

УДК 656.02

<https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2021.2.6>

В.П. СЛАВИЧ

Херсонський національний технічний університет

ORCID: 0000-0001-7882-4198

В.А. СТОЯНОВИЧ

Херсонський фізико-технічний лицей Херсонської міської ради

МОДЕЛЬ ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСУ ПОДОЛАННЯ АВТОМОБІЛЯМИ ЗОНИ ТРАНСПОРТНОГО ЗАТОРУ

В даній роботі запропонована модель знаходження часу подолання транспортного затору автомобілями. З'ясовано, що однією з причин виникнення заторів є наявність перешкоди, причиною якої може бути дорожньо-транспортна пригода, зупинка транспортного засобу, ушкодження ділянки дороги та інші причини. Внаслідок чого безпосередньо перед перешкодою виникає транспортний затор. Дану зону автомобілі можуть долати через зустрічну смугу, пропускаючи зустрічний транспорт. Час додання затору певним транспортним засобом залежить від багатьох факторів, зокрема відстані розташування до епіцентру затору, інтенсивності транспортних потоків прямого і зворотнього напрямків. В залежності від конкретних значень інтенсивності транспортних потоків розмір зони затору по-різному буде змінюватись.

Побудовано модель транспортної мережі та описано основні параметри процесу руху транспортних засобів. Розроблено дискретну модель прогнозування часу подолання зони транспортного затору для автомобілів, що рухаються групами з певними інтервалами між ними. Розроблено модель визначення часу подолання затору для довільного автомобіля, що потрапляє до мережі, шляхом знаходження відповідності його позиції до номеру у черзі конкретної групи. Створена імітаційна модель «Затор», яка визначає час подолання зони транспортного затору за допомогою даних інтенсивностей транспортних потоків обох напрямків та відстані розташування транспортного засобу до безпосереднього місця виникнення перешкоди. Завдяки цим моделям водій будь-якого транспортного засобу, що потрапляє до зони затору, зможе визначити час, за який він пройде дану ділянку транспортної мережі, та в залежності від його значення вибрати для себе найшвидший маршрут руху.

Ключові слова: транспортний затор, транспортний потік, модель прогнозу, найшвидший рух по мережі.

В.П. СЛАВИЧ

Херсонский национальный технический университет

ORCID: 0000-0001-7882-4198

В.А. СТОЯНОВИЧ

Херсонский физико-технический лицей Херсонского городского совета

МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ ПРЕОДОЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЯМИ ЗОНЫ ТРАНСПОРТНОГО ЗАТОРА

В данной работе предложена модель нахождения времени преодоления транспортного затора автомобилями. Установлено, что одной из причин возникновения заторов является наличие препятствия, причиной которого может быть дорожно-транспортное происшествие, остановка транспортного средства, повреждение участка дороги и другие причины. В результате непосредственно перед препятствием возникает транспортный затор. Данную зону автомобили могут преодолевать через встречную полосу, пропуская встречный транспорт. Время преодоления затора определенным транспортным средством зависит от многих факторов, в частности расстояния расположения от эпицентра затора, интенсивности транспортных потоков прямого и обратного направлений. В зависимости от конкретных значений интенсивности транспортных потоков размер зоны затора по-разному будет изменяться.

Построена модель транспортной сети и описаны основные параметры процесса движения транспортных средств. Разработана дискретная модель прогнозирования времени прохождения зоны транспортного затора для автомобилей, движущихся группами с определенными интервалами между ними. Разработана модель определения времени прохождения затора для любого автомобиля, попадающего в сеть, путем нахождения соответствия его позиции номеру в очереди конкретной группы. Создана имитационная модель «Затор», которая определяет время преодоления зоны транспортного затора с помощью данных интенсивностей транспортных потоков обоих направлений и расстояния расположения транспортного средства от непосредственного места возникновения препятствия.

Благодаря этим моделям водитель любого транспортного средства, попадает в зону пробки, сможет определить время, за которое он проедет данный участок транспортной сети, и в зависимости от его значения выбрать для себя самый быстрый маршрут движения.

Ключевые слова: транспортный затор, транспортный поток, модель прогноза, быстрое движение по сети.

V.P. SLAVIC

Kherson National Technical University

ORCID: 0000-0001-7882-4198

V.A. STOYANOVICH

Kherson Physical and Technical Lyceum of Kherson City Council

MODEL OF DETERMINATION OF TIME OF OVERCOMING TRANSPORT JAM BY CARS

In this article, we propose a model for finding the time to overcome traffic jams by cars. It has been found that one of the causes of congestion is an obstacle, which can be caused by a traffic accident, vehicle breakdown, damage to the road and other causes. As a result, a traffic jam occurs immediately in front of the obstacle. Cars can cross this zone through the oncoming lane, passing oncoming traffic. The time of overcoming a traffic jam by a certain vehicle depends on many factors, in particular the distance to the epicenter of the traffic jam, the intensity of traffic flows in the forward and reverse directions. Depending on the specific values of the intensity of traffic flows, the size of the congestion zone will vary differently. The model of a transport network is constructed and the basic parameters of process of movement of vehicles are described. A discrete model for forecasting the time of overcoming the traffic jam zone for cars moving in groups with certain intervals between them has been developed. A model for determining the time of overcoming traffic jams for any car entering the network by finding the correspondence of its position to the number in the queue of a particular group. A simulation model "Congestion" has been created, which determines the time of overcoming the traffic jam zone with the help of data on the intensities of traffic flows in both directions and the distance of the vehicle location to the immediate location of the obstacle. Thanks to these models, the driver of any vehicle entering the congestion zone will be able to determine the time for which he will pass this section of the transport network, and depending on its value, choose the fastest route.

Keywords: traffic jam, traffic flow, forecast model, fastest network traffic.

Постановка проблеми

З кожним роком проблеми моделювання транспортних потоків набувають все більшої актуальності. Це пов'язано з тим, що кількість транспортних засобів на дорогах невпинно збільшується, через що постає проблема уникнення транспортних черг та заторів. Найважливішим параметром є час потрапляння в зазначений пункт для транспортних засобів, особливо це стосується автомобілів спеціальних служб, коли кожна секунда затримки дуже важлива. Тому важливим завданням є розробка моделей, що дозволяють встановлювати час подолання ділянок транспортної мережі з наявними перешкодами. Оскільки знання цього часу та порівняння його з часом альтернативного шляху дозволить обирати найменше значення, а отже швидше прибувати до місця призначення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Аналіз останніх наукових розробок показав, що питаннями прогнозування часу подолання транспортних заторів присвячено роботи багатьох вчених, зокрема Чернобаєв Н. С., Абрамов Л. С., Бугайов І.С., Клиновштейн Г. І., Шевцов В. І., Семенов В. В., Славич В. П., Кравченко П. С., Омарова Г. А. [1-6]. Проте для зазначеного вище типу транспортної задачі не наводиться моделей та методів її вирішення.

Формулювання мети досліджень

Метою роботи є розробка моделі прогнозування часу, за який автомобіль зможе покинути транспортний затор. Завдяки цій моделі водій будь-якого транспортного засобу, що стоїть у заторі зможе дізнатися час, за який він проїде дану ділянку дороги, та вибрати для себе оптимальний маршрут руху.

Викладення основного матеріалу досліджень

Основною 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 до системи, потрапляє у вільну клітинку, розташовану через одну від останнього в черзі автомобіля.

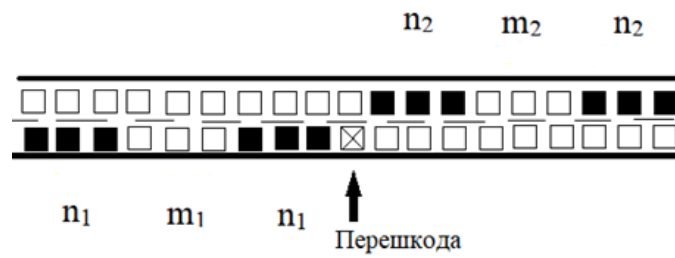


Рис.1. Дискретна модель транспортної мережі

Таблиця 1

Вхідні параметри моделі		
Ім'я	Призначення	Одиниці вимірювання
n_1	кількість машин у групі, що знаходиться на одній смузі з перешкодою	одиниць клітинок
m_1	проміжок між групами машин, що знаходяться на одній смузі з перешкодою	одиниць клітинок
n_2	кількість машин у групі, що знаходиться на зустрічній смузі	одиниць клітинок
m_2	проміжок між групами машин, що знаходяться на зустрічній смузі	одиниць клітинок
Δt	час, необхідний для зміщення на одну клітинку	с
j	номер автомобіля у групі	
i	номер групи автомобіля	
S	кількість клітин від даного автомобіля до перешкоди	одиниць клітинок
a	номер останнього автомобіля	
b	номер останнього автомобіля	

Для полегшення розробки цих моделей наведемо графічні зв'язки, що показують усі можливі варіанти перетину затору 1, 2, 3, 4 та 5 автомобілів першої групи, наведені на рис. 2.

Тепер, за допомогою схем вище отримуємо наступні залежності. З цими даними можемо створити модель прогнозування часу подолання затору для i -го автомобіля j -ї групи. Формули знаходження групи даного автомобіля та його номеру у цій групі:

$$j = \left\{ \frac{s}{n_1 + m_1} \right\} (n_1 + m_1) + 1, \quad i = \left[\frac{s}{n_1 + m_1} \right] + 1 \tag{1}$$

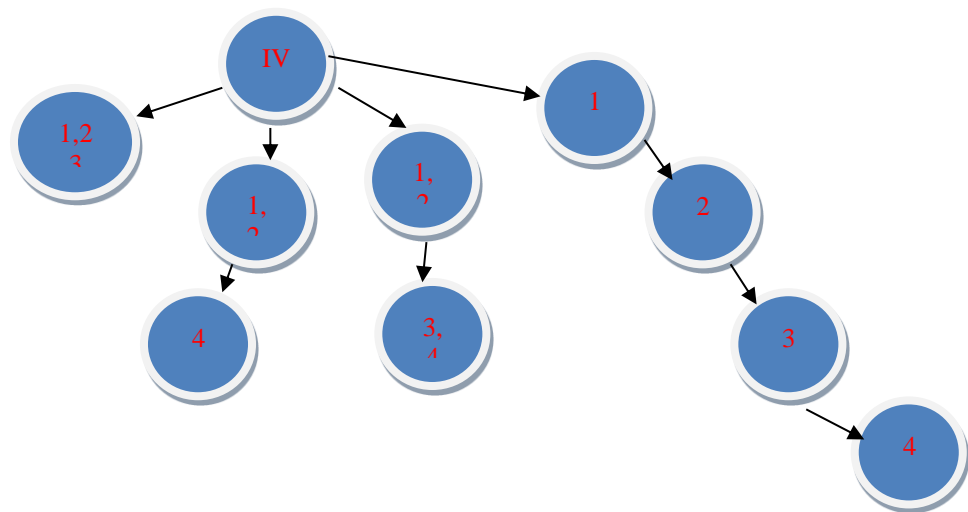


Рис.2. Схеми можливих шляхів подолання затору автомобілями першої групи

$$t_i^j = \left\{ \begin{array}{l} \left(m_1 + i + \sum_{k=1}^{j-1} t_i^k \right) \Delta t, \quad \text{при } m_2 \geq i + 4 \\ \left(m_1 + n_2 + m_2 + 1 + \sum_{k=1}^{j-1} t_i^k \right) \Delta t, \quad \text{при } m_2 = i + 3 \\ \left(m_1 + n_2 + m_2 + 2 + \sum_{k=1}^{j-1} t_i^k \right) \Delta t, \quad \text{при } m_2 = i + 2 \\ \dots \\ \left(m_1 + n_2 + m_2 + \frac{i}{2} + \sum_{k=1}^{j-1} t_i^k \right) \Delta t, \quad \text{при } m_2 = \frac{i}{2} + 4 \\ \left(m_1 + 2m_2 + 2m_2 + 2 + \sum_{k=1}^{j-1} t_i^k \right) \Delta t, \quad \text{при } m_2 = \frac{i}{2} + 3 \\ \dots \\ \left(m_1 + (i-2)n_2 + (i-2)m_2 + 1 + \sum_{k=1}^{j-1} t_i^k \right) \Delta t, \quad \text{при } m_2 = 5 \end{array} \right. \quad \text{при } i - \text{парне} \quad (2)$$

$$t_i^j = \left\{ \begin{array}{l} \left(m_1 + i + \sum_{k=1}^{j-1} t_i^k \right) \Delta t, \quad \text{при } m_2 \geq i + 4 \\ \left(m_1 + n_2 + m_2 + 1 + \sum_{k=1}^{j-1} t_i^k \right) \Delta t, \quad \text{при } m_2 = i + 3 \\ \left(m_1 + n_2 + m_2 + 2 + \sum_{k=1}^{j-1} t_i^k \right) \Delta t, \quad \text{при } m_2 = i + 2 \\ \dots \\ \left(m_1 + n_2 + m_2 + \frac{i}{2} - 0,5 + \sum_{k=1}^{j-1} t_i^k \right) \Delta t, \quad \text{при } m_2 = \frac{i}{2} + 4,5 \\ \left(m_1 + 2m_2 + 2m_2 + 2 + \sum_{k=1}^{j-1} t_i^k \right) \Delta t, \quad \text{при } m_2 = \frac{i}{2} + 3,5 \\ \dots \\ \left(m_1 + (i-2)n_2 + (i-2)m_2 + 1 + \sum_{k=1}^{j-1} t_i^k \right) \Delta t, \quad \text{при } m_2 = 5 \end{array} \right. \quad \text{при } i - \text{непарне}$$

Для переходу від реальної інтенсивності транспортного потоку до дискретно-клітинкової моделі треба перевести величини довжин груп автомобілів та проміжків між ними у одиниці клітинок. Для цього застосуємо статичний аналіз. Необхідно знайти середнє значення кожної з цих величин.

Таблиця 2

Збір статистичних даних для визначення довжин груп автомобілів та проміжків між ними

№	n_1	t_1	m_1	№	n_2	t_2	m_2
1	n_1^1	t_1^1	m_1^1	1	n_2^1	t_2^1	m_2^1
2	n_1^2	t_1^2	m_1^2	2	n_2^2	t_2^2	m_2^2
...
a	n_1^a	t_1^a	m_1^a	b	n_2^b	t_2^b	m_2^b

Отже, формули для першого та другого потоків будуть мати вигляд:

$$n_1 = \frac{\sum_{j=1}^a n_1^j}{a}, \quad m_1 = \frac{\sum_{j=1}^a m_1^j}{a}, \quad n_2 = \frac{\sum_{j=1}^b n_2^j}{b}, \quad m_2 = \frac{\sum_{j=1}^b m_2^j}{b} \quad (3)$$

На мові програмування С++ за допомогою Visual Studio, була створена програма «Затор», на основі моделей, представлених у роботі. Ця програма, завдяки даним інтенсивності дороги, та відстані від даної машини до перешкоди, визначає час, за який автомобіль подолає затор. Перший спосіб: генерація випадкових чисел. Другий спосіб: введення даних в ручну. Цей спосіб поділяється на два: введення одразу точних даних інтенсивності дороги та введення деякої кількості замірів, яку користувач обирає сам, для того, щоб програма вирахувала середнє арифметичне (рис.3).

```

Введіть відстань від перешкоди до даного автомобіля: 100
Значення будуть генеруватися випадковим чином або вводитися вручну?
1 - випадкові числа
2 - ввести в ручну
Відповідь запишіть цифрою
1
Перша смуга:
Довжина груп автомобілів: 3
Довжина проміжків між групами: 5
Зустрічна смуга:
Довжина груп автомобілів: 3
Довжина проміжків між групами: 7
Отже, автомобіль 5-й у 13-й групі
Для подолання транспортного затору даному автомобілю знадобиться 281 секунд

Введіть відстань від перешкоди до даного автомобіля: 100
Значення будуть генеруватися випадковим чином або вводитися вручну?
1 - випадкові числа
2 - ввести в ручну
Відповідь запишіть цифрою
1
Ввести точні значення або розрахувати по набору декількох вимірів:
1 - точні значення
2 - ввести виміри
Відповідь запишіть цифрою
1
Перша смуга:
Довжина груп автомобілів - 4
Довжина проміжків між групами - 6
Зустрічна смуга:
Довжина груп автомобілів - 3
Довжина проміжків між групами - 7
Отже, автомобіль 1-й у 11-й групі
Для подолання транспортного затору даному автомобілю знадобиться 137 секунд

```

Рис.3. Вікна роботи програми «Затор»

Висновки

З'ясовано, що однією з причин виникнення заторів є наявність перешкоди. Причиною може бути ДТП, поламка транспортного засобу, ушкодження ділянки дороги. Внаслідок чого безпосередньо перед перешкодою виникає транспортний затор. Дану зону автомобілі можуть об'їзжати через зустрічну смугу, пропускаючи зустрічний транспорт. Розроблено модель прогнозування визначення часу подолання транспортного затору для автомобілів першої групи. Розроблено модель прогнозування визначення часу подолання затору для довільного автомобіля, що потрапляє до мережі. Створена імітаційна модель «Затор», яка вираховує час подолання транспортного затору за допомогою даних інтенсивності дороги.

Список використаної літератури

1. Клинковштейн Г.И. Организация дорожного движения // Учебник для автомобильно-дорожных вузов и факультетов. – М.: Транспорт, 2001. – 192 с
2. Семенов В.В. Математическое моделирование динамики транспортных потоков мегаполиса. / Семенов В.В. 2004. – 45 с.
3. Славич В.П., Дербеденев А.В. Модель функціонування транспортного затору та визначення часу його подолання // Вісник ХНТУ. – 2019. - №2(69). – С. 169 – 173.
4. Славич В.П., Стоянович В.А. Математична модель прогнозування часу подолання транспортних заторів автомобілями загального та спеціального призначення // II Міжнародна науково-практична конференція «Модернізація економіки: сучасні реалії, прогностичні сценарії та перспективи розвитку», Херсон, 2020 р. – С. 368 – 371.
5. Чернобаев Н.С. Алгоритм определения оптимальных параметров координированного управления транспортными потоками / Н.С. Чернобаев, Л.С. Абрамова, И.С. Бугаев // Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. – 2004. - №25. – С. 114 – 118.
6. Швецов В.И. Математическое моделирование транспортных потоков // Автоматика и телемеханика. – 2003. – №11.

References

1. Klinkovshtein G.I. Traffic organization // Textbook for automotive and road universities and faculties. – Moscow. Transport, 2001. 192 p.
2. Semenov V.V. Mathematical modeling of the dynamics of traffic flows in a metropolis. / Semenov V.V. 2004. – 45 p.
3. Slavich V.P., Derbedenev A.V. Model of traffic jam functioning and determination of time of its overcoming // Bulletin of KhNTU. - 2019. - №2 (69). - P. 169 – 173.
4. Slavich V.P., Stoyanovich V.A. Mathematical model of forecasting an hour of traffic congestion by cars and special purpose // II International Scientific and Practical Conference "Modernization of the economy: current realities, forecast scenarios and prospects for development", Kherson, 2020. - S. 368 – 371.
5. Chernobaev N.S. Algorithm for Determining the Optimal Parameters of Coordinated Control of Transport Streams. Chernobaev, L.S. Abramova, I.S. Bugaev // Bulletin of Kharkiv National Automobile and Road University. - 2004. - No. 25. - S. 114 – 118.
6. Shvetsov V.I. Mathematical modeling of traffic flows // Automation and telemechanics. - 2003. - No.11.