

## ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКОГО РЕГУЛЯТОРА ТИПА ТАКАГИ-СУГЕНО-КАНГА НУЛЕВОГО ПОРЯДКА В СИСТЕМЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ КОМБАЙНА

*Куликова И.В.*

*Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург*

**Ключевые слова:** нечеткий регулятор, лингвистическая переменная; система автоматического управления.

**Аннотация.** В данной статье представлена система автоматического управления движением комбайна с применением нечеткого регулятора типа Такаги-Сугено-Канга нулевого порядка. Описан алгоритм управления комбайном в заданных границах поля. Расстояния от текущего положения комбайна до каждой вершины поля рассматриваются как входные лингвистические переменные. Угол поворота руля – как выходная переменная нечеткого регулятора.

### **Application of a zero-order fuzzy controller of the Takagi-Sugeno-Kang type in the automatic movement control system of the combine**

*Kulikova I.V.*

*Ural State University of Railway Transport, Yekaterinburg*

**Keywords:** fuzzy controller, linguistic variable; automatic control system.

**Abstract.** This article presents a system of automatic control of the movement of the combine with the use of a fuzzy controller of the Takagi-Sugeno-Kang type of zero order. An algorithm for controlling a combine harvester within the specified boundaries of the field is described. The distances from the current position of the combine to each vertex of the field are considered as input linguistic variables. Steering angle – as the output variable of the fuzzy controller.

Современные системы автоматического управления сельскохозяйственной техникой характеризуются наличием сложных нелинейных взаимосвязей между управляемыми величинами и управляющим воздействием [1-3]. Классические ПИД-регуляторы не всегда могут обеспечить требуемую точность работы таких систем управления. В этом случае целесообразно использовать нечеткие регуляторы, реализующие в своей работе принципы нечеткой логики [4].

Алгоритм нечеткого вывода представляет собой процесс преобразования значений управляемых величин в управляемые воздействия на основе аппарата нечеткой логики. Управляемые величины будут являться входными лингвистическими переменными, а управляющие воздействия – выходными. Японские математики Такаги, Сугено, Канг предложили нечеткие регуляторы другого типа [5]. Особенностью нечетких регуляторов типа Такаги-Сугено-Канга (ТСК) является процесс формирования заключений правил в виде значения некоторой аналитической функции от значений входных лингвистических переменных. Если эта функция постоянная, то это будет нечеткий регулятор нулевого порядка (ТСК 0).

Рассмотрим систему автоматического управления движением комбайна с нечетким регулятором ТСК 0 на основе данных датчика ГЛОНАСС,

обеспечивающую минимальное отклонение от заданной траектории. Комбайн как механическое устройство совершает по полю в заданных границах перемещение по прямой линии, повороты вправо и влево. Представим поле как прямоугольник  $A_1A_2A_3A_4$ . Пусть в начальный момент времени комбайн находится в вершине  $A_1$ . Движение комбайна на поле можно рассматривать как повторение одного и того же цикла.

Цикл включает восемь элементарных действий: 1) равномерное прямолинейное движение от стороны  $A_1A_4$  к стороне  $A_2A_3$ ; 2) правый поворот; 3) небольшое перемещение вдоль стороны  $A_2A_3$ ; 4) правый поворот; 5) равномерное прямолинейное движение от стороны  $A_2A_3$  к стороне  $A_1A_4$ ; 6) левый поворот; 7) небольшое перемещение вдоль стороны  $A_1A_4$ ; 8) левый поворот.

В любой момент времени положение комбайна на поле можно характеризовать удалением от вершин прямоугольника  $A_1A_2A_3A_4$ . Если удаление от каждой вершины рассматривать как входные лингвистические переменные, то им можно присвоить следующие значения или термы: «малое удаление» ( $T_1$ ); «среднее удаление» ( $T_2$ ) и «большое удаление» ( $T_3$ ). Если комбайн движется прямолинейно, то угол поворота руля можно принять равным нулю. Если комбайн совершает поворот налево или направо, то угол поворота руля принимает определенное ненулевое значение. В этом случае угол поворота руля выступает как аналитическая функция, принимающая постоянное значение. Поэтому в системе автоматического управления движением комбайна можно применять нечеткий регулятор ТСК 0. Схема работы системы управления движением комбайна представлена на рисунке 1.



Рис. 1. Схема работы системы управления движением комбайна

Начальными данными рассматриваемой системы управления являются географические координаты широты и долготы вершин границ поля  $A_1(\varphi_1, \lambda_1), A_2(\varphi_2, \lambda_2), A_3(\varphi_3, \lambda_3), A_4(\varphi_4, \lambda_4)$ . Датчик ГЛОНАСС, установленный на комбайне, получает его текущие географические координаты  $A(\varphi, \lambda)$ . Каждая входная лингвистическая переменная ( $|AA_1|, |AA_2|, |AA_3|, |AA_4|$ ) описывается тремя термами. Каждый терм описывается функцией принадлежности с определенным количеством параметров. Входные переменные и выходная переменная нечеткого регулятора ТСК 0 связаны между собой системой нечетких логических высказываний (базой правил).

Расчет параметров функций принадлежности и базы правил нечеткого регулятора ТСК 0 можно осуществить с помощью авторской компьютерной программы [6]. Увеличение точности движения возможно при увеличении количества термов, которыми характеризуются входные лингвистические переменные нечеткого регулятора ТСК 0. Одним из примеров успешного применения нечетких регуляторов является система управления движением механической системы [7].

#### Список литературы

1. Докин Б.Д., Алетдинова А.А. Анализ прошлого и будущего автоматизации растениеводства с развитием технологий точного земледелия // Вестник АПК Ставрополя. 2021. № 1 (41). С. 10-14.
2. Кокунова И.В. Цифровые машинные технологии в кормопроизводстве // Научное обеспечение инновационного развития АПК. материалы международной научно-практической конференции. Великолукская государственная сельскохозяйственная академия. Великие Луки, 2020. С. 149-160.
3. Полищук Ю.В., Лаптев Н.В., Комаров А.П. Применение систем автоматического и параллельного вождения в сельскохозяйственном производстве республики Казахстан и эффективность их использования // Аграрный вестник Урала. 2020. № 5 (196). С. 11-19.
4. Методы робастного, нейро-нечеткого и адаптивного управления: Учебник / Под ред. Н.Д. Егупова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 744 с.
5. Takagi T., Sugeno M. Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control // IEEE Trans. Syst., Man, Cybern. – 1985. – Vol. 15, № 1. – P. 116-132.
6. Куликова И.В. Процедура автоматического синтеза нечетких регуляторов типа Такаги-Сугено-Канга. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2020613003, 06.03.2020. Заявка №2020612087 от 27.02.2020.
7. Куликова И.В. Управление движением перевернутого маятника с помощью нечетких регуляторов различных типов // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению. Материалы IV Международной научно-практической конференции. Редколлегия: С.И. Сухоруков (отв. ред.), А.С. Гудим, Н.Н. Любушкина. Комсомольск-на-Амуре, 2021. С. 54-58.

#### Сведения об авторе:

*Куликова Ирина Валерьевна* – старший преподаватель кафедры «Естественнонаучные дисциплины».