



УДК 004.9

## МИКРОКОНТРОЛЛЕРНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТЬЮ ПОЛОЖЕНИЯ АВТОНОМНОЙ МОБИЛЬНОЙ ДУХКОЛЕСНОЙ РОБОТОТИЗИРОВАННОЙ ТЕЛЕЖКИ С АЛГОРИТМОМ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Алейников А.Ю.

Белгородский государственный университет,  
ул. Победы, 85, Белгород, 308007, Россия, e-mail: [aleinikov@bsu.edu.ru](mailto:aleinikov@bsu.edu.ru)

**Аннотация.** В работе представлена микроконтроллерная система нечеткого управления устойчивостью положения автономной мобильной двухколесной роботизированной тележки. Система предназначена для поддержания постоянным угла наклона во время передвижения тележкой полезного груза, а также в режиме остановки.

**Ключевые слова:** микроконтроллер, робот, датчик, лингвистическая переменная, база правил.

**Введение.** Одним из возможных вариантов аппаратной реализации робототехнической системы является двухколесная роботизированная тележка, снабженная управляющим контроллером, набором исполнительных элементов и датчиков, устройством индикации, клавиатуры и элементом питания.

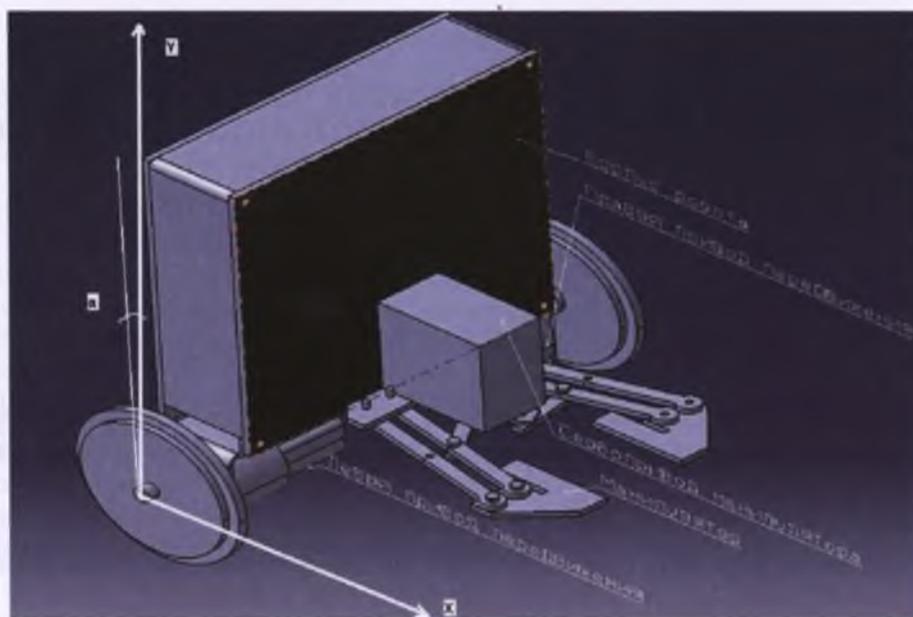
При выполнении тележкой полезной функции, например связанной с перемещением посредством исполнительного механизма (манипулятора) груза из точки А в точку Б возникает необходимость обеспечения устойчивости положения ее в пространстве с учетом заданного угла наклона к поверхности.

Эта задача нелинейная по природе и является частным случаем задачи обеспечения устойчивости перевернутого маятника. Для ее решения могут быть использованы классические методы теории управления, например пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор (ПИД-регулятор). Однако, как показано в работах [1,2] указанное решение обладает рядом недостатков, среди которых сложность настройки параметров, входящих в состав управляющего уравнения.

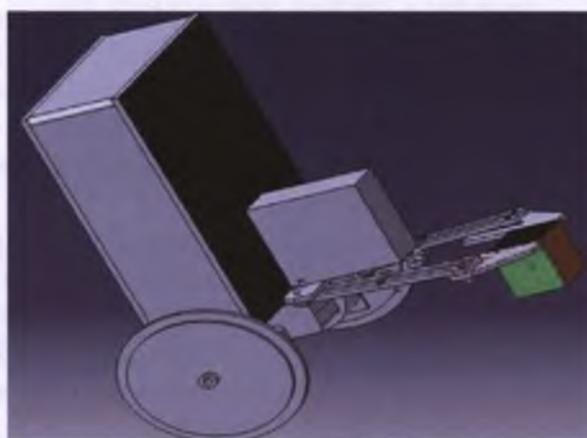
Альтернативным решением при реализации алгоритма для микроконтроллера может быть использование нечеткой логики. В соответствии с этим методом входная величина угла отклонения роботизированной тележки от вертикали преобразовывается (фазификация) в значение лингвистической переменной с учетом функции принадлежности. Далее уже значение лингвистической переменной проверяется посредством правил и по одному из известных методов выполняется преобразование (дефазификация) лингвистической величины в цифровую [3,4].

### 1. Механическая и электронная часть роботизированной тележки.

**1.1. Механическая часть конструкции.** Механическая конструкция роботизированной тележки приведена на рис. 1.



а)



б)

Рис 1. Механическая конструкция роботизированной тележки: а) без груза, б) с грузом.

Основными элементами конструкции являются: корпус, два привода с редукторами для управления колесами (передвижения робота по плоскости) и один привод с редуктором для управления манипулятором.

На рис. 1(а) робот представлен в режиме «без груза». Его положение характеризуется небольшим отклонением своей оси на угол  $\alpha$  от вертикали (несколько градусов). При этом система управления должна обеспечить его как в режиме остановки, так и в



режиме хода, в том числе и по наклонной плоскости.

На рис. 1(б) робот представлен в режиме «с грузом». При этом для исключения возможности потери груза во время движения угол  $\alpha$  должен принять значение на уровне не менее  $30^\circ$ . Точное значение угла наклона будет зависеть от габаритных размеров груза и от места контакта манипулятора с ним. В данном режиме система управления также должна обеспечить неизменным угол наклона робота как и в первом случае.

**1.2. Электронная часть конструкции.** Структурная схема микроконтроллерной системы управления приведена на рис. 2

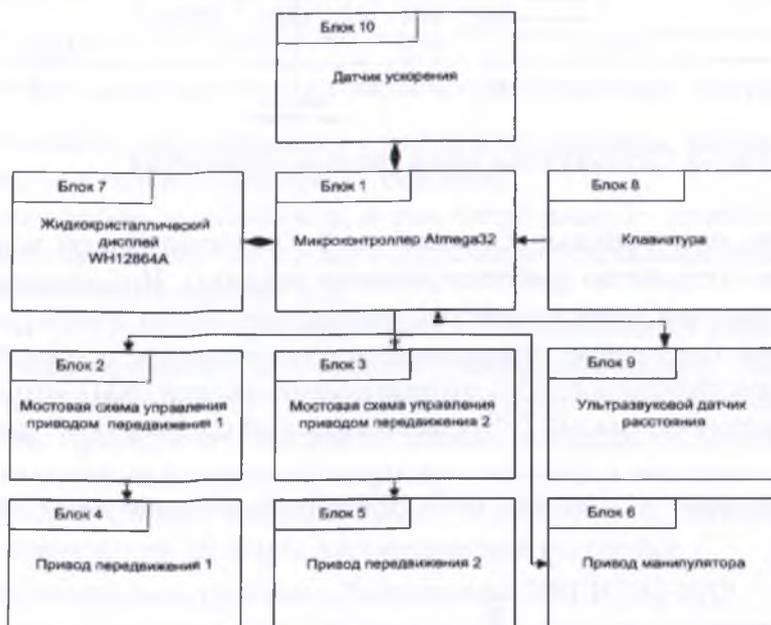


Рис. 2. Структурная схема управляющего контроллера.

Основой микроконтроллерной системы является 8-и битный микроконтроллер фирмы Atmel Atmega32. (Блок 1). Он имеет в своем составе 32 кБ памяти программ, 2 кБ статического ОЗУ, 1 кБ энергонезависимой памяти данных. Умножение реализовано аппаратно. Также в его составе есть аппаратный широтно-импульсный модулятор (4 канала). Приводами передвижения (Блок 4 и 5) микроконтроллер управляет через мостовые схемы (Блок 2 и 3), которые позволяют менять направление вращения первых. Частота вращения приводов передвижения регулируется посредством широтно-импульсной модуляции. Для управления манипулятором используется сервопривод (Блок 6). Для вывода текстово-графической информации используется жидкокристаллический дисплей WH1602 фирмы Winstar Для ввода управляющих команд используется клавиатура (Блок 8). Информацию о препятствиях и целях робот получает посредством ультразвукового датчика расстояния HC-SR04 (Блок 9). Информацию об угле наклона робота относительно вертикали регистрирует посредством датчика ускорения в режиме измерения угла тангажа (Блок 10).

**2. Разработка системы управления.** Структурная схема системы управления приведена на рис. 3.

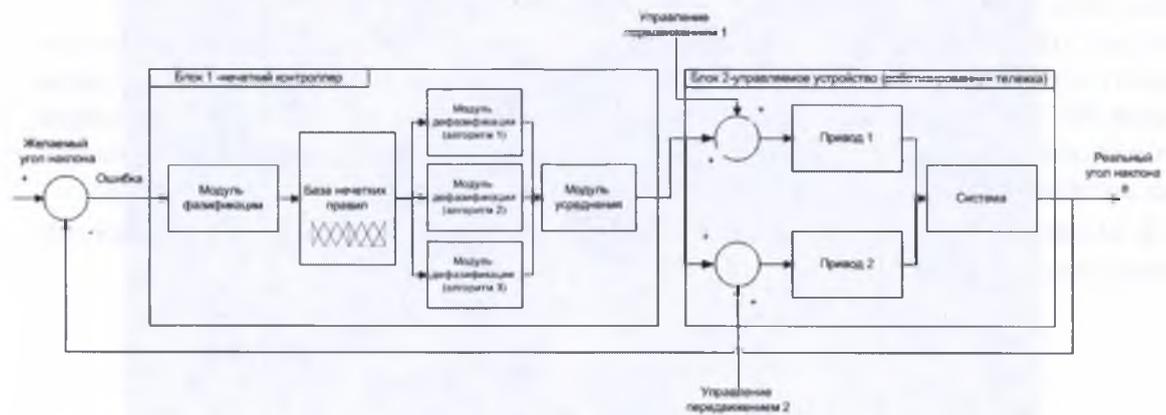


Рис. 3. Структурная схема системы управления.

Схема состоит из двух основных блоков: блок 1 - нечеткий (fuzzy) контроллер и блок 2 - управляемое устройство (роботизированная тележка). Информация о желаемом значении угла наклона через устройство, вычитающее сигнал ошибки подается на модуль фазификации, где точному значению угла сопоставляется лингвистическое [3] значение: отрицательный большой (NB), отрицательный средний (NM), отрицательный малый (NS), положительный малый (PS), положительный средний (PM), положительный большой (PB).

Нечеткое представление лингвистической переменной «угол наклона» (angle) представлено на рис. 4.

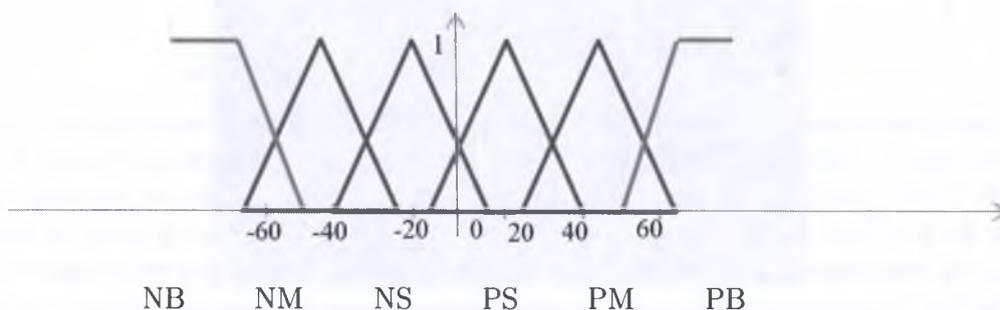


Рис. 4. Нечеткое представление лингвистической переменной «угол наклона» (angle).

Далее информация поступает в базу нечетких правил вида: If angle NB then Speed SPL Всего в контроллере предусмотрено 6 правил.

Нечеткое представление лингвистической переменной «скорость» (speed) представлено на рис. 5. Эта переменная может принимать значения: движение против часовой стрелки, скорость средняя (SNM); движение против часовой стрелки, скорость малая (SNL); движение по часовой стрелке, скорость малая (SPL); движение по часовой стрелке, скорость средняя (SPM).

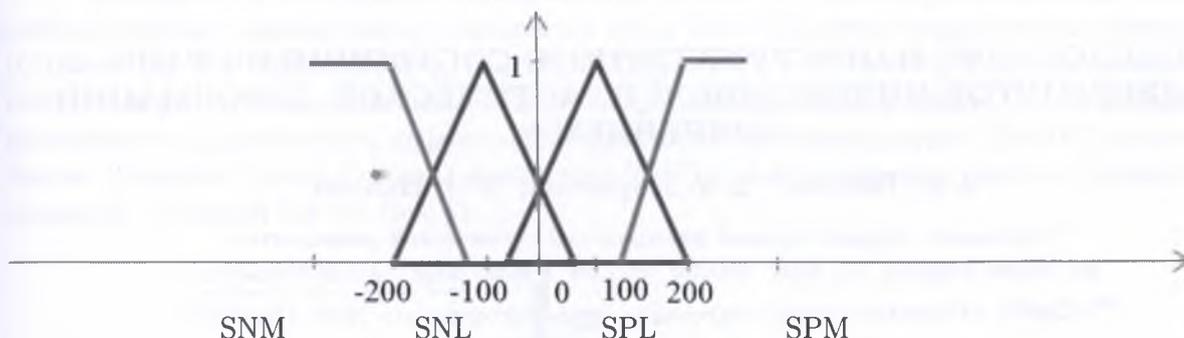


Рис. 5. Нечеткое представление лингвистической переменной «скорость» (speed).

Далее производится дефазификация с получением значения ширины импульса сигнала на двигатель, и соответствующей ей скорости.

Передвижение робота по плоскости, в том числе поворот осуществляется посредством суммирования сигнала с нечеткого контроллера с сигналами желаемого передвижения (управление передвижением 1,2).

В связи с тем, что на этапе проектирования не представляется возможным выбрать лучший метод дефазификации, было принято решение реализовать три существующих (центроид, средний максимум и первый максимум) и усреднить полученный результат.

**Заключение.** Приведенное решение составлено из недорогой элементной базы. Управление роботизированной тележкой интуитивно понятно и реализовано на основе экспертной информации с использованием правил. В дальнейшем планируется доработка контроллера с реализацией функции автоматической настройки.

Работа была поддержана грантом «Инициатива» ВКГИ 040-2012.

#### Литература

1. Гришанов Г.М., Павлов О.В. Исследование систем управления: Учебное пособие / Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т, 2005. – 128 с.
2. Burns R.S. Advanced control engineering / ISBN 0750651008, UK, 2001. – 410 p.
3. White D.A., Sofge D.A. Handbook of Intelligent Control, Neural, Fuzzy, and Adaptive Approaches / New York: Van Nostrand Reinhold, 1992.
4. Yi S.Y., Chung M.J. Identification of fuzzy relational model and its application to control // Fuzzy Sets and Systems. – 1993. – 59. – P.25-33.

#### MICROCONTROLLER BASED FUZZY SYSTEM FOR POSITION SUSTAINABILITY CONTROL OF AUTONOMOUS MOBILE ROBOTIC SYSTEM WITH TWO WHEELS

Aleynikov A.Y.

University Belgorod State University,  
Pobedy St., 85, Belgorod, 308015, Russia, e-mail: [aleinikov@bsu.edu.ru](mailto:aleinikov@bsu.edu.ru)

**Abstract.** Computational system modelling is full of ambiguous situations, wherein the designer cannot decide, with precision, what should be the outcome of the system. L. Zadeh introduced for the first time the concept of fuzziness as opposed to crispness in data sets. When he invented fuzzy sets together with the underlying theory, Zadeh's main concern was to reduce system complexity and provide designer with a new computing paradigm that allow approximate results. Whenever, there is uncertainty, fuzzy logic together with approximate reasoning apply.

**Key words:** microcontroller, robot, sensor, linguistic variable, rule base.