

УДК 004.5.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СЕНСОРНОЙ СИСТЕМЫ FESTO ROBOTINO

К.т.н. А.В. Пономарева, к.т.н. И.О. Яшков, С.И. Теслюк, Д.В. Зеленов, Харьковский национальный университет радиоэлектроники

*В статье проведен анализ возможностей сенсорной системы роботизированной мобильной платформы FESTO Robotino. Проведено экспериментальное исследование характеристик инфракрасных датчиков расстояния FESTO Robotino, по результатам которых идентифицирована функция зависимости расстояния от показаний датчика с учетом уровня освещенности внешней среды.*

*У статті проведено аналіз можливостей сенсорної системи роботизованої мобільної платформи FESTO Robotino. Проведено експериментальне дослідження характеристик інфрачервоних датчиків відстані FESTO Robotino, за результатами яких ідентифікована функція залежності відстані від показань датчика з урахуванням рівня освітленості зовнішнього середовища.*

*The article analyzes the features of the sensor system robotic mobile platform FESTO Robotino. An experimental study of the characteristics of FESTO Robotino infrared distance sensors, the results of which are identified by the function depending on the distance from the sensor readings with the level of illumination of the environment.*

**Ключевые слова:** FESTO Robotino, датчик расстояния, идентификация

## Введение

В информационных системах мобильных роботов выделяется круг задач, связанных с обработкой информации сенсорных систем в реальном времени. В ряде случаев большая часть задач решается использованием систем технического зрения (СТЗ). Однако использование СТЗ в режиме реального времени требуют грамотного выбора аппаратного, алгоритмического и программного обеспечения для реализации. Кроме того, сенсорная система робота не ограничивается СТЗ, на борту автономной платформы также предусматривают ряд датчиков, которые дополняют информацию о внешней среде для более эффективной отработки заданий.

Одним из ярких примеров мобильной робототехнической платформы с сенсорной системой подобного типа является учебный робот компании FESTO Robotino [1]. Мобильный робот Robotino представляет собой автономную подвижную платформу с тремя всенаправленными колесами. Благодаря своей конструкции данный робот способен перемещаться во всех направлениях на плоскости движения, с возможностью поворота вокруг своей оси, проходящий через его геометрический центр на 360 градусов [2].

Комплексное использование различных подсистем робота и его технические возможности расширили круг

решаемых задач, однако остались нерешенными задачи учета эксплуатационных особенностей сенсорной системы, а именно влияние на измерения условий внешней среды, например, освещенности. Идентификация зависимости показаний датчиков от уровня освещенности позволит учитывать это при решении задач управления и на программном уровне адаптировать под изменения уровня освещенности без потери качественных показателей.

## Анализ состава системы сенсоров FESTO Robotino

Подсистема сенсоров, включает в себя инфракрасные датчики измерения расстояния, модуль гироскопа, различные оптоэлектронные сенсоры и веб-камеру.

Для определения препятствий Robotino использует инфракрасные датчики расстояния, которые показывают расстояние до объекта-препятствия. Таких датчиков у Robotino существует девять (IR1 - IR9), расположенных по периметру нижнего основания корпуса робота (рис. 1). Тип датчиков – инфракрасный измеритель расстояния Sharp GP2Y0A21YK с границей измерения 10-80 см.

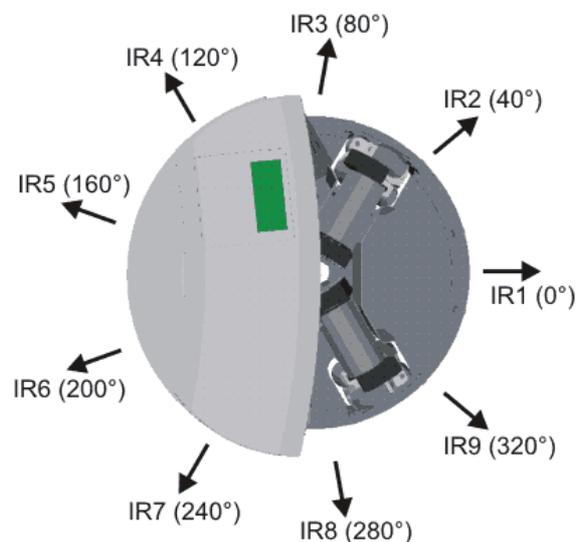


Рис. 1. Расположение датчиков расстояния

Для измерения расстояния до объекта существуют оптические датчики, работающие на методе триангуляции. Самые распространенные из них - это работающие на длине волны, инфракрасные (ИК) датчики расстояния с выходным аналоговым напряжением, производимые фирмой Sharp. У датчиков Sharp имеется IR LED с линзой, который излучает узкий

световой луч, который отражаясь от препятствия поглощается фотоприемником. Зарегистрированная проводимость преобразуется в напряжение, а после аналого-цифрового преобразования по зарегистрированным данным можно вычислить расстояние. Точный график между расстоянием и выходом приведен в спецификации датчика (рис.2).

У датчиков, в соответствии с его типом, имеется граница измерения, в пределах которой измерения датчика обеспечивают заявленную надежность.

Минимально измеряемое расстояние ограничено особенностями датчика Sharp, а именно - выходное напряжение на определенном расстоянии начинает резко падать при уменьшении расстояния. Это означает, что одному значению выходного напряжения соответствует два возможных расстояния, что может послужить сбоем алгоритма управления.

Однако при экспериментальной апробации сенсорной системы робота столкнулись с ситуацией, когда каждый датчик из целостной системы выдает значения, которые в значительной степени рассогласованы с заявленными значениями. Особенно это выражено при изменении освещенности внешнего пространства робота.

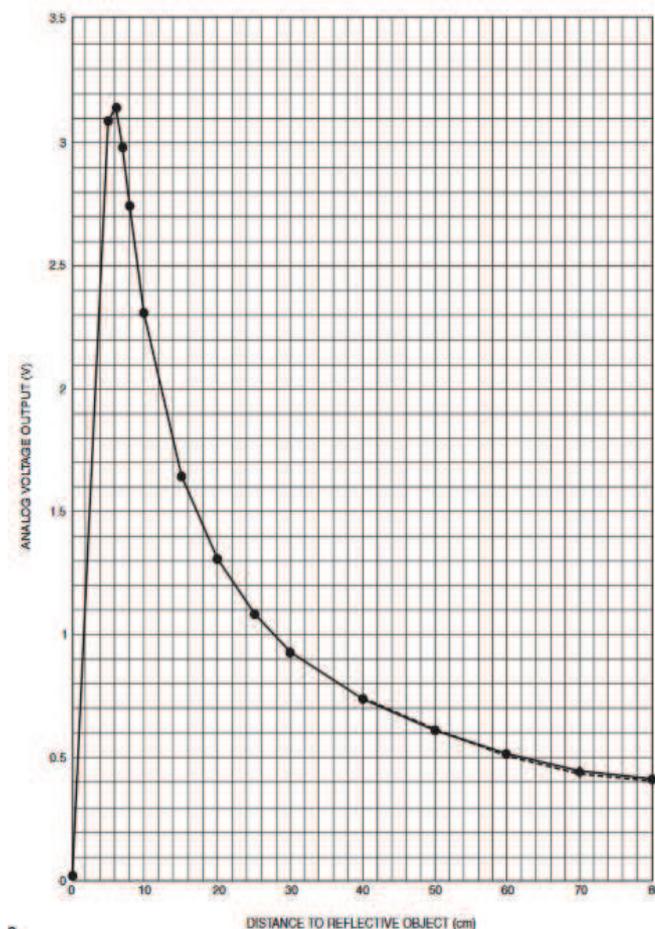


Рис. 2. Зависимость напряжения от расстояния

### Исследование влияния уровня освещенности на работу сенсорной системы робота

Проведено ряд измерений при разных условиях окружающей среды робота, при этом регистрировались измерения ИК датчиков.

Измерения проводились для двух уровней освещенности – 0 Лк (в темноте) и 250Лк (естественное освещение лаборатории).

Замеры показаний делались на расстоянии до препятствия, кратному 50 мм в диапазоне от 0 мм до 400мм.

Результаты измерений приведены в виде графиков зависимостей (рис.3, рис.4).

Методом наименьших квадратов зависимости аппроксимированы и получены математические модели зависимости расстояния от измеренного значения напряжения для нормального уровня освещенности внешнего пространства робота

$$y = 12.264 \cdot x^{-1.112},$$

и в условиях недостаточной освещенности

$$y = 13.67 \cdot x^{-1.131},$$

где  $y$  – оценка расстояния до объекта перед датчиком;

$x$  – регистрируемое показание датчика.

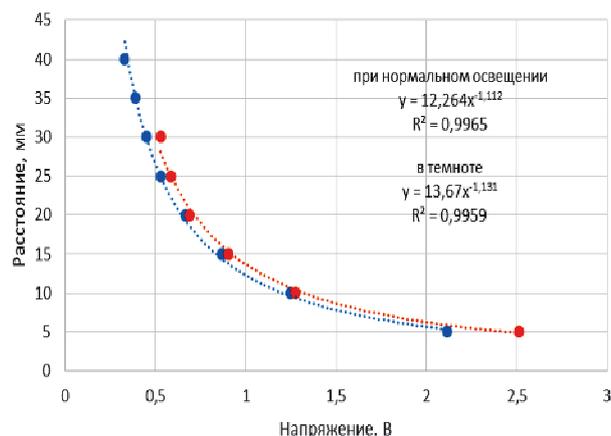


Рис. 3. Зависимость расстояния от показаний дальномера

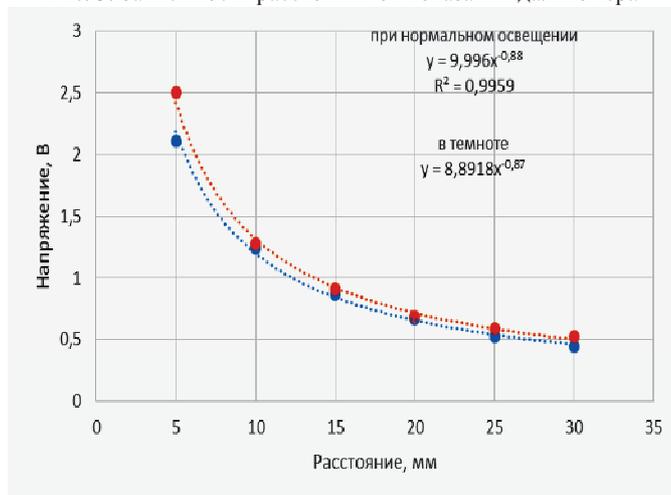


Рис. 4. Зависимость показаний дальномера от расстояния

Модели обеспечивают высокий уровень детерминации ( $R=0,99$ ).

Сравнивая рассогласование показаний ИК датчика в двух режимах освещенности можно увидеть, что значительные отклонения в диапазоне от 50 мм до 100 мм, далее ошибка резко изменяется (относительная ошибка на уровне 1,2%) и монотонно увеличивается (до 16%) с увеличением расстояния до препятствия. Зависимость ошибки измерения при разных уровнях освещенности приведен на рис. 5.

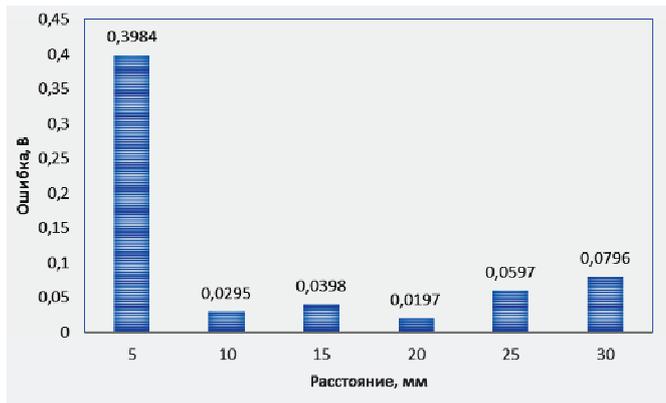


Рис. 5. Зависимость ошибки измерения от расстояния

### Примеры задач FESTO Robotino, решаемых автономно с использованием сенсорной системы

На базе платформы FESTO Robotino могут быть реализованы различные по сложности алгоритмы решения разнообразных задач: слежение и поиск объекта по цвету, форме, поиск выхода из лабиринта и т.п.

Так, слежение и поиск объекта по цвету может быть реализован с использованием монтируемой на платформу камеры и алгоритма, построенного на определении по изображению позиции центра и вычислению площади объекта. При смещении объекта относительно координаты  $x$ , алгоритм управления вырабатывает управляющие воздействия для двигателей и за счет перемещения влево/вправо центрирует объект относительно области камеры, за счет перемещения вперед/назад достигает заданного значения площади объекта на изображении (рис. 6).

Алгоритм управления для решения задачи слежения за объектом по цвету включает два контура управления:

- основной контур управления построен на анализе изображения с камеры и обеспечивает основную функцию (рис.7);

- локальный контур управления построен на основе показаний ИК датчиков расстояния и обеспечивает своевременную аварийную остановку.

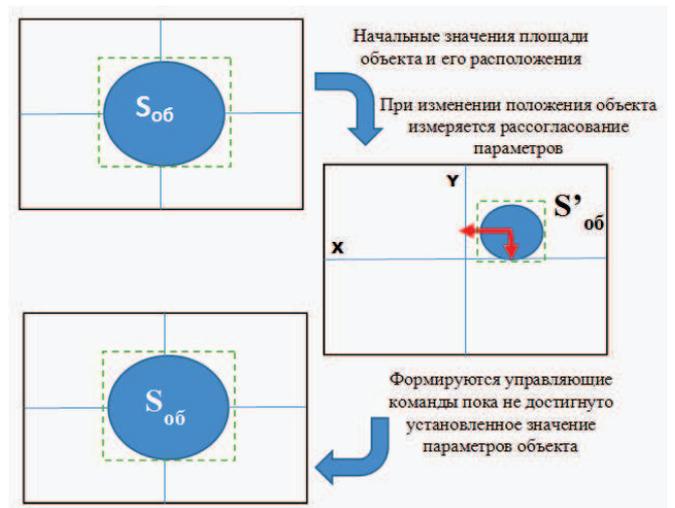


Рис. 6. Схематическое пояснение принципа управления

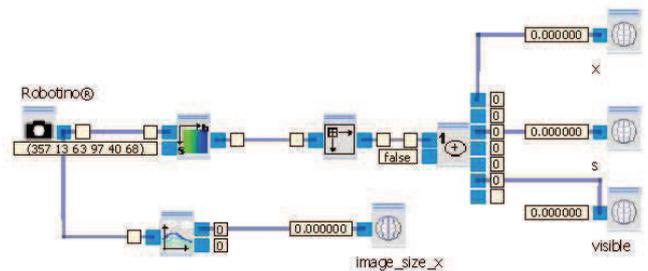


Рис. 7. Программа управления RobotinoView

### Выводы

Проведенный анализ сенсорной системы роботизированной мобильной платформы FESTO Robotino позволил выявить ее ограничения, которые снижают качество управления в условиях автономного решения запрограммированных задач. В ходе экспериментальных исследований установлены зависимости, которые могут послужить основой для построения алгоритмов управления роботом как при нормальном освещении, так и в условиях недостаточной освещенности.

Перспективы дальнейших исследований связаны с использованием выявленных возможностей и ограничений для построения алгоритмов автономной работы робота.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. FESTO [Электронный ресурс] // URL: <http://festo.kiev.ua/> // (дата обращения: 20.10.2016).
2. Robotino — робот для обучения и исследования [Электронный ресурс] // URL: <https://geektimes.ru/post/113536/> // (дата обращения: 21.10.2016).