

Нейросетевая модель распознавания стратегий вождения и взаимодействия водителей в условиях дорожного трафика

С.Б. ЕФРЕМОВ*,
ФГБОУ ВО МГППУ, Москва, Россия
0971090@gmail.com

В работе представлена нейросетевая модель для распознавания стратегий вождения на основе взаимодействия водителей в условиях транспортного потока. Рассмотрена архитектура модели, которая представляет собой самоорганизующуюся карту — SOM (self-organizing map), состоящую из группы нейронных сетей, основанных на радиально-базисных функциях RBF (radial basis function). Цель настоящей работы заключается в том, чтобы описать архитектуру и структуру модели нейронной сети, которая позволяет распознавать стратегические особенности управления транспортным средством и способна идентифицировать стратегии взаимодействия автомобилей (водителей) в условиях транспортного потока, а также выделять такие поведенческие паттерны передвижения, которые могут быть соотнесены с различными типами опасного вождения. Из результатов исследования следует, что нейронные сети типа SOM RBF способны распознавать и классифицировать типы взаимодействий в условиях дорожного трафика, основываясь на моделировании анализа траекторий движения автомобилей. Данная нейронная сеть показала высокий процент распознавания и четкую кластеризацию схожих стратегий вождения.

Ключевые слова: дорожно-транспортная среда, дорожное поведение, стратегии взаимодействия участников дорожного движения, стратегии вождения, нейросетевая модель, самоорганизующиеся карты.

Введение

В современной психологии дорожного движения, фокусирующей внимание на различных аспектах передвижения

участников дорожно-транспортной среды, представляется весьма актуальным поиск и описание такого теоретического конструкта, который позволил бы рассматривать взаимодействие водителей

Для цитаты:

Ефремов С.Б. Нейросетевая модель распознавания стратегий вождения и взаимодействия водителей в условиях дорожного трафика // Социальная психология и общество. 2018. Т. 9. № 4. С. 153–166. doi: 10.17759/sps.2018090413

* Ефремов Сергей Борисович — аспирант, кафедра психологии управления, факультет социальной психологии, ФГБОУ ВО МГППУ, Москва, Россия, 0971090@gmail.com

в процессе управления транспортным средством.

Проведенный теоретический анализ по данной проблематике заставил нас обратить внимание на стратегии взаимодействия в трафике или стратегии вождения [3; 5].

Так, анализ литературы по данной проблематике позволяет констатировать, что сегодня изучение данных об особенностях различных аспектов поведения водителя вызывает значительный интерес среди представителей самых разных направлений и научных школ, на что указывает рост количества исследований междисциплинарного характера, посвященных изучению различных паттернов, характеризующих управление транспортным средством [6; 8; 9; 12].

К числу таких поведенческих паттернов в отечественной психологии относят стилистические особенности и, таким образом, рассматривают *стиль управления транспортным средством*, который связывают с индивидуальным стилем деятельности [12; 13] — системой психологических средств, к которым сознательно или стихийно прибегает человек в целях наилучшего уравнивания своей (типологически обусловленной) индивидуальности с предметными, внешними условиями деятельности [7].

Нетрудно заметить, что акцент на исследование стилистических особенностей управления транспортным средством не предполагает изучения социально-психологических аспектов *взаимодействия* водителей как участников дорожного трафика. Учитывая, что дорожный трафик представляет собой сложную *социальную систему*, в которую включено множество различных участников — субъектов передвижения, необходимо уделить внимание рассмотрению особенностей вождения автомобиля, которые характеризуют по-

ведение водителя в широком диапазоне *взаимодействия* с другими участниками транспортного потока [4; 5]. Такое взаимодействие, на наш взгляд, может охарактеризовать поведение водителя *содержательно* в контексте его передвижения относительно других водителей, находящихся рядом в транспортном потоке.

В этой связи представляется целесообразным использовать понятие «стратегия вождения». Важно подчеркнуть, что данное понятие нуждается в конкретизации и уточнении, а также в необходимости разработки методических приемов и способов для комплексного изучения данных поведенческих проявлений [3; 5].

Предельно обобщая результаты исследований, посвященных изучению стратегических поведенческих особенностей в целом, можно выделить несколько аспектов их рассмотрения и трактовки. Так, например, под стратегией поведения в социальной психологии понимается общая направленность поведения, которая просматривается в долговременной перспективе и связана с самыми общими, базовыми, установками личности [10]. Основаниями для таких установок являются ценностные ориентации личности, которые регулируют поведение человека не на тактическом, ситуативном, уровне, *а в долговременной перспективе, в повторяющемся поведении* [14].

Исходя из такой трактовки стратегических поведенческих особенностей, мы будем понимать под стратегией вождения многократно повторяющиеся паттерны дорожного поведения [6, с. 14–21] водителя, которые характеризует его взаимодействие с другими участниками транспортного потока при передвижении.

Данные теоретические представления послужили основанием для построения нейросетевой модели [1; 2; 11] распозна-

вания стратегий вождения — взаимодействия водителей в условиях дорожного трафика.

Характеристика и описание модели нейронной сети

Под взаимодействием мы имеем в виду ситуацию, когда два передвигающихся транспортных средства влияют на изменения скорости и/или траектории друг друга. Таким образом, мы «разделяем» весь транспортный поток на диады автомобилей (водителей), подходящие под следующие условия:

Догоняющий автомобиль имеет большую скорость (иначе взаимодействие не состоится).

Один или оба автомобиля (водителя) вынуждены изменить скорости и/или траектории под воздействием друг на друга.

Для наглядности представим данные условия на рис. 1.

Из рис. 1 видно, что диада автомобилей A1 и A2 не взаимодействуют между собой, в то время как между диадой B1 и B2 имеется взаимодействие.

Особенности такого взаимодействия, которые являются устойчивыми и носят повторяющийся характер, мы будем рассматривать в качестве стратегий вождения, а их распознавание и становится основной задачей для разработки нейронной сети и ее обучения такому распознаванию¹.

Мы моделируем эту ситуацию и передаем на вход нейронной сети следующие



Рис. 1. Диады взаимодействия автомобилей (водителей) в потоке

¹ Перед нами на данный момент не стоит задача реализовать обучение сети с камер дорожного движения, так как эта задача решена и имеется некоторое количество систем, способных распознать объекты на дороге и построить их траектории.

данные по отобранным диадам (взаимодействующих) автомобилей (водителей).

В работе мы используем нейронную сеть, основанную на базе самоорганизующейся карты (SOM) Кохонена [17], состоящей из группы сетей на радиально-базисных функциях (RBF), а также карту из 256 (16×16) сетей. Подобная архитектура использовалась в работах Лаборатории искусственного интеллекта в Массачусетском технологическом институте [19; 20; 21], а также в работах группы ученых из Университета Киото [18].

Использование самоорганизующейся карты, состоящей из RBF-сетей, по-

зволяет выстраивать многомерную топологию между всеми исследуемыми данными, используя обучение нейронной сети без учителя², и отобразить ее в двухмерном пространстве. Необходимо отметить, что подобная архитектура нейронной сети [15] имеет биологическое правдоподобие, ее структура представлена на рис. 2 [16].

Наша сеть устроена как SOM из 256 функциональных РБФ-модулей, организованных в виде квадратной решетки 16×16 .

Отметим, что алгоритм SOM включает в себя четыре основных процесса: оценочный процесс, соревновательный

Архитектура сети:

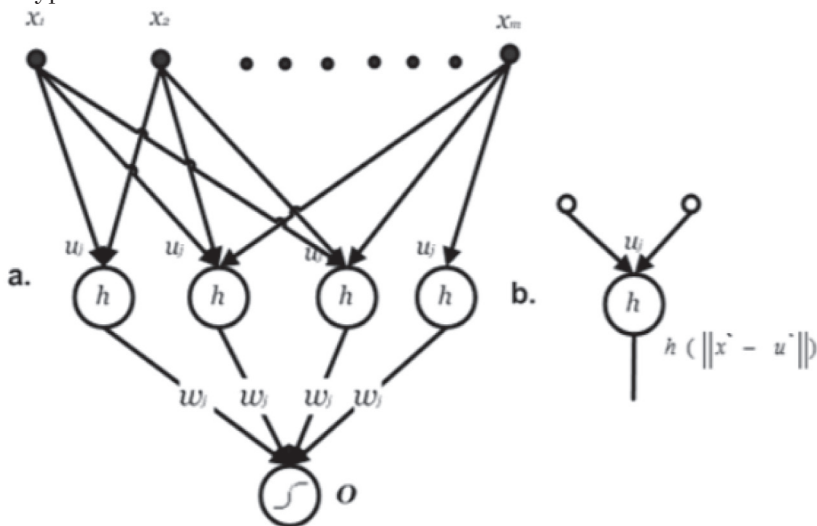


Рис. 2. Структура функционального модуля РБФ-сети.

Примечание: а — элементы входного вектора, so — выход каждого модуля, v_j — центры, σ — дисперсия, w_j — веса, n — количество нейронов скрытого слоя (j определяет j -тый нейрон); б — компоненты входного вектора x сравниваются в центре h с помощью РБФ h

² Обучение нейронной сети без учителя является моделью обучения с точки зрения биологических оснований искусственных нейронных сетей, в которых обучающее множество должно состоять только из входных векторов. При этом сам алгоритм обучения сети подстраивает ее веса так, чтобы в итоге могли получиться согласованные выходные векторы (т. е. чтобы предъявление достаточно близких входных векторов в итоге позволяло получать одинаковые выходы).

процесс, кооперативный процесс и адаптивный процесс [3; 22].

Нейроны скрытого слоя каждого модуля представляют собой функции Гаусса – см. рис. 2. Первоначально веса определяются случайным образом на интервале [0,25–0,75]. В оценочном процессе выходы всех функциональных модулей рассчитываются для каждой пары векторов входов-выходов:

$$o(x) = \sum_j^n w_j \times \exp\left\{\frac{-(x - u_j)^2}{2\sigma_j^2}\right\}.$$

В процессе обучения модуль с наименьшей ошибкой определяется как модуль-победитель. Ошибка вычисляется следующим образом:

$$E_i^k = \frac{1}{2} \left(y - \frac{1}{1 + e^{-o(x)}}\right)^2,$$

где y определяет делаемый выход (здесь $y = 1$). В кооперативном процессе обучаемые коэффициенты рассчитываются с помощью функции соседства:

$$\alpha(r_i) = \frac{\exp\left\{\frac{-(r_i - r_v)^2}{2\sigma_j^2}\right\}}{\sum_{i=1}^n \exp\left\{\frac{-(r_i - r_v)^2}{2\sigma_j^2}\right\}}$$

где r_i – позиция i -того RBF-модуля на карте, r_v – позиция модуля с минимальной ошибкой, а σ – параметр функции соседства.

В процессе обучения все элементы изменяются по алгоритму обратного распространения ошибки.

$$\Delta u_j = k \times \frac{\partial E}{\partial u_j(t-1)}$$

и

$$u_{ij}(t) = u_{ij}(t-1) + \Delta u_{ij} \cdot \alpha(r_i)$$

Таким образом:

$$\Delta w_j = k \cdot \left(y - \frac{1}{1 + e^{-o(x)}}\right) \cdot \left(y - \frac{e^{-o(x)}}{(1 + e^{-o(x)})^2}\right) \cdot \exp\left\{\frac{-(x - u_j)^2}{2\sigma_j^2}\right\}$$

Алгоритм обратного распространения ошибки повторяется до тех пор, пока все элементы не обучатся. В процессе обучения постепенно уменьшается окрестность функции соседства – до тех пор, пока сеть не достигнет стабильного состояния.

$$\Delta u_{ij} = k \cdot \left(y - \frac{1}{1 + e^{-o(x)}}\right) \cdot \left(y - \frac{e^{-o(x)}}{(1 + e^{-o(x)})^2}\right) \cdot w_{ij} \cdot \frac{(x - u_j)}{2\sigma_j^2} \exp\left\{\frac{-(x - u_j)^2}{2\sigma_j^2}\right\}$$

В связи с неоднородностью данных нам пришлось увеличить число нейронов внутреннего слоя n до 3, что, в свою очередь, позволило повысить уровень распознавания сети.

Исходные данные

Наша модель подразумевает, что мы берем пять кадров из стационарно расположенной камеры на некотором участке дороги и для каждой диады автомобилей и используем в качестве входного вектора дистанцию между машинами, а также изменение положения автомобилей относительно друг друга по оси дороги – рис. 3.

Далее мы генерируем 500 ситуаций, относящихся к пяти разным видам стратегий взаимодействий двух автомобилей в транспортном потоке [5]:

1. *Стратегия конкуренции.* Автомобиль А движется с большей скоростью, чем автомобиль Б, и начинает

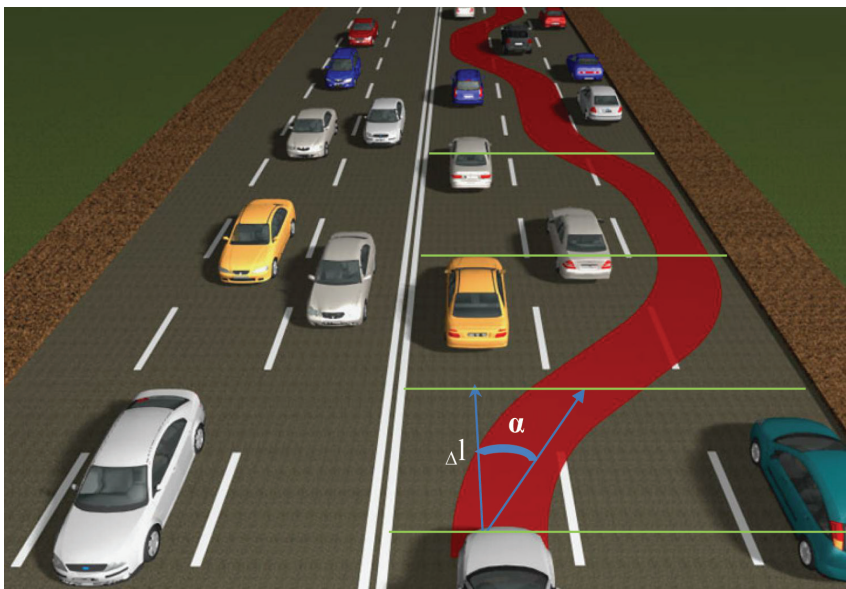


Рис. 3. Описание исходных данных модели

манер обгона. Водитель автомобиля Б ускоряется, из-за чего автомобиль А прекращает маневр и возвращается в полосу.

2. *Стратегия соревнования.* Автомобиль А движется с большей скоростью, чем автомобиль Б. Водитель автомобиля А совершает маневр обгона и возвращается в свою полосу. Водитель автомобиля Б не меняет скорость движения.

3. *Стратегия уклонения.* Автомобиль А движется с большей скоростью,

чем автомобиль Б. Приближаясь к автомобилю Б, водитель автомобиля А снижает скорость до скорости автомобиля Б и движется за ним.

4. *Стратегия компромисса.* Автомобиль движется с большей скоростью, чем автомобиль Б. Водитель автомобиля Б меняет полосу движения, пропуская автомобиль А, и возвращается обратно после того, как автомобиль А проезжает мимо.

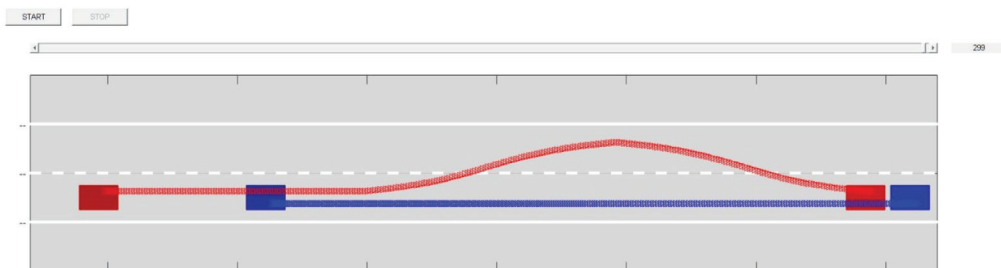


Рис. 4.1. Стратегия конкуренции

Примечание. Автомобиль А — верхний прямоугольник
Автомобиль Б — нижний прямоугольник

5. *Стратегия активной конфронтации.* Автомобиль А движется с большей скоростью, чем автомобиль Б. Приближаясь к автомобилю Б, водитель автомобиля А начинает маневр обгона. Водитель автомобиля Б перестраивается в

полосу левее, не меняя своей скорости. Водитель автомобиля А вынужденно тормозит до скорости автомобиля Б.

Далее для более реалистичного моделирования начальные скорости взаимодействующих автомобилей заданы в про-

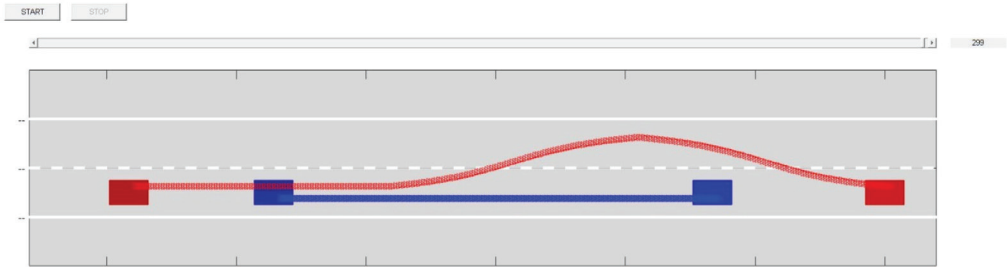


Рис. 4.2. Стратегия соревнования

Примечание. Автомобиль А — верхний прямоугольник
Автомобиль Б — нижний прямоугольник

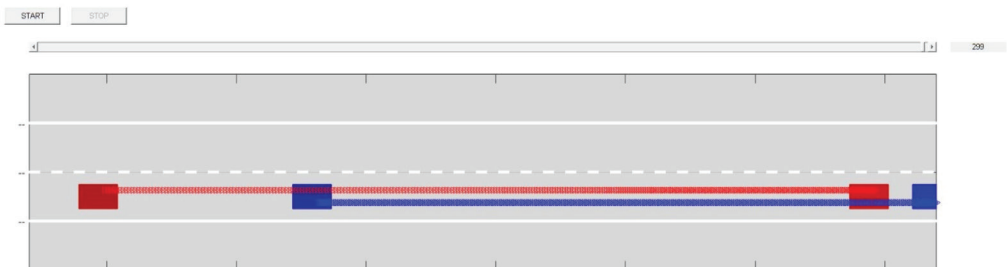


Рис. 4.3. Стратегия уклонения

Примечание. Автомобиль А — верхний прямоугольник
Автомобиль Б — нижний прямоугольник

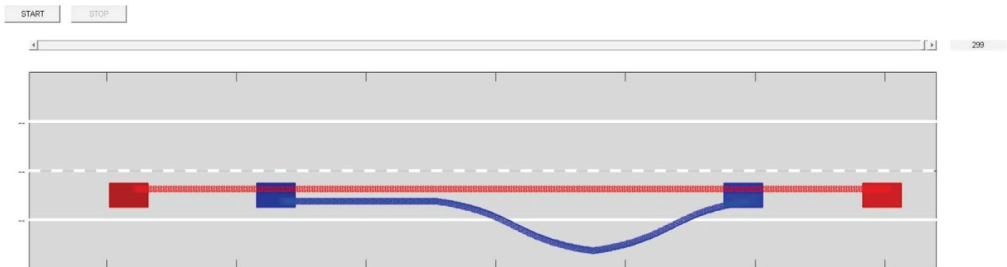


Рис. 4.4. Стратегия компромисса

Примечание. Автомобиль А — верхний прямоугольник
Автомобиль Б — нижний прямоугольник

межутке от 40 до 80 км/ч и рассчитаны случайным образом.

Обучение сети

Обучение сети осуществляется путем прогона обучающих данных к 500 ситуациям взаимодействия в течение 250 ите-

раций. Контроль такого обучения можно увидеть при изучении графика падения средней ошибки по всему кластеру сетей на рис. 5.

Визуально границы между кластерами SOM-сети можно увидеть на рис. 6.

Далее представлены зоны распознавания для каждой из пяти стратегий вождения, представленных в пяти описан-

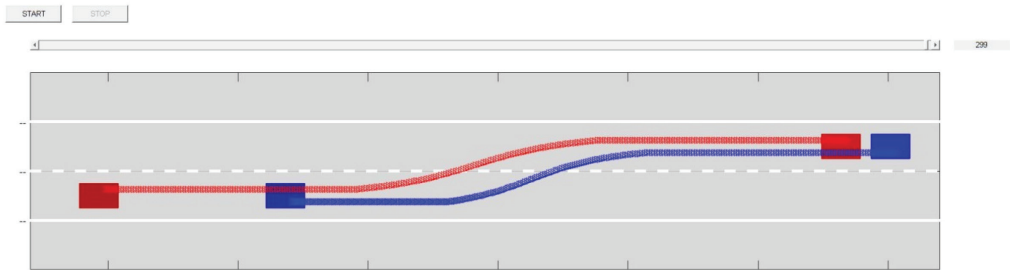


Рис. 4.5. Стратегия активной конфронтации

Примечание. Автомобиль А — верхний прямоугольник
Автомобиль Б — нижний прямоугольник

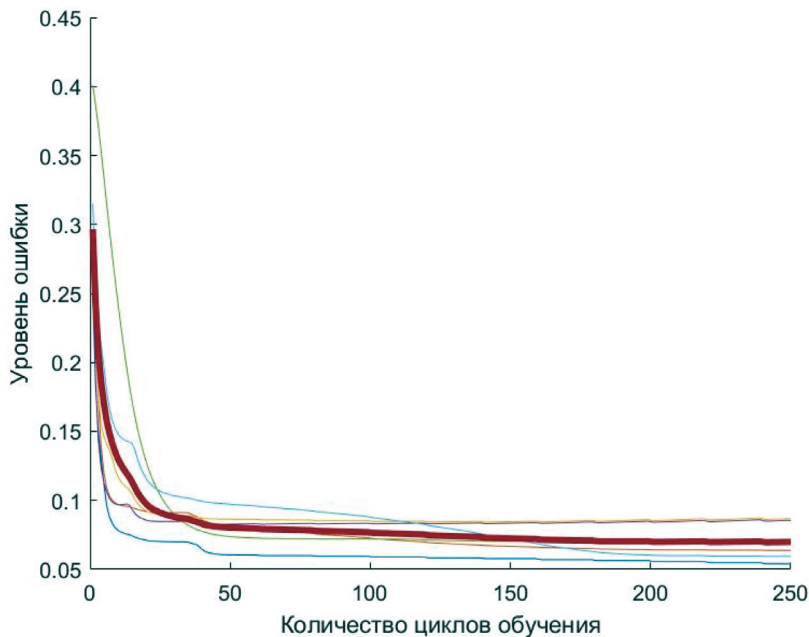


Рис. 5. График падения средней ошибки по кластеру сетей

ных выше дорожных ситуациях (черным выделены сети с нулевым откликом на данные, чем светлее, тем выше отклик) — рис. 7.

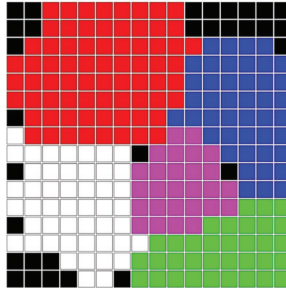
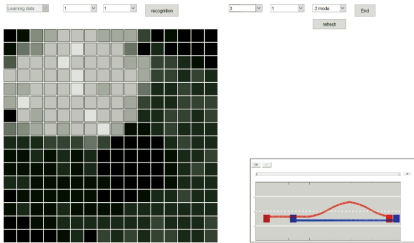
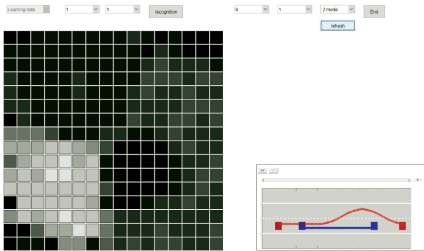


Рис. 6. Границы между кластерами SOM: разными оттенками выделены зоны распознавания для каждого типа стратегии

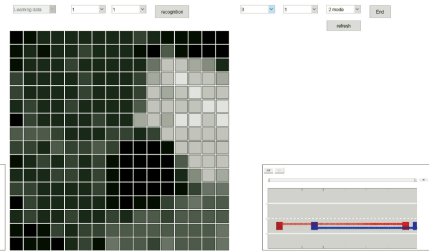
стратегия конкуренции



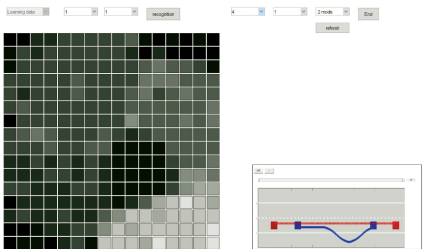
стратегия соревнования



стратегия уклонения



стратегия компромисса



стратегия активной конфронтации

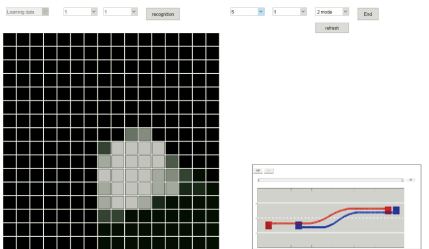


Рис. 7. Зоны распознавания для каждой из пяти стратегий вождения

Представленная нейронная сеть может служить основой для разработки более сложных моделей, распознающих другие паттерны дорожного поведения, связанного, например, с поведением в скоростном режиме, максимальной скоростью транспортного потока и многим другим. Как уже отмечалось, представленный алгоритм является модификацией SOM и включает в себя основу для построения самоорганизующейся карты, состоящей из RBF-модулей.

Заключение

Можно констатировать, что предложена и реализована модель распознавания стратегий вождения автомобиля, характеризующих взаимодействие диад автомобилей (водителей), передвигающихся в транспортном потоке, основанная на архитектуре самоорганизующейся карты SOM.

В настоящей модели SOM не только наследует многие свойства классических

самоорганизующихся карт, но и добавляет некоторые новые свойства [18].

Необходимо подчеркнуть, что разработанная нами модель нейронной сети никоим образом не претендует на то, чтобы считаться совершенной, и может нуждаться в дальнейшей доработке. Тем не менее ее можно рассматривать как определенный результат междисциплинарного синтеза научного знания — нейронауки и социально-психологического знания, которое направлено на изучение процессов взаимодействия участников самых различных социальных систем.

Такой синтез не только способен существенно расширить представления о человеке и его дорожном поведении, но и имеет важную практическую направленность и ценность, поскольку изучение и дальнейшее распознавание стратегических поведенческих паттернов водителей сможет помочь в решении проблемы снижения количества аварийности и предотвращения дорожно-транспортных происшествий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Автоматическое порождение гипотез в интеллектуальных системах. Сост. Е.С. Панкратова, В.К. Финн. М.: Либроком, 2009. 526 с.
2. *Велихов Е.П., Чернавский А.В.* Интеллектуальные процессы и моделирование. М.: Наука, 1987. 396 с.
3. *Ефремов С.Б.* Модель распознавания стилистических особенностей управления транспортным средством и классификация стратегий взаимодействия в условиях дорожного трафика // Социальная психология и общество. 2017. Том 8. № 4. С. 123–133. doi: 10.17759/sps.2017080409
4. *Ефремов С.Б.* Тип коммуникаций между водителем и автомобилем, основанный на дополненной реальности: новый тренд в построении интеллектуальных транспортных систем [Электронный ресурс] // Современная зарубежная психология. 2017. Том 6. № 1. С. 6–14. doi: 10.17759/jmfr.2017060101
5. *Ефремов С.Б., Кочетова Т.В.* К вопросу исследования стилистических и стратегических особенностей управления транспортным средством // Материалы III Ежегодной научно-практической конференции памяти М.Ю. Кондратьева

- «Социальная психология: вопросы теории и практики» (Москва, 10–11 мая 2018 г.). ФГБОУ ВО «Московский государственный психолого-педагогический университет», Факультет социальной психологии. 2018. С. 265–267.
6. *Клебельсберг Д.* Транспортная психология. М.: Транспорт, 1989. 367 с.
 7. *Климов Е.А.* Индивидуальный стиль деятельности. Психология индивидуальных различий. Тексты / Под ред. Ю.Б. Гиппенрейтер, В.Я. Романова. М.: Изд-во МГУ, 1982. С. 74–77.
 8. *Кондратьев М.Ю., Кочетова Т.В.* «Traffic psychology»: от прикладных исследований к методологии комплексного изучения современной дорожно-транспортной среды // Сборник материалов международной научно-практической конференции «Человек и транспорт (Психология. Экономика. Техника)» (Санкт-Петербург, 28–30 июня 2012 г.). СПб: ПГУПС, 2012. С. 119–122.
 9. *Лобанова Ю.И.* Стиль вождения: определяющие факторы, характеристики, направления оптимизации // Российский гуманитарный журнал. 2015. № 1. Т. 4. С. 76–84.
 10. *Марарица Л.В., Казанцева Т.В., Почебут Л.Г., Свенцицкий А.Л.* Вклад личности в социальный капитал группы: структура альтруистического инвестирования // Социальная психология и общество. 2018. Том 9. № 1. С. 43–66.
 11. *Осипов Г.С.* Лекции по искусственному интеллекту. М.: Красанд, 2009. 272 с.
 12. *Петров В.Е.* Психологический анализ проблемы опасного стиля управления транспортным средством [Электронный ресурс] // Современные научные исследования и инновации. 2016. № 8. [URL: <http://web.snauka.ru/issues/2016/08/70377> (дата обращения: 30.08.2018)].
 13. *Поликарпова М.С.* Соотношение понятий «агрессивное» и «опасное» вождение в современной отечественной и зарубежной психологии [Электронный ресурс] // Современная зарубежная психология. 2017. Том 6. № 1. С. 44–52. doi: 10.17759/jmfp.2017060106
 14. *Ядов В.А.* Саморегуляция и прогнозирование социального поведения личности: Диспозиционная концепция. М.: ЦСПиМ, 2013. 376 с.
 15. *Fujita I.* The inferior temporal cortex: architecture, computation, and representation // Journal of Neurocytology. 2002. V. 31. № 3–5. P. 359–371.
 16. *Efremova N., Asakura N., Inui T., Abdikeyev N.* Inferotemporal network model for 3d object recognition // The proceedings of the International Conference on Complex Medical Engineering IEEE/ICME. 2011. P. 555–560.
 17. *Kohonen T.* Self-organizing maps, Berlin: Springer-Verlag. 2001. 502 p.
 18. *Logothetis N., Pauls J.* Psychophysical and physiological evidence for viewer-centered object representations in the primate // Cerebral Cortex. 1995. V. 5. № 3. P. 270–288.
 19. *Riesenhuber M., Poggio T.* Hierarchical models of object recognition in cortex // Nature Neuroscience. 1999. V. 2. P. 1019–1025.
 20. *Riesenhuber M., Poggio T.* Modeling Invariances in Inferotemporal Cell Tuning // Technical Report. MIT. 1998.
 21. *Riesenhuber M., Poggio T.* Models of object recognition // Nature Neuroscience. 2000. V. 3. P. 1199–1204.
 22. *Tokunaga K., Furukawa T.* Modular network SOM // Neural Networks. 2009. V. 22. P. 82–90.

Neural network model for recognition of driving strategies and interaction of drivers in traffic conditions

S.B. EFREMOV*,

Moscow State University of Psychology & Education, Moscow, Russia,
0971090@gmail.com

The paper presents a neural network model for recognizing driving strategies based on the interaction of drivers in traffic flow conditions. The architecture of the model, based on self-organizing map (SOM), consisting of various neural networks based on RBF (Radial Basis Function). The purpose of this work is to describe the architecture and structure of the neural network model, which allows to recognize the strategic features of driving. Our neural network is able to identify the interaction strategies of cars (drivers) in traffic flow conditions, as well as to identify such behavioral patterns of movement that can be correlated with different types of dangerous driving. From the results of the study, it follows that neural networks of the SOM RBF type are able to recognize and classify the types of interactions in traffic conditions based on modeling the analysis of the trajectories of cars. This neural network showed a high percentage of recognition and clear clustering of similar driving strategies.

Keywords: road and traffic environment, road behavior, road user interaction strategies, driving strategies, neural network model, self-organizing maps.

REFERENCES

1. Avtomaticheskoe porozhdenie gipotez v intellektual'nykh sistemakh [Automatic generation of hypotheses in intelligent systems.] Sost. E.S. Pankratova, V.K. Finn. Moscow: Librokom, 2009. 526 p.
2. Velikhov E.P., Chernavskii A.V. Intellektual'nye protsessy i modelirovanie [Intellectual processes and modeling]. Moscow: Nauka, 1987. 396 p.
3. Efremov S.B. The model of recognition of driving styles and classification of traffic interaction strategies. *Sotsial'naiia psikhologiiia i obshchestvo [Social Psychology and Society]*, 2017. Vol. 8, no. 4, pp. 123–133. doi:10.17759/sps.2017080409. (In Russ., abstr. in Engl.)
4. Efremov S.B. Type of communication between driver and car, based on the augmented reality: “new trend” in building intelligent transportation systems [Elektronnyi resurs]. *Sovremennaiia zarubezhnaia psikhologiiia [Journal of Modern Foreign Psychology]*, 2017. Vol. 6, no. 1, pp. 6–14. doi:10.17759/jmpf.2017060101. (In Russ., abstr. in Engl.)

For citation:

Efremov S.B. Neural network model for recognition of driving strategies and interaction of drivers in traffic conditions. *Sotsial'naiia psikhologiiia i obshchestvo [Social Psychology and Society]*, 2018. Vol. 9, no. 4, pp. 153–166. (In Russ., abstr. in Engl.). doi: 10.17759/sps.2018090413

* *Efremov Sergey B.* — Postgraduate Student, Chair of Psychology of Management, Department of Social Psychology, Moscow State University of Psychology & Education, Moscow, Russia, 0971090@gmail.com

5. Efremov S.B., Kochetova T.V. К вопросу исследования стилистических и стратегических особенностей управления транспортным средством [To the question of the study of stylistic and strategic features of driving a vehicle]. *Sotsial'naya psikhologiya: voprosy teorii i praktiki*. Materialy III Ezhegodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii pamyati M.Yu. Kondrat'eva (Moskva, 10–11 maya 2018 g.) [*Social Psychology: Theory and Practice Questions*. Materials of the III Annual Scientific and Practical Conference in Memory of M.Yu. Kondratiev.]. Moscow State University of Psychology and Education, Faculty of Social Psychology. 2018, pp. 265–267.
6. Klebel'sberg D. *Transportnaya psikhologiya* [Transport Psychology]. Moscow: Transport, 1989. 367 p.
7. Klimov E.A. Individual'nyi stil' deyatel'nosti. Psikhologiya individual'nykh razlichii. Teksty [Individual style of activity. Psychology of individual differences. Texts]. In Yu.B. Gippenreiter, V.Ya. Romanova (eds.). Moscow: Publ. MGU, 1982, pp. 74–77.
8. Kondrat'ev M.Yu., Kochetova T.V. «Traffic psychology»: ot prikladnykh issledovaniy k metodologii kompleksnogo izucheniya sovremennoi dorozhno-transportnoi sredy [Traffic psychology: from applied researches to the methodology of integrated study of the modern transport environment]. Sbornik materialov mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii “*Chelovek i transport (Psikhologiya, Ekonomika, Tekhnika)*” (Sankt-Peterburg, 28–30 iyunya 2012 g.). [The sourcebook of the international scientifically-practical conference “*People and Transport (Psychology, Economics, Technique)*”]. Saint-Petersburg: PGUPS, 2012, pp. 119–122.
9. Lobanova Yu.I. Stil' vozhdeniya: opredelyayushchie faktory, kharakteristiki, napravleniya optimizatsii [Driving style: determining factors, characteristics, directions of optimization]. *Rossiiskii gumanitarnyi zhurnal*. [*Russian Journal of Humanities*], 2015. Vol. 4, no. 1, pp. 76–84.
10. Mararitsa L.V., Kazantseva T.V., Pochebut L.G., Svetsitskiy A.L. The contribution of the individual to the group's social capital: the structure of altruistic investment. *Sotsial'naya psikhologiya i obshchestvo* [*Social Psychology and Society*], 2018. Vol. 9, no. 1, pp. 43–66. doi:10.17759/sps.2018090104. (In Russ., abstr. in Engl.)
11. Osipov G.S. Lektsii po iskusstvennomu intellektu [Lectures on artificial intelligence]. Moscow: Krasand, 2009. 272 p.
12. Petrov V.E. Psikhologicheskii analiz problemy opasnogo stilya upravleniya transportnym sredstvom [Elektronnyi resurs] [Psychological analysis of the problem of dangerous driving style]. *Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovatsii* [*Modern scientific research and innovation*], 2016, no. 8. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2016/08/70377> (Accessed: 30.08.2018).
13. Polikarpova M.S. The problem of correlation between the concepts of “violent” and “dangerous driving” in modern national and foreign psychology [Elektronnyi resurs]. *Sovremennaya zarubezhnaya psikhologiya* [Journal of Modern Foreign Psychology], 2017. Vol. 6, no. 1, pp. 44–52. doi:10.17759/jmfp.2017060106. (In Russ., abstr. in Engl.)
14. Yadov V.A. Samoregulyatsiya i prognozirovaniye sotsial'nogo povedeniya lichnosti: Dispozitsionnaya kontseptsiya [Self-regulation and prediction of social behavior of an individual: Dispositional concept]. M.: TsSPiM, 2013. 376 p.

15. Fujita I. The inferior temporal cortex: architecture, computation, and representation. *Journal of Neurocytology*, 2002. Vol. 31, Is. 3–5, pp. 359–371.
16. Efremova N., Asakura N., Inui T., Abdikeyev N. Inferotemporal network model for 3d object recognition. *The proceedings of the International Conference on Complex Medical Engineering IEEE/ICME*. 2011, pp. 555–560.
17. Kohonen T. Self-organizing maps. Berlin: Springer-Verlag. 2001. 502 p.
18. Logothetis N., Pauls J. Psychophysical and physiological evidence for viewer-centered object representations in the primate. *Cerebral Cortex*, 1995. Vol. 5, no. 3, pp. 270–288.
19. Riesenhuber M., Poggio T. Hierarchical models of object recognition in cortex. *Nature Neuroscience*, 1999. Vol. 2, pp. 1019–1025.
20. Riesenhuber M., Poggio T. Modeling Invariances in Inferotemporal Cell Tuning. Technical Report. MIT. 1998. 6 p.
21. Riesenhuber M., Poggio T. Models of object recognition. *Nature Neuroscience*. 2000. Vol. 3, pp. 1199–1204.
22. Tokunaga K., Furukawa T. Modular network SOM. *Neural Networks*. 2009. Vol. 22, pp. 82–90.