*Обеспечение безопасности дорожного движения является одной из основных задач современного государства. Решение данной проблемы невозможно без комплексного подхода с использованием прикладных математических методов. Аварийность, в том числе зависит, и от плотности транспортного потока. В рамках данной работы рассматриваются современные подходы к управлению транспортными потоками посредством изменения фаз светофоров с использованием нейронных сетей.*

***Ключевые слова:*** *транспортный поток, нейронные сети, безопасность дорожного движения, управления фазами светофора.*

**Введение.** Проблема обеспечения безопасности дорожного движения является одной из наиболее актуальных в рамках улучшения экономической и демографической ситуации в стране, является частью проблемы обеспечения личной безопасности граждан, повышения уровня жизни. Обеспечение безопасности на дороге в ряде программных и стратегических документов определено как приоритетное направление социально-экономического развития Российской Федерации.

По мнению ведущих специалистов, решение проблем организации безопасности дорожного движения (БДД) невозможно без проведения фундаментальных и прикладных исследований с использованием, в том числе и методов математического моделирования. Исходя из всего вышесказанного можно сделать вывод, что актуальным является разработка математических моделей процесса обеспечения безопасности дорожного движения в интересах снижения аварийности. Под аварийностью следует понимать, как ущерб в результате причинения травм различной тяжести людям, так и материальный ущерб для государства.

Как было сказано выше, повышение уровня безопасности дорожного движения, а, равно как и снижение аварийности, невозможно без комплексного подхода оптимизации всех областей БДД. В Российской Федерации обеспечением вопросами снижения аварийности занимается Государственная инспекция безопасности дорожного движения. Одной из её функций является размещение постов и камер фиксации нарушений правил дорожного движения. Модели и алгоритмы оптимизации размещения сил и средств обеспечения безопасности дорожного движения подробно рассмотрены в [1, 2].

**Обзор подходов к управлению транспортными потоками.** До сегодняшнего дня, не смотря на многочисленные попытки, так и не удалось получить адекватную математическую модель управления транспортными потоками. С её помощью мы сможем достичь максимальной пропускной способности дорожной сети путем, например, управления длительностью фаз сигналов светофоров или перераспределение потоков по различным маршрутам. Модель и численный метод нахождения оптимального маршрута передвижения автомобиля разрабатывался, например, в [3, 4]. Математическая модель управлениятранспортными потоками должна учитывать не только существующую обстановку в режиме реального времени, но и её развитие в ближайшее время. Таким образом, одним из необходимых условий является работа модели в режиме предсказания развития дорожной ситуации в близлежащей перспективе.

Рассмотрим основные подходы к управлению транспортными подходами с использованием искусственных нейронных сетей (ИНС).

Использование клеточных нейронных сетей для решения задачи управления светофорами на независимых друг от друга перекрестках рассмотрены в [5]. Таким образом, в данной работе не учитывается взаимное влияние друг на друга нескольких светофоров, расположенных на соседних участках, что не удобно для моделирования работы целой дорожной сети. Данная работа направлена на минимизацию суммарной задержки на перекрестках транспортных средств.При моделировании скорости движения потока его задержка определяется фазами работы светофора и рассматривается как квадратичная функция от длительности зеленого сигнала во всей фазе. На длительность работы зеленого сигнала накладываются различные, как линейные, так и нелинейные ограничения типаравенств.Таким образом, в данной статей, как говорилось выше, не совсем рассмотрена взаимосвязь фаз светофора на различных участках, поэтому ей не удобно пользоваться при моделировании в масштабах крупной дорожной сети с большим количеством близко расположенных светофоров.

В статье [6] проводитсясравнительный анализ классических искусственных нейронных сетей и нечетких контроллеров как систем управления фазами работы светофоров. В данной статье предлагается использованиенейронной сети со скрытым слоем, на вход которогопоступает информация о количествеостановившихся перед светофорным объектомавтомобилей в виде вектора с указанием направления движения, а на выходе получаетсядлительность работы каждой из фаз. ИНС со временем обучается посредством метода генетического алгоритма.Стоит отметить, что данный подход предусматривает количественную оценку простаивающих транспортных средств в режиме реального времени, что не совсем удобно ввиду необходимости размещения на каждом перекрестке средств мониторинга ситуации.

В работе [7]описываются нейронные сети, основанные на процессе обучения для управления так называемым «сложным» перекрестком. В данном подходе делается основной упор на анализдинамического изменение ситуации в отличие от классических ИНС. Структура таких сетей следующая: входными нейронами описываются очередииз ожидающих проезда транспортных средств на каждой из полос движения. Выходные нейроны соответствуют фазам наполосах. Каждый из выходных нейронов связан с ингибиторными нейронами, которые служат для подавления активности прочих выходных нейронов. Длительность фаз работы светофора ограничивается уравнением, которое описывает концепцию «имманентной пластичности» нейрона. В данной работе разработана схема, применимая для многополосных дорог с большим количеством разветвлений. Кроме того, если решать задачу в рамках, например, города с населением около 1 млн. человек, то тогда вопрос оптимизации управления транспортными потоками становится задачей, решение которой с использованием классических математических методов затруднительно за адекватный промежуток времени. В связи с этим, не совсем удобно использовать данный выше подход для решения вышеописанной задачи.

В работе [8] описывается глубокая свёрточнаяИНС, созданная с цельюуправления трафиком при адаптации к изменяемым условиям. ИНС обучается с подкреплением. В данной модели входной сигнал формируется из заранее определенного авторами множества состояний, т.е. дискретного закодированного состояниятраффика. В таком случае, каждая полоса длиннойпредставляет из себя множество отрезков длинной, где -количество отрезков на одной полосе. Авторы данной работы обращают внимание, что выбор значения  важен для динамики системы управления. Авторами предлагается использованиедвух нейросетей сосхожей структурой, но различающимсянабором входных данных. Для первой нейросети на вход подается вектор в двоичном виде, который описывает наличие или отсутствие автомобилей на-ом участке дороги, во вторую же вектор действительных чисел, который будет описывать скорости автомобилей на-омучастке дороги. представленные в виде вектора выходы нейросетей соединяются друг с другом и с текущей фазой светофора и подаются на входполносвязной ИНС. На выходе из ИНС получается индикаторный вектор, описывающий действие, которое необходимо выполнить для оптимизации движения транспортного потока, а именно содержит фазу, которую необходимо включить на конкретном светофоре.

Таким образом, в выше описанных работах рассматривается управление фазами светофоров в режиме реального времени. Но, как было сказано выше, для успешного решения вопроса оптимизации управления транспортными потоками необходимо использовать нейросети с возможностью предсказания транспортных потоков в определенный момент времени. Причем, стоит отметить, чем точнее будет данная оценка, тем ближе к оптимальному будет найденное решение.

Таким образом, актуальной является задача разработки модели оптимизации управления транспортными потоками с использованием нейросетей с возможностью предсказания транспортных потоков. Перейдём непосредственно к описанию решения данной задачи.

Как говорилось ранее, обеспечение безопасности дорожного движения является одной из приоритетных задач государства. Но величина показателя БДД, которая выражается в количестве аварий, является лишь результирующим показателем, на который оказывает влияние большое количество факторов, проанализированных, например, в [???]. Таким образом, уровень аварийности во многом зависит от пропускной способности дорожных сетей, которая, в том числе, определяется и адекватностью регулирования транспортных потоков с использованием светофоров. Стоит отметить, что задача управления транспортными потоками заключается в комплексном управлении системы светофоров на определенной территории.

Первоначально определимся с показателями эффективности системы управления светофорами. Анализируя транспортную систему на определенной одной территории, можно сделать вывод, что причиной нехватки пропускной способности одной системы является неравномерность распределения транспортными потоками. Поэтому следует считать целесообразным взять за показатель равномерность распределения транспортных потоков по близкорасположенным транспортным магистралям.

**Литература**

1. Орехов П.В. Модели и алгоритмы оптимизации размещения сил и средств обеспечения безопасности дорожного движения :дис. … к-та техн. наук: 05.13.18 / Орехов Павел Васильевич. – Воронеж, 2016. – 161 с.

2. Меньших В.В. Алгоритм оптимизации размещения сил и средств обеспечения безопасности дорожного движения / В.В. Меньших, Е.В. Шаталов, П.В. Орехов // Вестник Воронежского института МВД России. – 2016. – № 3. – С. 64-72.

3. Калков Д.Ю. Оценка времени прибытия группы задержания на охраняемый объект / Д.Ю. Калков // Математические методы и информационно-технические средства : Материалы X Всероссийской научно-практической конференции / 20-21 июня 2014 г. – Краснодар : Краснодарский университет Министерства внутренних дел России, 2015. – С. 140-141.

4. Меньших В.В. Моделирование действий злоумышленника на охраняемом объекте с помощью методов теории автоматов / В.В. Меньших, Д.Ю. Калков// Информатизацияиинформационнаябезопасностьправоохранительныхорганов :XXIII Всероссийскаяконференция / 28 мая 2014 г. – Москва : Академия управления МВД России, 2014. – С. 97-100.

5. J.C. Chedjou, K. Kyamakya. Cellular neural networks based local traffic signals control at ajunction/intersection. Proceedings of the 1st IFAC Conference on Embedded Systems 2012(CESCIT-2012) 3-5 April, 2012, Wurzburg, Germany, pp. 81—85.

6. S. Araghi, A. Khosravi, D. Creighton. Optimal design of traffic signal controller, using neuralnetworks and fuzzy logic systems. Proceedings of the International Joint Conference on NeuralNetworks 2014 (IJCNN) 6-11 July, 2014, Beijing, China, pp. 42—47.

7. G.B. Castro, J.C. Martini, A. Hirakawa. Biologically-inspired neural network for traffic signalcontrol. Proc. of 17th International Conference on Intelligent Transportation Systems 2014 (ITSC)8-11 October, 2014, Quingdao, China, pp. 2144—2149.

8 W. Genders, S. Razavi. Using a deep reinforcement learning agent for traffic signal control.Submited to IEEE for publication on 3 November 2016.