

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА НЕЙРОННОЙ СЕТИ В ЗАДАЧЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОЛИ ПЕРЕНАПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА В УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ

Бу Тхи Ван Ань, Нгуен Хоанг Минь

*ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный
технический университет (МАДИ)», г. Москва*

Аннотация: В статье приведены результаты экспериментального исследования работы управления транспортными потоками при возникновении непрогнозируемых ситуаций в транспортной сети. Целью данного исследования является определение доли транспортного потока через сеть для ситуации снижения пропускной способности участка улично-дорожной сети (УДС) (в том числе по причине возникновения ДТП). В данной работе предлагается метод решения проблемы с заторами путем перенаправления транспортных средств с дороги с высоким значением коэффициента загрузки сети (z) по другим маршрутам, при этом необходимо определить объем транспортного потока с целью устранения возможности создания заторов в других сетях транспортной системы. Для определения доли перенаправления транспортного потока используются метод опроса и анализа регрессии с применением нейронной сети. В статье рассматривается возможность решения проблемы загруженности транспортной сети города в задаче улучшения эффективности работы системы косвенного управления транспортным движением, входящих в состав интеллектуальной транспортной системы (ИТС). Предложенный метод позволит повысить эффективность ИТС с помощью ремаршрутизации движения транспортных средств в условиях высокого риска возникновения затора и ДТП.

Ключевые слова: управление транспортными потоками, интеллектуальные транспортные системы, интеллектуальная нейронная сеть, транспортные потоки.

THE USE OF NEURAL NETWORK METHOD IN DETERMINING THE PROPORTION OF TRAFFIC FLOW REDIRECTION IN THE ROAD NETWORK

Vu Thi Van Anh, Nguyen Hoang Minh

*Moscow Automobile and Road State Technical
University (MADI), Moscow, Russia*

Abstract: The article presents the results of an experimental study on traffic management in the event of unpredictable situations in the transportation network. The aim of this research is to determine the proportion of traffic flow through the network in the situation of reduced capacity of road segments (UDS), including due to traffic accidents. This work proposes a method to address congestion issues by redirecting vehicles from roads with high network load coefficients (z) to alternative routes, while determining the volume of traffic flow to eliminate the possibility of congestion in other transportation network segments. The method of survey and regression analysis using neural networks is employed to determine the proportion of traffic flow redirection. The article examines the possibility of addressing congestion in the city's transportation network by improving the efficiency of indirect traffic management systems, which are part of the Intelligent Transportation System (ITS). The proposed method will enhance the efficiency of ITS by rerouting vehicle movement in conditions of high risk of congestion and traffic accidents.

Keywords: traffic management, intelligent transportation systems, intelligent neural network, traffic flows.

В исследованиях о организации дорожного движения отмечается, что перенаправление потока транспорта на дорогах достигается благодаря эффективной работе системы интеллектуальной транспортной системы (ИТС) и ее подсистемы косвенного управления транспортным потоком (КУТП), как это было показано в исследованиях [4, 5]. Результаты научных работ показали, что эффективность метода КУТП зависит от соответствия предлагаемого метода ОДД с учетом пользовательских факторов дорожной сети (водителей).

В исследованиях [1, 9, 10] объем движения транспортных средств в транспортной сети определяется на основе оценки пропускной способности рассматриваемого участка дороги по сравнению с интенсивностью движения на этом участке. Значение, которое используется для оценки, представляет собой оставшуюся пропускную способность этого маршрута. В зависимости от этого значения решения по организации дорожного движения определяют максимальное количество транспортных средств, которые необходимо дополнительно отправляют по данному маршруту. Доля перенаправления транспортного потока в сети существенно зависит не только от значения пропускной способности конкретного участка дороги, но и от выбора маршрутов движения водителей, т.е. сценарий

организации движения должен быть разработан в соответствии с выбором маршрута движения водителей транспортных средств. Это соответствие выражается в том, что дорожные мероприятия рассчитываются и реализуются на основе выбора и приоритетов участников дорожного движения, которые выражаются в их поведении при выборе маршрутов движения при управлении дорожным движением. Для сбора информации о предпочтениях водителей относительно выбора маршрутов был использован метод опроса, а для анализа собранных данных — метод нейронных сетей.

Выбор маршрута движения участников дорожного движения в случае дорожно-транспортных происшествий зависит от множества факторов. Согласно [7], на решение водителя влияют как субъективные, так и объективные факторы транспортной системы, включая: расстояние до места назначения, время в пути, знакомство с предложенным маршрутом, организационные аспекты движения по данному маршруту, направление движения и пункт назначения. Однако, влияние этих факторов на принятие решения водителем может быть различным и определяется коэффициентом значимости каждого фактора. Следует отметить, что этот коэффициент не постоянен и зависит от физического и психологического состояния водителя, а также других внешних факторов, воздействующих на него в момент принятия решения.

Для определения факторов, влияющих на принятие решения водителями в ситуациях с высоким риском возникновения заторов, было проведено исследование. Опрос был проведен среди 100 водителей различного возраста. Участникам опроса были представлены различные ситуации на дороге с соответствующими условиями движения: время в пути, расстояние до места назначения, количество перекрестков на маршруте и условия движения. Водителям было предложено выбрать наиболее подходящий вариант транспортного сценария. Исследование выявило 4 различных условия движения (A_1, A_2, A_3, A_4), представленных изменением коэффициента z , включая случаи: $0.5 > z$, $0.5 < z < 0.75$, $0.75 < z < 1$, $z > 1$. Для водителей изменение этого коэффициента было представлено визуально, через изменение условий на дороге (изменение цветовой гаммы, отображающей оценку состояния дорожного

движения). Опросник с различными сценариями дорожного движения, используемые в опросе, представлены на рисунке 1.

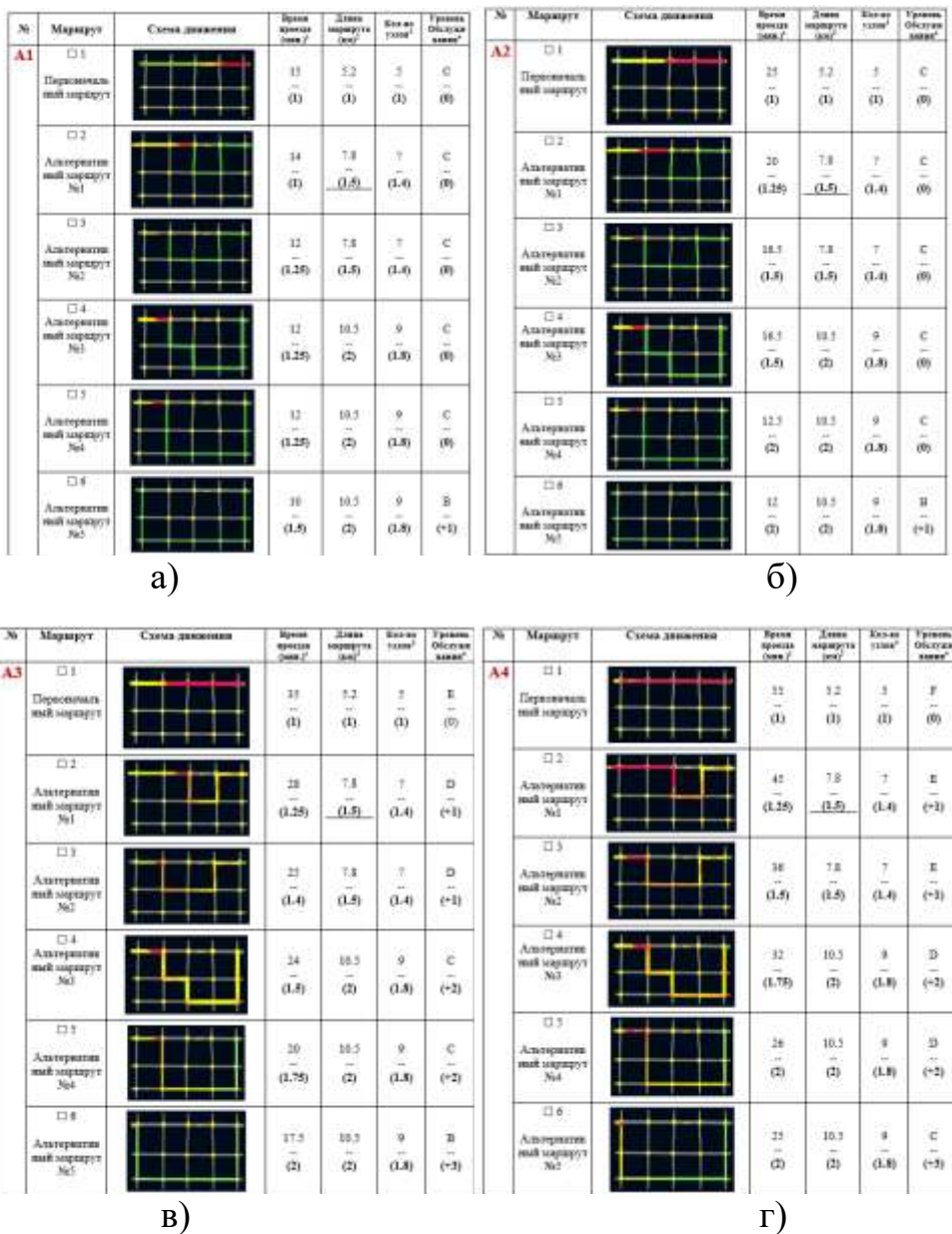


Рисунок 1 – Опросник выбора сценария передвижения через сети водителей транспортных средств при различных значениях

$$a - z < 0.5; \quad б - 0.5 < z < 0.7; \quad в - 0.7 < z < 1; \quad г - z > 1$$

Результат опросов с показан в таблице 1 и на рисунке 2.

Таблица 1 – Результат опроса по выбору сценария движения через сети водителей транспортных средств

Выбора водителей	Схема 1	Схема 2	Схема 3	Схема 4	Схема 5	Схема 6
------------------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

(%)						
$z < 0.5$	46	2	4	4	8	36
$0.5 < z < 0.7$	10	8	10	4	12	56
$0.7 < z < 1$	8	0	6	4	10	72
$z > 1$	4	2	2	4	12	76

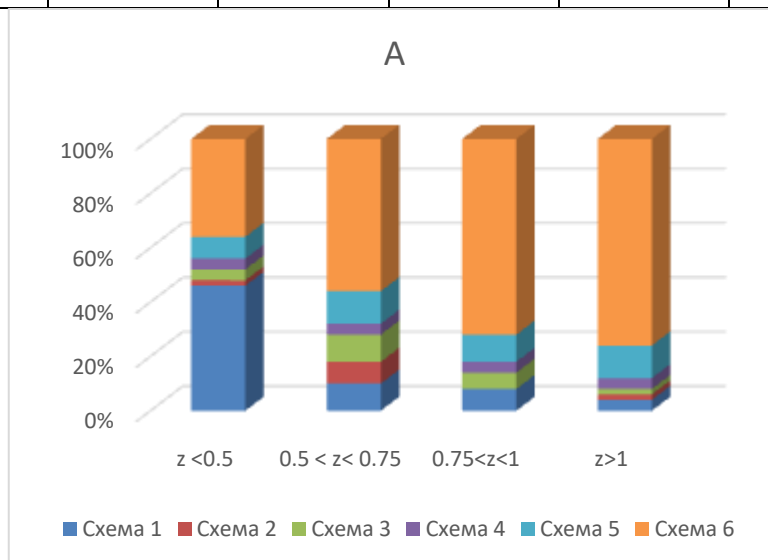


Рисунок 2 – Результат опроса по выбору сценария движения через сети водителей транспортных средств

Из результатов, представленных в таблице и графике, можно сделать выводы о том, что доминантным (выбранным) маршрутом с ухудшением условий движения перетягивается к себя привлекательность выбора по сравнению с других маршрутов за счет снижения значения времени движения с учетом незначительного увеличения значения пробега. При этом доминантным маршрутом всегда является маршрут, у которого значение снижения издержки передвижения участников движения $\rightarrow \max$ при $z \rightarrow 1$. При увеличении значения z , сначала происходит притягивание внимание на все альтернативные маршрута последующим переходом внимание на доминантный маршрут.

Из результатов опроса и их анализа можно сделать вывод, что принятие решения о схеме движения водителями зависит от множества одновременно действующих факторов. Для выявления общих закономерностей в выборе схемы движения водителей необходимо применить метод регрессии, чтобы определить влияние каждого фактора на решение о поведении водителя при выборе маршрута

движения на дорогах. Выбор метода нейронных сетей основан на результате исследования различных научных методов.

Результаты опроса обрабатываются с применением искусственных нейронных сетей для выявления закономерностей в выборе маршрутов движения водителями. Структура и параметры нейронной сети подбираются на основе характеристик опроса. Для анализа информации используется программное обеспечение Matlab-simulink 2021b (см. рис. 3, 4).



Рисунок 3 – Структура построенной нейронной сети

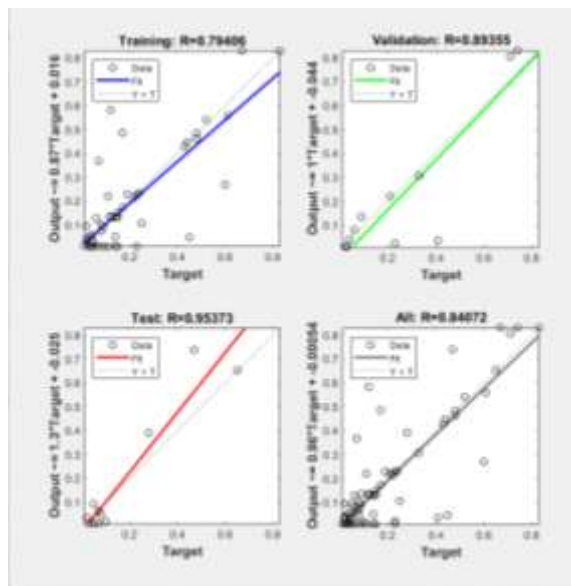


Рисунок 4 – Результаты процесса обработки данных опроса

Ниже показаны параметры построенной нейронной сети на основе обработки полученных результатов опроса.

$$\mathbf{w}_{11} = \begin{bmatrix} 0,5674 & -4,1009 & 2,65108 & 0,7562 \\ 0,78915 & -1,3891 & 1,62417 & 1,5687 \\ 2,46328 & 1,7812 & 2,48901 & -0,7816 \\ 0,2341 & 1,14521 & 1,62189 & 1,89561 \\ 2,0125 & -0,8179 & -0,4581 & 0,41251 \\ 1,1478 & 1,5216 & 0,88114 & 5,3412 \\ 1,789 & 2,7835 & 1,23811 & 0,1389 \\ -1,7415 & 1,8913 & 0,1023 & 0,94879 \\ -1,8901 & -1,9348 & -2,1121 & -0,124 \\ 0,0915 & 1,00234 & 1,23689 & 2,91235 \end{bmatrix} \quad \mathbf{b}_2 = [0,89915]$$

$$\mathbf{w}_{21} = \begin{bmatrix} 0,7314 \\ 2,1184 \\ 1,6547 \\ 0,56814 \\ 2,4568 \\ 1,7587 \\ 1,4249 \\ 2,5546 \\ -1,0214 \\ 1,8473 \end{bmatrix} \quad \mathbf{b}_1 = \begin{bmatrix} -1,2251 \\ 1,0207 \\ 0,1173 \\ 1,0145 \\ -2,3574 \\ 1,2894 \\ -0,87436 \\ 1,5847 \\ 2,5402 \\ -0,9102 \end{bmatrix}$$

Общий коэффициент корреляции R составил 0,84, причем на тестовой выборке данный коэффициент достиг максимального значения ($R = 0,953$). Из этого можно сделать вывод, что полученная нейронная сеть достаточно точно имитирует исследуемую зависимость.

Для проверки достигнутых результатов применяется нейронная сеть для определения доли транспортных средств, которые должны быть перенаправлены в ситуациях, когда коэффициент $z > 1$ при интенсивности транспортного движения в 4500 авт./час. 4 сценарии организации дорожного движения с указанием значений транспортного потока и характеристик поездки, изображенных в таблице 2. Результаты (доля выбора каждого сценария участниками дорожного движения, %) также представлены в таблице.

Таблица 2 – Результат применения нейронной сети в определении доли перенаправления транспортного потока через сеть

Схема движения ТП	Уровень загрузки	Сокращение времени движения (мин.)	Удлинения перепробега (км.)	Улучшение качества обслуживания	Доли выбора (%)
№1	$z > 1$	29	1.41	3	75,48
№2	$z > 1$	18	1.3	2	11,89
№3	$z > 1$	18	1.25	1	5,6
№4	$z > 1$	10	1.2	1	7,03

В представленной ситуации затора ($z > 1$) доли выбранных участниками сценариев дорожного движения, предложенных для водителей, определяется с использованием алгоритма нейронной сети (как показано в таблице) и согласуется с

наблюдаемыми закономерностями выбора в предыдущем опросе. Направление такого объема транспортных средств в современных условиях осуществляется компонентами интеллектуальной транспортной системы, включая подсистемы косвенного управления транспортным движением, которые могут быть реализованы с помощью динамических информационных табло или разных видов дорожных знаков.

При возникновении дорожно-транспортных происшествий или других ситуаций, приводящих к временному закрытию одной или нескольких полос движения и существенному изменению пропускной способности дорожного участка, возникает затор в УДС. Для снижения серьезных последствий заторов необходимы соответствующие меры организации движения, включая перенаправление потока транспортных средств на альтернативные маршруты с соответствующим объемом транспорта, чтобы избежать образования заторов на этих маршрутах. С использованием методов нейронных сетей можно определить оптимальную долю перенаправления транспортного потока, анализируя поведение и привычки водителей при выборе альтернативных маршрутов в условиях возникновения заторов в транспортной сети.

Список литературы

1. Анохин, Б.Б. Определение пропускной способности автомобильных дорог с учетом влияния режимов движения/ Б.Б.Анохин. М.: Изд. Союздорнии, 1970. - с. 19.
2. Власов, В. М. Информационные технологии на автомобильном транспорте / В. М. Власов, Д.Б. Ефименко, В.Н. Богумил. – М.: Academia, 2014. - 256 с.
3. Воробьев, А. И. Методика определения мест установки системы фото – и видеофиксации и дополнительных элементов инфраструктуры / А. И. Воробьев // Вестник МАДИ, вып. № 2 (33), 2013, с. 82 – 87.
4. Буслаев, А. П. Вероятностные и имитационные подходы к оптимизации автодорожного движения / А. П. Буслаев, А. В. Новиков, В. М. Приходько, А. Г. Таташев, М. В. Яшина; под ред. чл.-корр. РАН В.М. Приходько. — М.: Мир, 2003. — 368 с.
5. Газван, А. -Х. Международные модели оценки уровня безопасности дорожного движения / А. -Х. Газван, К. Асп // Наука и техника в дорожной отрасли. - 2006. - №3. - с. 3 – 9.
6. Ефименко, Д. Б. Методологические основы построения навигационных систем диспетчерского управления перевозочным процессам на автомобильном транспорте (например городского пассажирского транспорта): дисс. док. техн. наук: 05.22.08 / Дмитрий Борисович Ефименко. – М., 2012. - 479 с.

7. Жанказиев, С.В. Россия входит в европейскую ITS Платформу / С.В. Жанказиев // Отраслевой ежемесячный научно-производственный журнал для работников автотранспорта Автотранспортное предприятие. – М., - 2006. - № 5. – С. 53-55.

8. Косолапов, А. В. Повышение эффективности информационного обеспечения участников дорожного движения в городах: дисс. канд. техн. наук: 05.22.10 / Андрей Валентинович Косолапов. – М., 1992. - 178 с.

9. Кочерга, В. Г. Оценка и прогнозирование параметров дорожного движения в интеллектуальных транспортных системах / В.Г. Кочерга, В.В. Зырянов. – Ростов н/Д: Рост. Гос. строит. ун-т., 2001. – 130 с.

10. Уткин, А. В. Моделирование поведения водителя и оценка качества смешанного транспортного потока/ А.В. Уткин // «Организация и безопасность движения в крупных городах»: сборник докладов 7-ой Международной конференции.- С.-Петербург, 2006. – с. 84-86.

11. Хоанг Куок Лонг. Расчёт пропускной способности при проектировании пересечений со светофорным регулированием в условиях Вьетнама: дисс. канд. техн. наук : 05.23.11/ Хоанг Куок Лонг. – М., 2008. - 191 с.

References

1. Anokhin, B.B. Determination of highway capacity taking into account the influence of traffic modes / B.B. Anokhin. Moscow: Izd. Soyuzdornia, 1970. - с. 19.

2. Vlasov, V.M. Information technologies on automobile transportation / V.M. Vlasov, D.B. Efimenko, V.N. Bogumil. - Moscow: Academia, 2014. - 256 с.

3. Vorobyev, A. I. Methodology for determining the installation locations of the photo and video fixation system and additional infrastructure elements / A. I. Vorobyev // Bulletin of MADi, issue No. 2 (33), 2013, p. 82 - 87.

4. Buslaev, A. P. Probabilistic and simulation approaches to the optimization of road traffic / A. P. Buslaev, A. V. Novikov, V. M. Prikhodko, A. G. Tatashev, M. V. Yashina; ed. by Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences V. M. Prikhodko. - M.: Mir, 2003. - 368 с.

5. Gazvan, A.-H. International models for assessing the level of road safety / A.-H. Gazvan, K. Asp // Science and technology in the road industry. 2006. № 3. p. 3-9.

6. Efimenko, D. B. Methodological foundations of building navigation systems of dispatch control of transportation processes on road transport (e.g. urban passenger transport): diss. doctor of technical sciences: 05.22.08 / Dmitry Borisovich Efimenko. - M., 2012. - 479 с.

7. Zhankaziev, S.V. Russia enters the European ITS Platform / S.V. Zhankaziev // Industry monthly scientific and production journal for employees of motor transport Avtotransportnoe predpriyatie. - M., - 2006. - № 5. - с. 53-55.

8. Kosolapov, A. V. Increase of efficiency of information support of road traffic participants in the cities: diss. candidate of technical sciences: 05.22.10 / Andrey Valentinovich Kosolapov. - M., 1992. - 178 с.

9. Kocherga, V.G. Estimation and forecasting of the road traffic parameters in the intellectual transportation systems / V.G. Kocherga, V.V. Zyryanov. Zyryanov. - Rostov n/D: Rost. State Construction University, 2001. - 130 с.

10. Utkin, A.V. Modeling of driver behavior and quality assessment of a mixed traffic flow / A.V. Utkin // "Organization and traffic safety in large cities": collection of reports of the 7th International Conference. - St.-Petersburg, 2006. - c. 84-86.

11. Hoang Quoc Long. Calculation of throughput capacity in the design of intersections with traffic light regulation in the conditions of Vietnam: diss. candidate of technical sciences : 05.23.11/Hoang Quoc Long. - M., 2008. - 191 c.