

перУДК 53.084.823

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНЫМ МАНИПУЛЯЦИОННЫМ РОБОТОМ

Инь Шуай

*Аспирант первого года**кафедра «Робототехнические системы и мехатроника»**Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана**Научный руководитель: А.С. Ющенко,**доктор технических наук, профессор кафедры «Робототехнические системы и мехатроника»*

### 1. Введение

В настоящее время, нужно приложить много ручного труда для транспортировки товаров на складах, в супермаркетах. Для того чтобы автоматизировать эту работу, нужно разработать новый робот, который сможет самостоятельно выполнять задачу транспортировки объектов и размещения их в указанное место.

### 2. Описание способа управления роботом

Как видно из рис. 1, мобильный робот на гусеничном шасси оснащен манипулятором, имеющим 6 степеней свободы, который имеет 6 сервоприводов. Гусеничный движитель позволяет обеспечить независимое управление траками.

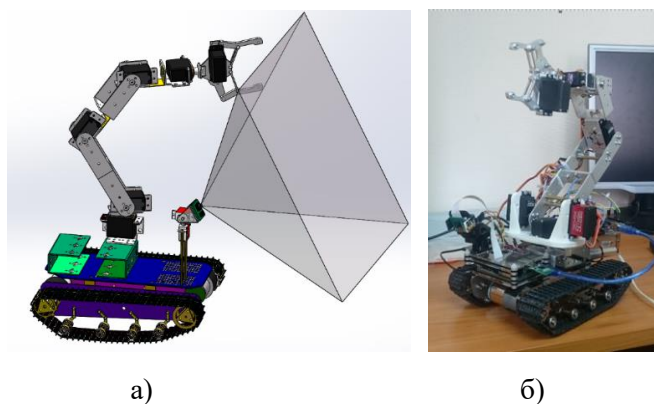


Рис 1. а) 3D – изображение робота, б) реальный робот

Только одна цветная видео-камера размещена на платформе. Она позволяет с помощью системы компьютерного зрения найти определенный объект пороговым методом [1] и вычислить его пространственные координаты по принципу пространственной перспективы. Задача обработки изображений выполняется с помощью программного пакета OpenCV [2] по полученным пространственным координатам объекта. Когда робот получает пространственные координаты объекта, требуемое положение манипулятора в пространстве определяется путем решения обратной задачи кинематики. Рассмотрим эту задачу более подробно.

Для манипулятора, имеющего три степени подвижности (рис. 2) требуется перевести конечную точку кинематической цепи из точки  $(x, y, z)$  в точку  $(x_1, y_1, z_1)$ .

Эту задачу можно свести к более простой задаче управления манипулятором с двумя степенями подвижности. Рассмотрим три случая.

Общие условия даны:

$$0 \leq \theta_1 \leq 180^\circ; 0 \leq \theta_2 < 180^\circ - \arccos \frac{l_2}{\sqrt{l_2^2 + l_3^2}}; 0 \leq \theta_3 \leq 90^\circ;$$

Первый случай: движение при постоянном угле  $\theta_1$  (рис 2). Имеем

$$l_2 + l_3 \geq \sqrt{(x_1 - l_1 \cdot \sin \theta_1)^2 + (z_1 - l_1 \cdot \cos \theta_1)^2} \geq \sqrt{l_2^2 + l_3^2};$$

Перейдем на новую координатную  $(X_1, Z_1)$

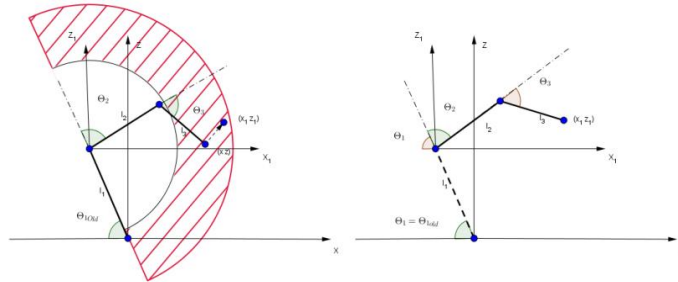


Рис 2. Схема первого случая

Теперь снова имеем задачу: «Две степени подвижности в плоскости  $(X, Z)$ ».

Второй случай: пусть  $\theta_3 = \theta_{3\_old}$  (рис 3), тогда необходимо выполнить условие

$$l_1 + l_4 \geq \sqrt{x_1^2 + z_2^2} \geq |l_1 - l_4|; \text{ где } l_4 = \sqrt{l_2^2 + l_3^2};$$

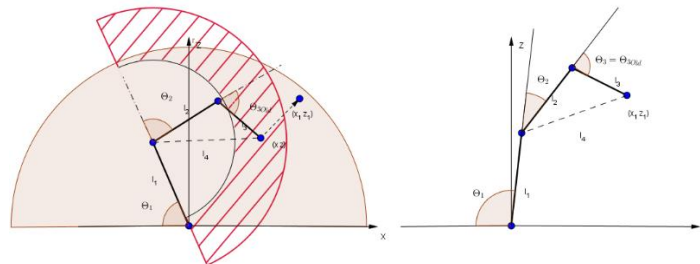


Рис 3. Схема второго случая

Это также задача «Два степени подвижности в плоскости  $(X, Z)$ ».

Третий случай: не выполняются ни условия первого случая, ни условия второго.

Значит, решения не существует.

Рассчитаем угол  $\phi$  (рис 4) (вид сверху).

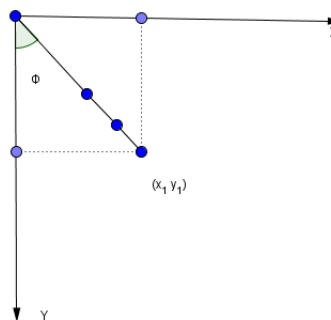


Рис 4. Решение угол  $\phi$

Имеем:  $\Phi = \tan^{-1}(\frac{x_1}{y_1})$ , таким образом, все решения получены.

Для того, чтобы решить задачу в третьем случае, платформе необходимо двигаться таким образом, чтобы объект оказался в рабочей зоне манипулятора.

Рабочая зона манипулятора удовлетворяет условию:

$$\left| l_1 - \sqrt{l_2^2 + l_3^2} \right| < l < (l_1 + l_2 + l_3);$$

где  $l$  - расстояние из робота в объект.

При этом будет обеспечена и необходимая ориентация платформы. Для управления платформой мобильного робота можно использовать, например, методы нечеткой логики. [3].

### 3. Моделирование движения робота

Моделирование движения робота проводилось в пакете Matlab с использованием программ Simscape (рис 5), 3D-Animation и Stateflow. Программа Simscape позволяет моделировать динамику робота, а в Stateflow был разработан регулятор управления роботом. Программа 3D-Animation позволяет воспроизвести текущее положение робота.

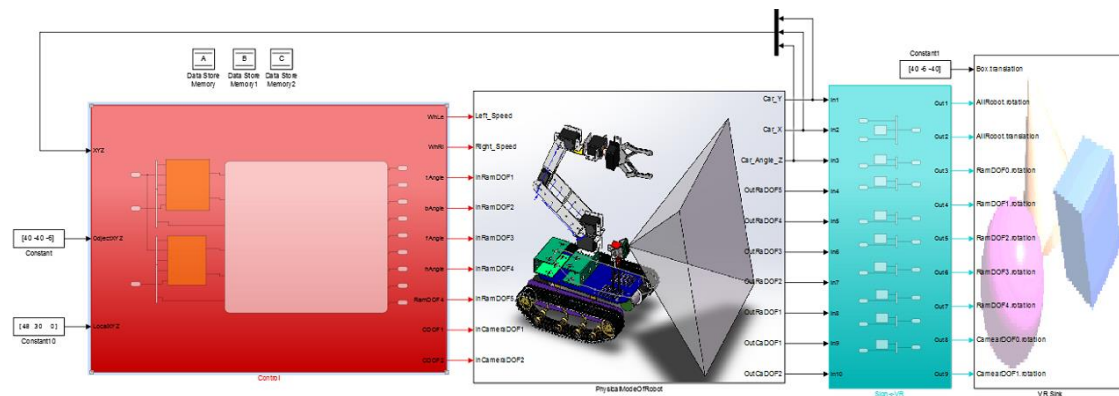


Рис 5. Полная модель робота в пакете Simlink

Подсистема, моделирующая регулятор имеет три входа: координаты объекта, координаты платформы и координаты целевой точки. Все входы описываются векторами  $[1 \times 3]$ . Координаты объекта и координаты целевой точки задаются пользователем, а координаты платформы вычисляются путем решения уравнений, описывающих движение робота.

Некоторые результаты моделирования приведены ниже (рис 6). Правая часть этого рисунка показывает изменение координат манипулятора, центральная часть этого рисунка иллюстрирует положение трехмерной модели робота, верхняя левая часть рисунка показывает траекторию движения платформы, внизу слева показано изменение положения камеры. Желтые линии соответствуют сигналам управления, которые формируются регулятором StateFlow, а красные соответствуют движению модели.

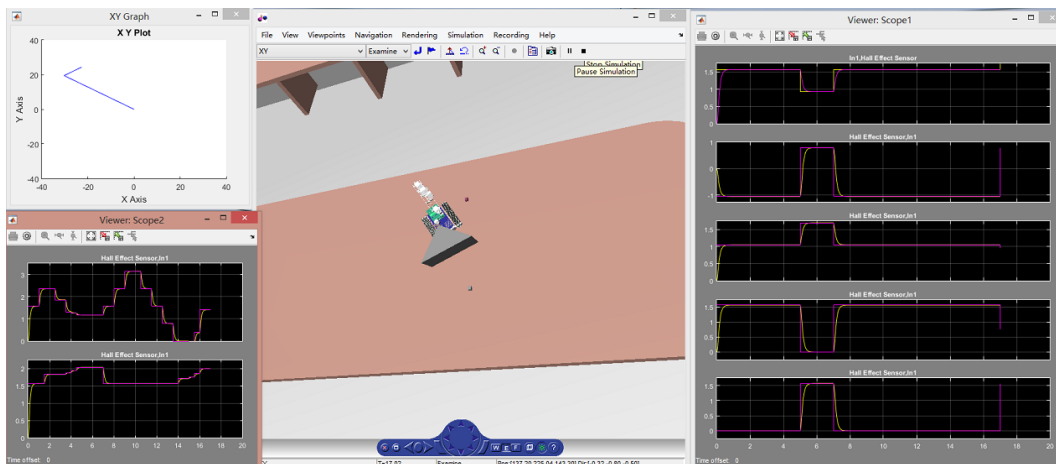


Рис 6. Результат моделирования

#### 4.Аппаратное решение

Система управления макетом мобильного робота была реализована с помощью контроллера Ардуино и двух периферийных устройств L298N и PCA9685 для управления приводами. Полная схема устройства управления показана на рис.7. Микросхема PCA9685 управляет 8 сервоприводами манипулятора и камеры. Из них два управляют положением камеры, а остальные перемещают манипулятор. Контроллер отправляет 8 углов через интерфейс I2C в PCA9685, далее PCA9685 преобразовывает эти углы в ШИМ. Микросхема L298N получает сигналы ШИМ из контроллера и управляет двигателями постоянного тока, которые установлены на платформе. Основная задача микрокомпьютера Raspberry pi состоит в том, что обработать информации из камеры и передать пространственные координаты объекта в контроллер Ардуино.

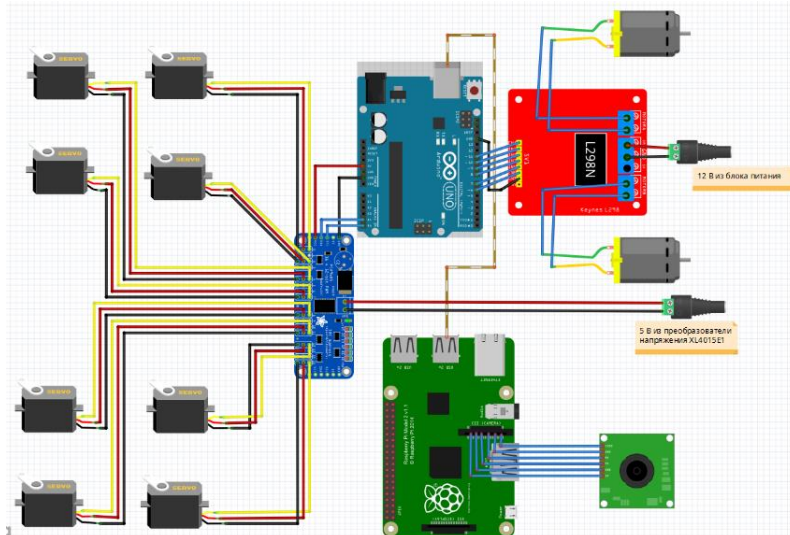


Рис 7. Полная схема устройства управления роботом

#### 5.Заклучение

Как показали эксперименты, робот может самостоятельно выполнять захват, транспортировку объекта и его размещение в указанное место с использованием только одной камеры. В дальнейшей работе, планируется разработать диалоговую систему управления роботом [4]. Основной задачей диалоговой системы является обмен информацией между оператором и роботом. Это потребует использования методов искусственного интеллекта при решении задачи распознавания объектов и команд оператора.

### **Литература**

1. *Фисенко В.Т., Фисенко Т.Ю.*, компьютерная обработка и распознавание изображений/учебное пособие. СПбГУ ИТМО, 2008. -56
2. *Alexander Mordvintsev, Abid K*, OpenCV-Python Tutorials Documentation// Электрон. журн.-2017 <https://media.readthedocs.org/pdf/opencv-python-tutroals/latest/opencv-python-tutroals.pdf> (дата обращения 05.11.2017)
3. *Ющенко А.С.* Управление роботами с использованием нечеткой логики: состояние и проблемы/ Новости искусственного интеллекта. – 2006. – №1. – С.119-130.
4. *Ющенко А.С.* Диалоговое управление роботами на основе нечеткой логики. - Труды международной научно-технической конференции «Экстремальная робототехника», 25-26 сентября 2012, – Изд. «Политехника-сервис», Санкт-Петербург, 2012, с. 29-36