх наступних груп. Параметрами моделі є довжини груп автомобілів в прямому та зворотному напрямках, відстані між групами, розміри клітинок, час, за який один автомобіль переміщується в наступну клітинку. На практиці отримані залежності можна використовувати для визначення часу подолання затору, для чого необхідно встановити до якої групи відносяться певний автомобіль і яким за порядковим номером він є в цій групі, після чого застосувати відповідну залежність. Отримавши значення часу його доцільно порівняти із часом руху альтернативним шляхом та обрати найбільш швидкий маршрут до місця призначення, що особливо важливим є для автомобілів спеціального призначення (швидка допомога, поліція, пожежна безпека та ін.).

Ключові слова: транспортний потік, затор, групи, клітинкова модель.

В.П. СЛАВИЧ, А.В. ДЕРБЕДЕНСВ
Херсонський національний технічний університет**МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНОГО ЗАТОРА И
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ЕГО ПРЕОДОЛЕНИЯ**

Ежегодно проблемы моделирования транспортных потоков становятся все более актуальными, поскольку связаны с неуклонным ростом количества транспортных средств на дорогах. Целью работы является разработка модели, с помощью которой можно определять время, за которое транспортное средство, которое попадает в сеть, на участке которой возникло препятствие, покинет зону затора. При этом указанным препятствием может быть аварийное транспортное средство, вынужденное остановиться на полосе движения или повреждения дорожного покрытия. В результате чего со временем и возникают длинные транспортные очереди, причем данную зону пробки есть возможность объезжать через встречную полосу, но для этого необходимо пропускать встречный транспортный поток. При моделировании использовался дискретный подход, при котором транспортная сеть представляет собой совокупность последовательных ячеек, каждая из которых может быть заполнена, если в ней находится транспортное средство, и свободной, если автомобиля в ней нет, графически объясняется окрашенностью клетки. Для упрощения было предположено, что транспортный поток движется группами отдельных автомобилей. Модель определения времени строится поэтапно индуктивным методом, сначала выводятся зависимости для первого автомобиля первой группы, затем для всех последующих автомобилей этой группы. Далее выводятся аналогичные зависимости для автомобилей второй и последующих групп. Параметрами модели являются длины групп автомобилей в прямом и обратном направлениях, расстояния между группами, размеры ячеек, время, за которое один автомобиль перемещается в следующую клетку. На практике полученные зависимости можно использовать для определения времени прохождения зоны затора, для чего необходимо установить к какой группе относятся определенный автомобиль и под каким порядковым номером он в этой группе, после чего применить соответствующую зависимость. Получив значение времени его целесообразно сравнить со временем движения альтернативным путем и выбрать

наиболее быстрый маршрут к месту назначения, это особенно важно для автомобилей специального назначения (скорая помощь, полиция, пожарная безопасность и др.).

Ключевые слова: транспортный поток, затор, группы, клеточная модель.

V.P. SLAVICH, A.V. DERBEDENEV
Kherson National Technical University

MODEL OF FUNCTIONING OF TRAFFIC JAM AND DEFINING THE TIME OF ITS OVERCOMING

Each year, problems in modeling transport flows are becoming more and more relevant as they are associated with a steady increase in the number of vehicles on the roads. The purpose of the work is to develop a model that allows you to determine the time at which a vehicle entering the network on an area that has an obstacle will leave the tidal zone. In this case, an obstacle may be an emergency vehicle, which is forced to stop in the traffic lane or damage the road surface. As a result, with time and there are long transport queues, at which the given zone of inundation is an opportunity to travel around the oncoming lane, but for this purpose it is necessary to miss the oncoming traffic flow. In the simulation, a discrete approach was used in which the transport network is a set of consecutive cells, each of which can be filled, if there is a vehicle in it, and free if there is no car in it, which is graphically explained by the color of the cell. For simplicity it was assumed that the traffic flow is driven by groups of individual cars. The time definition model is based on a step-by-step inductive method, initially deducing the dependence on the first car of the first group, then on all subsequent cars of this group. Below are shown the same dependencies for cars of the second and all subsequent groups. The parameters of the model are the lengths of the groups of cars in the forward and reverse directions, the distance between the groups, the size of the cells, the time for which one car moves into the next cell. In practice, the resulting dependencies can be used to determine the time to overcome the zoot zone, which requires to determine which group is a particular car and which serial number it is in this group, and then apply the appropriate dependence. It is advisable to compare the time value of the time with the alternative route and choose the fastest route to the destination, which is especially important for special purpose vehicles (ambulance, police, fire safety, etc.).

Keywords: traffic flow, traffic jam, groups, cell model.

Постановка проблеми

Постійні транспортні затори, які приводять до забруднення навколишнього середовища та витрачання енергетичних ресурсів, призвели до необхідності швидкого поширення та будівництва дорожніх мереж у багатьох містах світу. У даній статті наведена модель визначення часу подолання зони затору транспортним засобом.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У різні періоди вирішенню завдань підвищення безпеки руху були присвячені роботи В. Ф. Бабкова, Д. В. Капського, Є.В. Любого та Ю.А. Врубеля [1-5].

Формулювання мети дослідження

Метою роботи є розробка моделі визначення часу, за який транспортний засіб, що потрапляє до мережі, на ділянці якої виникла перешкода, покине зону затору.

Викладення основного матеріалу дослідження

Основою моделювання є дискретний підхід. Вважаємо, що транспортна мережа уявляє собою сукупність послідовних клітинок, кожна з яких може бути заповнена, якщо в ній знаходиться транспортний засіб, та вільною, якщо автомобіля в ній немає. Розміри клітинок однакові і дорівнюють динамічному габариту будь-якого автомобіля, оскільки вони наведені у зведених одиницях.

Автомобілі пересуваються із клітинки в клітинку почергово із заданою швидкістю, причому переміщення в наступну клітинку можливо лише за умови, якщо вона вільна.

Кожен наступний автомобіль, що прибуває досистеми, потрапляє у вільну клітинку, розташовану через одну від останнього в черзі автомобіля.

Нехай в деякий початковий момент часу t_0 виникла перешкода, позначимо цю через \boxtimes клітку.

Будемо вважати для спрощення, що автомобілі рухаються групами, з однаковими інтервалами між групами і однаковими довжинами груп.

Дане припущення природне, тому що на практиці автомобілі дійсно рухаються групами, оскільки на дорозі є світлофори, які при загоранні червоного світла відділяють певні групи автомобілів.

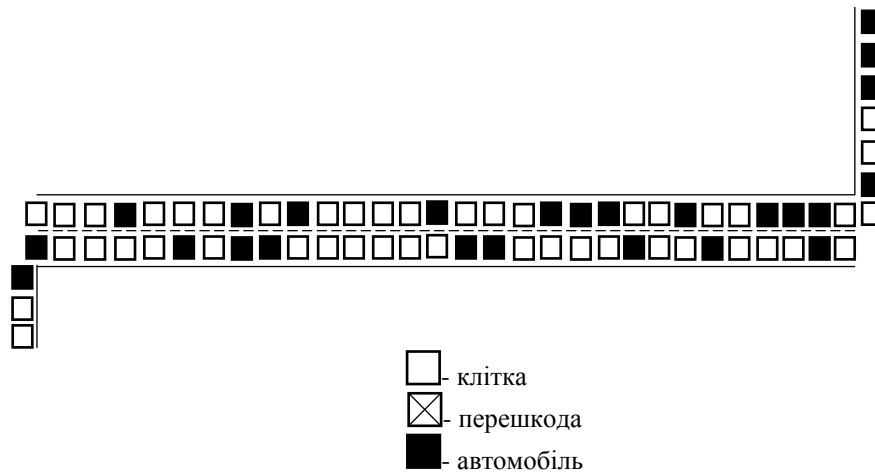


Рис. 1. Транспортна мережа до виникнення перешкоди

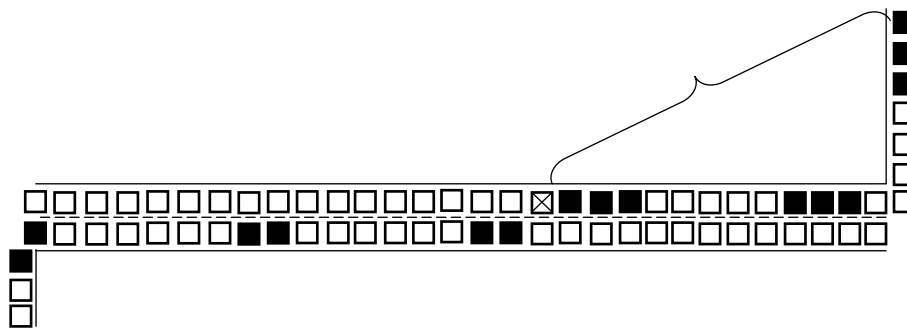


Рис. 2. Транспортна мережа після виникнення перешкоди

Вхідні параметри моделі:

- n_1 - кількість автомобілів в групі (I)
- n_2 - кількість автомобілів в групі (II)
- m_1 - відстань між групами (I)
- m_2 - відстань між групами (II)
- Δt - час за який автомобіль пройде одну клітку

В початковий момент часу групи автомобілів будуть розташовані безпосередньо перед кліткою з перешкодою, якщо це не так і групи розташовані на деякій відстані від клітки з перешкодами, то з зсувом на зазначеній відстані даний випадок може бути зведений до запропонованого.

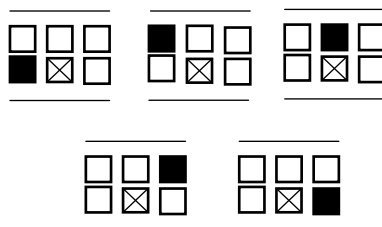


Рис. 3. Схема маневру подолання автомобілем перешкоди

Маневр буде займати час, що дорівнює $n\Delta t$.

Виведемо залежності, що визначають час подолання затору автомобілями першої групи, ці величини будуть визначатись системами, оскільки на них впливають довжини черг, груп автомобілів обох смуг на відстані між групами.

Побудова моделі знаходження часу подолання затору автомобілями першої групи:

Час подолання затору першим автомобілем першої групи визначається із виразу

Може подолати перешкоду після того, якщо І група зустрічної смуги покине проекцію перешкоди і знаходитиметься за формулою:

$$T_1^1 = (n_2 + 5)\Delta t$$

Час подолання затору n-им автомобілем першої групи визначається із виразу T_1^{n1} .

Для нього можливо три випадки:

- 1) він встигає з першими двома; або він не встигає з першим, але встигає з другим автомобілем;
- 2) він не з ким не встигає.

$$T_1^{n1} = \begin{cases} (n_2 + n_1 + 4)\Delta t, & \text{якщо } m_2 > n_1 + 3\Delta t \\ (2n_2 + m_2 + 5)\Delta t, & \text{якщо } m_2 = n_1 + 3\Delta t \\ (3n_2 + 2m_2 + 5)\Delta t, & \text{якщо } m_2 = n_1 + 2\Delta t \\ \dots \\ (n_1 n_2 + (n_1 - 1)m_2 + 5)\Delta t, & \text{якщо } m_2 = 5\Delta t \end{cases}$$

Побудова моделі знаходження часу подолання затору автомобілями k-ої групи.

Час подолання затору n-им автомобілем k-ої групи знаходиться із виразу:

$$T_k^{n1} = \begin{cases} T_{k-1}^{2* n1}, & \text{якщо } (m_1 + n_1)(k-1) + n_1 - 1 \leq \frac{T_{k-1}^{n1} - 3\Delta t}{\Delta t} \\ (Z_k + n_2 + n_1 + 4) \cdot \Delta t, & \text{якщо } \begin{cases} (m_1 + n_1)(k-1) + n_1 - 1 > \frac{T_{k-1}^{n1} - 3\Delta t}{\Delta t} \\ m_2 > n_1 + 3 \end{cases} \\ (Z_k + 2n_2 + m_2 + 5) \cdot \Delta t, & \text{якщо } \begin{cases} (m_1 + n_1)(k-1) + n_1 - 1 > \frac{T_{k-1}^{n1} - 3\Delta t}{\Delta t} \\ m_2 = n_1 + 3 \end{cases} \\ (Z_k + 3n_2 + 2m_2 + 5) \cdot \Delta t, & \text{якщо } \begin{cases} (m_1 + n_1)(k-1) + n_1 - 1 > \frac{T_{k-1}^{n1} - 3\Delta t}{\Delta t} \\ m_2 = n_1 + 2 \end{cases} \\ \dots \\ (Z_k + n_1 \cdot n_2 + (n_1 - 1) \cdot m_2 + 5) \cdot \Delta t, & \text{якщо } \begin{cases} (m_1 + n_1)(k-1) + n_1 - 1 > \frac{T_{k-1}^{n1} - 3\Delta t}{\Delta t} \\ m_2 = 5 \end{cases} \end{cases}$$

де параметр Z_k знаходиться із виразу:

$$Z_k = \begin{cases} (n_1 + m_1)(k-1), \text{ якщо } \left[\frac{(n_1 + m_1)(k-1)}{n_2 + m_2} \right] = 0 \\ (n_1 + m_1)(k-1) - \left\{ \frac{(n_1 + m_1)(k-1)}{n_2 + m_2} \right\}, \text{ якщо } \left\{ \frac{(n_1 + m_1)(k-1)}{n_2 + m_2} \right\} < n_2 \\ (n_1 + m_1)(k-1) + n_2 + m_2 - \left\{ \frac{(n_1 + m_1)(k-1)}{n_2 + m_2} \right\}, \text{ якщо } \left\{ \frac{(n_1 + m_1)(k-1)}{n_2 + m_2} \right\} > n_2 \end{cases}$$

Висновки

Таким чином, в даній роботі запропоновано модель визначення часу подолання зони транспортного затору для будь-якого автомобіля, що рухається у транспортному потоці, який представляє собою послідовність груп. За допомогою встановленого часу, шляхом порівняння із часом руху альтернативним шляхом, водій може обирати більш швидкий маршрут до місця призначення.

Список використаної літератури

1. Бабков В. Ф., Андреев О. В. Проектирование автомобильных дорог. Ч. П: Учебник для вузов по специальностям «Автомобильные дороги» и «Мосты и тоннели». — М.: Транспорт, 1979, 407 с.
2. Врубель Ю. А. Разработка программного комплекса по расчету потерь на локальном перекрестке со светофорным регулированием / Ю. А. Врубель, Д.В. Капский, В.В. Мочалов // Наука – образованию, производству, экономике: материалы Восьмой междунар. науч.-техн. конф. : в 4 т. / Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск, 2010. – Т.3. – С. 90-91.
3. Капский Д. В. Очаговый анализ аварийности – основа аудита безопасности дорожного движения / Д. В. Капский // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах : сб. докл. девятой междунар. научн.-практ. конф., Санкт-Петербург, 23-24 сент. 2010 г. / СПбГАСУ . – СПб., 2010. – С. 498-503.
4. Любий Є.В. Транспортне планування міст: сучасні інструменти транспортного моделювання автотранспортних систем / Є.В. Любий, Н.В. Пономарьова, О.С. Чернишова // Комунальне господарство міст. – Х.: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2016. – Вип. 128. – С. 76-82.
5. Славич В.П., Клеймьонов А.Г. Модель визначення довжини черги транспортних засобів при виникненні перешкоди на смузі руху // Вісник ХНТУ. – Херсон, 2016. - №2(57). – С. 188 – 193.