

Секция «КОНСТРУИРОВАНИЕ, ИСПЫТАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВО  
АВТОМОБИЛЕЙ»

автоматическом режиме работы силового агрегата / Ле Ван Нгиа // Механика машин, механизмов и материалов. – 2018. – № 2. – С. 31– 38.

3. Imagine.Lab AMESim: User manual version 4.1 // LMS Company Ltd, Germany, 2003. – P. 267.

Представлено 28.04.2019

УДК 629.114.2

СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ ПОВЕДЕНИЯ ВОДИТЕЛЯ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ  
CREATION OF DRIVER MODEL USING MACHINE  
LEARNING TECHNIQUES

Р.А. Семенов,

Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь

R. Siamionau,

Belarusian National Technical University, Minsk, Republic of Belarus

*Аннотация. Синтез комплексной компьютерной модели поведения водителя автомобиля, включающей в себя управляющий контур, основанный на ПИД регуляторе, и корректирующий контур, в котором используется обученная на эксплуатационных данных искусственная нейронная сеть.*

*Abstract. Designing of compound computer driver model, consisting of PID controller-based main control loop and auxiliary corrective control circuit that utilizes artificial neural network trained on operational data.*

*Ключевые слова: моделирование, автомобиль, водитель, синтез.*

*Keywords: simulation, car, driver, synthesis.*

## ВВЕДЕНИЕ

Компьютерное моделирование поведения автомобиля подразумевает использование одного из следующих наиболее распространенных управляющих контуров [1, с. 504]: логический; ПИД регулятор; системы нечеткой логики; искусственные нейронные.

Секция «КОНСТРУИРОВАНИЕ, ИСПЫТАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВО  
АВТОМОБИЛЕЙ»

Из приведенных контуров управления системы нечеткой логики и искусственные нейронные сети (ИНС) позволяют учитывать при моделировании особенности индивидуального поведения водителя.

### СИНТЕЗ КОМПЛЕКСНОЙ МОДЕЛИ ПОВЕДЕНИЯ ВОДИТЕЛЯ АВТОМОБИЛЯ

Задача синтеза комплексной модели поведения автомобиля состоит в объединении управляющего воздействия логического и основанного на ПИД регуляторах управляющего контура с сигналами управления, генерируемыми ИНС. Целью создания подобной модели является учет при компьютерном моделировании движения автомобиля индивидуальных особенностей поведения водителя.

На рисунке 1 показана схема интеграции ИНС с уже существующей модель поведения водителя.

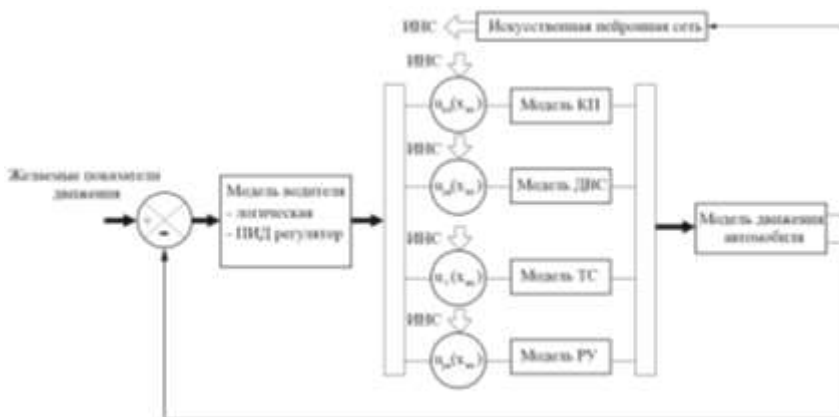


Рисунок 1 – Схема интеграции искусственной нейронной сети в существующий контур управления для модели поведения водителя

Показанная выше схема комплексной модели поведения водителя демонстрирует ключевую особенность данного подхода: необходимость в функциях интеграции управляющих сигналов логических моделей и ИНС.

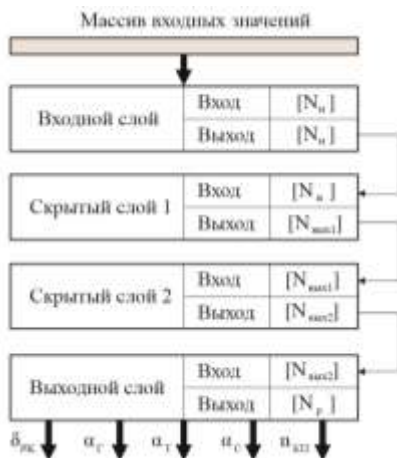
*Секция «КОНСТРУИРОВАНИЕ, ИСПЫТАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВО  
АВТОМОБИЛЕЙ»*

Так функции  $u_{\text{кп}}(x_{\text{вх}})$ ,  $u_{\text{дв}}(x_{\text{вх}})$ ,  $u_{\text{т}}(x_{\text{вх}})$ ,  $u_{\text{рк}}(x_{\text{вх}})$  предназначены для управляемого комбинирования сигналов, поступающих от логических регуляторов и нейронной сети, в модели управления трансмиссией, двигателем, тормозной системой и рулевым управлением соответственно.

Указанная необходимость обусловлена следующими факторами:

- выходной результат обученные нейронные сети не определен для параметров, находящихся вне множества входных значений обучающих данных [2, с. 298];
- обучение ИНС проводилось на сравнительно небольшом наборе данных и не удалось добиться приемлемой точности для всех допустимых комбинаций входных параметров.

Непосредственно топология использованной в расчетах ИНС приведена на рисунке 2.



$N_{\text{вх}}$  – число входных переменных входного слоя;  $N_{\text{вых1}}$  – число выходных переменных слоя 1;  $N_{\text{вых2}}$  – число выходных переменных слоя 2;  $N_{\text{р}}$  – число результирующих значений;  $\delta_{\text{рк}}$  – угол поворота рулевого колеса;  $\alpha_{\text{г}}$  – угол нажатия педали газа;  $\alpha_{\text{т}}$  – угол нажатия педали тормоза;  $\alpha_{\text{с}}$  – угол нажатия педали сцепления;  $n_{\text{кп}}$  – номер выбранной передачи;

Рисунок 2 – Топология использованной при моделировании искусственной нейронной сети

## *Секция «КОНСТРУИРОВАНИЕ, ИСПЫТАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВО АВТОМОБИЛЕЙ»*

Массив входных значений, показанный на рисунке 2, состоит из показателей движения автомобиля (продольная скорость, угловая скорость, боковое ускорение, продольное ускорение), управляющих воздействий водителя, а также из координат пути автомобиля (использовались глобальные координаты GPS). Данные значения во входном массиве представлены в виде текущих значений, исторических значений за последнюю секунду движения и параметров траектории движения на 50 м вперед.

Создание и обучение ИНС проводилось с использованием библиотеки Keras языка программирования Python, на котором также реализована компьютерная модель движения автомобиля в целом.

Процесс обработки данных для обучения ИНС состоял в следующем:

- фильтрация экспериментальных данных, удаление участков, на которых автомобиль неподвижен, движется в городском потоке или прямолинейно с постоянной скоростью;
- нормализация траектории автомобиля – приведение глобальных координат системы позиционирования к локальным координатам;
- разбиение данных на множества для обучения и проверки.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В ходе сбора экспериментальных данных, синтеза и реализации комплексной модели поведения водителя сделаны следующие выводы:

1. Подход к моделированию с использованием комбинации логических управляющих контуров и ИНС позволяет учитывать индивидуальные особенности поведения водителя;

2. Обучение ИНС на основании данных, представляющих зависимость во временной области, является нестандартным методом и требует более детального изучения;

3. Однократный масштабный сбор эксплуатационных данных, обучение ИНС и публикация моделей и тренировочных данных позволит ускорить процесс проектирования и повысить качество автоматизированных систем управления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Blundell M., The multibody system approach to vehicle dynamics. 2 ed. / Mike Blundell, Damian Harty, ELSEVIER, 2015, – 756 p.

2. Lin Y., Tang P., Zhang W.J., Yu Q.: Artificial neural network modelling of driver handling behavior in a driver–vehicle–environment system, International Journal of Vehicle Design, Vol. 2, No. 1, pp. 294–316.

Предоставлено: 16.05.2019

УДК 629.017:629.018

СТРАТЕГИЯ РАЗРАБОТКИ МЕТОДОЛОГИЙ СТЕНДОВЫХ  
ИСПЫТАНИЙ ПО ПРОВЕРКЕ ПРОЧНОСТИ  
И ДОЛГОВЕЧНОСТИ КОМПОНЕНТОВ ХОДОВОЙ ЧАСТИ  
АВТОМОБИЛЯ НА ЭТАПЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТА  
STRATEGY OF DEVELOPMENT OF THE METHODOLOGIES  
FOR STRENGTH AND FATIGUE TESTING OF SUSPENSION  
COMPONENTS ON EARLY DESIGN STAGES

В.А. Кулагин, асп., И.А. Назарков, асп.,

А.И. Бокарев канд. техн. наук,

ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», г. Москва, Россия

V. Kulagin, I. Nazarkov, A. Bokarev, Ph.D. in Engineering,

FSUE «NAMI», Moscow, Russia

*Аннотация. Проверка прочности и долговечности ходовой части автомобиля на ранних этапах проектирования является обязательной процедурой у всех автопроизводителей перед сборкой первого прототипа. Предлагаются к разработке универсальные методологии стендовой проверки на прочность и долговечность компонентов ходовой части автомобиля.*

*Abstract. Strength and fatigue proving of suspension on early design stages is a necessary procedure for all car manufacturers before making the first prototype. There are suggested universal methodologies of strength and fatigue stand testing of suspension components.*