

Применение нечётких методов в проектировании системы управления промышленным мобильным агентом при движении в недетерминированной среде

К. Мукешимана
Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)
mucam2@mail.ru

М. С. Куприянов
Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)
mskupriyanov@etu.ru

Аннотация. С развитием области индустриального интернета вещей применение мобильных агентов при решении большого количества задач стало в центре внимания многих исследователей. Применяемые агенты должны быть полностью автономными, управление оборудованием и приводами должно осуществляться бортовой системой, агент не должен представлять опасности для людей. Данная статья предлагает систему управления автономным движением агента, разработанного на базе платформы Arduino и оснащенного различными датчиками расстояния и препятствий. Для управления подобной системой предлагается применение аппарата нечеткого логического вывода.

Ключевые слова: *мобильный агент; автономное движение; управление; датчики; нечёткая логика*

I. ВВЕДЕНИЕ

Под мобильным агентом понимается механизм, который способен совершить перемещение в пространстве с определённой степенью автономии, которая связана с внешними датчиками, предоставляющими информацию об окружающей среде.

Современные агенты могут автономно перемещаться в окружающем пространстве и выполнять необходимые действия. Они оснащены системами технического зрения и информационных датчиков, способных дать комплексное представление о текущей ситуации. База знаний агента позволяет ему самостоятельно ориентироваться в окружающей среде и принимать решения о действиях, необходимых для выполнения поставленной задачи [1–2].

Цель исследования заключается в разработке структуры навигационной системы управления (НСУ) мобильным агентом, которая обеспечивает его движение к цели без столкновения с препятствиями, на основе принципов нечеткого управления.

Суть нечёткой управления агентом состоит в разработке нечётких моделей управления каждым из датчиков, которые дают достаточную информацию и

необходимые данные при перемещении и решении задач в неизвестной среде [3]. Для этого необходимо знать принципы работы датчиков передвижения, которыми оснащён мобильный агент.

II. ОБЩАЯ СТРУКТУРА ПЛАТФОРМЫ

Управляемый мобильный агент построен на базе платформы структура, которой позволяет путем комбинации модулей добиться нужной функциональности для конкретного опыта, не переделывая платформу. Были выделены следующие группы модулей (рис. 1) [1]:

1. Управляющий модуль.
2. Коммуникационный модуль.
3. Вычислительный модуль.
4. Сенсорные модули.

Сенсорные системы мобильных агентов составляют основную часть их информационно-измерительных систем, назначение которых формировать и выдавать информацию о состоянии объектов и процессах в окружающей среде и о самом роботе, для функционирования которого эта информация требуется [2]. Иными словами, основная задача сенсорных модулей – обеспечить агента максимально детальной информацией об окружающем мире. Именно поэтому их может быть огромное количество. Но для целей научной работы был выбран следующий набор:

- GPS Модуль.
- Модуль дальномер.
- Модуль определения препятствий.
- Климатический модуль.
- Модуль акселерометра и гироскопа.

В исследовании используются модули локального позиционирования [2]. К ним относятся:

- ультразвуковой дальномер НС SR04 для определения расстояния до препятствия;

- ИК-датчики препятствий TCRT5000 для определения преград при движении в слепых зонах;
- акселерометр MPU6050 для определения наклона поверхности.

А. Принцип работы ультразвуковых дальномеров

Ультразвуковой дальномер во время измерения формирует ультразвуковой импульс (обычно 40 кГц), звук отражается от препятствия на пути и принимается микрофоном (рис. 2).



Рис. 1. Общая схема соединения модулей

Электронное устройство дальномера регистрирует время Δt между моментом формирования сигнала динамиком и его приема микрофоном (по некоторому пороговому уровню). Расстояние до препятствия определяется по формуле:

$$\Delta t = (D_1 + D_2)/c \approx 2D/c \approx 58[\text{мкс/с}] \cdot D[\text{см}]$$

$D = (\Delta t \cdot c)/2$, где: c – скорость звука в воздухе (343 м/с).

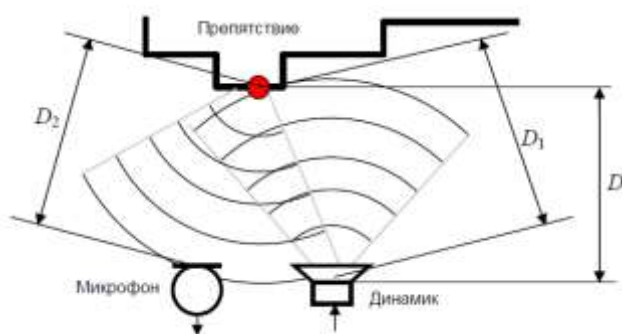


Рис. 2. Иллюстрация принципа работы ультразвукового дальномера

Для формирования ультразвукового сигнала обычно используется пьезоэлектрический микрофон и динамик, т.к. обычные электромагнитные микрофоны и динамики не предназначены для данного звукового диапазона. Также в ультразвуковом дальномере имеется полосовой фильтр на данную звуковую частоту, чтобы отфильтровать чужеродные звуки [6].

Важной особенностью ультразвуковых дальномеров является наличие относительно широкого угла сканирования, обычно от 20 до 60 градусов. Дальномер формирует отметку дальности, если в зоне сканирования оказывается любое, даже небольшое препятствие.

Другой особенностью является ориентация поверхности препятствия относительно дальномера. Препятствие не регистрируется, если угол между осью дальномера и нормалью к поверхности более 70–80 градусов (в зависимости от гладкости поверхности), т.к. отраженная звуковая волна уходит в пустоту. При установке дальномера на робота следует понимать, что сигнал может отражаться от пола, если он попадает в конус сканирования дальномера.

Следует отметить, что конструктивно и микрофон и динамик устроены одинаково. Практически любой динамик может использоваться в качестве микрофона. Поэтому в некоторых дальномерах микрофон и динамик совмещены в одно устройство: в момент излучения устройство работает в режиме динамика, а затем переключается в режим микрофона.

В. Модуль инфракрасного датчика препятствия

Каждый агент, способный ездить, летать или плавать, должен видеть препятствия, находящиеся у него на пути. Чтобы робот смог это сделать, ему необходимы соответствующие датчики.

ИК-датчик содержит направленный источник света и детектор света. Источником часто служит инфракрасный светодиод с линзой, а детектором – фотодиод или фототранзистор [5–6].



Рис. 3. ИК-датчик препятствия

ИК приемник и передатчик для обнаружения препятствия по отраженному сигналу на заданном расстоянии, рабочее расстояние от 2 до 30 см, угол срабатывания 35°, напряжение питания 3.3–5 В, расстояние срабатывания настраивается подстроечным резистором.

III. НЕЧЁТКАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ МОБИЛЬНОГО АВТОНОМНОГО АГЕНТА

Нечёткая логика обеспечивает возможность описания сложного поведения посредством набора простых лингвистических правил, что делает её подходящим инструментом для моделирования и управления сложными системами.

В данной работе были разработаны два контроллера нечеткой логики, которые используются для навигации мобильного агента от начальной точки до цели:

1. Первый дает скорость движения агента в зависимости от полученных сигналов датчика и скорости изменения этих сигналов.
2. При обнаружении препятствия второй позволяет осуществлять объезд в зависимости от расстояния

до препятствия и его положения. Дает на выход значения угла поворота и рулевого направления.

Данные нечёткие алгоритмы объединяются и позволяют осуществлять перемещение мобильного агента к цели по пути без столкновения с препятствием. Если датчики обнаруживают какие-либо препятствия в пути, тогда алгоритм управления переключается на объезд.

При исследовании была выбрана среда MATLAB. В среде MATLAB нечеткое моделирование осуществляется с использованием пакета расширения Fuzzy logic ToolBox, в рамках которого пользователь может выполнять необходимые действия по разработке и использованию нечётких моделей [4].

При разработке модели контроля изменения скорости движения были определены входные и выходные параметры, показанные в табл. 1.

Успех практического использования нечётких систем управления определяется качеством базы знаний, которая состоит из базы продукционных правил и базы данных с информацией о параметрах правил. Система содержит 15 правил нечетких продукций (табл. 2).

ТАБЛИЦА I ТЕРМЫ ЛИНГВИСТИЧЕСКИХ ПЕРЕМЕННЫХ

Входные переменные		Выходная переменная
Сигнал датчиков(Signal)	Скорость изменения сигнала(Rate of change)	Скорость(Speed)
Very weak (VW)	Negative(N)	Very fast(VF)
Weak (W)	Zero(Z)	Fast(F)
Medium (M)	Positive(P)	Medium(M)
Strong (S)		Slow(S)
Very strong(VS)		Very slow(VS)

ТАБЛИЦА II ПРАВИЛА НЕЧЕТКИХ ПРОДУКЦИЙ

IF	Input 1 Signal	Condition	Input 2 (RateChange)	Condition	Output (Speed)
1	VW	AND	N	THEN	VF
2	VW	AND	Z	THEN	F
3	VW	AND	P	THEN	M
4	W	AND	N	THEN	VF
5	W	AND	Z	THEN	F
6	W	AND	P	THEN	M
7	M	AND	N	THEN	F
8	M	AND	Z	THEN	M
9	M	AND	P	THEN	S
10	S	AND	N	THEN	M
11	S	AND	Z	THEN	S
12	S	AND	P	THEN	VS
13	VS	AND	N	THEN	S
14	VS	AND	Z	THEN	VS
15	VS	AND	P	THEN	Stop

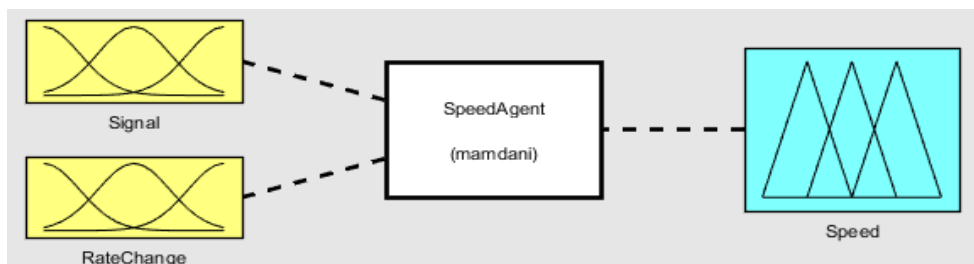


Рис. 4. FIS-структура модели

Если датчики не показывают присутствие препятствия, то мобильный агент движется по прямой – целевое направление. Целевое направление при отсутствии препятствия называют разрешенным, а при его наличии запрещенным.

Для регистрации возникновения препятствия и для безопасного объезда введем 2 входных и 2 выходных

лингвистических переменных: Расстояние(Distance), Положение препятствия(Obstacle), Рулевое направление (Steering) и Угол поворота (AngleRotation).

Для системы управления объездом препятствий аппаратом нечёткого логического вывода построена база правил, продукционные правила которой указаны в табл. 3.

ТАБЛИЦА III БАЗА ПРАВИЛ ДЛЯ НЕЧЕТКОГО КОНТРОЛЛЕРА

Rules	Input		Output	
	Distance	Obstacle	Steering	AngleRotation
R1	Big	Right	Forward	Small
R2	Big	Ahead	Forward	Small
R3	Big	Left	Forward	Small
R4	Medium	Right	Left	Medium
R5	Medium	Ahead	Right	Medium
R6	Medium	Left	Right	Medium
R7	Small	Right	Left	Large
R8	Small	Ahead	Right	Large
R9	Small	Left	Right	Large

Для проверки системы в действии необходимо открыть окно просмотра правил и установим значения переменных. Программа просмотра правил не позволяет редактировать правила и функции принадлежности термов переменных и используется после разработки системы нечеткого вывода на этапе ее анализа и оценки.

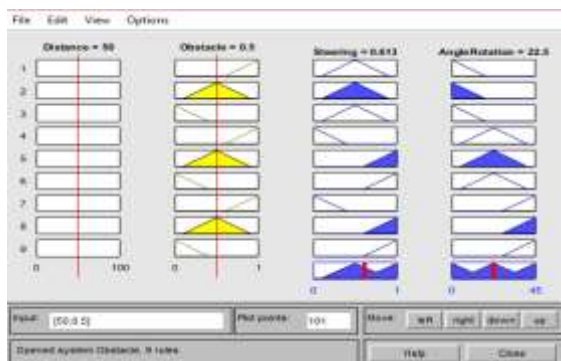


Рис. 5. Окно программы просмотра правил

Графический интерфейс программы просмотра поверхности изображен на рис. 6. Программа просмотра поверхности вывода имеет главное меню, которое позволяет пользователю вызывать другие графические средства работы с системой нечеткого вывода FIS, загружать и сохранять структуру FIS во внешних файлах.

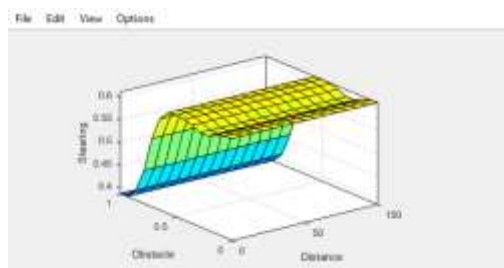


Рис. 6. Программа просмотра поверхности вывода

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследования мобильный агент способен самостоятельно двигаться вдоль определенной траектории, определять расстояние до препятствия и осуществлять его объезд. Выполненная работа является актуальной, а ее результаты будут использоваться для проведения серий различных экспериментов в областях: автомобильная техника, сельскохозяйственная техника, робототехника и др., а также при организации взаимодействия устройств в платформах индустриального интернета вещей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Алексеев А.П. Сенсорная сеть с беспроводным интерфейсом на базе микроконтроллера фирмы «МИЛАНДР». 2016
- [2] Момот М.В. Мобильные роботы на базе Arduino. СПб.:БХВ-Петербург, 2017. 288с.
- [3] Пегат А. Нечеткое моделирование и управление: пер. с англ. 2-е изд. М.:БИНОМ.Лаборатория знаний, 2017. 798с.
- [4] Гайдук А.Р., Беляев В.Е., Пьявченко Т.А. Теория автоматического управления в примерах и задачах с решениями в MATLAB: Учебное пособие. СПб.: Лань, 2011. 464 с.
- [5] Белоглазов Д.А., Гайдук А.Р., Косенко Е.Ю., Медведев М.Ю., Пшихонов В.Х., Соловьев В.В., Титов А.Е., Финаев В.И., Шаповалов И.О. Групповое управление подвижными объектами в неопределенных средах. М.: ФИЗИМАТЛИТ, 2015. 305с.
- [6] Евстигнеев Д.В. Проектирование робот и робототехнических систем в среде Dyn- Soft Robsim 5. Часть 2. М. 2012. 145с.