



**БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ
ИНСТИТУТ ПО ИНФОРМАЦИОННИ И
КОМУНИКАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ**

Станислав Йовчев Йовков

**МНОГОФУНКЦИОНАЛНА УЧЕБНА МОБИЛНА
РОБОТИЗИРАНА ПЛАТФОРМА**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

НА ДИСЕРТАЦИЯ

за присъждане на образователна и научна степен „доктор“

по научна специалност 01.01.2021г. „Технически науки“

научен ръководител: **проф. д-р Найден Шиваров**

София, 2023г.

Дисертацията е обсъдена и допусната до защита на разширено заседание на секция „Кибер-физични системи“ на ИИКТ БАН, състояло се на2023г.

Дисертацията съдържа 116 стр., в които 92 фигури, 4 таблици и 4 стр.

литература, включваща 75 заглавия.

Защитата на дисертацията ще се състои на г. от :..... часа в зала

на блок 2 на ИИКТ-БАН на открито заседание на научно жури в състав:

1.

2.

3.

4.

5.

Резервни Членове:

1.

2.

Материалите за защитата са на разположение на интересуващите се в стая на

ИИКТ-БАН, ул. „Акад. Г. Бончев“, бл. 2.

Автор: *Станислав Йовчев Йовков*

Заглавие: **МНОГОФУНКЦИОНАЛНА УЧЕБНА МОБИЛНА РОБОТИЗИРАНА ПЛАТФОРМА**

Обща характеристика на дисертационния труд

Учената роботика дава възможност на ученици от различни възрасти да се запознаят и да задълбочат познанията си по роботика и програмиране, като в същото време усвояват други когнитивни умения. Роботиката е развиваща се област, която позволява на учениците да изучат и усъвършенстват работата с роботи и как могат да ги използват в различни области. Работата с учебни роботи помага на учениците да се научат как да програмират и изработват роботи. Чрез обучението по роботика учениците успяват по-бързо да изучават нови технологии. Обучението по роботика може да помогне на учениците да научат за решаване на проблеми като програмиране и механика и др. Учебната роботика има множество ползи в образованието. Тъй като роботиката става все по-популярна, училищата се борят да намерят начини да я интегрират в учебните програми. Има много начини да се направи това, но един популярен подход е използването на роботи в часовете по математика и природни науки. В тази дисертация са засегнати някои фундаментални проблеми на учебната роботика като навигация, локализация, програмиране, съставяне на алгоритми.

Анализирани са състоянието и развитието на научните изследвания и проблемите в областта на учебната роботика. Изследвани са методи за подобряване на локализация и навигация при учебните мобилните роботи, като алгоритми за работа в реално време, коригиране на систематичната и несистематичната грешки и подобряване управлението на моторите;

Обектът на учебната мобилна роботика обхваща изучаването на принципите, методите и технологиите, свързани с проектирането, програмирането и управлението на мобилни роботи. Този предмет предоставя на учениците знания и умения, които са основа за изучаване на роботиката, компютърното зрение, навигацията, телеуправлението и програмирането.

Основните теми и умения, които биха могли да бъдат включени в обекта на учебната мобилна роботика са следните:

- **Основи на роботиката:** Разбиране на основните принципи и термини в областта на роботиката, включително хардуерните и софтуерните компоненти на мобилни роботи.
- **Хардуер за мобилна роботика:** Изучаване на сензори, двигатели и други хардуерни компоненти, които са вградени в мобилните роботи.
- **Програмиране на мобилни роботи:** Разработване на програми за управление на движението, взаимодействие с околната среда и решаване на задачи с използване на програмиращи езици като Arduino, C++ и др.
- **Системи за управление и навигация:** Изучаване на алгоритми и техники за управление на движението, преодоляване на препятствия и оптимизиране на маршрути.
- **Комуникация и обучение на роботи:** Разглеждане на методи за комуникация между роботи и между роботите и хората, както и възможности за обучение на машини.
- **Проектиране и разработка на приложения:** Учениците могат да бъдат ангажирани в реални проекти, които включват проектиране, изграждане и програмиране на собствени мобилни роботи.

Учебната мобилна роботика може да бъде част от образователни програми в университети, технически училища или специализирани курсове и обучения. Този обект има за цел да подготви учениците за работа в области като робототехника, автоматизация, изкуствен интелект и разработка на софтуер.

Целта на дисертационния труд е изследване, изработване и създаване на алгоритми и системи за управление на учебни роботи. Учебните роботи трябва да могат да се движат автономно или да бъдат теле-управляеми, да преодоляват препятствия, да намират изход от лабиринт, да следят линия, да работят с интелигентна камера, да могат да се управляват дистанционно или да изпълняват други задачи и бъдат на достъпна цена.

Достигането на целта на дисертацията обхваща набор от задачи. Решението на тези задачи трябва да доведе до резултати, които да удовлетворят зададената цел. За изпълнението на тези задачи трябва да се предложат иновативни подходи. Формулираните задачи са следните:

- Да се предложи структурата на системата на управление на учебните мобилни роботи.
- Да се предложат иновативни подходи за изработване на алгоритми на учебен мобилен робот Nitrobot работещ в автономен и ръчен режим, който да изпълнява следните задачи:
 - Следене на линия
 - Избягване на препятствия
 - Намиране на изход от лабиринт
 - Намиране на изход от затворено пространство
 - Ръчен режим на управление
 - Машинно зрение
- Да се извърши сравнителен анализ на алгоритмите на учебни мобилни роботи при изпълнението на определени задачи
- Да се проведат експерименти на базата на изработените алгоритми.
- Резултатите от всички задачи да бъдат анализирани.

Списък на публикациите по дисертацията

На международни конференции в чужбина:

Chivarov, N., Yovkov, S., Chivarov, S., Tosheva, I., Pleva, M., Hladek, D.. NITRO Educational Mobile Robot Platform for Maze Solving and Obstacle Avoidance. IEEE, приета за печат: 2021

Yovkov S., Chivarov N., Chivarov, S., Staikova, M.. Educational Mobile Robot Equipped with Intelligent Camera Huskylens. Conference Proceedings, 9th International Conference on Control, Decision and Information Technologies, CoDIT 2023, IEEE, 2023, ISBN:979-835031140-2, DOI:10.1109/CoDIT58514.2023.10284418, 2269-2274

Chivarov, N., Yovkov, S., Chivarov, S., Stoev, P., Chikurtev, D.. Teleoperation and Autonomous Mode of Transport Mobile Robot with Mecanum Wheels. 26th International Conference on Circuits, Systems, Communications and Computers CSCC 2022, IEEE, 2022, ISBN:978-1-6654-8186-1, DOI:10.1109/CSCC55931.2022.00060, 310-315

Yovkov S., Chivarov N., Chivarov S., Stoev P.. Comparative Analysis of Algorithms for Mobile Robots in Performing Certain Tasks. IEEE Xplore, 2022, DOI:doi: 10.1109/ICETA57911.2022.9974741

NITRO Educational Mobile Robot Platform for Maze Solving and Obstacle Avoidance

Chivarov, N., Yovkov, S., Chivarov, S., ...Pleva, M., Hladek, D. ICETA 2021- 19th IEEE International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications, Proceedings 2021.

На международни конференции у нас:

Yovkov, S., Chivarov, N., Chivarov, S.. ЦЕНОВО ЕФЕКТИВНА УЧЕБНА МОБИЛНА РОБО-ПЛАТФОРМА. АДП 2021, Издателство на ТУ София, 2021, ISSN:ISSN: 2682-9584

Yovkov, S., МЕТОДИ ЗА ТЕЛЕУПРАВЛЕНИЕ НА УЧЕБЕН МОБИЛЕН РОБОТ. АДП 2022, Издателство на ТУ София, 2022, ISSN:ISSN: 2682-9584

Съдържание на дисертацията

Настоящата дисертация се състои от увод, четири глави, заключение и списък на цитираната литература. Основното съдържание е поместено в 107 страници, а изложението е придружено с фигури и таблици. Списъкът на цитираната литература включва 75 заглавия.

ГЛАВА 1. Литературен обзор

Направен е исторически анализ в развитието на роботиката. Анализирани са типовете работи според тяхното предназначение. Разгледани са ползите на учебната роботика в образованието. Направено е проучване на потенциал на учебната роботика. Разгледана е ролята и предимства на програмата STEM в учебната роботика. Анализирано е състоянието на пазара на учебни работи

1.1.1. Класификация на мобилните работи според предназначението им.

Индустриални работи

Целта на индустриалните работи е да се замени еднообразната и трудоемка дейност на човека, увеличавайки продуктивността на процеса, чрез постигане на висока скорост на операцията. Индустриалните работи са неразривно свързани с роботизирани транспортни линии, които се движат по предварително маркирани транспортни пътеки, доставяйки необходимите части за работа[39].

Минни работи

Естеството на минната дейност изисква използването на автономни, полуавтономни или теле-управляеми работи. Тези съоръжения се използват, както в подземните мини, така и за прокопаване на железопътни и автомобилни тунели. За тази цел много компании произвеждат, пробивни машини, товарни съоръжения, и камиони които товарят материал, транспортират го и го разтоварват без човешка намеса[40].

Разузнавателни работи

Тези работи са създадени за да изпълняват задачи, които пряко застрашават живота на човека. Те работят в опасна среда и изпълняват мисии, като откриване на взривни вещества, работа под водата, откриване на токсични отпадъци или измерване на ниво на радиация.

Космически работи

В последните години роботизираните системи намират шитоко приложение в космоса. На помощ на космонавтите са разработени хуманоидни работи и работи ръце[41].

Персонални работи

Първите персонални работи помощници извършват прости операции като почистване на прах или косене на трева. С помощта на лидер технологията те правят карта на околния терен и успешно навигират около препятствия.

Съществуват и развлекателни домашни работи предназначени да правят компания или да играят с хора. Кучето робот Aibo на Sony е типичен пример за такъв робо. Aro е робот тюлен, който се грижи за пациенти в домовете им. Wakamatu е хуманоиден робот, помагач на възрастни хора и хора с увреждания[42].

Медицински работи

В последните години Медицинските работи навлизат все по-широко в медицината, в области като са хирургия, диагностика и медицински грижи.

За медицинските грижи се използват специализирани сервизни работи. Тези работи заместват медицинското лице като осигуряват помощ на лежачо болния за 24 часа в денонощието[43].

Военни работи

Военните работи или т.н. Военни дроневи са автономни бойни средства, използвани за военни, разузнавателни и бойни цели. Придвижват самостоятелно по въздух, суша, вода и под вода.

За целите на военните и полицейските служби се внедряват дистанционно управляеми работи, служещи за обезвреждане на взривни устройства. Тяхната цел е запазване живота на военнослужещите и полицаите[44].

Учебни работи и работи за състезания

Учебните работи са системи разработени с цел подпомагане на ученици и студенти при усвояването на знания, умения както и умствена и креативна дейност в рамките на образователния процес. Използват се в учебни институции, като училища, университети и образователни центрове, за да предоставят достъп за обучение и усвояването на знания.

Наноботи

Наноботите, са микроскопични машини или работи, които имат миниатюрни размери, обикновено от 1 до 100 нанометра В света са произведени само някои елементи от тези системи, като лагери, датчици, синтетични молекулярни мотори. Целта е да се създадат работи с размерите на вирус или бактерия, които да изпълняват задачи на микрониво. Възможни области са микрохирургията (на ниво клетка). На

теория наноботите биха могли да изпълняват точни задачи на атомно или молекулярно ниво. Те могат да бъдат предназначени за извършване на медицински процедури[46].

Групова робо-техника

Груповата роботехника е технологичен подход към координирането на множество работи като система, която се състои от голям брой предимно прости физически работи. „В рояк работи колективното поведение на роботите е резултат от локални взаимодействия между роботите и между роботите и средата, в която действат.“ Всички те работят в единство и предимството е, че със загубата на индивид не се нарушава общото изпълнение на задачата, за разлика от единичен робот, чийто загуба води до провала ѝ[47].

1.1.2. Класификация на мобилните работи според метода на навигация.

Телеупрвляеми работи

Тел-управляемите работи, са устройства, които оператор контролира от разстояние, използвайки устройство като кабел, безжичен джойстик, 2.4G 4CH радио RC предавател или Андроид устройство използвайки Bluetooth или WiFi връзка. Тези работи могат да бъдат използвани в различни сфери и приложения, където е необходимо да се извършват действия на разстояние от оператора[48].

Робот с автономно управление

Робот с автономно управление е машина или устройство, което е способно да изпълнява задачи и функции без постоянната човешка намеса. Те могат да реагират на различни ситуации, да избират най-подходящите действия и да изпълняват задачи според предварително зададени цели.

Автономно управляваните работи нямат информация за местоположението си и начина за достигне на дадена цел или целева точка. Този вид работи разполагат със сензори и системи за възприятие, които им позволяват да събират информация от околната среда, след което използват вградени алгоритми и програми за анализ на тази информация и вземане на решения

1.1.3. Дефиниция за учебна роботика.

Учебната роботика е дисциплина, предназначена да въведе учениците в роботиката и програмирането от много ранна възраст. Тя е дисциплина, която използва учебни работи за стимулиране на интереса и мотивацията на учениците за научно-техническо обучение. Учебната роботика се фокусира върху развиването на умения като проблемно решаване на определени задачи, логическо мислене, програмиране и инженерни умения чрез конструиране, програмиране и управление на работи..

1.2. Прогнози за развитието на учебната роботика през последните години .

1.2.1 Пазарен дял на образователните работи. Прогноза за глобалните тенденции в индустрията.

Очаква се пазарът на образователни работи да регистрира CAGR от 16% през прогнозния период (2020-2025г.). Използването на учебни работи става все по-разпространено на работни места, домове и образователни институции. Много училища започнаха да тестват обучаващи работи, за да предават знания на своите ученици. Тези работи могат да помогнат при предоставянето на уроци по STEM (наука, технологии, инженерство и математика) концепции, които са от съществено значение в учебната програма[51].

1.2.2. Проучване на образователния потенциал на учебната роботика Ползите на учебната роботика в образованието

Роботиката е развиваща се област, която позволява на учениците да изучат и усъвършенстват работата с работи и как могат да ги използват в различни области. Работата с учебни работи помага на учениците да се научат как да програмират и изработват работи. Развива компютърни умения: Учениците усвояват основи на програмирането, което става все по-важно в съвременния свят.

1. Стимулира креативността: Работата с работи позволява на учениците да изразяват своята креативност чрез програмиране, дизайн и конструиране..
2. Приготвя за бъдещите предизвикателства: Роботиката предоставя възможност за разработка на иновации и решения за реални проблеми.
3. Развиване на умения за работа в екип, като учениците работят заедно, за да програмират и управляват робот.
4. Повишена ангажираност: Обучението по роботика може да ангажира учениците повече от традиционните методи на обучение. Това е така, защото роботите са интерактивни и позволяват практическо обучение.
5. Качествено учене: Обучението по роботика подобри способността на учениците да научават нова информация. Използването на роботика позволява по-директно ангажиране с материала, което води до по-добро усвояване и разбиране на учебния материал.
6. Намалени разходи: Обучението по роботика може да бъде по-достъпно от традиционните методи на обучение. Това е така, защото роботите не изискват много скъпо оборудване и могат да се използват многократно.
7. Намалено време: Обучението по роботика може да спестява време на учителите чрез намаляване на необходимата предварителна подготовка. Това е така, защото роботите вършат по-голямата част от работата, което позволява на учителите да се съсредоточат върху преподаването, а не върху ръчния труд.
8. Подобро качество: Обучението по роботика насърчава по-добро учене, като ангажира учениците в практически дейности и насърчава творческото

Предимства на учебните работи

Учебните работи имат множество предимства, които може да бъдат от полза за образователната система. Те имат следните предимства:

1. **Индивидуално обучение:** Учебните работи могат да бъдат програмирани според индивидуалните нужди и темпото на обучение на всеки ученик. Това позволява персонализирано обучение, което подпомага бързото напредване на бързо усвояващите ученици или допълнителна подкрепа за тези ученици, които се нуждаят от допълнително обучение.
2. **Интерактивност:** Роботите могат да се използват за създаване на интерактивни уроци и задачи, които ангажират учениците и ги карат да взаимодействат с материала по по-интересен и вълнуващ начин.
3. **Подкрепа за учители и специалистите по образование:** Роботите могат да бъдат инструмент за помощ на учители и специалисти по образование при оценяване на учениците, идентифициране на трудности и предоставяне на съвети за оптимални методи на обучение.
4. **Учене чрез игра:** За цел на подпомагане на обучението се създават учебни работи, които могат да създадат образователни игри и симулации, с цел подпомагане на децата в процеса на обучение чрез игра и експериментиране.
5. **Подготовка за бъдещи професионални роли:** Работата с учебни работи може да помогне на учениците да развият важни умения като проблемно решаване на сложни задачи, програмиране и инженерство, които са полезни за бъдещата им кариера.
6. **Усъвършенстване на социалните умения:** Учебните работи могат да бъдат използвани за развитие на социални умения като комуникация, сътрудничество и споделяне. Учениците могат да учат как да взаимодействат с роботите и също така да се учат да се взаимодействат по-ефективно с други хора.
7. **Мотивация и самодисциплина:** Учебните работи могат да помогнат на учениците да развият по-добра самодисциплина и организация чрез даване на задачи и срокове за изпълнение.
8. **Иновации в образованието:** Учебните работи предоставят възможност за внедряване на новаторски методи на обучение, които могат да бъдат трудни или невъзможни за реализация от човешки преподаватели.

Роля тенденции и предимства на програмата STEM в учебната роботика

Програмата STEM играе изключително важна роля в учебната роботика. Това съчетание от образователни насоки - наука, технология, инженерство и математика е от съществено значение за развитието на учениците в съвременния свят. STEM е изключително ефективен инструмент за усвояване на знания и умения в следните аспекти[53]:

1. **Наука (Science):** Учениците изучават основни научни принципи и концепции, като механика, електроника, сензори, мехатроника и други. Това им позволява да разберат как функционират роботите и техните компоненти.

2. Технологии (Technology): STEM науки и технологиите са съществени за създаване и програмиране на роботи. Учениците учат как да използват компютри, сензори, мотори и други технологии, за да създадат функционални роботи.
3. Инженерство (Engineering): Инженерните аспекти на STEM се фокусират върху дизайна, сглобяването и оптимизацията на роботите. Учениците изучават инженерни принципи, като проектиране, механика, електроника и конструкция, за да създадат функционални и ефективни роботи.
4. Математика (Mathematics): Математиката играе ключова роля в алгоритмите за програмиране на роботите. Учениците използват математически концепции за изчисления, геометрия и анализ, за да създават точни и предсказуеми движения на роботите.

Програмата STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) в учебната роботика играе ключова роля в развитието на учениците, като им предоставя възможност да придобият знания и умения в няколко важни области.. Тя има за цел да интегрира знания и умения от различни дисциплини, за да подпомогне развитието на аналитично мислене, проблемно решаване и креативност чрез практически упражнения с роботи и технологии.

1.3. Видове мобилни роботи според задвижването им

1.3.1. Роботи с диференциално задвижване на колелата

Роботът с диференциално задвижване се състои от едно или две пасивни и две коаксиални колела. Пасивните колела осигуряват стабилност, докато коаксиалната двойка управлява работа чрез внимателно модулиране на техните скорости. Движението по права линия се постига чрез равни скорости на двете колела, докато лявото и дясното движение възникват, ако дясното колело е по-бързо от лявото и съответно лявото колело е по-бързо от дясното. Завъртането се забелязва, когато и двете колела се завиват еднакво бързо, но в противоположни посоки. Нулевият радиус на завиване е основно предимство при тази конфигурация на движение.

1.3.2. Роботи с кормилна уредба (Автомобилни WMRs)

Тези колесни мобилни роботи имат кинематична структура, подобна на автомобил. Основните характерни черти на подобните на коли роботи обикновено са ограничен обхват на управление на управляваните колела. Последницата от такова решение е невъзможността за въртене на работа на място. Поради този факт такива решения се използват предимно на открито. Подобно на автомобилите, при мобилните роботи диференциалният механизъм понякога се използва за задвижване на колелата[57].

1.3.3. Холономни мобилни роботи с Mecanum и Omnidirectional колела

Робот с Mecanum колела

Mecanum колелото е многопосочна конструкция на колелото за наземно превозно средство, което може да се движи във всяка посока.

Месапум колелото е форма на всепосочно колело, със серия от гумирани външни ролки, косо прикрепени към цялата обиколка на ръба му. Тези ролки обикновено имат ос на въртене на 45° спрямо равнината на колелото и на 45° спрямо линията на оста. Такава конструкция осигурява допълнителни кинематични предимства за колелата Месапум сравнение с конвенционалните колела. По този начин се използва пълен хололономен подход описващ динамиката на мобилен робот с четири колела Месапум. Всяко колело Месапум е независимо задвижващо колело без управление със собствено задвижващо предаване и при въртене генерира задвижваща сила, перпендикулярна на оста на ролката, която може да бъде векторизирана в надлъжен и напречен компонент по отношение на превозното средство.

Изследва се динамиката на четириколесен робот с колела Месапум, разположени на две успоредни оси. Роботът се движи така, че всичките му колела да имат постоянен контакт с равнината. Тялото на робота има маса m_0 , центърът на масата му е разположен по надлъжната ос на симетрия на тялото. Разстоянието от центъра на масата C на робота до всяка от неговите оси на колелата е ρ , разстоянието между центровете на колелата е $2l$. Координатите на центъра на масата във фиксирана координатна система XOY са x_c, y_c , ъгълът, образуван от надлъжната ос на симетрия на тялото с оста OX е ψ , всяко колело има маса от m_1 . Ъглите на въртене на колелата спрямо осите, които са перпендикулярни на равнините на съответните колела и преминават през техните центрове са ϕ_i , а въртящите моменти, приложени към колелата, са M_i ($i = 1 \dots 4$).

Робот с Omnidirectional колела

Omni колелата или поли колелата, подобни на колелата Месапум, са колела с малки дискове (наречени ролки) разположени около обиколката на главното колело, които са перпендикулярни на посоката на завъртане. Ефектът е, че колелото може да се задвижва с пълна сила, но също така ще се плъзга странично с голяма лекота. Тези колела често се използват в холономни задвижващи системи[59].

Платформа, използваща три омни колела в триъгълна конфигурация, обикновено се нарича Kiwi Drive. Платформата Killough е подобна; наречен така след работата на Стивън Килоу с всепосочни платформи в Националната лаборатория Оук Ридж. Дизайнът на Killough от 1994 г. използва двойки колела, монтирани в клетки под прав ъгъл едно спрямо друго и по този начин се постига холономично движение без използване на истински omnidirectional колела.

Omniwheels, комбинирани с конвенционални колела, осигуряват уникални характеристики на производителност, като например при шестколесно превозно средство, използващо две конвенционални колела на централна ос и четири omniwheels на предна и задна ос.

1.3.4. Многофункционални хибридни роботи

Хибридните роботи са широко използвани в граждански задачи и военни мисии, като полеви и космически изследвания, спасяване при бедствия, разузнаване и наблюдение. Обикновено от тях се изисква да влизат в неструктурирана, тежка и

враждебна среда, оборудвана с различни устройства. В тези сценарии мобилността и маневреността в неравен терен е критичен критерий за дизайна на мобилни роботи[60].

В сравнение с конвенционалните роботи, хибридните роботи могат да променят своите структури и конфигурация, за да се адаптират по-добре към различна, сложна и напълно неструктурирана среда.

Обикновено верижните мобилни роботи имат отлична адаптивност към терен, пълна мобилност и способност за преодоляване на препятствия. Колесните хибридни роботи обикновено са с 4 или 6 двигателно задвижвани колела. Промяната на геометрията на окачването на колелата, гарантира допир със земната повърхност на всяко едно колело.

1.4. Примери за роботи използвани в класната стая

Вече има много примери за роботи, използвани в класната стая, с някои доста впечатляващи резултати. Сред тях са:

1. Makeblock mBot[61]
2. Robo Wunderkind [62]
3. OWI 535[63]
4. LEGO[64]
5. NAO[65]
6. NitroBot

1.5. Видове колесни мобилни роботи

Повечето колесни роботи са с диференциално управление, което използва отделно задвижвани колела за задвижване на робота. Те могат да променят посоката, като въртят всяко колело с различна скорост. Може да има допълнителни колела, които не се задвижват от двигател, тези допълнителни колела помагат робота да се поддържа балансиран.

2-колесни мобилни роботи

Роботите с две колела са по-трудни за балансиране от други видове, защото трябва да се движат, за да се задържат изправени. Центърът на тежестта на тялото на робота се поддържа под оста, обикновено това се постига чрез монтиране на батериите под тялото. Те са снабдени с колела които са успоредни едно на друго. Тези превозни средства се наричат бицикли, а когато едното колело пред другото, са роботи с тандемно разположени колела. Роботите с две колела трябва да продължат да се движат, за да останат изправени и те могат да направят това, като се движат в посоката, в която роботът пада. За да балансира, основата на робота трябва да остане под центъра на тежестта. За робот, който има ляво и дясно колело, са му необходими поне два сензора. Сензор за наклон (акселерометър и жирокоп), който се използва за определяне на ъгъла на наклон и енкодери на колелата, които следят позицията на платформата на робота.

3-колесни мобилни роботи

3-колесните роботи могат да бъдат два вида: диференцирано управление (2 задвижвани колела с допълнително свободно въртящо се колело, за да поддържа тялото в баланс) или 2 колела, задвижвани от един източник и задвижвано управление за третото колело. В случай на диференциално управлявани колела, посоката на работа може да се промени чрез промяна на относителната скорост на въртене на двете отделно задвижвани колела. Ако и двете колела се задвижват в една и съща посока и скорост, роботът ще върви напред. В противен случай, в зависимост от скоростта на въртене и посоката му, центърът на въртене може да падне където и да е в линията, свързваща двете колела.

Центърът на тежестта при този тип роботи трябва да лежи вътре в триъгълника, образуван от колелата. Ако отстрани на свободно въртящото се колело е монтирана твърде тежка маса, роботът ще се преобърне.

Omni Wheels Robots

Omni роботите са многофункционални системи, които се могат да се движат във всички посоки с голяма маневреност. Принципът на действие на Omni роботите се базира на специфични технически характеристики, които им позволяват да се движат и изпълняват задачи по интелигентен и ефективен начин. Принципът на действие се основава на съчетаването на разнообразни технологии и системи, което им позволява да се приспособяват и да изпълняват различни задачи в различни среди. [54]

Omni-роботите са оборудвани със специални колела, които им позволяват да се движат напред, назад, настрани и диагонално, без да се налага да се въртят. Този дизайн на движение им позволява да избегнат препятствия по-ефективно и да се движат по-гъвкаво в ограничени пространства.

Omni колелото е съставявано от едно голямо колело и няколко по-малки, като по-малките имат ос, перпендикулярна на оста на основното колело. Това позволява на колелата да се движат в две посоки и способността да се движат холономично, което означава, че може незабавно да се движи във всяка посока. За разлика от робота, който се движи нехолономично и трябва да е в движение, за да промени посоката. Роботите с много колела могат да се движат под всякакъв ъгъл във всяка посока, без да се въртят предварително. Някои роботи с omni колела използват триъгълна платформа, като трите колела са разположени под ъгъл от 60 градуса. Предимствата на използването на 3 колела, а не на 4 са, че е по-евтино и 3 точки гарантирано са на една и съща равнина, така че всяко колело в контакт със земята, но само едно колело ще се върти в посоката на движение.

Mecanum Wheels Robots

Mecanum колелото притежава серия от гумирани външни ролки, косо прикрепени към цялата обиколка на ръба му. Тези ролки обикновено имат ос на въртене на 45° спрямо равнината на колелото и на 45° спрямо линията на оста. Всяко колело Mecanum е независимо задвижващо колело без управление със собствено задвижващо предаване и при въртене генерира задвижваща сила, перпендикулярна на оста на ролката, която

може да бъде векторизирана в надлъжен и напречен компонент по отношение на превозното средство.

Типичният дизайн на Mecanum Robot е конфигурацията на четирите колела, както се демонстрира от един от многопосочните мобилни роботи URANUS (на снимката) или инвалидна количка с колела Mecanum (подобни на тези на снимката), с редуващи се с леви - и десни ролки, чиито оси в горната част на колелото са успоредни на диагонала на рамата на превозното средство (и следователно перпендикулярни на диагонала, когато долната част на колелото е в контакт със земята). По този начин всяко колело ще генерира тяга, приблизително успоредна на съответния диагонал на рамката. Чрез промяна на скоростта и посоката на въртене на всяко колело, сумирането на векторите на силата от всяко от колелата ще създаде както линейни движения, така и или ротации на превозното средство, позволявайки му да маневрира с минимална нужда от пространство.

4-колесни мобилни роботи

Роботи с 2 задвижвани и свободно въртящи се колела

Тези роботи са същите като роботите с диференциално управление разгледани по-горе, но с 2 свободно въртящи се колела за допълнителен баланс.

Роботите с 2 задвижвани и свободно въртящи се колела са по-стабилни от версията на роботите с три колела, тъй като центърът на тежестта трябва да остане вътре в правоъгълника, образуван от четирите колела, вместо в триъгълник. Това оставя по-голямо полезно пространство. Все пак е препоръчително да се запази центъра на тежестта в средата на правоъгълника, тъй като това е най-стабилната конфигурация, особено когато роботът прави остри завои или се движи по неравна повърхност.

Роботи с 2 X 2 задвижвани колела за движение като на танк

Този вид робот използва 2 чифта задвижвани колела. Всяка двойка (свързана с линия) се върти в една и съща посока. Сложната част от този вид задвижване е да накараш всички колела да се въртят с еднаква скорост. Ако колелата в чифт не се движат с еднаква скорост, по-бавното ще се плъзга (неефективно). Ако двойките не се движат с еднаква скорост, роботът няма да може да се движи на право.

Роботи управлявани с кормилна уредба, като на автомобил

Друг тип навигация включва формата на автомобилно управление. Този метод позволява на робота да завива по същия начин, по който го прави автомобил. Това е много по-труден метод за изграждане и прави мъртвото отчитане много по-трудно. Тази система наистина има предимство пред предишните методи, когато роботът се задвижва от двигател с вътрешно горене

Роботи с 5 или повече колела

Използва се при по-големи работи. Не винаги е много практично. Особено когато се използват по-мощни колела, дизайнът става много по-сложен, тъй като всяко от

колелата трябва да се върти с еднаква скорост, когато роботът трябва да се движи напред. Разликите в скоростта между лявото и дясното колело при диференциално управляваните роботи карат робота да завива вместо да се движи по права линия. Разликата в скоростта между колелата от една и съща страна причинява за приплъзване на най-бавното колело.

ГЛАВА 2. Алгоритми за изпълнение на задачи при автономен режим на работа на учебна мобилна платформа.

2.1. Алгоритми за изход от лабиринт и избягване на препятствия

2.1.1. Основни цели и задачи

Целта е провеждане на изследване и създаване на методи и алгоритми на учебен робот, предназначен за избягване на препятствия и изход от лабиринт. Провеждането на тези изследвания трябва да допринесе за развитието на учебните роботи, като подобри и разшири техните възможности за изпълнение на поставените задачи. При изпълнението на тези задачи учебния робот трябва да се движи автономно, да разпознава обекти представляващи препятствия, да взима решения в определени ситуации и да бъде на достъпна цена. Изследванията обхващат следните проблемни области при учебните роботи: навигация, сензорни системи и системи за управление. За изпълнение на поставените цели трябва да бъдат изпълнени следните задачи:

1. Изследване на методи за избягване на препятствия.
2. Изследване на методи за изход от непознат лабиринт.
3. Разработване на нискобюджетен учебен робот за изпълнение на поставените задачи.
4. Разработване на алгоритми за изпълнение на тези задачи.
5. Провеждане на реални експерименти и анализиране на резултатите от проведените изследвания и експерименти.
6. Представяне на изводи от проведените експерименти.

2.1.2. Алгоритми

В роботиката избягването на препятствията е задача свързана с придвижване на обект без пресичане или сблъсък с препятствия. Това, което е от решаващо значение на концепцията за избягване на препятствия е нарастващата нужда от използване на безпилотни мобилни и летателни апарати, в градските райони, особено за военни приложения.

За да може роботът да избягва препятствия, е необходим алгоритъм за откриване и навигаци. Един от популярните алгоритми за избягване на препятствия е алгоритъмът на "поточни полета" (potential fields algorithm). Този алгоритъм използва идеята за създаване на полета на потенциал около препятствията и целевата точка, което води робота да избягва препятствията, като се придвижва в посока на намаляващ потенциал.

Основните стъпки на алгоритъма на поточни полета са:

1. Откриване на препятствия: Роботът трябва да разполага със сензори, които да му позволяват да открие препятствията в околната среда. Това може да включва използването на сензори като ултразвукови сензори, лазерни скенери (LIDAR) или видеокамери.
2. Създаване на полета на потенциал: За всяко препятствие се създава поле на потенциал, което отразява негативния ефект, който то оказва върху робота. Чрез използване на математически модел, препятствията се превръщат във векторни полета на потенциал.
3. Създаване на целево поле на потенциал: Роботът трябва да има идея за желаната целева точка, към която да се движи. Тази целева точка също се превръща в поле на потенциал, но в този случай полето на потенциал отразява положителния ефект на движението към желаната точка.
4. Комбиниране на полетата на потенциал: Полетата на потенциал от препятствията и целевата точка се комбинират в едно общо поле на потенциал, като се сумират векторните стойности. Това създава крайното поле на потенциал, което указва на робота в каква посока да се движи.
5. Навигация на робота: Роботът следва посоката, зададена от полето на потенциал, като непрекъснато обновява своята позиция и се придвижва в посока на най-ниския потенциал. Този процес се повтаря, докато роботът не достигне желаната целева точка.

Алгоритъмът на поточни полета е само едно от множеството решения за избягване на препятствия. Има и други алгоритми, като например алгоритъмът на "следване на стени" (wall following algorithm) и алгоритми, базирани на машинно обучение. Всеки алгоритъм има своите предимства и недостатъци и изборът на най-подходящия зависи от конкретната задача и характеристиките на робота.

За изпълнението на тази задача са използвани три ултразвукови сензора (HC-SR04). Тези сензори сканират за наличие на препятствия, фронтално, в ляво и в дясно. Идеята на алгоритъма е следната. След стартиране робота започва да се движи в права посока. Скоростта на електродвигателите е еднаква ($V_L = V_R, V_L > 0$). Роботът непрекъснато сканира за препятствие пред себе си чрез фронталния сензор. Прагът на дистанцията от робота до препятствието е зададен предварително в софтуера. Блоксхемата фиг(...) илюстрира алгоритъм за избягване на препятствия.

При откриване на препятствие, роботът изпълнява команда стоп на движението ($V_L = V_R = 0$) и двата странични сензора сканират за препятствия съответно в ляво и в дясно. В зависимост от това от коя страна препятствието се намира по близо до робота, той изпълнява завой на 90 градуса ($V_L = -V_R = turnRight, V_R = -V_L = turnLeft,$) в противоположна посока на препятствието и продължава движението си в права посока. При откриване на ново препятствие цикълът се повтаря. В случай, че от ляво и от дясно препятствията са извън обхвата на сензорите, робота завива в посока предварително зададена от софтуера.

Това е основния алгоритъм с учебна цел за избягване на препятствия. Този алгоритъм няма за цел да придвижи робота от начална до целева точка, а само да избягва сблъсък с препятствия движейки се в затворено работно пространство.

Алгоритми за изход от лабиринт

Лабиринт е структура или пътека, която е сложна и плътно изплетена, с множество пътища и завои. Това е обикновено пътека, която води до централна точка или изход. Лабиринтите могат да бъдат физически постройки, изградени от стени, жив плет или абстрактни дизайни, нарисувани на пода или изобразени на хартия.

Важно е да се отбележи, че лабиринтите се различават от много по-простите структури, наречени мейзове, които също съдържат множество пътища, но имат решение или изход, който може да бъде открит чрез просто проследване на правилните пътища. В лабиринтите, от друга страна, няма единствено правилно решение и намирането на изхода може да бъде предизвикателство.

Правилото на дясната или лявата ръка

Принципът на решаването на лабиринт използвайки метода на лявата или дясната ръка е следния. Ако лабиринтът е просто свързан, т.е. всичките му стени са свързани заедно или към външната граница на лабиринта, тогава като държи едната си ръка в контакт с едната стена на лабиринта, решаващият няма да се изгуби и ще достигне до изход ако има такъв. В противен случай решаващият ще се върне към входа, след като е преминал поне веднъж всеки коридор до този свързан участък от стени. За извършване на настоящия експеримент е използван този метод.

По време на изпълнение на задачата, може да бъдат маркирани клетките от лабиринта посетени един път и клетките посетени два пъти. По този начин може да проследи отново решението, като се следват тези клетки, посетени веднъж. Този метод не е задължително да намери най-краткото решение и изобщо не работи, когато целта е в центъра на лабиринта и има затворена верига около нея, тъй като решаващия лабиринта ще обиколи центъра и в крайна сметка ще се окаже обратно в началото.

Алгоритъмът на Trémaux

Този метод за решаване на лабиринта е проектиран да може да се използва от човек вътре в лабиринта. Подобен е на рекурсивния метод за обратно проследяване и ще намери решение за всички лабиринти, докато решаващия върви по проход, начертавайки линия зад себе си, за да маркира пътя си. Когато попадне в задънена улица, решаващия се обръща се и се връща по пътя, по който е дошъл. Когато срещне кръстовище, което не е посещавал преди, решаващия избира нов проход на случаен принцип. Ако той върви по нов проход и попадне на кръстовище, което не е посещавал преди, ще го третира го като задънена улица и трябва да се върне по пътя, по който е дошъл. (Тази последна стъпка е ключът, който предпазва решаващия от обикаляне в кръг или пропускане на пасаж в заплетени лабиринти.) Ако решаващия върви по проход, който е посещавал преди (т.е. маркиран веднъж) и срещне кръстовище, той трябва да взема нов проход, ако има такъв наличен, в противен случай взема стар пасаж (т.е. отбелязан веднъж). В случай когато всички пасаж бъдат празни ще означава, че все още не са посещавани. Ако пасажа е маркиран веднъж ще означава, че е влизано по него точно веднъж Ако е маркиран два пъти, ще означава, че решаващия е влизал в

него и е бил принуден да се върне в обратната посока. Когато най-накрая се стигне до решението, пътищата, маркирани точно веднъж, ще показват директен път обратно към началото. Ако лабиринтът няма решение, решаващия ще се окаже обратно в началото с всички пасажи, маркирани два пъти.

Рекурсивен алгоритъм за обратно проследяване

Принципа на решение е следния. Ако решаващия е на стена (или област, която вече е начертал), той отчита грешка, в противен случай, ако е на финала, той отчита успех. В останалите случаи решаващия се опитва да се движи рекурсивно в четирите посоки. Когато решаващия опита движение в нова посока, той начертава линия и изтрива линия, когато отчете грешка. Едно решение ще бъде маркирано, когато решаващия постигне успех. Когато се връща назад, най-добре е да се маркира пространството със специална стойност, така че да не бъде посетено отново от друга посока. От гледна точка на компютърните науки това е основно първо търсене в дълбочина. Този метод винаги ще намери решение, ако такова съществува, но не е задължително да е най-краткото решение.

Случайна мишка

Това е най-простия и един от най-неефективните методи за решаване на лабиринт, който основно се състои в движение на случаен принцип, т.е. движение в една посока и следване на този проход през всякакви завои, докато стигнете до следващото кръстовище. Не се правят завъртания на 180 градуса, освен ако не се налага. Това симулира човек, който произволно броди из лабиринта, без да помни къде е бил. Бавен е и не е гарантирано, че някога ще прекрати или реши лабиринта, и след като крайт е достигнат, ще бъде също толкова трудно да проследят стъпките си, но определено е прост и не изисква допълнителна памет за внедряване.

Таблицата показана по-долу обобщава характеристиките на горните алгоритми за решаване на лабиринта. Алгоритмите за решаване на лабиринти могат да бъдат класифицирани и оценени по тези критерии. Следват описания на колоните:

1. Решения: Тук се описват решенията, които алгоритъмът намира, и какво прави алгоритъмът, когато има повече от едно. Алгоритъмът може да избере едно решение или да остави няколко решения.
2. Гаранция: Това е дали алгоритъмът е гарантирано да намери поне едно решение. Пример: Случайната мишка е „не“, защото не е гарантирано, ще постигне успех, а алгоритъмът за правилото на лявата или дясната ръка е „не“, защото няма да се намерят решения, ако целта е в рамките на остров. Задънената улица и търсене на най-краткия път са "да", защото е гарантирано успешното намиране на изход. Фокус: Има два основни вида алгоритми за решаване на лабиринт: Фокус върху „Решаващия“ или фокус върху „Лабиринта“. Когато фокуса е върху „Решаващия“ тогава лабиринта е неизвестен. Когато фокуса е върху „Лабиринта“ той може да се огледа отгоре като цяло и да се обезсмислят безползните и ползните пасаж.

3. Човешки изпълнимо: Отнася до това дали човек може лесно да използва алгоритъма за решаване на лабиринта, докато е във версия в реален размер или докато гледа карта отгоре. Някои алгоритми за фокусиране могат да бъдат внедрени от човек вътре (или над) в лабиринта, докато някои фокусиращи лабиринти могат да бъдат внедрени от човек, но само отгоре. Други алгоритми са достатъчно сложни или сложни и могат надеждно да бъдат направени само от компютър.
4. Без памет: Дали не е необходима допълнителна памет или стек за прилагане на алгоритъма. Ефективните алгоритми изискват и разглеждат само растерното изображение на лабиринта и не е необходимо да добавят маркери към лабиринта по време на процеса на решаване.
5. Бързо: Това е дали процесът на решаване се счита за бърз. Най-ефективните алгоритми трябва само да погледнат всяка клетка в лабиринта веднъж или могат да пропуснат секциите изцяло. Времето за работа трябва да бъде пропорционално на размера на лабиринта, или от гледна точка на компютърните науки $O(n^2)$, където n е броят на клетките от едната страна. Алгоритъмът на „Случайната мишка“ е бавен, защото не е гарантирано, че ще приключи, докато „Алгоритъма Тгемаух“ потенциално разрешава лабиринта от всяко кръстовище.

Алгоритъм	Решения	Гаранция	Фокус	Човешки изпълнимо	Без Памет	Бърз
Правило на ръката	1	не	Реш аващ	Вътре/Отгоре	да	да
Алгоритъм за залог	1	не	Реш аващ	Вътре/Отгоре	да	да
Верижен алгоритъм	1	да	Реш аващ+	не	да	да
Алгоритъм на Тгемаух	1	да	Реш аващ	Вътре/Отгоре	не	да
Рекурсивен Backtracker	1	да	Реш аващ	не	не	да
Пълнител на задънена улица	Всички +	да	Лабиринт	По-горе	не	да
Пълнител на сляпа алея	Всички	да	Лабиринт	не	не	да
Търсене на най-кратките пътища	Всички най-кратки	да	Реш аващ+	не	да	да
Търсач на най-краткия път	1 Най-кратък	да	Реш аващ+	не	да	да
Случайна мишка	1	не	Реш аващ	Вътре/Отгоре	да	не

2.2. Алгоритми за следене на линия

2.2.1 Основни цели и задачи

Следенето на линия е процес на автоматично откриване и проследяване на линия върху повърхност като например път, линеен маркер или подобни

Ето някои от методите, които се използват за следене на линия:

1. **Оптични сензори:** Това е един от най-често използваните методи за следене на линия. Оптичните сензори използват фотодиоди за засичане на светлината, отразена от линията. Те могат да бъдат поставени над или под повърхността и да следят позицията на линията спрямо тях.
2. **Инфрачервени сензори:** При този метод сензори използват инфрачервени лъчи за откриване на линията. Обикновено се използват двойки инфрачервени излъчватели и приемници, които се поставят върху робота или автомобила.
3. **Ултразвукови сензори:** При метода на ултразвуковите сензори се използват звукови вълни за откриване на предмети и повърхности.
4. **Магнитни сензори:** Тези сензори използват магнитни полета, за да следят линията.
5. **Компютърно зрение:** Използването на камери и алгоритми за обработка на изображения, компютърното зрение може да бъде използвано за откриване и следене на линията.

Целта на този експеримент е създаване на алгоритми на учебен робот, предназначен за следене на линия.

Достигането на целта обхваща набор от задачи. Решението на тези задачи ще доведе до резултати, които да удовлетворят зададената цел. Формулираните задачи са следните:

1. Изследване на методи за следене на линия.
2. Разработване на нискобюджетен учебен робот за изпълнение на поставените задачи .
3. Разработване на алгоритми за изпълнение на тези задачи.
4. Провеждане на реални експерименти и анализиране на резултатите от проведените експерименти.
5. Представяне на изводи от проведените експерименти.

2.2.2. Алгоритми

Алгоритмите за следене на линии са широко използвани в роботиката и автономните системи, които трябва да следват предварително дефинирани линии или трасета.

Ето някои от най-популярните алгоритми за следене на линии:

1. **Алгоритъм на проследяване на центъра на тежестта (Center of Gravity Tracking)** - Този алгоритъм изчислява центъра на тежестта на линията, като намира тегловния център на пикселите в рамката на изображението. Роботът следва тази точка, за да се задържи върху линията.

2. Алгоритъм на следене с използване на дебелина на линията (Line Width Tracking) - Този алгоритъм използва информацията за дебелината на линията върху която се движи роботът. Роботът следи центъра на линията, като се стреми да поддържа равномерна дебелина на линията в рамката на изображението.
3. Пропорционален регулатор (Proportional Controller) - Това е контролен алгоритъм, който използва разликата между текущото положение на робота и целевата линия, за да генерира контролен сигнал. Разликата се умножава по пропорционален коефициент, който определя силата на корекцията. Роботът се насочва към целевата линия, като използва този контролен сигнал.
4. Хистограма на проекцията (Histogram Projection) - Този алгоритъм използва хистограма на изображението, за да намери вертикалните позиции на линията. Хистограмата представлява броя пиксели във всяка вертикална лента на изображението. Роботът следи пикселите с най-голям брой в хистограмата, което сочи, че линията минава през тази вертикална позиция.

Задачата на роботизираната платформа е да се придвижи по трасето като следва очертаната линия без да я напуска, като в първия случай робота се движи в затворен кръг и експериментът се провежда и в двете посоки на часовниковата стрелка, а във втория случай робота преминава през цялото трасе и спира на стоп маркер.

Принципа на работа на робота следващ линия е свързана със светлината. Тук използваме поведението на светлината върху черно-бялата повърхност. Белият цвят отразява цялата светлина, която пада върху него, докато черният цвят поглъща светлината.

CYTRON MAKER-LINE е електронен чип, който има интегриран IR предавател (LED) и приемник (фотодиод). Те се използват за изпращане и получаване на светлината. Когато IR лъчите падат върху бяла повърхност, те се отразяват към IR приемника, генерирайки някои промени в напрежението

Когато инфрачервените лъчи падат върху черна повърхност, тя се поглъща от черната повърхност и не се отразяват лъчите; по този начин IR приемникът не получава никакви лъчи.

При правилно калибриране на модула CYTRON MAKER-LINE когато негов сензор усети бяла повърхност, Arduino Mega ще получи 0 (LOW) като входен сигнал, а когато усети черна линия, Arduino ще получи 1 (HIGH) като вход.

Въз основа на тези входни сигнали програмата трябва да осигури правилния изходен сигнал към двигателите, за да контролира движението на робота. За целта е разработена схема на всички възможни комбинации от показанията на сензорите на модула и какво действие трябва да предприеме робота за да следва линията.

2.3. Учебна Мобилна Платформа NITRObot

2.3.1. Основни цели и задачи

Целта на това изследване в дисертацията е създаване на методи и алгоритми на учебен робот NITRObot, който трябва да изпълни следните задачи:

1. избягване на препятствие
2. търсене на изход от лабиринт
3. търсене на изход от затворено

Провеждането на тези изследвания трябва да допринесе за развитието на учебните работи, като подобри и разшири техните възможности за изпълнение на поставените задачи. При изпълнението на тези задачи учебния робот трябва да се движи автономно и да взема решения в определени ситуации. Изследванията обхващат следните проблемни области при учебните работи: навигация, сензорни системи и системи за управление.

Достигането на целта обхваща набор от задачи. Решението на тези задачи ще доведе до резултати, които да удовлетворят зададената цел. Формулираните цели са следните:

1. Разработване на нискобюджетен учебен робот за изпълнение на поставените задачи.
2. Разработване на алгоритми за изпълнение на тези задачи.
3. Провеждане на реални експерименти и показване на резултатите от проведените експерименти.
4. Представяне на изводи от проведените експерименти.

Дизайнът на работа отговаря на четири основни изисквания, които са посочено по-долу:

1. Ниска цена: Тя трябва да бъде достъпна за ученици и училища, желаещи да се занимават с роботика, като в същото време покрие изискванията за една напълно работеща система. Това изискване диктува разходи, които не бива да надхвърлят 100 евро и по никакъв начин няма да ограничат нивото на функционалност, предложено в представената мобилна робо-платформа.
2. Дизайн: Той трябва да стимулира въображението и ентузиазма на учениците и е от ключова важност за този проект. Това изискване позволява използването на рециклирани или втора употреба материали при изработката на основните компоненти - шаси и др.
3. Простота: Концепцията за простота се ограничава до 3 изисквания: монтаж, експлоатация и поддръжка. Времето за сглобяване на работа не трябва да надхвърля 2 часа. След като платформата е сглобена, работата с работа трябва да е лесна за начинаещи в роботиката.
4. Отворен код: Отвореният код е най-добрият модел за разпространение на тази инициатива. Ясно е, че роботизираният комплект трябва да бъде лесно достъпен за всички заинтересовани страни, включително учители, преподаватели и ученици.

Горепосочените изискванията са достатъчни за една напълно готова, функционираща система..

2.3.2. Алгоритми

В този алгоритъм се използва ултразвуковия сензор RUS-04 и серво мотор. Първоначално робота се движи напред, като непрекъснато сканира за препятствие пред себе. В този случай сервомотора е в позициониран на 90 градуса и ултразвуковия сензор сканира в права посока. При наличие на препятствие, робота изпълнява команда стоп на движението. Серво мотора се позиционира на ъгъл 0 градуса и ултразвуковия сензор сканира за наличие на препятствие в дясно от робота, след което същата операция се повтаря на ъгъл 180 градуса и се сканира за препятствие в ляво. Двата резултата се сравняват и в зависимост от това кое препятствие е по-отдалечено, робоплатформата прави завой на 90 градуса с същата посока и продължава движението си в права посока. Цикълът се повтаря. В случай, че от ляво и от дясно препятствията са извън обхвата на сензора, робота завива в посока предварително зададена от софтуера.

Алгоритъмът се базира на решението на задачата за изход от лабиринт, което гласи, че ако се следва една от стените (в случая дясната) робота ще достигне до изхода от лабиринта. Тоест, реализира се следване на стена от дясно и едновременно търсене на отвор в тази стена. Робота постоянно сканира пред себе си и в дясно от себе си за наличие на стена. Ако от дясно не бъде разпозната стена (ултразвуковият сензор показва свободно пространство), робота извършва завой 90 градуса в дясно, след което тръгва в права посока и продължава сканирането. Ако от дясно има стена, а пред робота няма стена, той изпълнява командата движение в права посока и продължава сканирането, Ако в дясно има стена и пред робота има стена той изпълнява командата стоп на движението, след което изпълнява завой на 90 градуса в ляво, и продължава сканирането.

Алгоритъма за търсене на изход от затворено пространство е подобен на този за търсене на изход от лабиринт с основната разлика, че при лабиринта коридорите са с фиксирани размери и завоите са перпендикулярни (което опростява алгоритъма), докато в този случай робоплатформата се намира в пространство с неправилна форма (стените на което заключават неизвестен ъгъл една спрямо друга). В този алгоритъм се използва ултразвуковия сензор и серво мотора, като алгоритъмът се стреми да следи препятствието (стената) която се намира от дясно от робота. В програмата предварително е зададен параметър – отстояние на робота от дясната стена, който е равен на една ширина на робота. Това е правилното положение на робота при което той трябва да се движи в права посока и да се намира на въображаема „осева линия“. Алгоритъмът постоянно сканира в двете посоки (в дясно и пред робота). Робота се движи непрекъснато в права посока. Базирано на разстоянието отчетено от десния сензор, ако робота се намира в ляво от „осевата линия“, т.е. се е отдалечил от стената правим лек завой на дясно. Ако робота се намира в дясно от „осевата линия“, т.е. се е доближил до стената, правим малка корекция на движението с лек завой на ляво. Ако робота се намира на осевата линия, робота е в правилна си позиция и се движи право напред. Ако десният сензор покаже много висока стойност (разстояние), т.е. празно пространство от дясно, следва завой на дясно докато сензора не покаже, че отново разпознава препятствие (стена) от дясно и тогава робота отново продължава да се движи напред и да следва осевата линия. Ако фронталния сензор покаже, че пред робота има

препятствие (стена) следва завой на ляво, докато фронталния сензор не покаже, че вече не разпознава препятствие отпред, а десният сензор не покаже, че отдясно препятствието (стената) е на един робот разстояние, т.е. робота е на „осевата линия“. Тогава робота отново продължава да се движи право напред и да следи осевата линия.

2.4. Сравнителен анализ на алгоритмите на учебни мобилни роботи при изпълнението на определени задачи

2.4.1 Основни цели и задачи

Изисквания за удобна маневреност на превозните средства напоследък привличат много внимание. Например, превозни средства или роботи, оборудвани с класическа система с кормилна уредба изискват голям радиус на въртене за завиване. Следователно тези платформи трудно завиват или избягват препятствия в тесни вътрешни пространства.

Достигането на целта на обхваща набор от задачи. Решението на тези задачи ще доведе до резултати, които да удовлетворят зададената цел. Формулираните задачи са следните:

Разработят на две роботизирани платформи, едната с диференциално задвижване, а другата с тесанит колела способни да изпълняват поставените им задачи.

1. Изследване на методи за придвижване от начална до крайна точка следвайки линия.
2. Изследване на методи за преодоляване на предварително недефинирани препятствия.
3. Разработване на алгоритми за изпълнение на тези задачи.
4. Провеждане на реални експерименти и показване на резултатите от проведените експерименти.
5. Представяне на изводи от проведените експерименти.

2.4.2. Алгоритми

Първата задача е да се съставят алгоритми за придвижване на роботите от точка **A** до точка **B** следвайки непрекъсната линия. Линията по която транспортните роботи се придвижват между двете точки е с перпендикулярни завой.

Роботът с диференциално задвижване на колелата следва тази линия посредством три модула с по три инфрачервени сензора за следене за линия, разположени в предната, лявата и дясната част на робота. Алгоритъмът за изпълнение на тази задача е следния. Първоначално роботът тръгва право напред следвайки линията. Когато модула за следене на линия установи, че пред него няма линия, това означава, че следва завой на ляво или дясно. Роботът не спира, а продължава движението си напред, докато един от страничните сензори не отчете линия. В зависимост от това кой страничен модул е установил наличието на линия, транспортния робот ще извърши завой на 90 градуса в посоката на завоя и ще продължи движението си праволинейно в съответната

посока. Тази последователност от маневри продължава докато фронталния сензор не регистрира СТОП маркер. Това означава, че робота е стигнал до крайната си цел

Роботът с *tesapum* колела следва тази линия посредством четири модула с по три инфрачервени сензора за следене за линия, разположени в предната, задната, лявата и дясната част на робота. Алгоритъмът за изпълнение на тази задача е следния. Първоначално роботът тръгва напред следвайки линията. Когато модула за следене на линия установи, че пред него няма линия, това означава, че следва завой на ляво или дясно. Роботът не спира, а продължава движението си, докато един от страничните сензори не отчете линия. В зависимост от това кой от страничните модули е установил наличието на линия, мобилния робот ще продължи праволинейното си движение в съответната посока. Когато модула следящ линия отново установи липсата на такава означава, че отново следва завой. В този случай предния или задния сензори отчитат този завой и роботът продължава движението си в посоката съответстваща на сензора регистрирал линията. Тази последователност от движения се повтаря докато някой от сензорите не регистрира СТОП маркер. Това означава, че мобилния робот е стигнал до крайната си цел.

Следващата задача е да се съставят алгоритми за придвижване на роботите от точка **A** до точка **B**, преодолявайки предварително недефинирани препятствия.

За изпълнението на тази задача роботът с диференциално задвижване на колелата е снабден с ултразвуков сензор монтиран върху серводвигател разположен в предната част на робота. По време на изпълнението на задачата серводвигателя се върти последователно на ляво, напред, на дясно, като по този начин ултразвуковия сензор сканира за наличие на препятствие в посоката в която го е завъртял серводвигателя. При придвижването си към целевата точка роботът среща по пътя си предварително недефинирани препятствия. Алгоритъмът за изпълнение на тази задача е следния. Първоначално роботът тръгва в права посока, като сканира за препятствие пред себе си, в ляво и дясно. Робота продължава движението си в права посока докато не срещне препятствие пред себе си. След като е достигнал до първото препятствие роботът прави завой на 90 градуса обратно на часовниковата стрелка (на ляво) и продължава движението си в права посока. Сканирането продължава, като следват две възможности. Първата възможност е робота да установи, че в дясно има свободно пространство. В този случай робота извършва маневра завой на 90 градуса в посока на свободното пространство и продължава движението си в права посока докато отново не срещне препятствие пред себе си. Тогава той извършва завой на 90 градуса по часовниковата стрелка (на дясно) и продължава движението си в права посока. Тази последователност от зигзагообразни завой гарантира, че роботът ще достигне целевата си точка. При втората възможност, след като роботът е срещнал препятствие пред себе си, извършил е съответната маневра и е продължил движението си в права посока, той може отново да срещне препятствие (странична стена). Тогава той прави завой на 180 градуса и продължава движението си докато не установи празно пространство в посока целевата точка. Тогава той прави завой в посока празното пространство и продължава движението си в права посока докато отново не срещне ново препятствие пред себе си. В този случай той отново извършва завой на 90 градуса с посока обратна на предходния

завой и продължава движението си. По този начин той отново повтаря зигзагообразните движения до достигане на крайната цел .

За изпълнението на тази задача роботът с *tesaunim* колела е снабден с 3 ултразвукови сензора разположени в предната, лявата и дясната част на робота. При придвижването си към целевата точка роботът среща по пътя си предварително недефинирани препятствия. Алгоритъмът за изпълнение на тази задача е следния. Първоначално роботът тръгва право напред. Робота продължава движението докато не срещне препятствие пред себе си. След като е достигнал препятствие роботът започва да се движи праволинейно наляво. Движението на робота продължава докато ултразвуковия сензор не установи липса на препятствие. Тогава той отново продължава пътя си право напред, докато не срещне друго препятствие. В този случай роботът променя посоката си на движение от ляво праволинейно движение в дясно. Тази последователност от зигзагообразни движения се повтаря докато роботът не стигне до целевата точка. В случай, че движейки се в ляво или дясно, роботът срещне странично препятствие, той ще започне да се движи в противоположната посока, докато фронталния ултразвуков сензор не установи липса на препятствие. Тогава роботът отново продължава движението си напред следвайки крайната си .

2.5 Машинното зрение

Машинното зрение се отнася до технологията и методите, използвани за позволяване на компютри или машини да интерпретират и обработват визуална информация.

Системите за машинно зрение обикновено се състоят от три основни компонента: получаване на изображения, обработка на изображения и вземане на решения. Ето кратък преглед на всеки компонент:

1. Получаване на изображение: Това включва заснемане на визуални данни с помощта на камери или други устройства за изображения.
2. Обработка на изображения: След като изображенията бъдат получени, те преминават през серия от стъпки на обработка за подобряване и извличане на съответните характеристики.
3. Вземане на решение: След етапа на обработка на изображението системата за машинно зрение анализира извлечената информация, за да вземе решения или да изпълни конкретни задачи.
4. Дейности, проследяване на обекти и идентифициране на лица.

2.5.1. Интелигентна камера HuskyLens

HuskyLens е лесен за използване AI сензор за машинно зрение със 7 вградени функции: разпознаване на лица, проследяване на обекти, разпознаване на обекти, проследяване на линии, разпознаване на цветове, разпознаване на етикети и класификация на обекти..

2.5.2. Проследяване на линия, цели и задачи, алгоритми.

Проследването на линия посредством робот оборудван с интелигентна камера HuskyLens е inowatiwen метод, намиращ приложение в областта на роботиката и автоматизацията.

Достигането на целта обхваща набор от задачи. Формулираните задачи са следните:

1. Изследване на метод за следене на линия използвайки интелигентна камера HuskyLens.
2. Разработване на алгоритми за изпълнение на тази задача.
3. Провеждане на реални експерименти и анализирането на тези експерименти.
4. Представяне на изводи от проведените експерименти.

Задачата, която трябва да изпълни робота е да проследи линия използвайки интелигентна камера HuskyLens. За целта камерата се монтира върху предната част на робота и се накланя, така че обектива на камерата да бъде насочен към линията.

Когато HuskyLens открие линията, която е научила, синя стрелка ще показва предвидената посока на линията.

Ако линията върху която се намира робота е права и е разположена в средата на екрана, стрелката ще е вертикална и ще сочи към горния край на екрана. В този случай роботът извършва движение в права посока.

Когато предстои десен завой, горния край на стрелката ще започне да се отклонява в дясно по оста X. Тъй като роботът е с диференциално задвижване, левите колела ще започнат да се движат по-бързо, а десните колела по-бавно и роботът ще предприеме маневра десен завой. Скоростта на колелата е пропорционална на отклонението на стрелката по оста X. Колкото по-остър е завоя толкова по-голямо е отклонението на стрелката. Тя не трябва да излиза от рамките на дисплея, защото в този случай роботът ще преустанови своето движение. Роботът ще продължава да завива докато стрелката на стрелката не се върне в първоначалното си положение (вертикално). Това означава, че предстои права линия. Тогава роботът продължава праволинейното си движение.

Когато предстои ляв завой, горния край на стрелката започва да се отклонява на ляво по оста X. Роботът ще започне да завива на ляво докато стрелката не възвърне първоначалното си положение (вертикално в центъра на дисплея). Тогава роботът ще продължи праволинейното си движение.

2.5.3. Проследяване на обекти, цели и задачи, алгоритми.

Проследяването на обекти с роботи е важна задача, която се използва в различни области, като роботика за домашна употреба, автоматизация на производствени процеси, медицински работи и други. Тази функционалност позволява на робота да

следи движението на определен обект в пространството и да поддържа визуален контакт с него.

За да може роботът да проследява обекта, се използва обработка на изображенията посредством сензори като камери, лидари или инфрачервени сензори. Процесът обикновено включва следните стъпки:

1. Засичане на обекта: Роботът трябва да открие обекта, който иска да проследи. Това може да стане чрез обработка на визуални данни от камерите или чрез сензорите, ако обектът излъчва определени сигнали (например инфрачервени сигнали).
2. Извличане на характеристики: След като обектът бъде засечен, роботът използва алгоритми за извличане на характеристики от обекта, които го правят разпознаваем и уникален. Това може да включва размери, форма, цвят или други визуални характеристики.
3. Следене на движението: Роботът използва информацията за характеристиките на обекта, за да следи движението му в реално време.

При методите за следене на обект най често се използват ултразвукови сензори за определяне на разстояние до обект. Целта е да се разработят алгоритми за следене на обект използвайки интелигентна камера HuskyLens, при автономен режим на работа . Да се проведат експерименти на базата на съставените алгоритми и да се анализират резултатите от проведените експерименти

Да се проведат експерименти въз основа на съставените алгоритми, като се анализират резултатите от проведените експерименти. Провеждането на тези изследвания трябва да допринесе за подобряването на функционалността на учебните роботи, като подобри и разшири техните възможности за изпълнение на определени задачи.

Достигането на поставената цел обхваща набор от задачи. Формулираните задачи са следните:

1. Изследване на метод за проследяване на обект от учебен робот оборудван с интелигентна камера HuskyLens.
2. Разработване на алгоритми за изпълнение на поставената цел.
3. Провеждане на реални експерименти и анализирането на тези експерименти.
4. Представяне на изводи от проведените експерименти.

Алгоритъмът на тази задача е следния. Първоначално избираме минимално разстояние между целевия обект и робота и въвеждаме размера на рамката като константна величина. При това разстояние робота е неподвижен. Той не може да се доближи до обекта на разстояние по-малко от минималното. Когато обектът, който проследяваме се отдалечи от робота, той намалява размерите си спрямо екрана на камерата. Роботът се опитва да компенсира това смаляване на обекта спрямо рамката, като започва движение в посока обекта. Ако целевия обект започне отместване в ляво или дясно по оста X спрямо екрана на камерата означава, че обекта се премества в ляво

или дясно спрямо робота. В този случай роботът започва да завива към обекта, компенсирайки това отместване. Остротата на завоя зависи от степента на отместване на рамката обграждаща целевия обект. В този алгоритъм оста Y не ни интересува тъй като роботът се движи в двумерно пространство. За правилното изпълнение на задачата се взимат под внимание само отместването на рамката спрямо оста X и изтеглянето и в дълбочина.

Когато целевия обект прекрати своето движение, роботът продължава да се движи докато се доближи на такова разстояние до обекта при което рамката е достигнала константните си размери. В този случай роботът се е доближил на минимално разстояние от целевия обект и спира своето движение очаквайки предстоящи движения на обекта.

ГЛАВА 3. Телеуправление на учебни мобилни платформи

3.1 Дефиниция за телеуправление

Телеуправлението е метод за дистанционно управление на устройство, използвайки смартфон, инфрачервен предавател (дистанционно управление на устройства на телевизор, устройство за дистанционно управление от комплекта на робота и др.), безжичен джойстик или 2.4G 4CH радио RC предавател. Този метод на управление позволява на оператора да контролира движението, функциите и операции на устройството чрез безжична комуникация и специално разработени приложения. Телеуправлението се използва често в различни области, включително роботиката, промишлеността, изследванията, образованието и развлекателната индустрия.

3.2. Телеуправление на учебна мобилна платформа, алгоритми.

Телеупрвляемите роботи, са устройства, които могат да бъдат контролирани от оператор, използвайки специални устройства като безжичен джойстик, устройство за дистанционно управление(инфрачервен предавател) или 2.4G 4CH радио RC предавател. Тези роботи могат да бъдат използвани в различни сфери и приложения, където е необходимо да се извършват действия на разстояние от оператора.

Теле-управляемият робот е проектиран да изпълнява следните задачи:

1. телеуправление посредством IR предавател (дистанционно управление на телевизор или друго устройство с инфрачервен предавател като дистанционното управление включено в комплекта на стандартна роботизирана платформа) и приемник „IR Infrared Transmitter Module 38khz“ .
2. телеуправление с джойстик и 2 приемо-предавателни модула „NRF24L01 2.4Ghz wireless data transmission module“ .
3. телеуправление посредством бутонен блок с използване на „RF Receiver and Transmitter Module 433Mhz Remote controls“ с който се осъществява комуникацията между оператора и робота.
4. телеуправление посредством 2.4G 4CH радио RC предавател.

При написването на софтуера за телеуправление посредством инфрачервен сензор е използвана библиотеката IRremote.h за сканиране на HEX кода на

дистанционното устройство с което се управлява робота. С помощта на тази библиотека се сканира кода на всеки бутон от устройството с дистанционно управление и съответния код посредством софтуера може да бъде преобразуван в команда за управление на робота. По този начин приемника разполага с толкова канали колкото са и бутоните на дистанционното устройство с което се осъществява комуникацията предавател-приемник. За задвижване на робота са програмирани седем бутона. Единият бутон отговаря за движението на робота право напред, друг бутон за движението на заден ход и четири бутона за завои наляво и надясно в права и обратна посока, както и бутон за спиране на движението.

При софтуера за телеуправление с джойстик и 2 приемо-предавателни модула NRF24L01 2.4Ghz са използвани два софтуера. Първия софтуер е предназначен за модула за управление с джойстик, а другия за приемника отговарящ за движението на робота. Използваният е метод за безжична комуникация с Arduino, е модулът NRF24L01. Това е евтин модул, който осигурява двупосочни комуникации, използвайки обхвата 2,4 GHz.

При телеуправлението с безжичен приемо-предавателен модул RF Receiver and Transmitter Module 433Mhz Remote controls са използвани два софтуера. Основната част на този робот е радиочестотното дистанционно управление и системата за управление. За осъществяване на RF дистанционно управление се използва евтин модул 433mhz, който представлява двойка предавателни и приемни модули. Тук в този проект модула изпраща и получава данни с помощта на библиотека Arduino.

3.3. Телеуправление чрез използването на Андроид приложението MIT Application Inventor

Един от методите за телеуправление на транспортен робот с Mecanum колела е Bluetooth комуникацията със смартфони или планшети използващи операционните системи Android или iOS.

За създаването на софтуера за управление е използвано уеб приложението MIT App Inventor.

MIT App Inventor е интуитивна, визуална среда за програмиране, която позволява създаването на напълно функционални приложения за смартфони и планшети с операционна система Android или iOS. Този инструмент е базиран на блокове, и улеснява създаването на сложни приложения с голямо въздействие за значително по-малко време от традиционните среди за програмиране. Той използва графичен потребителски интерфейс (GUI), който позволява на потребителите да плъзгат и пускат визуални обекти, за да създадат приложения. App Inventor е инструмент, базиран на облак, което позволява създаването на приложения директно в уеб браузъра.

ГЛАВА 4. Експерименти и получени резултати

4.1. Експерименти и резултати при изпълнение на задачите – избягване на препятствия, изход от лабиринт и изход от затворено пространство

След изследвания на поставените задачи бяха извършени тестове на описаните алгоритми.

Двигателите задвижващи платформата не са стъпкови или серводвигатели, а постояннокови без енкодери. Това налага калибриране (компенсиране разликата в скоростта) чрез тестове, за да може робота да се движи в направо, без отклонение от правата линия.

След калибрирането на двигателите започнаха тестовете на алгоритъма за избягване на препятствия. След стартиране робота доближи до препятствие, фронталния сензор подаде към контролера команда стоп, но робота поради инерцията, не успя да спре и се блъсна в преградата. След намаляване на скоростта след няколко последователни опита, беше достигната оптималната настройка на скоростта и робота спираше пред препятствието на 10см. Пристъпи се към втората част на теста - избягване на препятствие, чрез завиване в ляво или дясно под прав ъгъл. При първите опити платформата не успяваше да извърши завой на точните 90 градуса и се блъскаше в стената. След корекция на параметрите последва нов опит, при който робота извършваше много остри завойи и се отклоняваше от стената. След няколкократни опити и настройка на параметрите, беше постигнат точен резултат и робота успешно извърши маневрата.

4.2. Експерименти и резултати при изпълнение на задачата следене на линия

След изследвания на поставените задачи бяха извършени тестове на описаните алгоритми.

В началото на програмата са зададени като константи, максималните мощности за двата двигателя и два коефициента за корекция на скоростта, съответно за левия и за десния двигател. Първоначално, тези коефициенти имат стойност 1.0 при което робота ще се движи право напред, но в процеса на експериментиране тези коефициенти ще променят стойността си от 0.0 до 2.0, като по този начин се променя и текущата скорост на двигателите и робота ще извършва завойи в ляво или в дясно.

Целта е на базата на показанията на сензора за следене на линия, да се определят коефициентите на скорост на двата двигателя, в зависимост от това в каква позиция се намира робота спрямо линията.

При първоначалния тест умишлено поставихме коефициентите в граничните им стойности така, че независимо от това на какво разстояние се беше отклонил робота спрямо линията, той извършваше завой към линията с коефициента на скорост на вътрешното колело 0.0 (текуща скорост - 0) и на външното 2.0 (текуща скорост – max). При стартиране на теста робота започна да извършва остри зигзагообразни движения около линията.

При следващите опити започнахме постепенно да „омекотяваме“ завоите, като целта ни беше колкото по-близо се намира робота до линията завоя да е по-плавен и колкото повече се отдалечава от линията завоя да става по-остър. На е показана графика на резултатите от първоначалния тест, междинния тест и теста с крайни резултати.

4.3. Експерименти и резултати при изпълнение на задачата следене на линия, и проследяване на обект използвайки интелигентна камера HUSKYLENS

След изследвания на поставените задачи бяха извършени тестове на описаните алгоритми.

За изпълнение на тази задача първоначално зададохме максимално допустима ниска скорост на двигателите, наклонихме камерата под произволен ъгъл спрямо равнината върху която е разположена линията и поставихме робота на прав участък от линията, След като стартирахме робота той веднага напусна линията и прекрати своето движение. Тъй като ъгълът който камерата сключваше с равнината с линията беше много малък зрителното поле се увеличи и камерата обхвана освен правия участък върху който се намираше робота и част от завой. Стрелката се отмести в посока на завоя, това заблуди робота и той започна да завива въпреки, че се намираше върху права линия.

След корекции на ъгъла на камерата и експерименти достигнахме до оптимален ъгъл от 45 градуса. Роботът успешно изпълни задачата си.

След успешното изпълнение на задачата зададохме максимална скорост на двигателите и проведохме нов експеримент. При тези стойности скоростта на робота беше прекалено висока и той напускаше линията при завиване. Започнахме постепенно да намаляваме скоростта на двигателите до успешен резултат.

При експеримента за проследяване на обект първоначално избрахме минимално разстояние между целевия обект и робота и въведохме размера на обекта като константна величина. При това разстояние робота трябва да остава неподвижен. Той не може да се доближи до обекта на разстояние по-малко от минималното. Когато отдаличихме обектът, който проследяваме той намали размерите си спрямо екрана на камерата. Роботът се опита да компенсира това смаляване на обекта спрямо екрана на камерата, като започна движение в посока обекта. Когато започнахме да отместване обекта в ляво или дясно, роботът започна да завива към обекта, компенсирайки това отместване. Остротата на завоя който извършваше робота зависеше от степента на отместване на целевия обект. В този алгоритъм оста Y на екрана на камерата не ни интересуваше тъй като роботът се движи в двумерно пространство. За правилното изпълнение на задачата взехме под внимание само отместването на обекта спрямо оста X на екрана на камерата и изтеглянето му в дълбочина.

4.4. Експерименти и резултати на задачата за телеуправление на мобилен робот при използването на различни системи за управление

При телеуправлението на робота посредством IR предавател-приемник робота успешно изпълни теста. Робота изпълняваше точно командите и се движеше в избраните от оператора посоки.

При метода с използване на управляваща уредба с Джойстик и приемо-предавателните модули nRF24L01 робо-платформата се справи отлично с поставената задача. Сигнала беше достатъчно силен и робота изпълняваше точно командите на оператора при неограничена пряка видимост.

При следващия метод за телеуправление на робота посредством двупосочна комуникация с използване приемо-предавателен модул 433MHz и пулт за управление с бутони, робота също се справи с поставената задача. Изпълняваше командите точно в периметър от около 100м, което е напълно достатъчно за поставената цел.

4.5. Експерименти и резултати при сравнителния анализ на мобилни роботи изпълняващи определени задачи при различен тип навигация.

Мобилния робот с диференциално задвижване на колелата се движи с 0.4м в секунда. Това означава, че за изминаването на една отсечка с дължина 2м са му необходими 5сек. За извършване на маневра, завой на 90 градуса му е необходима 1 сек. За придвижването му от точка **A** до точка **B** му бяха необходими 23сек.

Мобилния робот с месаним колела има едно предимство. Той е всепосочен робот и за извършване на маневри, не му се налага да завива, тъй като може да се движи настрани и в диагонал. Но той има и недостатък. Поради специфичното раположение на ролките на колелата под ъгъл 45 градуса, те имат по-голямо триене и затова скоростта на робота е по-ниска 0.36м/сек.

За експеримента придвижване от точка **A** до точка **B**, преодолявайки предварително недефинирани препятствия, бе построено трасе с размери 4500ммX3500мм. Трасето има един вход и един изход. В затвореното пространство са разположени предварително недефинирани препятствия с размери 700ммX50мм. Експеримента се проведе на базата на съставените алгоритми.

Мобилния робот с месаним колела измина същото разстояние със скорост 036м/сек. Тъй като е всепосочен робот и на него не му е необходимо да завива, за преодоляване на трасето той извърши само праволинейни движения (движение в права посока, движение в ляво и дясно). Той изпълни задачата за 25.28 сек.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дисертационния труд са разгледани някои от основните проблеми при учебните мобилни роботи. Засегнатите проблемни области са следните: локализация, навигация, телеуправление, компютърно зрение при управление, навигация, разпознаване на QR кодове и обекти и интерфейси за управление на учебни роботи.

В процеса на работа са проведени изследвания и създаване на методи, алгоритми и системи за управление на учебни роботи. Провеждането на тези изследвания допринася за развитието на учебните роботи, като подобрява и разширява техните възможности за изпълнение на различни по сложност задачи. Това показва, че целта на дисертацията е изпълнена.

Разработени са методи, техники и алгоритми за подобряване и реализиране на поставените задачи. След провеждане на експерименти, постигнатите резултати показват добри постижения в разгледаните проблемни области. Подобрена е точността и скоростта на движение при навигацията, компютърното зрение за следене на линия и разпознаване на обекти и QR кодове. Разработени са иновативни методи за телеуправление на роботите. Резултатите от експериментите удовлетворяват решението на поставените задачи за изпълнение.

Авторска справка

Основните научно-приложни приноси на настоящата дисертация са:

1. Анализирани са състоянието и развитието на научните изследвания и проблемите в областта на уяебната роботика. Изследвани са методи за подобряване на локализация и навигация при учебните мобилните работи, като алгоритми за работа в реално време, коригиране на систематичната и несистематичната грешки и подобряване управлението на моторите;
2. Реализирани са и изследвани методи и алгоритми за робот преодоляващ препятствия, търсец изход от лабиринт, изход от затворено пространство и следене на линия.
3. Реализирани са и изследвани методи и алгоритми за телеуправление на робот, чрез различни устройства.
4. Реализирани са и изследвани методи и алгоритми за робот извършващ навигация посредством интелигентна камера HUSKYLENS..
5. Направен е сравнителен анализ на работи с различен тип навигация и системи за управление.

Благодарности

Благодаря на своя научен ръководител проф. д-р Найден Шиваров, за ползотворната съвместна работа, за всички съвети, препоръки и градивните критики, които отпрати. без които настоящата дисертация не би се случила.

Благодаря на „Мрежа от ИКТ Клубове по Роботика“, ЕРАЗЪМ +, ключова дейност 2, Професионално образование и обучение.

Литература

- [1]. Definition of 'robot'. Oxford English Dictionary. Retrieved 27 November 2016
- [2]. robot. // Yahoo! Education. Yahoo!, 2010. Retrieved September 9, 2010. Archived from the original on 2012-04-10 at the Wayback Machine.
- [3]. Robot Dreams: The Strange Tale Of A Man's Quest To Rebuild His Mechanical Childhood Friend. // The Cleveland Free Times.
- [4]. Schaut, Scott. Robots of Westinghouse: 1924-Today. Mansfield Memorial Museum, 2006. ISBN 0978584414..
- [5]. Holland, Owen. The Grey Walter Online Archive. // 2008-10-09 в Wayback Machine.
- [6] . Robot Hall of Fame – Unimate. // Carnegie Mellon University.2011-09-26 в Wayback Machine.
- [7]. Alex Goody (2011). Technology, Literature and Culture: Themes in twentieth and twenty-first-century literature and culture. Polity. p. 136. ISBN 978-0-7456-3954-3.
- [8]. Sarkar 2006, page 97

- [9]. A. P. Yuste. Electrical Engineering Hall of Fame. Early Developments of Wireless Remote Control: The Telekino of Torres-Quevedo,(pdf) vol. 96, No. 1, January 2008, Proceedings of the IEEE
- [10]. H. R. Everett, *Unmanned Systems of World Wars I and II*, MIT Press - 2015, pages 91-95.
- [11]. 1902 – Telekine (Telekino) – Leonardo Torres Quevedo (Spanish)". 17 December 2010
- [12]. Williams, Andrew (16 March 2017). *History of Digital Games: Developments in Art, Design and Interaction*. CRC Press. ISBN 978-1-317-50381-1.
- [13]. Ashok K. Hemal; Mani Menon (2018). *Robotics in Genitourinary Surgery*. Springer. p. 4. ISBN 978-3-319-20645-5.
- [14]. "R.U.R. (Rossum's Universal Robots)". Archived from the original on 26 August 2007. Retrieved 26 August 2007
- [15]. Hemal, Ashok K.; Menon, Mani (2018). *Robotics in Genitourinary Surgery*. Springer. p. 8. ISBN 978-3-319-20645-5.
- [16]. Robot Dreams : The Strange Tale of a Man's Quest To Rebuild His Mechanical Childhood Friend". The Cleveland Free Times. Archived from the original on 21 November 2008. Retrieved 25 September 2008. .
- [17]. Hemal, Ashok K.; Menon, Mani (2018). *Robotics in Genitourinary Surgery*. Springer. p. 7. ISBN 978-3-319-20645-5
- [18]. Waurzyniak, Patrick (July 2006). "Masters of Manufacturing: Joseph F. Engelberger". *Society of Manufacturing Engineers*. **137** (1). Archived from the original on 9 November 2011. Retrieved 25 September 2008
- [19]. obot Hall of Fame – Unimate". Carnegie Mellon University. Archived from the original on 26 September 2011. Retrieved 28 August 2008.
- [20]. "Computer History Museum – Timeline of Computer History". Retrieved 30 August 2007
- [21]. Handbook of Digital Human Modeling: Research for Applied Ergonomics and Human Factors Engineering, Chapter 3, pages 1-2
- [22]. Colligan, Douglas (30 July 1979). *The Robots Are Comming*. New York Magazine
- [23]. "The Robot Hall of Fame : AIBO". Archived from the original on 6 September 2007. Retrieved 31 August 2007.
- [24]. "2history". Archived from the original on 12 October 2007. Retrieved 31 August 2007
- [25]. . "Something's Fishy about this Robot". Retrieved 1 September 2007
- [26]. "ASIMO". *Honda Worldwide*. Retrieved 20 July 2010.

- [27]. "The Robot Hall of Fame : Mars Pathfinder Sojourner Rover". Archived from the original on 7 October 2007. Retrieved 1 September 2007.
- [28]. "The Honda Humanoid Robots". Archived from the original on 11 September 2007. Retrieved 10 September 2007
- [29]. "ASIMO". Honda Worldwide – Technology. Archived from the original on 30 September 2007. Retrieved 10 September 2007
- [30]. "NASA – Canadarm2 and the Mobile Servicing System". Retrieved 12 September 2007
- [31]. "Global Hawk Flies Unmanned Across Pacific". Retrieved 12 September 2007
- [32]. https://www.irobot.com/en_US/roomba.html
- [33]. "Mars Opportunity Rover Mission: Status Reports". Retrieved 31 August 2018.
- [34]. NASA Spirit Rover Completes Mission on Mars. // Jet Propulsion Laboratory, 25 май 2011.
- [35]. "Robonaut | NASA". Nasa.gov. 9 December 2013. Retrieved 8 February 2014
- [36]. <https://www.tesla.com/> "Lane Departure Warning & Lane Keeping Assist". Consumer Reports. Retrieved 4 October 2022
- [37]. "Tesla Autopilot Archives". Electrek. Retrieved 4 October 2022
- [38] Hu, J.; Bhowmick, P.; Lanzon, A., "Group Coordinated Control of Networked Mobile Robots with Applications to Object Transportation" IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2021.
- [39]. "Robotics-related Standards Sites". European Robotics Research Network. Archived from the original on 17 June 2006. Retrieved 15 July 2008
- [40]. Adrian (6 September 2011). "AIMEX blog – Autonomous mining equipment". Adrianboeing.blogspot.com. Archived from the original on 18 December 2013. Retrieved 8 February 2014
- [41]. Foust, Jeff (16 January 2012). "Review: Space Probes". Archived from the original on 31 August 2012. Review of Space Probes: 50 Years of Exploration from Luna 1 to New Horizons, by Philippe Séguéla Firefly, 2011
- [42]. "Dante II, list of published papers". The Robotics Institute of Carnegie Mellon University. Archived from the original on 15 May 2008. Retrieved 16 September 2007
- [43]. Beasley, Ryan A. (12 August 2012). "Medical Robots: Current Systems and Research Directions". Journal of Robotics. 2012: 1–14. doi:10.1155/2012/401613
- [44]. "America's Robot Army". Popularmechanics.com. 18 December 2009. Archived from the original on 5 February 2010. Retrieved 8 February 2014
- [45]. Barnard, Jeff (January 29, 1985). "Robots In School: Games Or Learning?". Observer-Reporter. Washington. Archived from the original on September 22, 2015. Retrieved March 7, 2012

- [46]. "Nanobots Play Football". Techbirbal. Archived from the original on 3 April 2013. Retrieved 8 February 2014
- [47]. "Swarm". iRobot Corporation. Archived from the original on 27 September 2007. Retrieved 28 October 2007
- [48]. Corley, Anne-Marie (September 2009). "The Reality of Robot Surrogates". spectrum.ieee.com. Retrieved 19 March 2013
- [49]. https://www.antdriven.com/autonomous-mobile-robots?gad=1&gclid=CjwKCAjw3ueiBhBmEiwA4BhspLiDW--91HCKTrocdBno6ZzZ9sFZqakZDQZGHY8TXvmvIC6gSvYJ6BoCuhAQAuD_BwE
- [50]. <https://www.iberdrola.com/innovation/educational-robots>
- [51]. <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/educational-robot-market>
- [52]. <https://onpassive.com/blog/the-growing-trend-of-robotics-in-the-educational-sector/>
- [53]. <https://www.pi-top.com/blog/emerging-trends-in-robotics-education>
- [54]. https://en.wikipedia.org/wiki/Omni_wheel
- [55]. https://en.wikipedia.org/wiki/Mecanum_wheel#Use
- [56]. <https://www.intechopen.com/chapters/51927>
- [57]. <https://www.abdynamics.com/en/products/track-testing/driving-robots/steering-robots>
- [58]. DE 2354404, Ilon Bengt Erland, "Rad Fuer Ein Laufstabiles, Selbstfahrendes Fahrzeug", issued 1974-05-16
- [59]. "1997 Discover Awards". Discover Magazine. Retrieved 22 September 2011
- [60]. L. Bruzzone et al. Review article: locomotion systems for ground mobile robots in unstructured environments Mech. Sci.(2012)
- [61]. "Robot Kits for Kids : mBot | Makeblock - Global STEAM Education Solution Provider". Makeblock. Archived from the original on November 4, 2019. Retrieved November 5, 2019
- [62]. Robo Wunderkind robot kit for kids. In: Geeky Gadgets. 23. Oktober 2019, abgerufen am 11. August 2020 (amerikanisches Englisch)
- [63]. <https://www.iberdrola.com/innovation/educational-robots>
- [64]. Education, LEGO. "Python for EV3". education.lego.com. Retrieved April 21, 2020.
- [65]. <https://robotsguide.com/robots/nao>
- [66]. <https://store.arduino.cc/products/arduino-nano>

- [67]. <https://www.amazon.com/Arduino-Research-Electronic-Products-Electric/dp/B099NMFHPS>
- [68]. <https://www.sparkfun.com/products/15569>
- [69]. <https://www.sparkfun.com/products/14451>
- [70]. <https://top-bg.com/products/baterii/litievo-ionni-akumulatorni-bateriya-3-7v/litievo-ionni-baterii-18650-3-7v-li-ion.html>
- [71]. <https://store-usa.arduino.cc/products/arduino-mega-2560-rev3>
- [72] <https://www.okystar.com/product-item/rus-04-ultrasonic-module-okyn3260/>
- [73] . <https://components101.com/motors/servo-motor-basics-pinout-datasheet>
- [74]. https://wiki.dfrobot.com/HUSKYLENS_V1.0_SKU_SEN0305_SEN0336
- [75]. <https://ai2.appinventor.mit.edu/#6103273051127808>