

НАХОЖДЕНИЕ И КОРРЕКЦИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ РОБОТА ROBOTINO FESTO 4 ПО СРЕДСТВОМ QR-КОДА

Командинов П.А.¹, Кривошеев Н.А.²

¹ НИ ТПУ, г. Томск (студент гр. 8ВМ42 ОИТ, ИШИТР), e-mail: pak37@tpu.ru

² НИ ТПУ, г. Томск (старший преподаватель ОИТ, ИШИТР), e-mail: nikola0212@mail.ru

Аннотация

В статье рассматривается использование QR-кодов для определения местоположения мобильного робота, что позволяет улучшить точность навигации в ограниченных пространствах. Описываются основные принципы работы с QR-кодами, включая их размещение, сканирование роботом и обработку полученных данных для корректной ориентации в пространстве. Статья подчеркивает эффективность технологии QR-кодов в приложениях для робототехники, таких как складская логистика и образовательные проекты, где точная навигация и адаптация робота к изменениям среды играют ключевую роль. Так же в статье рассматривается несколько способов улучшить качество определения местоположения тем самым повысив точность нахождения местоположения робота.

Ключевые слова: QR-код, робот, камера.

Введение

В современном мире мобильные роботы, играют важную роль в различных сферах, включая промышленность, логистику, образование и исследовательские проекты. Одной из важнейших задач, стоящих перед такими роботами, является точная навигация и определение местоположения в сложных и ограниченных пространствах. Технологии, обеспечивающие ориентацию робота, становятся всё более разнообразными и доступными. Одним из интересных и эффективных решений для этой задачи является использование QR-кодов.

QR-коды представляют собой двухмерные штрихкоды, которые могут содержать информацию о местоположении или других данных, необходимых для точной навигации. С помощью QR-кодов можно обеспечивать высокую точность и простоту в определении положения робота в реальном времени. Это особенно актуально в закрытых помещениях, где традиционные методы навигации, такие как GPS, могут быть неэффективными. Использование QR-кодов для ориентации робота позволяет значительно улучшить точность навигации, а также предоставляет гибкость и масштабируемость в проектировании системы.

Целью работы является исследование возможности использования QR-кодов для нахождения местоположения мобильного робота, а также анализ преимуществ и ограничений этого метода для эффективной навигации, анализ различных методов увеличения точности использования QR-кода. Для достижения этой цели необходимо выполнить следующие задачи:

1. Рассмотреть принципы работы QR-кодов в контексте навигации мобильных роботов.
2. Оценить преимущества и недостатки использования QR-кодов для определения местоположения.
3. Изучить применения данной технологии в реальных сценариях, таких как логистика и образовательные проекты.
4. Изучить, разработать и протестировать методы повышения качества поиска и управления роботом.

Введение в технологию QR-кодов

Для начала нужно рассмотреть, что из себя представляет технология QR-кода.

QR-код (Quick Response Code) – это двухмерный штрихкод, который может содержать разнообразную информацию, включая текст, ссылки на веб-страницы, контактные данные и

даже координаты, так же в QR-код можно записывать информацию о роботе, например, его номер и т.п. В последние годы QR-коды стали популярным инструментом для упрощения процессов обмена информацией и автоматизации различных операций. Одной из интересных областей их применения является навигация, где QR-коды используются для определения местоположения объектов в пространстве.

Описание мобильного робота Robotino Festo 4

Робот предназначен для обучения и проведения научных исследований в области робототехники и автоматизации. Он оснащён различными сенсорами, такими как камеры, датчики расстояния, гироскопы, и использует различные алгоритмы для автономной навигации. Однако для точного позиционирования робота в условиях, где не всегда доступны GPS-сигналы или другие внешние источники, требуется дополнительная система ориентирования.

Использование QR-кодов для нахождения местоположения

Для повышения точности навигации и определения местоположения робота в ограниченных пространствах, таких как лаборатории, склады или другие закрытые помещения, можно использовать QR-коды. Они обеспечивают простой и экономичный способ маркировки точек на пути робота, а также помогают с точностью определять его местоположение пример использования QR-кода представлен на рисунке 1.

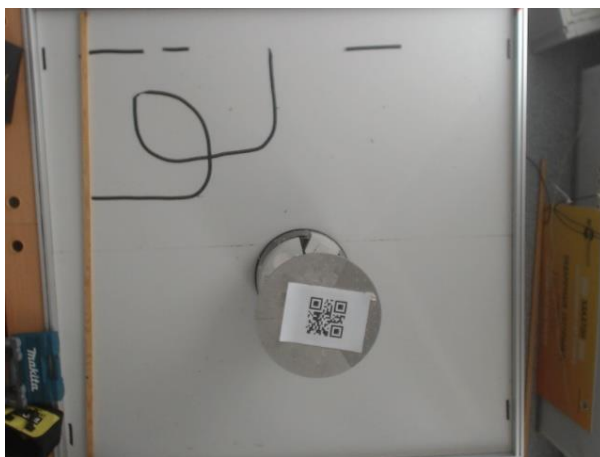


Рис. 1. Использование QR-кода на роботе и детекция его с помощью камеры

Принцип работы

1. Размещение QR-кодов в среде: QR-коды размещаются на стенах, полу или других объектах в рабочем пространстве в данном случае QR-код размещен на самом роботе. Каждый QR-код связан с уникальной информацией, которая может содержать, например, координаты места или идентификатор конкретной области.

2. Сканирование QR-кодов роботом: робот может быть оснащён камерой, которая может сканировать QR-коды в реальном времени. Когда робот проходит мимо QR-кода, камера считывает его, и система робота получает информацию о текущем местоположении. Но в нашем случае камера расположена на потолке над рабочей поверхностью и считывает его сверху.

3. Интерпретация данных: после считывания QR-кода система робота обрабатывает полученные данные и на основе них обновляет информацию о текущем местоположении робота. Это позволяет роботу ориентироваться в пространстве и корректировать маршрут в реальном времени.

4. Алгоритм навигации: на основе полученной информации о местоположении и ориентации, робот может выполнять необходимые маневры для достижения заданной цели, избегать препятствий и адаптироваться к изменениям в окружающей среде.

Методы коррекции робота с помощью QR-кодов

Использование QR-кодов для навигации мобильных роботов, позволяет существенно улучшить точность их позиционирования и ориентирования в пространстве. Для корректировки движения робота и точности его позиционирования применяются различные методы, которые могут быть использованы для корректировки ошибок, возникающих при сканировании и обработке QR-кодов. Рассмотрим три таких метода.

1. Преобразование перспективы снимка (перенести и сделать метод первым)

Первый метод коррекции связан с изменением перспективы снимка, который фотографирует камера. Когда камера фотографирует QR-код, угол, под которым камера захватывает изображение, может влиять на точность распознавания метки. Например, если QR-код фотографируется под углом, а не с прямой линии, это может привести к искажению данных. Взятие перспективы нужно строго для вырезания «рабочей области» на изображении и корректировки сторон изображения чтобы они совпадали по размеру с реальными сторонами.

Для компенсации этого искажения используется метод преобразование перспективы. Это предполагает, что после получения снимка QR-кода, изображение будет подвергаться корректировке с помощью алгоритмов для изменения перспективы. Для этого используется библиотека для Python OpenCV.

Как это работает:

- После того как камера робота захватывает изображение QR-кода под углом, алгоритм анализирует искажённую перспективу по заданным заранее точкам.
- Алгоритм применяет математическую модель для преобразования этого изображения в правильную форму, что позволяет более точно распознать данные QR-кода.
- Таким образом, даже если камера фотографирует QR-код под углом, результат будет точным и без ошибок вычислить точное местоположение qr кода на столе в «миллиметрах», относительно стола.

Этот метод помогает значительно улучшить точность распознавания QR-кодов, минимизируя ошибку, связанную с искажениями перспективы, пример изменения с помощью данного метода представлен на рисунке 2.



Рис. 2. Пример применение алгоритма до и после

2. Использование математических формул и вычисление ошибки

Вторым методом коррекции основан на использовании математических формул для вычисления ошибки в местоположении робота. Когда робот сканирует QR-код, он получает информацию о своём текущем положении и ориентируется относительно метки. Однако, из-за различных факторов (например, погрешности в измерениях, неровном расположении камеры, искажение перспективы) может возникать небольшая ошибка в определении точных координат. Погрешность возникает из-за разности уровней высоты между расположением QR-кода на робота и координатах на столе.

Для устранения этой ошибки был разработан подход с использованием математических формул, для вычисления отклонения ошибки. В этих расчетах принимаются во внимание данные начального и конечного положения робота, высота от стола до камеры. Расчет ошибки основывается на отношении углов треугольников рисунок 3.

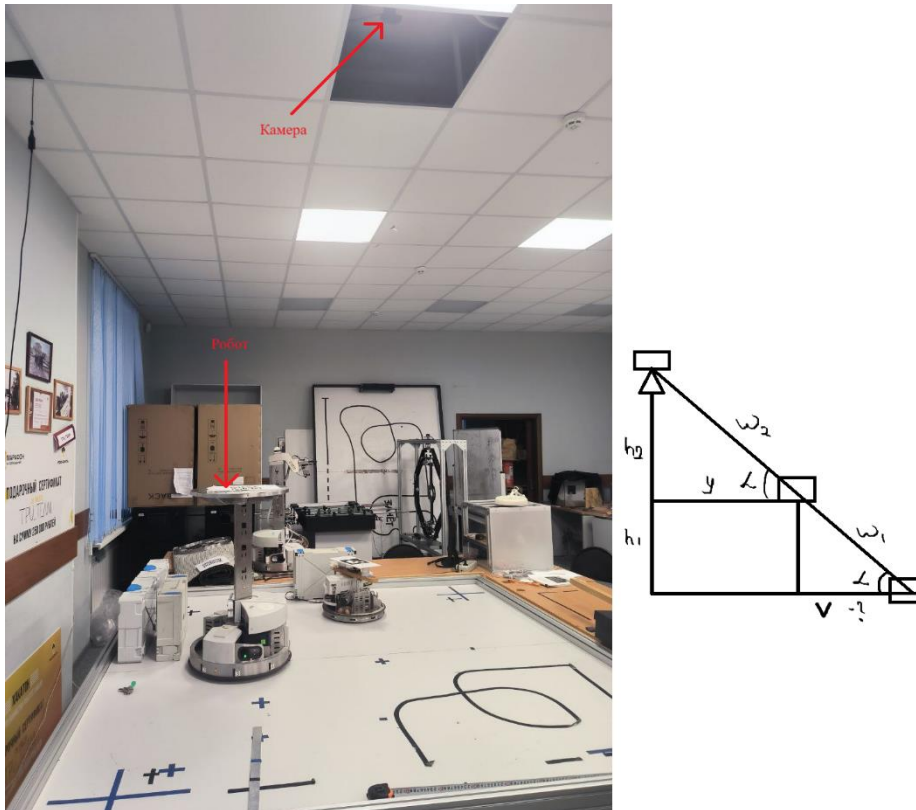


Рис. 3. Пример расположения робота и камеры

Здесь h_2 – расстояние от местоположения QR-кода на вершине робота до камеры, h_1 – высота робота, y – расстояние от центра камеры до QR-кода, v – искомое отклонение реального местоположения QR-кода от перспективы, ω_1, ω_2 гипотенузы прямоугольных треугольников. Ниже представлены основные расчеты нахождения v .

Формулы описывают отношения двух прямоугольных треугольников как отношения их синусов (1.1) и косинусов (1.2).

$$\sin \alpha = \frac{h_1}{\omega_1} = \frac{h_2}{\omega_2} \quad (1.1)$$

$$\cos \alpha = \frac{y}{\omega_2} = \frac{v}{\omega_1} \quad (1.2)$$

В этом случае можно вывести формулу γ (1.3).

$$v = \frac{y \cdot \omega_1}{\omega_2} \quad (1.3)$$

$$\omega_2 = \frac{h_2}{\sin \alpha} \quad (1.4)$$

$$\omega_2 = \sqrt{h_2^2 + y^2} \quad (1.5)$$

$$\sin \alpha = \frac{h_2}{\sqrt{h_2^2 + y^2}} \quad (1.6)$$

$$\frac{h_1}{\omega_1} = \frac{h_2}{\sqrt{h_2^2 + y^2}} \quad (1.7)$$

$$h_2 * \omega_2 = \sqrt{h_2^2 + y^2} * h_1 \quad (1.8)$$

$$\omega_1 = \frac{h_1 * \sqrt{h_2^2 + y^2}}{h_2} \quad (1.9)$$

$$\cos \alpha = \frac{y}{\sqrt{h_2^2 + y^2}} \quad (1.10)$$

$$v = \frac{y}{\sqrt{h_2^2 + y^2}} * \frac{h_1 * \sqrt{h_2^2 + y^2}}{h_2} = \frac{y * h_1}{h_2} \quad (1.11)$$

В формуле (1.11) выведено значение отклонения между реальным положением робота и необходимым. Этот метод позволяет значительно повысить точность навигации, компенсируя возможные отклонения связанное с изменением перспективы камеры и обеспечивая корректное движение робота.

3. Сравнение нескольких методов по отклонению от нужной координаты

Можно подвести промежуточные выводы после применения двух методов коррекции позиционирования робота с помощью QR-кода (таблица 1)

Таблица 1. Отклонения для разных методов коррекции

Метод коррекции	Отклонение в см.
Изменение перспективы	18 см
Использование формул	2 см

Таким образом соединение взятия перспективы и применения формул позволяет сократить отклонение робота в 9 раз. Исследования будут продолжены возможно добавление новых методов к существующим для ещё большего уменьшения ошибки в плоть до нескольких мм.

Заключение

В ходе исследования были рассмотрены различные методы повышения точности позиционирования мобильного робота Robotino Festo 4 с использованием QR-кодов. Анализ показал, что математическая коррекция ошибки, коррекция перспективы изображения и виртуальное приближение поверхности к QR-коду являются эффективными инструментами для улучшения навигации.

В процессе разработки была выдвинута и подтверждена гипотеза о том, что комбинация нескольких методов коррекции позволяет значительно сократить погрешность определения положения робота. В результате проведённой работы реализован подход, включающий несколько этапов обработки изображения, что позволило компенсировать искажения и повысить устойчивость системы позиционирования к внешним факторам. Это даёт возможность роботу точнее ориентироваться в пространстве и надёжно использовать QR-коды для автономной навигации.

Список использованных источников

1. Perspective Transformation – Python OpenCV [Электронный ресурс]. – URL: [geeksforgeeks.org/perspective-transformation-python-opencv/](https://www.geeksforgeeks.org/perspective-transformation-python-opencv/) (дата обращения: 10.03.2025)
2. How to project an image in perspective view of a background image – OpenCV, Python [Электронный ресурс]. – URL: medium.com/acmvit/how-to-project-an-image-in-perspective-view-of-a-background-image-opencv-python-d101bdf966bc (дата обращения: 26.02.2025)
3. Python - Detect a QR code from an image and crop using OpenCV [Электронный ресурс]. – URL: stackoverflow.com/questions/60359398/python-detect-a-qr-code-from-an-image-and-crop-using-opencv (дата обращения: 10.02.2025)
4. Detect and read QR codes with OpenCV in Python [Электронный ресурс]. – URL: note.nkmk.me/en/python-opencv-qr-code/ (дата обращения: 15.02.2025)
5. RobotinoWiki [Электронный ресурс]. – URL: wiki.openrobotino.org/ (дата обращения: 10.10.2024)