

22. Мелихов А.Н., Берштейн Л.С., Коровин С.Я. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой. – М.: Наука, 1990. – 272 с.
23. Iancu U. Propagation of uncertainty and imprecision in knowledge-based systems // Fuzzy Sets and Systems, 1998. – №94. – P. 29-43.

**Заргарян Юрий Артурович**

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: fin\_val\_iv@tsure.ru.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 88634371773.

Кафедра систем автоматического управления; аспирант.

**Затылкин Вячеслав Владимирович**

**Zargarjan Jury Arturovich**

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: fin\_val\_iv@tsure.ru.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: 88634371773.

The Department of Automatic Control Systems; postgraduate student.

**Zatylnkin Vyacheslav Vladimirovich**

УДК 681.5

**И.С. Коберси, Д.А. Белоглазов**

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ АДАПТИВНАЯ ГИБРИДНАЯ ОБУЧАЕМАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ**

*Безопасность транспортных средств (ТС) как объекта управления необходимо обеспечить в случае потери ручного управления, слабой ориентации на местности, и др. Подобные объекты входят в область исследования как в машиностроении, так и в системах автоматического управления.*

*Транспортное средство; управление.*

**I.S. Kobersi, D.A. Beloglazov**

**INTELLIGENT ADAPTIVE HYBRID TRAINABLE CONTROL VEHICLE SYSTEM**

*Safety of Vehicles (MV) as an object of control should ensure that in case of loss of manual control, poor targeting, terrain, etc. Such objects are included in the study area as in engineering, as well as in automatic control systems.*

*Vehicle; control.*

В работе Ш. Фэритора [1] описываются некоторые задачи управления автомобилем, когда водитель теряет управление в процессе движения автомобиля. В его работе рассматривается система управления на основе искусственного интеллекта. Последовательность шагов при решении задачи может быть следующей (рис. 1).

Принимаемые сигналы от внешней среды классифицируются по типу сигналов «принято» (информация о состоянии движении ТС) или о скорости ТС на радиусе «движения», после того как сортируются сигналы по классам принимается решение о

том, в какое состояние переключать работу ТС: «снизить, увеличить, оставить скорость стабильной ТС, в какую сторону направлять маршрут и т.д.», на основе принимаемого решения выполняется управление отдельных частей ТС «скорость, направление и состояние».

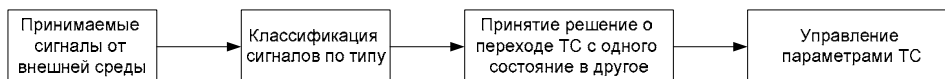


Рис. 1. Последовательность шагов при решении задачи управления

**Входы:**

$X_1$  – угол, под которым находится препятствие (направление);

$X_2$  – расстояние до препятствия от ТС;

$X_3$  – скорость препятствия (подвижное, неподвижное).

**Выходы:**

$Y_1$  – угол под которым движется ТС, (управляющее воздействие руля);

$Y_2$  – скорость ТС, (управляющее воздействие скорости);

$Y_3$  – расстояние ТС от препятствия, (управляющее воздействия достижения цели – отличие пункта назначения от препятствие).

**1. Первый модуль**

Входы представляют собой следующие параметры:

- ◆  $X_1$  – поступающий сигнал от системы навигации, описывающий систему координат направления препятствия;
- ◆  $Y_2$  – скорость ТС;
- ◆  $Y_3$  – расстояние от препятствия ТС (достижение цели).

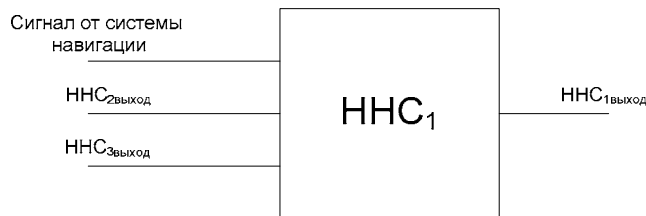


Рис. 2. Упрощенная схема модуля управления направлением движения ТС

Выход модуля ННС<sub>1</sub> представляет собой управляющее воздействие  $Y_1$  изменения направления ТС.

Направление движения препятствия, состояние скорости ТС и расстояние ТС от препятствия описываются тремя лингвистическими  $\beta_i$  со следующими термножествами T:

**Первая лингвистическая переменная** «направление препятствия»  $\beta_1$  со следующими термножествами:

- ◆ вперед;
- ◆ вперед-налево;
- ◆ вперед направо;
- ◆ назад;
- ◆ назад-направо;
- ◆ назад-налево;
- ◆ вернуться в исходное положение и изменить направление направо;

- ◆ вернуться в исходное положение и изменить направление налево;
- ◆ вернуться в исходное состояние.

**Вторая лингвистическая переменная** «скорость ТС»  $\beta_{12}$  со следующими терм множествами:

- ◆ очень высокая скорость;
- ◆ высокая скорость;
- ◆ средняя скорость;
- ◆ низкая скорость;
- ◆ очень низкая скорость.

**Третья лингвистическая переменная** «расстояние от ТС препятствия»  $\beta_{13}$  со следующими терм множествами:

- ◆ подвижный, спереди частично прикрывает проезд;
- ◆ подвижный, спереди полностью прикрывает проезд;
- ◆ подвижный, спереди не прикрывает проезд;
- ◆ подвижный, сзади частично прикрывает проезд;
- ◆ подвижный, сзади полностью прикрывает проезд;
- ◆ подвижный, сзади не прикрывает проезд;
- ◆ подвижный справа или слева;
- ◆ неподвижный, спереди частично прикрывает проезд;
- ◆ неподвижный, спереди полностью прикрывает проезд;
- ◆ неподвижный, спереди не прикрывает проезд;
- ◆ неподвижный, сзади частично прикрывает проезд;
- ◆ неподвижный, сзади полностью прикрывает проезд;
- ◆ неподвижный сзади не прикрывает проезд.

## 2. Второй модуль

Входы представляют собой следующие параметры:

- ◆  $X_2$  – поступающий сигнал от системы искусственного зрения, описывающей расстояния ТС от препятствия;
- ◆  $Y_1$  – направление ТС;
- ◆  $Y_3$  – скорость ТС.

Выход модуля ННС<sub>2</sub> представляет собой управляющее воздействие  $Y_2$  изменения скорости ТС.

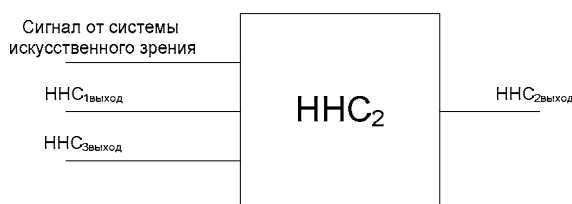


Рис. 3. Упрощенная схема модуля управления скоростью движения ТС

Расстояние препятствия от ТС, состояние направления ТС и состояние препятствия (достижение цели) описываются тремя лингвистическими  $\beta_{2i}$  со следующими терм-множествами Т:

**Первая лингвистическая переменная** «расстояние ТС от препятствия»  $\beta_{21}$  со следующими терм множествами:

- ◆ подвижный, спереди частично прикрывает проезд;
- ◆ подвижный, спереди полностью прикрывает проезд;

- ◆ подвижный, спереди не прикрывает проезд;
- ◆ подвижный, сзади частично прикрывает проезд;
- ◆ подвижный, сзади полностью прикрывает проезд;
- ◆ подвижный, сзади не прикрывает проезд;
- ◆ подвижный справа или слева;
- ◆ неподвижный, спереди частично прикрывает проезд;
- ◆ неподвижный, спереди полностью прикрывает проезд;
- ◆ неподвижный, спереди не прикрывает проезд;
- ◆ неподвижный, сзади частично прикрывает проезд;
- ◆ неподвижный, сзади полностью прикрывает проезд;
- ◆ неподвижный сзади не прикрывает проезд.

**Вторая лингвистическая переменная** «направление ТС»  $\beta_{22}$  со следующими терм множествами:

- ◆ вперед;
- ◆ вперед-налево;
- ◆ вперед направо;
- ◆ назад;
- ◆ назад-направо;
- ◆ назад-налево;
- ◆ вернуться в исходное положение и изменить направление направо;
- ◆ вернуться в исходное положение и изменит направление налево;
- ◆ вернуться в исходное состояние.

**Третья лингвистическая переменная** «скорость ТС»  $\beta_{23}$  со следующими терм множествами:

- ◆ очень высокая скорость;
- ◆ высокая скорость;
- ◆ средняя скорость;
- ◆ низкая скорость;
- ◆ очень низкая скорость.

### 3. Третий модуль

Входы представляют собой следующие параметры:

- ◆  $X_3$  – поступающий сигнал от датчиков скорости, описывающих скорость движения препятствия;
- ◆  $Y_1$  – направления ТС;
- ◆  $Y_2$  – расстояние от ТС препятствия.

Выход модуля ННС<sub>3</sub> представляет собой управляющее воздействие  $Y_3$  о состоянии достижения цели ТС и препятствия.

Скорость препятствия на радиусе движения ТС, состояние направления ТС и состояние скорости ТС описываются тремя лингвистическими  $\beta_{3i}$  со следующими терм-множествами Т:

**Вторая лингвистическая переменная** «направление ТС»  $\beta_{32}$  со следующими терм множествами:

- ◆ вперед;
- ◆ вперед-налево;
- ◆ вперед направо;
- ◆ назад;
- ◆ назад-направо;

- ◆ назад-налево;
- ◆ вернуться в исходное положение и изменить направление направо;
- ◆ вернуться в исходное положение и изменить направление налево;
- ◆ вернуться в исходное состояние.

**Первая лингвистическая переменная** «скорость препятствия»  $\beta_{31}$  со следующими терм множествами:

«очень высокая скорость; высокая скорость; средняя скорость; низкая скорость; очень низкая скорость».

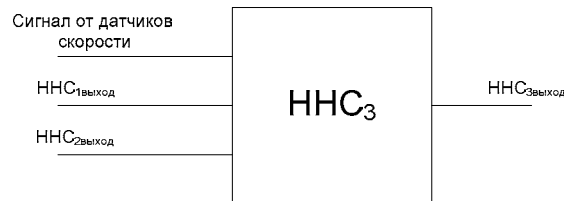


Рис. 4. Упрощенная схема модуля управления состоянием движения ТС

**Третья лингвистическая переменная** «расстояние от препятствия ТС»  $\beta_{33}$  со следующими терм множествами:

- ◆ подвижный, спереди частично прикрывает проезд;
- ◆ подвижный, спереди полностью прикрывает проезд;
- ◆ подвижный, спереди не прикрывает проезд;
- ◆ подвижный, сзади частично прикрывает проезд;
- ◆ подвижный, сзади полностью прикрывает проезд;
- ◆ подвижный, сзади не прикрывает проезд;
- ◆ подвижный справа или слева;
- ◆ неподвижный, спереди частично прикрывает проезд;
- ◆ неподвижный, спереди полностью прикрывает проезд;
- ◆ неподвижный, спереди не прикрывает проезд;
- ◆ неподвижный, сзади частично прикрывает проезд;
- ◆ неподвижный, сзади полностью прикрывает проезд;
- ◆ неподвижный сзади не прикрывает проезд.

Форма функции принадлежности модулей управления представляет собой треугольную форму со следующей функцией:

$$\mu_{A_i^k} = \begin{cases} 0, & x \in ]-\infty, a_i^k] \\ \frac{x_i - a_i^k}{b_i^k - a_i^k}, & x \in [a_i^k, b_i^k] \\ \frac{x_i - c_i^k}{b_i^k - c_i^k}, & x \in [a_i^k, c_i^k] \\ 0, & x \in [c_i^k, +\infty[. \end{cases}$$

Размещение и форму такой функции принадлежности определяют следующими параметрами:  $a_i^k$ ,  $b_i^k$  и  $c_i^k$ , где  $b_i^k$  – центр;  $a_i^k$  и  $c_i^k$  – пределы функции принадлежности.

На рис. 5. представлена общая структура интеллектуальной адаптивной гибридной обучаемой системы управления ТС, в состав которой, входят вышеописанные модули управления скоростью направлением и состоянием ТС.

Несмотря на огромные условия и последствия в результате формирования базы правил, такое представление системы дает возможность не только учесть состояние препятствия относительно ТС, а и позволяет участвовать в принятии решений параметров описывающих состояние ТС путем создания обратной связи между модулями.

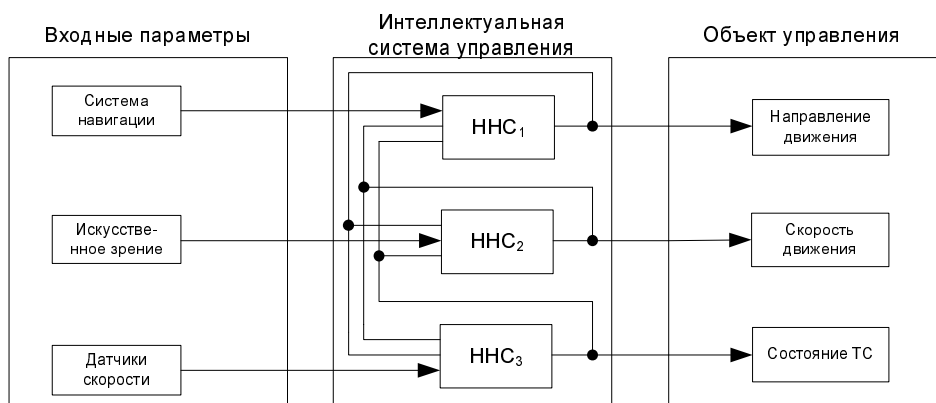


Рис. 5. Интеллектуальная адаптивная гибридная обучаемая система управления ТС

#### 4. Основание выбора модулей управления параметрами ТС

Опишем выбор каждого модуля управления параметрами ТС в отдельности. Выбор нейронных нечетких сетей управления был обоснован удалением недостатков нейронных сетей и нечетких систем, перечислим недостатки двух систем:

- ◆ Для нейронных сетей:

1. При оптимизации весов НС возникает проблема остановки алгоритма обучения в локальном минимуме, что приводит к необходимости применения алгоритмов глобальной оптимизации, которые работают достаточно медленно.

2. Отсутствует строгая теория по выбору типа и архитектуры НС, что приводит к необходимости применять алгоритмы самоорганизации, которые также работают достаточно медленно.

3. Всю информацию НС получают в процессе обучения, и никакую априорную информацию ввести в НС невозможно.

- ◆ Для нечетких систем:

1. Отсутствие стандартной методики конструирования нечетких систем.

2. Невозможность математического анализа нечетких систем существующими методами.

3. Применение нечеткого подхода по сравнению с вероятностным не приводит к повышению точности вычислений.

Несмотря на недостатки этих систем, при совместной работе двух систем улучшится работоспособность созданного гибрида.

Обоснование выбора вида нейронного нечеткого модуля управления направлением ТС ННС<sub>1</sub> выбирается модулем с необыкновенной структурой дефаззификации в виде нейронной сети. Выбор такого вида дефаззификации позволяет избе-

жать некорректных управляющих воздействий путем совпадения двух и более значений в процессе их расчета и выбора.

Для второго ННС<sub>2</sub> и третьего ННС<sub>3</sub> модулей выбирается простая нечеткая модель в виде простой нейронной сети. Ее выбор был обоснован тем, что в системе не могут повторяться одни те же значения вывода нечеткого, что приведет к избеганию от применения сложного нейронного нечеткого модуля. Данная структура в некоторых источниках называется вероятностной нейронной нечеткой сетью.

Однако эти модули не являются идеальными и нуждаются в настройке параметров (обучение), для ННС существует множество алгоритмов и методов обучения из них перечислим три основных направления:

- ◆ градиентные методы;
- ◆ не градиентные методы;
- ◆ эволюционные методы.

Первые два метода находят большое применение в обучении огромных ННС систем управления, но у этих методов большой недостаток – являющийся большое время настройки параметров сетей (характеризуется большим числом расчетов параметров настройки). На замену этих методов приходят эволюционные методы (генетические алгоритмы).

Отличие генетических алгоритмов от остальных методов:

- ◆ простой способ обучения;
- ◆ обучение за очень короткое время по сравнению с вышеперечисленными методами.

Нечеткие нейронные сети с генетической настройкой параметров (гибридные системы) демонстрируют взаимное усиление достоинств и нивелирование недостатков отдельных методов:

1. Представление знаний в нейронных сетях в виде матриц весов не позволяет объяснить результаты проведенного распознавания или прогнозирования, тогда как в системах вывода на базе нечетких правил, результаты воспринимаются как ответы на вопросы "почему?".

2. Нейронные сети обучаются с помощью универсального алгоритма, т.е. трудоемкое извлечение знаний заменяется сбором достаточной по объему обучающей выборки. Для нечетких систем вывода извлечение знаний включает в себя сложные процессы формализации понятий, определение функций принадлежности, формирование правил вывода.

3. Нечеткие нейронные сети обучаются как нейронные сети, но их результаты объясняются как в системах нечеткого вывода.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Финаев В.И.* Модели систем принятия решений. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2005.
2. *Гайдук А.Р.* Системы автоматизированного управления. Примеры, анализ и синтез. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2006. – 414 с.
3. Уоссермен Ф. Нейрокомпьютерная техника. – М.: Мир, 1992.
4. *Горбань А.Н., Россиев Д.А.* Нейронные сети на персональном компьютере. СП Наука РАН 1996.
5. *Ежов А.А., Шумский С.А.* Нейрокомпьютинг и его применение в экономике и бизнесе. – 1998.
6. *Заде Л.* Понятие лингвистических переменных и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 165 с.
7. *Zadeh L.A.* Fuzzy logic and approximate reasoning // *Synthese*, 1975. – V. 80. – P. 407-428.
8. *Мелихов А.Н., Баронец В.Д.* Проектирование микропроцессорных устройств обработки нечеткой информации. – Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского университета, 1990. – 128 с.

**Коберси Искандар Сулейман**

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: salouma1@mail.ru.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 88634371689.

**Белоглазов Денис Александрович**

Тел.: 89518382131.

**Koberse Iskandar Souleiman**

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: salouma1@mail.ru.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: 88634371689.

**Beloglazov Denis Alexandrovich**

Phone: 89518382131.

УДК 51-35

**Д.С. Махов, С.Е. Мищенко**

**МЕТОД РЕШЕНИЯ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫХ ЗАДАЧ СИНТЕЗА  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ АНТЕННЫХ СИСТЕМ\***

*Предложен многокритериальный метод решения задач синтеза антенных решеток, отличающийся процедурой определения весовых множителей Лагранжа на основе операций теории нечетких множеств. Использование аппарата нечетких множеств позволяет свести некорректно поставленную задачу синтеза к корректной задаче, которая имеет единственное решение.*

*Задача синтеза, диаграмма направленности, нечеткое множество, функция принадлежности.*

**D.S. Mahov, S.E. Mishchenko**

**METHOD OF THE DECISION MANYCRITERIAN PROBLEMS OF THE  
SYNTHESIS OF THE INTELLECTUAL ANTENNA SYSTEMS**

*Manycriterian method of the decision of the problems of the syntheses of the antenna array, diversified by procedure of the determination Lagranzh multipliers on base operation of fuzzy sets theory is appeared. Use the device of the fuzzy sets allows to reduce incorrect set the problem syntheses to well-behaved problem, which has a single decision.*

*Problem of the syntheses, diagram directivity, fuzzy set, function accesories*

Постановка задачи синтеза системы может содержать несколько противоречивых критериев. При этом решение задачи, как правило, не удовлетворяет каждому критерию по отдельности, а представляет собой компромисс между всеми требованиями задачи. В качестве критериев выбора решения задач синтеза антенных решеток (АР) могут выступать следующие: максимум коэффициента направ-

---

\* Доклад выполнен при поддержке Совета по грантам Президента РФ (грант № МД-1145.2009.8).