

Машиностроение и машиноведение

Роботы, мехатроника и робототехнические системы

Цюй Дунъюэ, кандидат технических наук, доцент (Харбинский инженерный университет (Китай), Московский государственный технологический университет «Станкин»)

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНЫМ РОБОТОМ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКИХ МОДЕЛЕЙ

Одна из ключевых тенденций современной науки связана со сложностью изучаемых объектов. Если раньше исследователи могли анализировать лишь точно описываемые явления и процессы с малым числом переменных, то с развитием теоретического знания и информационных технологий появилась возможность исследования нового класса систем, получивших общее название – сложные технические системы.

Для построения систем автоматического управления сложными нелинейными, плохо формализуемыми объектами часто применяют устройства и алгоритмы управления, выполненные на основе методов нечеткой логики (фаззи-логики). Эти методы принципиально отличаются от обычных классических методов автоматизации «человеческим» подходом и «человеческими» приемами решения задач управления.

Теория нечетких множеств, основные идеи которой были предложены американским математиком Лотфи Заде (Lotfi Zadeh) более 40 лет назад, позволяет описывать качественные, неточные понятия и наши знания об окружающем мире, а также оперировать этими знаниями с целью получения новой информации. Основанные на этой теории методы построения информационных моделей существенно расширяют традиционные области применения компьютеров и образуют самостоятельное направление научно-прикладных исследований, которое получило специальное название – нечеткое моделирование.

В последнее время нечеткое моделирование является одним из наиболее активных и перспективных направлений прикладных исследований в области управления и принятия решений. Нечеткое моделирование оказывается особенно полезным, когда в описании технических систем присутствует неопределенность, которая затрудняет или даже исключает применение точных количественных методов и подходов.

В области управления техническими системами нечеткое моделирование позволяет получать более адекватные результаты по сравнению с результатами, которые основываются на использовании традиционных аналитических моделей и алгоритмов управления. Диапазон применения нечетких методов с каждым годом расширяется, охватывая такие области, как проектирование роботов и бытовых электроприборов, управление доменными печами и движение поездов метро, автоматическое распознавание речи и изображений.

Методы нечетких систем развиваются на стыке различных областей прикладной математики и теорий систем. Нечеткие элементы, проникая в классические методы, способствуют образованию гибридных систем с качественно новыми и улучшенными свойствами.

Методы нечеткой логики позволяют строить логико-лингвистические модели, отражающие общую смысловую постановку задачи, используя качественные представления, соответствующие «человеческим» способам рассуждений и принятий решений.

Как и у любых систем управления, у систем с нечеткой логикой существует область, в которой их применение является наиболее предпочтительным. В качестве таких областей выделяют следующие области:

- нелинейный контроль и управление в производстве (например, домна, робот, сушилка и т.д.);
- самообучающиеся системы;
- системы, распознающие тексты на естественном языке;
- системы планирования и прогнозирования, опирающиеся на неполную информацию;
- финансовый анализ в условиях неопределенности;
- управление базами данных;
- совершенствование стратегий управления и координации действий (например, сложное промышленное производство).

Общей предпосылкой для применения нечетких систем управления является, с одной стороны, наличие неопределенности, связанной как с отсутствием информации, так и сложностью системы и невозможностью или нецелесообразностью ее описания традиционными методами и, с другой стороны, наличие объектов, необходимых управляющих воздействий, возмущений и т.п. информации качественного характера.

Например, как объект управления колесный робот является многоканальной нелинейной динамической системой. Его математическое описание (модель движения) может быть получено с использованием уравнений Лагранжа или Ньютона-Эйлера.

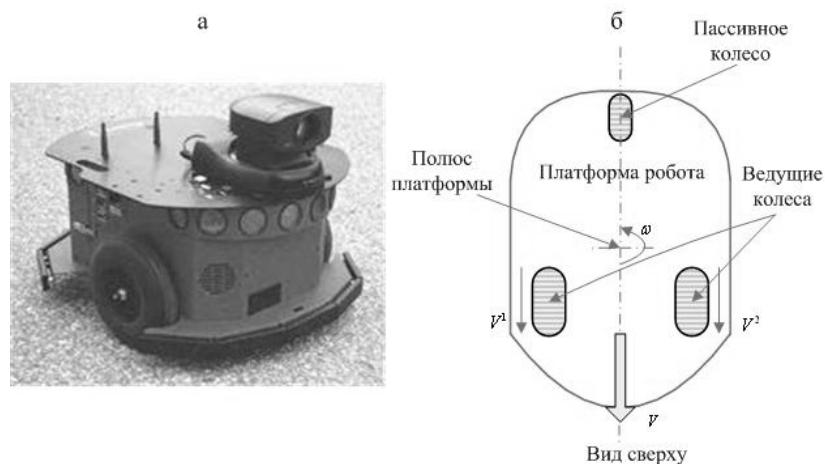


Рис. 1. (а) Внешний вид мобильного робота P3-DX, (б) Мобильный робот P3-DX, вид сверху

Типичный колесный робот, например, представила американская компания «MobileRobots» (см рис. 1). Мобильный робот представляет собой трехколесную платформу, снабженную независимыми электродвигателями правого и левого колеса. На платформе установлена видеокамера и ультразвук. Кинематическая модель этого робота имеет вид:

$$\dot{y}_1 = \cos \alpha V, \quad (1)$$

$$\dot{y}_2 = \sin \alpha V, \quad (2)$$

$$\dot{\alpha} = \omega, \quad (3)$$

$$V = \frac{K}{2}(V^1 + V^2), \quad (4)$$

$$\omega = -\frac{K}{2}(V^1 - V^2), \quad (5)$$

где $y = (y_1, y_2)$ – координата колесного робота на плоскости,

α – угол поворота робота в плоскости,

V – скорость робота,

ω – угловая скорость,

V^1, V^2 – продольная скорость колеса,

K – коэффициент передачи привода.

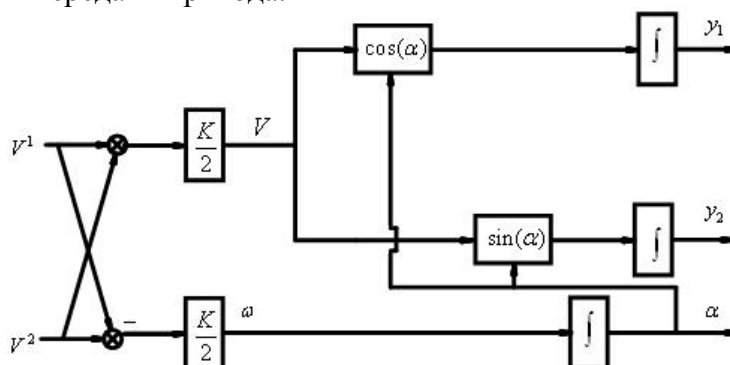


Рис. 2. Кинематическая модель колесного робота

Мобильным управляемым объектом в разработанном отладочном комплексе является колесный робот. В общем случае задача его локализации (определения его декартовых координат y_1, y_2 и угловой ориентации α в момент t) (рис. 3) может быть решена путем непосредственного обнаружения и распознавания.

Главной задачей управления траекторным движением является необходимость найти управляющие воздействия, которые обеспечивают:

- стабилизацию движения робота относительно кривой, что подразумевает асимптотическое устранение отклонения;
- стабилизацию требуемой ориентации робота по отношению к кривой или устранение относительной угловой ошибки;
- поддержание требуемого режима продольного движения робота.

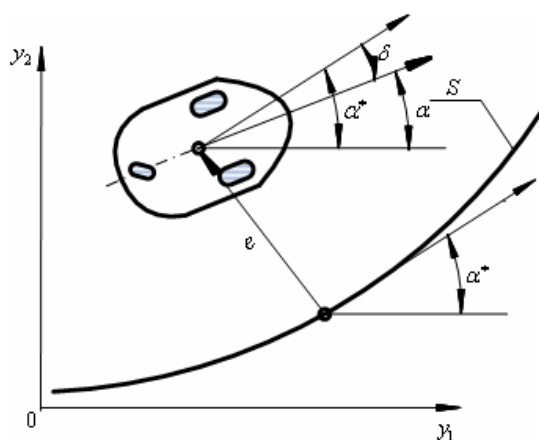


Рис. 3. Колесный робот и отрезок кривой s , e – отклонение по нормали от кривой S , δ – ошибка угловой ориентации