

## ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ

**О.П. Смирнов, доцент, к.т.н., А.А. Тропина, профессор, д.т.н., ХНАДУ**

***Аннотация.** Рассмотрена проблема применения искусственного интеллекта в транспортных системах. Предлагается использовать биологический подход для управления транспортной системой. Проведен анализ использования искусственной нейронной сети для адаптивного круиз-контроля.*

***Ключевые слова:** транспортная система, транспортное средство, адаптивный круиз-контроль, искусственный интеллект, нейронная сеть.*

## ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМАХ

**О.П. Смирнов, доцент, к.т.н., А.А. Тропина, профессор, д.т.н., ХНАДУ**

***Анотація.** Розглянуто проблему застосування штучного інтелекту в транспортних системах. Пропонується використовувати біологічний підхід для управління транспортною системою. Проведено аналіз використання штучної нейронної мережі для адаптивного круїз-контролю.*

***Ключові слова:** транспортна система, транспортний засіб, адаптивний круїз-контроль, штучний інтелект, нейронна мережа.*

## APPLICATIONS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO TRANSPORTATION SYSTEMS

**O. Smirnov, Associate Professor, Candidate of Technical Science,  
A. Tropina, Professor, Doctor of Technical Science, KhNADU**

***Abstract.** A problem of the use of the artificial intelligence in transportation systems is considered. It is proposed to use a biological approach for the transportation system management. An analysis of the artificial neural network use for the adaptive cruise control has been carried out.*

***Key words:** transportation system, vehicle, adaptive cruise control, artificial intelligence, neural network.*

### Введение

Прогрессивное развитие транспортных систем требует нового интеллектуального подхода к решению транспортных задач, как на уровне отдельной транспортной машины, так и инфраструктуры в целом. В настоящее время интеллектуальные транспортные системы различного уровня разрабатываются во всех развитых странах мира. Сфера при-

ложения интеллектуальных систем в мировой практике варьируется от решения проблем общественного транспорта до решения глобальных экологических и энергетических проблем современности.

Основной проблемой, которая стоит перед разработчиками автотранспортных средств и транспортных систем в целом, является проблема повышения безопасности движения.

Для повышения уровня безопасности создаются интеллектуальные автомобили, которые способны передвигаться по дорогам общего пользования без участия водителя. Следующим этапом является создание интеллектуальных транспортных систем, которые будут управлять всеми элементами транспортного комплекса.

Для оптимального передвижения самоуправляемого автомобиля целесообразно применять искусственные нейронные сети. Поэтому в настоящее время актуальным являются разработка интеллектуальных систем для управления автомобилем и транспортной системой в целом. Частным случаем интеллектуальной системы является адаптивный круиз-контроль, на примере которого рассмотрен принцип применения искусственных нейронных сетей.

#### **Анализ исследований и публикаций**

В настоящее время наиболее активно развиваются следующие интеллектуальные технологии для транспортной инфраструктуры и транспортных средств:

- управление движением и перевозками;
- управление безопасностью и ликвидацией последствий ДТП;
- управление информацией и системой оплаты.

Компания Google получила в Бюро по патентам США права на технологию под названием "Переход многорежимного автомобиля в автономный". В своей заявке на патент, компания описала процесс, в котором специально оборудованный автомобиль будет определять траекторию движения самоходного автомобиля. Автомобили с автопилотом Google ориентируются в пространстве на основе данных, получаемых с помощью специальных камер, лазерных радаров и систем GPS. Информацию о каждой конкретной дороге, в том числе о количестве полос, точном расположении светофоров, дорожных знаков и указателей, система управления скачивает с серверов Google. В планах компании Google испытать автономный автомобиль на заснеженных дорогах и научить их распознавать временные дорожные знаки и светофоры, установленные на ремонтируемых участках дорог [1].

Корпорация Nissan планирует к 2020 году

серийно производить полностью автономные автомобили, которые будут передвигаться по дорогам общего пользования без помощи водителя. Для этого необходимо наладить не только беспроводную коммуникацию между такими автомобилями и дорожной инфраструктурой, но и технологии безопасной ориентации в пространстве. Новая технология предусматривает создание совершенно новой инфраструктуры для транспортных средств, управление которой основано на искусственных нейронных сетях [2].

В настоящее время над собственными системами автопилота также работают такие корпорации как Cadillac, BMW, Volkswagen, Volvo, Continental и др.

#### **Искусственные нейронные сети для адаптивного круиз-контроля**

Адаптивный круиз-контроль автоматически поддерживает заданную скорость без участия водителя и снижает скорость в случае появления препятствия на пути автомобиля. При замедлении впереди идущего автомобиля система адаптивного круиз-контроля задействует, кроме системы управления двигателем, еще и систему торможения. Перспективный автомобиль Volvo XC90 планируют оснащать адаптивным круиз-контролем с функцией подруливания. При этом круиз-контроль задействует для безопасного маневрирования систему рулевого управления для предотвращения столкновения.

Для определения препятствия в адаптивном круиз-контроле применяется, например, датчики радиолокационного типа. Радиолокационная система Autocruise компании TRW работает на частоте 77 ГГц, имеет дальность действия до 150 м и функционирует при скорости автомобиля от 30 км/ч до 180 км/ч.

Наиболее перспективными датчиками для определения препятствий считаются датчики, построенные на базе искусственной нейронной сети, которая охватывает как отдельный автомобиль, так и транспортную систему в целом. Нейронные сети, основанные на аналогии с принципами движения биологических объектов, в частности, с передвижением саранчи, пчел, рыб, птиц, представляют собой эффективный механизм для прогнозирования столкновений.

Принципы перемещения косяка рыб, стаи птиц, роя насекомых подчинено таким же правилам, какие можно применить для движения автомобилей в плотном транспортном потоке:

- не сталкиваться с другими особями (автомобилями);
- сохранять определенную дистанцию между особями (автомобилями) в зависимости от скорости движения;
- перемещаться в одном направлении с максимально возможной скоростью.

Действительно, биологические объекты перемещаются на очень маленьких расстояниях друг от друга на высоких скоростях и при этом не сталкиваются друг с другом. Поэтому, если автомобили смогут двигаться по такому же биологическому алгоритму, то пропускная способность транспортной системы возрастет в несколько раз и полностью исключит проблему заторов.

Известно [3], что стая саранчи способна определить движущийся навстречу объект, основываясь на данных двух типов нейронов, таких как нейроны детекторов движений крупных объектов (lobula giant movement detector LGMD) и нейронов детекторов движений в противоположных направлениях (descending contralateral movement detector DCMD). Реакция отклика этих нейронов на движущийся объект, заключается в подаче серии импульсов, частота которых увеличивается по мере приближения объекта и является максимальной для объекта, движущегося в направлении столкновения.

Исследования, проведенные в работе [4], показали, что анализ визуальных наблюдений в процессе направленного движения и обучение нейронов LGMD методами генетических алгоритмов позволяют не только моделировать основные детали момента столкновения в потоке автомобилей, а, следовательно, и вырабатывать эффективные механизмы, как избежать таких столкновений, но и делать эти методы удобными для организации параллельных вычислений.

При использовании такого биологического подхода искусственная нейронная сеть для моделирования потока автомобилей и предсказания столкновений состоит из нескольких элементарных нейронов-детекторов движения, которые моделируют движение в

определенном направлении, плюс нейрон типа LGMD для фильтрации получаемых входных видеосигналов. При этом нейрон LGMD имеет трехслойную структуру и содержит входной P слой, имитирующий показания фоторецепторов, возбуждающий I слой и тормозящий S слой (рис. 1).

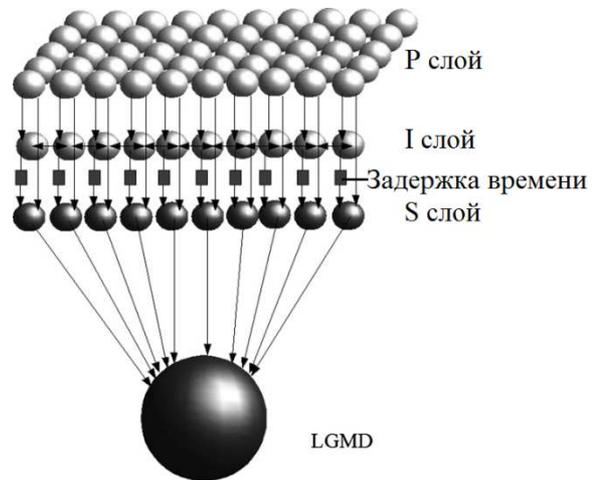


Рис. 1. Структура нейрона типа LGMD

Выход каждого рецептора входного P слоя определяется люминесценцией пикселей исходного изображения

$$P^{n+1}(x, y) = L^n(x, y) - L^{n-1}(x, y), \quad (1)$$

где  $L^n(x, y)$   $L^{n-1}(x, y)$  – люминесценция пикселя с координатами  $(x, y)$   $n$  и  $n-1$  входного изображения.

В качестве метода обучения сети выбираем метод конкурентного обучения. Схема работы и обучения нейронной сети на основе нейронов LGMD выглядит следующим образом. Выходные сигналы  $P^{n+1}(x, y)$  со слоя рецепторов переходят на возбуждающий I слой или тормозящий S слой нейронов, при этом торможение от пикселя с координатами  $(x, y)$  распространяется только на ближайших соседей, а выходной сигнал от этого же пикселя  $I^n(x, y)$  определяется в соответствии с выражением

$$I^n(x, y) = \sum_i \sum_j P^{n-1}(x+i, y+j) w^n(i, j), \quad (2)$$

где  $w^n(i, j)$  – локальный синаптический вес.

Расчет возбуждающих и тормозящих сигналов происходит в соответствии с выражением

$$E^n(x, y) = P^n(x, y) - I^n(x, y) \cdot W^n, \quad (3)$$

где  $W^n$  - синаптический вес, соответствующий тормозящему нейрону.

Следующий шаг – это вычисление коэффициента  $Ce^n(i, j)$ , учитывающего влияние ближайших соседей данного пикселя вида

$$Ce^n(i, j) = \sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 E^{n-1}(x+i, y+j) \cdot w_e(i, j). \quad (4)$$

Здесь  $w_e(i, j)$  отражает влияние соседей и представляется матрицей свертки вида

$$w_e(i, j) = \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}. \quad (5)$$

Конечный мембранный потенциал нейрона LGMD  $s^n$  определяется с учетом фильтрации исходного возбуждающего сигнала  $E^n(x, y)$  (для удаления шума) путем умножения этого сигнала на коэффициент  $Ce^n(i, j)$ , а именно

$$s^n = \sum_x \sum_y |E^n(x, y)| \cdot Ce^n(x, y) \cdot \omega^{-1}, \quad (6)$$

где  $\omega$  – масштабирующий коэффициент, который определяется с учетом средних значений  $Ce^n(x, y)$  и зависит от исходного образа.

Включение сигнала-импульса об угрозе столкновения достигается при превышении некоторого порогового значения мембранного потенциала. Это пороговое значение обычно выбирается методом адаптации между начальным заданным значением  $b_m$  и значением потенциала на каждой итерации  $b_s$ .

$$b_s = \begin{cases} b_s + \Delta t, & \tilde{s} > s_{\max}, & b_s + \Delta t \in [b_l, b_h] \\ b_s - \Delta t, & \tilde{s} < s_{\max}, & (b_s - \Delta t) \in [b_l, b_h], \\ b_h \end{cases}$$

где  $[b_l, b_h]$  – верхний и нижний порог адаптации,  $\Delta t$  – шаг процесса адаптации,  $\tilde{s}$  – среднее значение мембранного потенциала, осредненного по ряду изображений,  $s_{\max}$  – максимальное значение мембранного потенциала.

Если мембранный потенциал  $\tilde{s}$  превышает пороговое значение  $b_s$ , формируется импульс, который передается в систему торможения автомобиля.

Программирование нейронных сетей такого уровня может быть встроено в современные бортовые компьютеры, работающие на интегральных схемах с высокой степенью интеграции, поэтому нейронные сети LGMD успешно используются для прогнозирования столкновений в потоке автомобилей в реальных ситуациях.

## Выводы

Для управления транспортными системами целесообразно применять нейронные сети, основанные на аналогии с принципами движения биологических объектов. Одним из методов повышения безопасности движения является встраивание в бортовой компьютер программ, которые способны прогнозировать аварийно-опасные ситуации в процессе движения автомобиля и передавать сигнал в систему торможения при приближении к объекту столкновения.

## Литература

1. <http://auto.tsn.ua/news/google-zapatentovala-bespilotnoe-avto.html>.
2. <http://online.wsj.com/news/articles/SB10001424127887323407104579038832031956964>
3. M. Blanchard, F.C. Rind, P.F. Verschure. Collision avoidance using a model of the locust LGMD neuron. Robot. Auton. Syst. – 2000. – Vol.30. – P.17-38.
4. R. Stafford, R.D. Santer, F.C. Rind. A bio-inspired visual collision detection mechanism for cars: combining insect inspired neurons to create a robust system// Biosystems. – 2007.- Vol.87. – p. 164-171.

Рецензент: О.П. Алексеев, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 7 октября 2013 г.