

Българска академия на науките
Институт по информационни и комуникационни технологии
Секция: „Киберфизични системи“

автор: маг. инж. Станислав Йовчев Йовков

ДИСЕРТАЦИЯ

за получаване на образователна и научна степен „ДОКТОР“

**Тема: Многофункционална учебна мобилна
роботизирана платформа**

научна област:	5. Технически науки
професионално направление:	5.2 Електротехника, Електроника и Автоматика
Докторска програма:	„Автоматизирани системи за обработка на информация и управление“
научен ръководител:	проф. д-р Найдено Шиваров

Българска Академия на Науките – София, *месец*, 2023

Благодарности

Благодаря на своя научен ръководител проф. д-р Найдено 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.

Съдържание

Увод	5
ГЛАВА 1. Литературен обзор	8
1.1. Дефиниция и класификация на учебните работи	8
1.1.1. Дефиниция за робот. Исторически факти	9
1.1.2. Дефиниция за мобилен робот	20
1.1.3. Класификация на мобилните работи според предназначението им	20
1.1.4. Класификация на мобилните работи според метода на навигация	27
1.1.5. Дефиниция за учебен робот и учебна роботика	28
1.2. Прогнози за развитието на учебната роботика през последните години	29
1.2.1 Пазарен дял на учебна работи. Прогноза за глобалните тенденции в индустрията	29
1.2.2. Проучване на учебна потенциал на учебната роботика	30
1.2.3. Ползите на учебната роботика в образованието	31
1.2.4 Роля и предимства на програмата STEM в учебната роботиката	35
1.3. Видове мобилни работи според задвижването им	35
1.3.1. Видове колесни мобилни работи.	37
1.3.2. Роботи с кормилна уредба (Автомобилни WMRs)	41
1.3.3 Холономни мобилни работи с mecaenum и omnidirectional колела.....	42
1.3.4. Многофункционални хибридни работи	47
1.3.5. Видове колесни мобилни работи.....	47
1.4. Роботи изпълняващи различни задачи.....	51
1.4.1. Робот избягващ препятствия	51
1.4.2. Робот търсещ изход от лабиринт	51
1.4.3. Робот следящ линия	52
1.5. Примери за работи използвани в класната стая.....	52
ГЛАВА 2. Алгоритми за изпълнение на различни задачи при автономен режим на работа на учебна мобилна платформа.....	55
2.1. Алгоритми за изход от лабиринт и избягване на препятствия	55

2.1.1 Основни цели и задачи	55
2.1.2. Хардуер (сензори, драйвери, контролери, двигатели)	56
2.2.3. Алгоритми и блок-схеми	58
2.2. Алгоритми за следене на линия и преодоляване на предварително недефинирани препятствия	63
2.2.1 Основни цели и задачи	64
2.2.2. Хардуер (сензори, драйвери, контролери, двигатели).....	65
2.2.3. Алгоритми и блоксхеми	67
2.3. Учебна Мобилна Платформа NITRObot	69
2.3.1. Основни цели и задачи	69
2.3.2. Хардуер (сензори, драйвери, контролери, двигатели)	70
2.3.3. Алгоритми и блок-схеми	73
2.4. Сравнителен анализ на алгоритите на учебни мобилни роботи при изпълнението на определени задачи	76
2.4.1 Основни цели и задачи	76
2.4.2. Хардуер (сензори, драйвери, контролери, двигатели).....	75
2.4.3. Алгоритми и блоксхеми	79
2.5. Машинно зрение	85
2.5.1. Интелигентна камера HuskyLens	86
2.5.2. Разпознаване на лица.....	88
2.5.3. Проследяване на линия, цели и задачи, алгоритми и блок-схеми	90
2.5.4. Проследяване на обекти, цели и задачи, алгоритми и блок-схеми	93
ГЛАВА 3. Телеуправление на учебни мобилни роботи	95
3.1. Дефиниция за телеуправление.	95
3.2. Телеуправление на учебна мобилна платформа, алгоритми и блок-схеми	96
3.3. Телеуправление чрез използването на Андроид приложението MIT Application Invertor	99
ГЛАВА 4. Експерименти и анализ на получените резултати.....	102
4.1. Експерименти и резултати при изпълнение на задачата избягване на препятствия и изход от лабиринт	102
4.2. Експерименти и резултати при изпълнение на задачата следене на линия	104

4.3. Експерименти и резултати при изпълнение на задачата следене на линия и проследяване на обект използвайки интелигентна камера HUSKYLENS	106
4.4. Експерименти и резултати на задачата за телеуправление на мобилен робот при използването на различни системи за управление	107
4.5. Експерименти и резултати при сравнителния анализ на мобилни роботи изпълняващи определени задачи при различен тип навигация	108
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	109
НАУЧНО-ПРИЛОЖНИ ПРИНОСИ	110
БИБЛИОГРАФИЯ	110
Декларация за оригиналност	115
Публикации по дисертационната тема	116

Увод

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.

Настоящата дисертационна работа е структурирана както следва:

ГЛАВА 1: 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

ГЛАВА 2: В тази глава са засегнати методите на навигация на учебните работи.. Представени са алгоритмите на поставените задачи. Описан е хардуера (сензори, драйвери, контролери, двигатели). Направен е сравнителен анализ на алгоритмите на учебните мобилни работи при изпълнението на определени задачи.

ГЛАВА 3: В тази глава са засегнати методите на телеуправление на учебните работи. Представени са алгоритмите на поставените задачи.

ГЛАВА 4: В тази глава са представени експериментите върху поставените задачи. Като търсене на изход от лабиринт, следене на линия, избягване на препятствия, теле-управление и навигация при използване на интелигентна камера HUSKYLENS. Разгледани са проблемите и са направени изводи от проведените експерименти.

ГЛАВА 1. Литературен обзор.

1.1. Дефиниция и класификация на учебните мобилни работи.

1.1.1. Дефиниция за робот. Исторически факти

Роботът е автономно управляема машина, която автоматично изпълнява предварително поставени задачи. Тези задачи се изпълняват с помощта на електронен хардуер и инструкции програмирани чрез предварително зададен софтуер[1]. Главните структурни компоненти на един робот са:

- механична конструкция. При мобилните работи става въпрос за шаси оборудвано със колела, вериги, двигатели, сензори, интелигентни камери и др.
- система за управление.

Роботите обикновено се използват за заместване на човека при изпълнение на еднообразни, прекалено трудни, или застрашаващи здравето на човека задачи. Най-често срещани са индустриалните работи, които се използват в леката и тежката промишленост, но постепенно се появяват и сервизни работи помагащи домакинството, като работи почистващи пода или работи косящи трева. Роботите имат и други приложения, като изследователска дейност в океаните и космоса, медицински работи, както и специализирани военни работи, откриващи опасни или взривни вещества. В последно време роботите все по-често намират приложение в училищата, университетите и развлекателната индустрия.[2]

Първият робот използван за полезна работа е създаден през 1926 година от Уестингхаус Електрик Корпорейшън създава Телевокс. По късно те създават хуманоидният Електро[3][4]. През 1948 –1949 г. са създадени първите електронни автономни работи. Устройствата Елмър и Елзи, могат да усещат светлина и

допир до външни предмети и да използват тези сигнали, за да се ориентират при придвижване[5].

Първият съвременен робот е създаден през 1954 година, Негов създател е американец Джордж Девол. Робота е програмируем и с цифрово управление. [6].

1900 г.

В книгата си „*Прекрасният магьосник от Оз*“ (1900) Л. Франк Баум разказва историята на киборга Тенекиен дървар , чиито крайници, са били заменени от калайджия, след като неговата зла брадва ги е отрязала. През (1907 г.) Баум описва часовников механизъм Тик-Ток , който трябва непрекъснато да се навива и прекъсва в неподходящи моменти[7].

През 1903 г. испанският инженер Леонардо Торес Кеведо въвежда система за управление, наречена " *Телекино* "[8]. Торес разработва система за управление на механични или електрически устройства с множество състояния на работа[9]. . През 1905 г. Торес провежда тестване на *Telekino* в електрическо триколесно сухопътно превозно средство[10]. През 1906 г., Торес демонстрира изобретението в пристанището на Билбао, насочвайки лодка от брега с хора на борда, която се контролира на разстояние над 2 км [11].

1910

През 1912 г. Леонардо Торес Кеведо създава автономна машина играеща шах. .Машината (The Chessplayer) играе шах използвайки системата ендшпил с три шахматни фигури , като автоматично премества бял поп и топ , за да матира черния цар, преместен от човешки противник[12]. През 1951 г. Savielly Tartakowerна е победен.

1920

През 1921г. чешкият писател Карел Чапек използва терминът „робот“ в сатиричната си пиеса *RUR* (Universal Robots на Rossum). В пиесата роботите са представени като биологични същества, които извършват всякакъв неприятен ръчен труд[13]. Самата дума е създадена от брат му Йозеф от чешката дума *robota* или „труд“[14].

През 1927 г. е представен Gakutensoku, който е най-известният японски роботизиран автомат за времето си. Той е задвижван от сгъстен въздух и може да пише гладко и да повдига клепачите си[15].



Фиг 1.1. Робот Gakutensoku

1930

Първите индустриални роботи са проектирани в Съединените щати. На Световното изложение през 1939 г. е представен хуманоидният робот Elektro,[16]. Той е с габарити 2.1м височина и тежи 120 кг. Elektro е способен да ходи посредством гласови команди и да изговаря около 700 думи. Може също да надува балони и да движи главата и ръцете си. Тялото му се състои от стоманен скелет, покрит с алуминий. Същата година е конструиран първия програмируем електромеханичен компютър, полагащ основата за изграждането на хуманоидна машина, която сега се смята за робот. [60]. Негов създател е Конрад Цузе.



Фиг 1.2. Хуманоиден робот Elektro: 2.1м височина и тежест 120кг.

1940

През 1941 и 1942 г. Айзък Азимов въвежда думата „роботика“ и формулира Трите закона на роботиката[17].

Две години по-късно през 1948 г. Уилям Грей Уолтър от Неврологичния институт Бърдън в Бристол, Англия създава първите електронни автономни роботи със сложно поведение. Първите му роботи, наречени Елмър и Елси. Триколесните роботи костенурки са били способни да намерят пътя си до станция за презареждане, когато батерията им се изтощи.

1950

Първият цифрово управляван и програмируем робот Unimate е изобретен от Джордж Девол през 1954 г. Той представлява основата на съвременната роботизирана индустрия[18].

В средата на 50-те години започва внедряване на транзисторите в компютрите. Това намалява техния размер и повишава производителността. Така изчисленията и програмирането могат да бъдат включени в набор от приложения, включително автоматизация.

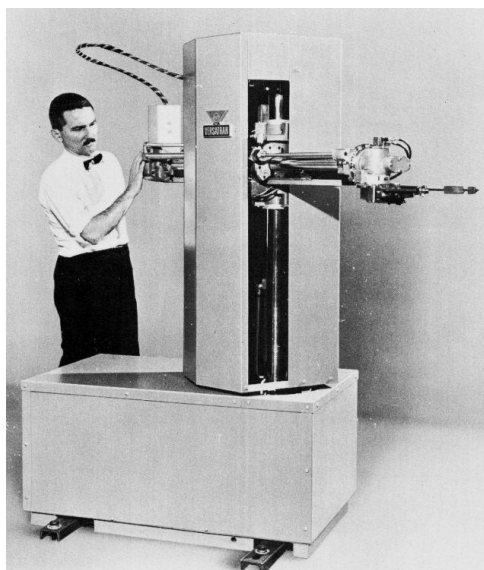


Фиг 1.3. Робот Unimate

1960

През 1960г. General Motors изкупува от Devol първият цифрово управляван и програмируем робот Unimation. Той е инсталиран през 1961 г. в завод в Ewing Township, Ню Джърси. Неговата задача е повдигнето на горещи парчета метал от машина за леене под налягане и поставянето им в охлаждаща течност[19].

През 1963 г. Станфордския университет закупува компютърно контролираната ръка Тази ръка. е разработена с цел за подпомагане на пациенти с увреждания в болница Rancho Los Amigos в Дауни, Калифорния. През 1967г. в Япония е пуснат в употреба първият индустриален робот. Роботът Versatran е разработен от American Machine and Foundry. През 1968г. е пуснат в производство от Kawasaki Heavy Industries хидравличен робот, проектиран от Unimation. Марвин Мински създава Tentacle Arm през 1968 г.; робота представлява рамо се управлявашо от компютър и дванадесет стави се задвижвани от хидравлика. Година по-късно студентът по машинно инженерство Виктор Шайнман създава Станфордската ръка[20].



Фиг 1.4. Роботът Versatran

През 1970 г. Станфордския изследователски институт създава първият мобилен робот, който е способен да разпознава заобикалящата го среда.. Роботът Shakey използва телевизионни камери, множество сензори за навигация и лазерни далекосъобщаващи.



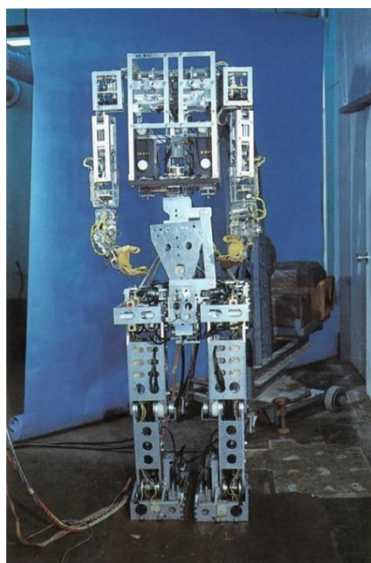
Фиг 1.4. Роботът Shakey

1970

През 70-те години на миналия век започва разработката на умни оръжия. Оръжията стават роботизирани чрез прилагане на терминално насочване. По време на войната във Виетнам се дава началото на използването на бомби с лазерно насочване. За да намерят целта си, те следват лазерен лъч, който е насочен към обекта за поразяване.

Развитието на хуманоидни роботи напредва значително през 70-те години на миналия век. През 1967 г Японския университет Waseda проектира WABOT, а през 1972 г. завършва WABOT-1, първият в света пълно-мащабен хуманоиден интелигентен робот. Той е способен да ходи и да хваща и транспортира предмети с ръце. Неговата

система за зрение му позволява да измерва разстояния и посоки до обекти, използвайки външни рецептори и изкуствени очи. Неговата система за разговор му позволяваше да общува с човек на японски. Това го направи първият андроид[21].



Фиг 1.4. Роботът WABOT-1

През 1974 г. е създаден учителят робот Leachim, който имаше способността да синтезира човешка реч. Този робот е създаден с учебна цел. Програмиран е да преподава. Leachim и е тестван в класна стая на ученици от четвърти клас в квартал Бронкс в Ню Йорк[22].



Фиг 1.5. Роботът Leachim

През 1974 г. е проектиран робот ръка която е способна на фини движения, копиращи човешки ръце. Обратната връзка на The Silver Arm, е оборудвана със сензори за допир и натиск които се анализират от компютър. През 1978 г. е създадена роботизираната ръка SCARA. Тя е базирана на 4-осна система и се използва за събиране на части и поставянето им на друго място[23].



Станфордската количка успешно прекоси стая, пълна със столове през 1979 г. Разчиташе основно на стерео зрение за навигация и определяне на разстояния. Институтът по роботика към университета Карнеги Мелън е основан през 1979 г. от Радж Реди .

1980

През 1981 г. е създадена първата "ръка с директно задвижване" .Тя е новост в роботостроенето, тъй като двигателите на ръката са разположени в самия робот, елиминирайки дългите предавки.

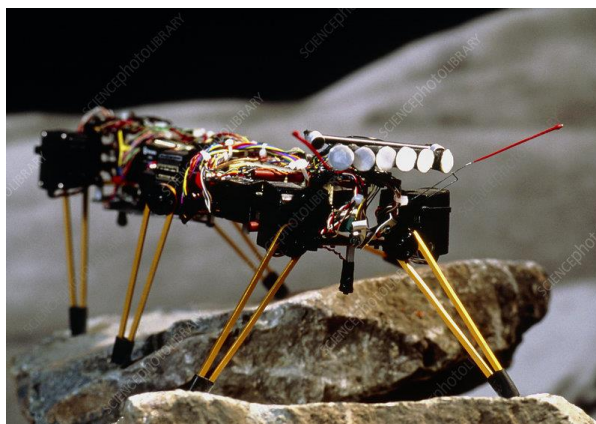
През 1984 г. беше открит Wabot-2; способен да свири на орган, Wabot-2 имаше 10 пръста и два крака. Wabot-2 успя да прочете партитура и да акомпанира на човек[24].



Фиг 1.4. Роботът WABOT-2

В средата на 80-те Honda започва програма за изследване и развитие на хуманоидни роботи, Целта на концерна е създаването на роботи, взаимодействащи успешно с

хората. През 1989 г. Масачузетския технологичен институт създава хексаподален робот на име Genghis. Той използва 4 микропроцесора, 22 сензора и 12 сервомотора. Създаването на такъв робот е бързо и евтино. Той е лек, с малки размери и може да се използва за изследване на планети.



Фиг 1.5. Роботът Genghis

1990

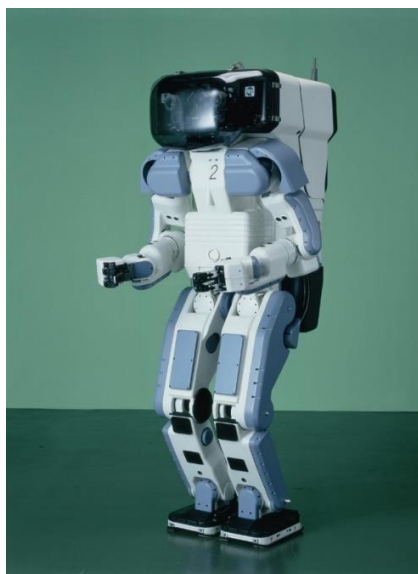
През 1991 г. Джон Р. Адлър изобретява киберножът. Киберножът се използва за лечение на пациенти с мозъчни или гръбначни тумори.

През 1996 г докторанта Дейвид Барет от Масачузетския технологичен институт построява биометричният робот RoboTuna за да проучи как рибите плуват във вода. RoboTuna е проектиран да плува и прилича на червен тон[25].



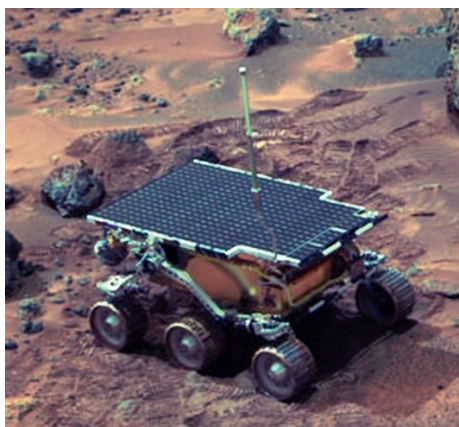
Фиг 1.6. Robotuna

През 1996 г Honda представя хуманоидният робот P2. Той е висок 1,8 м, по-малък е от своите предшественици и движенията му са подобни на човешките[26].



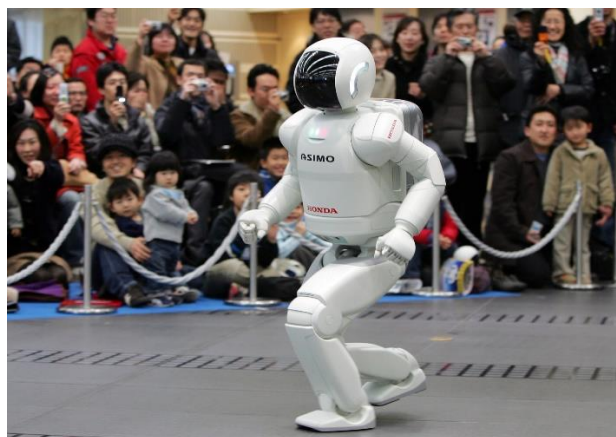
Фиг 1.7. Роботът P2

На 4 юли 1997 г. марсоходът Sojourner каца на Марс и изучавала планетата близо 3 месеца . Този малък робот тежи само 10,5 kg. и извършва полуавтономни операции на повърхността на Марс като част от мисията Mars Pathfinder. Sojourner е оборудван с програма за избягване на препятствия и може да планира и навигира маршрути за изучаване на повърхността на Марс[27].



Фиг 1.8. марсоходът Sojourner

В края на 90-те Honda и Sony са световни лидери в производството на роботи. Компанията Honda продължава проекта по изграждането на хуманоидни роботи и през 1998 г. представя новата версия на робота P2, хуманоидния робот P3[28]. През 1999 г. Sony представи роботизираното куче AIBO , което е способно да взаимодейства с хора. През 2000 г., Honda представя своя хуманоиден робот наречен ASIMO . Той може да тича, да ходи, да комуникира с хора, да разпознава лица, среда, гласове и да взаимодейства с околната среда[29]. По същото време Sony представя своите Sony Dream Robots. Това са малки хуманоидни роботи предназначени за забавление. При изчисление на ООН проведено в края на 2000г. става ясно, че в света има 742 500 индустриални робота, като повече от тях се използват в Япония.



Фиг 1.9. Роботът P3

2000-те

През април 2001 г. роботизираната ръка Canadarm2 е изстреляна в орбита и прикрепен към Международната космическа станция. Canadarm2 е по-голяма от предшественика си и е „по-интелигентна“[30].



Фиг 1.10. Canadarm2

По същото време дрона Global Hawk прави първия полет без спиране над Тихия океан от базата на военновъздушните сили Едуардс в Калифорния до базата на RAAF Единбург в Южна Австралия. Полетът е трае 22 часа[31].

Популярната Roomba, роботизирана прахосмукачка, е пусната за първи път през 2002 г. от компанията iRobot [32].



Фиг 1.11. Roomba

Изстреляните през януари г. марсоходи Spirit[34] и Opportunity кацат успешно на повърхността на Марс. Opportunity (фиг1.12) работи до средата на 2018 г., преди комуникацията да бъде загубена поради голяма прашна буря[33].



Фиг 1.12. Opportunity

През 2005 г. в университетът Корнел е разработен робот съставен от блокови модули. Той е способен на самовъзпроизвеждане, тъй като е може да сглобява свои копия.

През 2005г. се появяват първите автономни автомобили.

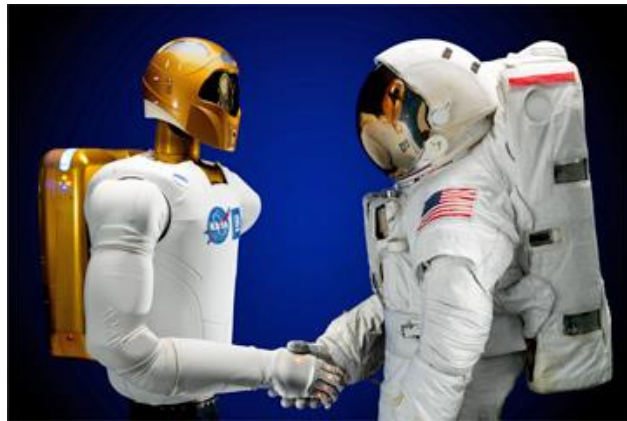
През 2005 г. Honda представя нова версия на своя робот ASIMO, актуализиран с нови възможности.

През 2007 г. ТОМУ стартира развлекателния робот, i-robot, хуманоиден двуног робот, който може да ходи като човек и изпълнява ритници и удари, както и някои забавни трикове и специални действия в „Режим за специални действия“.

2010

След 2010-те настъпва голям прогрес в производството на роботи. Този бум в развитието на технологиите предопределя широкомащабни подобрения в предназначението, сложността, мощността и гъвкавостта, както и масовото разпространение на роботи в ежедневието.

През 2011г. към Международната космическа станция е изстрелян първият хуманоиден робот Robonaut2. Той е на борда на космическата сова Discovery изпълняваща мисията STS-133. Целта е един ден хуманоидни роботи да излязат извън станцията, за да помогнат на космонавтите за извършване на ремонти или научна работа[35].



Фиг 1.13. Robonaut2

Намаляването на цената и размера на компонентите за производство на роботи довежда до внедряването на нови технологии. Дроновете (квадрокоптерите, хексакоптерите и октакоптерите) са новост в развитието на роботизирани системи. Те притежават автономна навигация и стабилизация, оборудвани са с все по-мощни сензори , в това число камери с висока разделителна способност, радари и оборудване за геодезия. До края на десетилетието цената на дроновете падна до бюджетите на любителите и те станаха все по-достъпни.

През 2010-те в развитието на изкуствения интелект с наблюдава изключителен прогрес. Капацитетът на бордовите компютри, използвани в роботите, се увеличава до такава степен, че роботите вече могат да извършват все по-сложни действия без човешко ръководство.

В същия период се наблюдава растеж на развитието на софтуер с отворен код , като много компании предлагат безплатен достъп до техния софтуер с изкуствен интелект. Типични примери за хардуер с отворен код, е Raspberry Pi и Arduino. Нараства темпа на производителност на микроконтролери , както и голям набор от електронни компоненти като сензори и двигатели , които драстично увеличиха мощността си и намаляха в цената си през този период. В комбинация със спада в цената за производство, тези компоненти позволяват на любители, студенти и ученици да създават роботи със специално предназначение, които показват висока степен на изкуствен интелект, както и да споделят дизайна си с други хора по света.

През този период започва производството на автомобили оборудвани с роботизирани системи, способни да предупреждават водача на автомобила за опасности като близост до препятствие или превозно средство или потенциално напускане на платното. Tesla[36] започва оборудването на своите превозни средства с компютърен хардуер, необходим за евентуална поддръжка на пълна софтуерна система за автопилот[37]. До края на десетилетието автономното шофиране става възможно по големи магистрали, но все още изисква човешки надзор.

Развитието на роботизирани технологии и изкуствен интелект предизвиква опасения, че с възможностите на роботите може да се злоупотребява от компаниите, които ги правят достъпни за потребителите. Защитниците на поверителността на личните данни

заявяват, че данните за интериора на домовете на потребителите, събрани от сензорите и камерите на роботизирани прахосмукачки Roomba, могат да бъдат съхранявани, споделяни и анализирани без съгласието на потребителите. По същия начин широкото разпространение на любителски дронаве оборудвани с камери с възможност за лицево разпознаване предизвиква сериозни опасения относно нарушения на правата на човека. Тъй като роботизирани системи показват способността да изпълняват все повече и повече задачи, те може да нямат моралните или етичните гаранции, необходими за гарантиране на обществената безопасност.

До края на десетилетието търговските и промишлени роботи изпълняват задачи с по-голяма точност и надеждност от хората. Тези роботи са използвани в производството, сглобяването и опаковането, транспорта, изследването на Земята и космоса, хирургията, оръжията, лабораторни изследвания и масово производство на потребителски и промишлени стоки. Ръстът на използваните роботи в индустрията, довежда до страхове за масова технологична безработица.

1.1.2 Дефиниция за мобилен робот

Мобилен робот е автономно или полуавтономно устройство, екипирано със сензори, компютърни системи и камери. Той може да се движи и функционира в различни физически среди и околни условия. Този тип роботи се използват за изпълнение на различни задачи, като мобилна навигация, обхождане на опасни за човека терени, събиране на данни, комуникация, манипулация с обекти, геодезични изследвания и други. Те се използват в различни области, включително промишленост, наука, военни операции, домашна асистенция, изследвания под вода, космически изследвания и много други. Мобилните роботи са обикновено проектирани да бъдат гъвкави и приспособими към различни среди, като същевременно се стремят да поддържат автономност при изпълнение на поставените им задачи.[38].

Този тип роботи може да има разнообразни форми на придвижване – чрез колела, крака, вериги или хибридни системи за придвижване. Те могат да бъдат управлявани дистанционно от оператор или да функционират автономно.

1.1.3. Класификация на мобилните роботи според предназначението им.

Индустриални роботи

Сложността на роботите увеличава употребата им в индустрията. Употребата им намира широко приложение в автоматизацията за масово производство, при които е необходимо непрекъснато да се повтарят определени операции по един и същ начин. Пример за използването на индустриални роботи е производството на автомобили. Те се използват в процесите на боядисване, заваряване и сглобяване на автомобили.

Целта на индустриалните роботи е да се замени еднообразната и трудоемка дейност на човека, увеличавайки продуктивността на процеса, чрез постигане на висока скорост на операцията. Индустриалните роботи са неразривно свързани с роботизирани транспортни линии, които се движат по предварително маркирани транспортни пътеки,

доставяйки необходимите части за работа. Друга широка област на използване на индустриални роботи е монтажът на електронни изделия в микро-електронната промишленост. Причината за това е голямата прецизност по време на работа, бързодействието на роботите и облекчаването на труда на хората.. Япония е страната в която роботите намират най-широко приложение, около 40%. [39].



Фиг 1.14. Индустриален робот

Минни роботи

Естеството на минната дейност изисква използването на автономни, полуавтономни или теле-управляеми роботи. 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. Големите предимства на тези съоръжения налага разработването на все по-модерни минни роботи.[40].



Фиг 1.15. Минен робот

Разузнавателни роботи

Тези роботи 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. Един от примерите за използване на подобен тип роботи „Миниробо“ е аварията в АЕЦ Фукушима, възникнала след мощно земетресение последвано от унищожителни вълни цунами. По работата върху авариралите реактори са използвани два вида роботи.



Фиг 1.16. Разузнавателен робот

Космически роботи

В последните години роботизирани системи намират шитоко приложение в космоса. На помощ на космонавтите са разработени хуманоидни роботи и роботи ръце.

През април 2001 г. роботизираната ръка Canadarm2 е изстреляна в орбита и прикрепен към Международната космическа станция. Към тази роботизирана ръка е прикрепен нея Декстър (манипулатор за специални цели), които се използват за товарно-разтоварни дейности и дейности извън станцията.

В началото на миналото десетилетие NASA изпраща към Международната космическа станция първият хуманоиден робот в космоса Robonaut2, произведен съвместно с General Motors. Той е на борда на космическата сова Discovery изпълняваща мисията STS-133. Целта е един ден хуманоидни роботи да излязат извън станцията, за да помогнат на космонавтите за извършване на ремонти или научна работа. Той има дълги човекоподобни ръце, с които да използва същите инструменти като хората от станцията. Робонавт 2.

Изследването на отдалечени космически обекти (планети, сателити, астероиди, комети и др.), се извършва с управлявани от Земята роботизирани комплекси. Проблем в този случай е голямото време необходимо за предаване на сигнала до даден космически обект и обратно. Затова автономните функции на такъв робот трябва да са възможно максимални[41].



Фиг 1.17. Robonaut2

Персонални роботи

Първите персонални роботи помощници извършват прости операции като почистване на прах или косене на трева. С помощта на лидар технологията те правят карта на околния терен и успешно навигират около препятствия. Пример за персонални роботи са Scooba и Roomba, производство на iRobot, Robomower на Friendly Robotics и Automower на Electrolux.

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



Фиг 1.18. Aibo

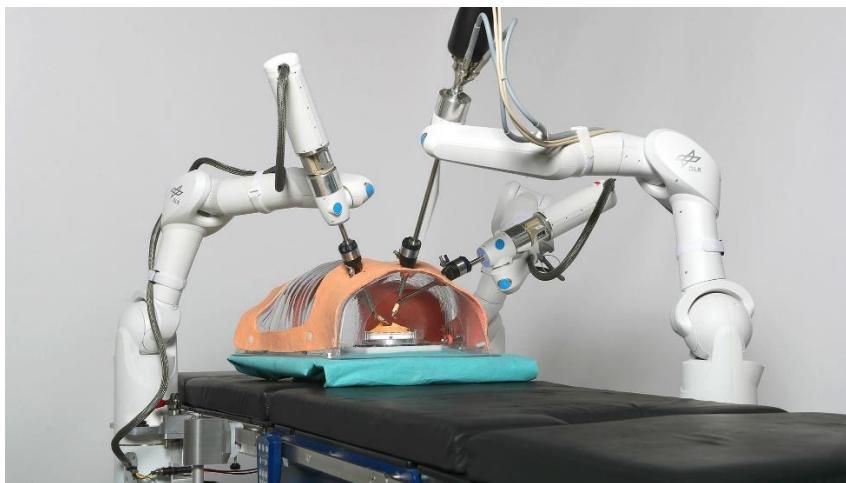
Медицински роботи

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

В развитите страни като САЩ и Германия се използва (Da Vinci Surgical System). Тази Хирургичната система е робот, който помага на хирурзите да извършват различни операции, като гинекологични и урологични операции, операции на шията и главата,

сърдечни и общи операции. Da Vinci използва малки разрези и е по-малко травматичен за тялото на пациента, което води до по-малко болка, по-малко усложнения и по-кратко време за възстановяване. Тези операции се извършват чрез дистанционно управление от хирург, който се намира в същото помещение и наблюдава извършваните от робота манипулации.

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



Фиг 1.19. Медицински робот

Военни роботи

Военните роботи 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.

Началото на разработката на военните роботи датира след Втората световна война и по времето на Студената война. По-популярни са германските верижни мини Goliath и съветските теле-танкове. Въвеждането на дрона MQ-1 Predator дава началото на първите автономни въздушни роботи за събиране на разузнавателна информация".

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

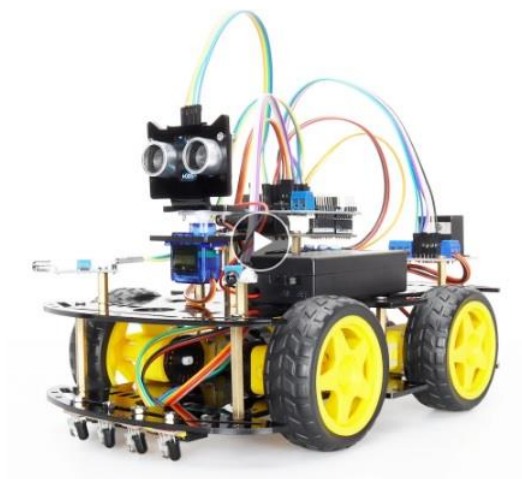


Фиг 1.20. Военен робот

Учебни роботи и роботи за състезания

Учебните роботи 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. Те са създадени с цел да подкрепят и насърчават процеса на учене и усъвършенстване на знанията на учащите се. Учебните роботи могат да предложат разнообразни функционалности, като следене на линия, изход от лабиринт, преодоляване на препятствия, теле-управление и както и много други.

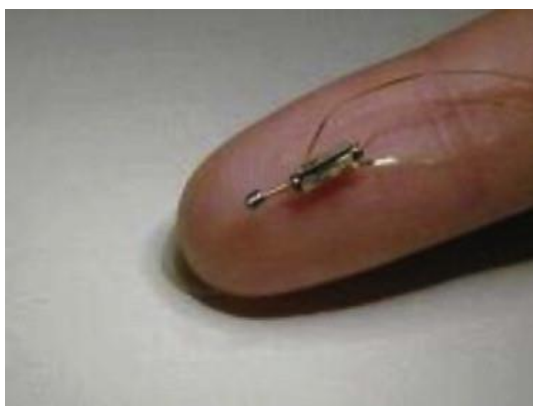
От началото на миналото десетилетие започва провеждането на международни състезания по футбол за роботи от различни категории. Това са така наречените състезания RoboCup. Целта на тези състезания, е отбори съставени от автономни мобилни роботи играещи по футбол, да победят по официалните правила на FIFA. Съществуват и редица други състезания в областта на роботиката, които са предназначени за различни научни нива и за различни цели на роботиката като скоростно преминаване през лабиринт, най бързо проследяване на линия, телеуправление през сложен маршрут и др.[45].



Фиг 1.21. Учебен робот NitroBot

Наноботи

Наноботите, са микроскопични машини или роботи, които имат миниатюрни размери, обикновено от 1 до 100 нанометра. Целта е да се създадат роботи с размерите на вирус или бактерия, които да изпълняват задачи на микрониво. Възможни области са микрохирургията (на ниво клетка). Те могат да бъдат предназначени за извършване на медицински процедури[46].



Фиг 1.22. Нанобот

Групова роботехника

Груповата робо-техника е технологичен подход към координирането на множество роботи като система, която се състои от голям брой предимно прости физически роботи. Предполага се, че желаното колективно поведение възниква от взаимодействията между роботите и взаимодействието на роботите с околната среда. Този подход се появи в областта на изкуствения интелект, както и биологичните изследвания на насекоми, мравки и други в природата, където се наблюдава поведение на рояк. Всички те работят в единство и предимството е, че със загубата на индивид не се нарушава общото изпълнение на задачата [47].



Фиг 1.23. Групова роботехника

1.1.4. Класификация на мобилните роботи според метода на навигация.

Телеупрвляеми роботи

Теле-управляемите роботи, 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 роботи могат да бъдат използвани в различни сфери и приложения, където е необходимо да се извършват действия на разстояние от оператора[48].

Примери за роботи с ръчно дистанционно управление включват:

- **Промислени роботи:** В промишлеността роботите с ръчно дистанционно управление могат да се използват за извършване на прецизни операции, контролирани от операторите, например при заваряване, рязане, боядисване и други.
- **Роботи за изследвания и ремонт:** използват се за научни изследвания, ремонтни работи или дори космически изследвания, извършване на сложни задачи на места, които са недостъпни или опасни за човек.
- **Дронове:** Безпилотните летателни апарати (дронове) са често управлявани чрез дистанционни устройства. Те се използват в различни области като фотография, видеозаснемане, изследвания, доставки и др.
- **Медицински роботи:** В медицината се използват роботи с ръчно дистанционно управление за извършване на минимално инвазивни процедури, като например хирургически работи, които помагат на лекарите да извършват операции с по-голяма прецизност.
- **Роботи за развлечения:** Някои роботи с ръчно дистанционно управление са предназначени за забавление и развлечение. Те могат да бъдат използвани в рекреативни паркове, за състезания или просто за забавление у дома.
- **Роботи използвани за военни цели,** като откриване на взривни вещества.
- **Разузнавателни роботи**

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. Способни са да анализират околната среда, да обработват информацията от сензорите си, да правят решения в реално време като се адаптират към променящите се условия, за да изпълнят целевите си задачи. Автономните роботи се използват в различни области, като промишленост, изследвания, медицина, транспорт, военни операции и други, където се изисква независимост на действие и способност за самостоятелно взимане на решения.

Автономно управляваните роботи нямат информация за местоположението си и начина за достигане на дадена цел или целева точка. Този вид роботи 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. „Локализацията на текущото му местоположение се изчислява чрез средства, като се използват лазери и системи за глобално позициониране, лидари и др.

В зависимост от степента на автономност, роботите могат да имат различни нива на способност да се адаптират към неизвестни или променящи се условия. Някои роботи с автономно управление могат да функционират напълно самостоятелно и да се справят със сложни задачи без непрекъсната човешка намеса, докато други могат да изискват по-често взаимодействие с оператора си.

Предимствата на автономните мобилни роботи са многобройни. AMRs са високоефективно транспортно решение. И те правят това, което са програмирани да правят всеки път. Със своите сравнително по малки размери от превозните средства и динамично движение, те са много подходящи за среди с ограничено пространство, като високотехнологични производствени предприятия и складови пространства

Примери за роботи с автономно управление включват безпилотни автомобили, дронове, роботи за почистване, роботи за складово управление и дори някои видове медицински роботи, които могат да изпълняват операции с минимална човешка интервенция[49].

1.1.5. 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 роботи 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 роботи..

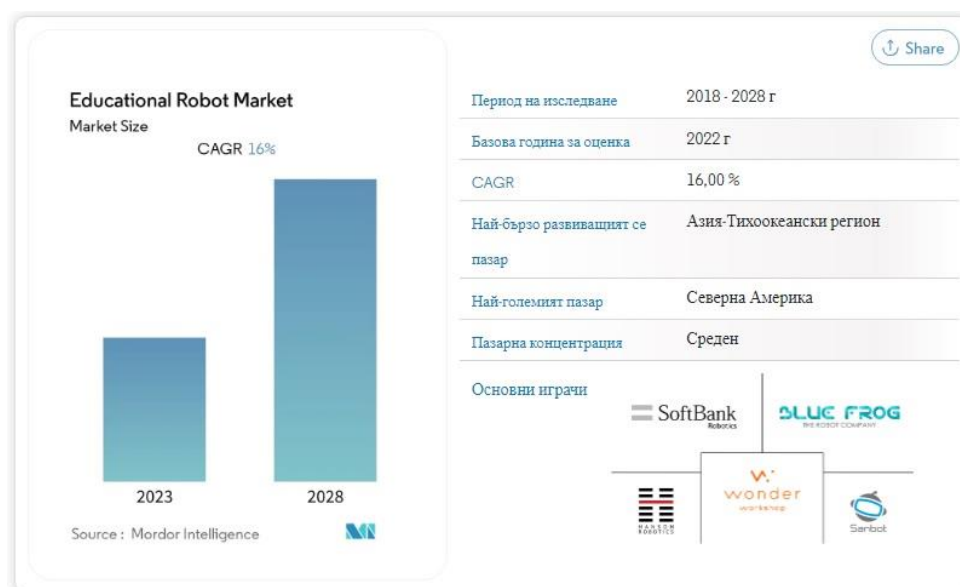
Учебната роботика преподава проектиране, анализ, приложение и работа на роботи. Учебната роботика може да се преподава от началното училище до магистърските програми. Тази дисциплина може да се използва и за мотивиране и улесняване на обучението по други, често основополагащи теми, като компютърно програмиране, изкуствен интелект или инженерен дизайн. Тя може да бъде включена в различни образователни програми, като помага за постигането на цели като подобряване на STEM (наука, технология, инженерство и математика) образованието, развиване на творческо мислене и подготовка на бъдещите поколения за съвременните технологични предизвикателства.

В случаите на детско и основно образование, учебната роботика предоставя на учениците всичко необходимо за лесно изграждане и програмиране на робот, способен да изпълнява различни задачи. Сложността на дисциплината винаги е съобразена с възрастта на учениците. Съществуват и по-скъпи роботи за ученици от средното и студенти от висшето образование[50].

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

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

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



Роботите имат възможност да учат децата, директно в домовете им или да преподават в райони, където липсват учители. Англоговорящи роботи могат да влязат в около 500 японски класни стаи през 2019 г., за да служат на тази цел. В Южна Корея робот, Roboem, преподава английски, където учителите по английски са рядкост. Играта и ученето с роботи също предлага предимства за ученици с увреждания. Роботите предоставят решение за ученици с аутизъм да практикуват социални умения без нужда от общуване с реален човек. Роботът Milo (Robokind) е пример за технология, използвана в училища и клиники за деца с разстройство от аутистичния характер.

Освен това роботите все повече се възприемат като помощници в преподаването или инструменти за усъвършенствано обучение. През 2017 г. един от учителите на Уелингтън College (Обединеното кралство) прогнозира, че изкуствено интелигентните роботи вероятно ще заменят учителя до 2027 г.

С тенденцията на нарастващите темпове на учебната роботика, учебните роботи може да бъдат все по-широко използвани за подпомагане на учебния процес:

- **Изкуствен интелект:** Развитието на изкуствен интелект може да позволи на учебни работи да се адаптират към индивидуалните нужди на учениците, да предоставят обратна връзка и да анализират тяхната активност.
- **Виртуално обучение:** Технологиите на виртуалната реалност биха могли да бъдат интегрирани в учебните работи, което би позволило на учениците да навлязат в среди на по-ефективно обучение.
- **Специализирани умения:** Учебните работи могат да се използват за развиване на умения, като програмиране, роботика, инженерство и други STEM области.
- **Роботизирано обучение:** Роботите могат да бъдат използвани като в реалната среда, като например училищата, за да демонстрират концепции и провеждат практически упражнения.
- **Адаптиране към учениците със специални нужди:** Образователните работи могат да бъдат използвани за персонализирано обучение и подкрепа на ученици с различни специални нужди, предоставяйки им по-голяма индивидуализация и възможности за развитие.
- **Конкуренция и сътрудничество:** С развитието на пазара, ще се появят нови компании, които ще се конкурират за дяла на образователния пазар. В същото време, сътрудничеството между образователни институции и технологични фирми може да доведе до по-добри и иновативни образователни решения.

Тези тенденции могат да варират в зависимост от регионални и културни различия, както и от бъдещите технологични и социални промени. За най-актуални и детайлни прогнози, препоръчвам да следвате новините в областта на образованието и технологиите след момента на моя край на знание.

1.2.2. Проучване на образователния потенциал на учебната роботика

Проучването на образователния потенциал на учебната роботика представлява важен и актуален аспект на съвременното образование. Тази дисциплина се занимава с изучаването на това как роботиката може да бъде използвана като инструмент за образование и какви са ефективните методи за обучение, които включват роботика.

Ето някои от аспектите, които изследват образователния потенциал на учебната роботика:

- **Стимулиране на интереса и мотивацията на учениците:** Учебната роботика може да предложи забавен и интерактивен начин за учене, което може да стимулира интереса и мотивацията на учениците. Работата с работи може да направи образованието по-пристъпно и увлекателно.
- **Развитие на ключови умения:** Роботиката може да помогне за развитието на редица ключови умения като проблемно решаване, логическо мислене, сътрудничество и комуникация. роботика насърчава учениците да се проявяват креативно мислене чрез проектирането и програмирането на работи за решаване на разнообразни задачи.

- **Практическо приложение:** Работата с роботи позволява на учениците да приложат теоретичните знания в реални ситуации. Това може да ги подготви за бъдещи професионални предизвикателства и да ги насочи към приложни науки и инженерство. Учебната роботика може да бъде приложена в различни области на образованието, като наука, технологии, инженерство и математика (STEM), изкуство и дизайн, и дори социални науки.
- **Мотивация за учене:** Роботиката може да помогне на учениците да видят практическите приложения на знанията си, което може да повиши тяхната мотивация за учене.
- **Подготовка за бъдещето:** Учебната роботика може да подготви учениците за бъдещето, като ги запознае с технологични иновации и тенденции и ги подготви за професионални възможности в сферата на роботиката и автоматизацията.
- **Сътрудничество и комуникация:** Мнозинството от проектите изискват работа в екип, което насърчава уменията за сътрудничество, комуникация и лидерство.
- Тези аспекти са само някои от многото предимства на включването на учебната роботика в образователните програми. Изследванията в тази област помагат да се разбере как роботите могат да бъдат ефективно интегрирани в образователните системи и как да се използват за подпомагане на учебния процес и развитието на учениците.

1.2.3. Ползите на учебната роботика в образованието

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[52]:

- **Развива компютърни умения:** Учениците усвояват основи на програмирането, което става все по-важно в съвременния свят.
- **Стимулира креативността:** Работата с роботи позволява на учениците да изразяват своята креативност чрез програмиране, дизайн и конструиране..
- **Приготвя за бъдещите предизвикателства:** Роботиката предоставя възможност за разработка на иновации и решения за реални проблеми.
- **Развиване на умения за работа в екип,** като учениците работят заедно, за да програмират и управляват робот.
- **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.
- **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.

- 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.
- 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.
- Подобро качество: Обучението по роботика насърчава по-добро учене, като ангажира учениците в практически дейности и насърчава творческото

Обучението по роботика изминава дълъг път от първите дни, когато тези технологии се използват главно за изследователски цели. Днес образователните програми по роботика се предлагат на различни нива, от въвеждащи курсове до програми за напреднали. Тези програми предоставят на обучаващите се цялостно разбиране на роботизираните технологии и техните области на приложение. В допълнение, те помагат на учениците да развият силни умения за решаване на проблеми и способности за креативно мислене.

Учебната роботика е във възход и има много причини за това. Една от причините е, че роботиката става все по-достъпна за хора от всички възрасти и нива на опит. Евтините сензори и двигатели позволяват на начинаещите да създават прости роботи. Роботиката също предлага уникална възможност за изучаване на инженерните принципи и способностите за решаване на проблеми и работата в екип.

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. Това позволява на ученици и студенти да изучат основните инженерни принципи, като същевременно прилагат тези принципи към проблеми от реалния свят. Друго предимство на обучението по роботика е, че може да помогне на учениците да развият солидни работни познания за компютри.

Много роботизирани проекти изискват персонализиран софтуер, който може да даде на обучаващите се ценни умения за бъдеща кариера в технологиите. Бъдещето на обучението по роботика изглежда обещаващо и дава много възможности на обучаващите се.

Учебните роботи се използват, за да позволят на учениците да придобият умения в редица дисциплини в областта на науката, технологиите, инженерството и математиката (STEM) , които са все по-важни в свят, в който технологиите напредват бързо.

Роботите улесняват обучението и запознават учениците с роботиката в ранна възраст. В началните учебни заведения учениците могат да се научат как да изградят и програмират робот, който да изпълнява набор от основни задачи.

С порастването на учениците могат да се използват по-усъвършенствани роботи, които могат да изпълняват по-сложни задачи и са по-сложни за програмиране.

Има набор от различни приложения на роботи в класната стая, които могат да бъдат адаптирани, за да отговарят на учебните нужди на различни възрастови групи.

Предимства на учебните роботи

Учебните роботи могат да предоставят на учениците, учителите и студентите набор от различни предимства, докато напредват в образованието си. Те не само могат да помогнат на младите ученици да развият когнитивни умения и математическо мислене в ранна възраст, но също така им дават умения, които могат да пренесат в други области на своето обучение.

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

- **Индивидуално обучение:** Учебните роботи 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.
- **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.
- **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.
- **Учене чрез игра:** За цел на подпомагане на обучението се създават учебни роботи, които могат да създадат образователни игри и симулации, с цел подпомагане на децата в процеса на обучение чрез игра и експериментиране.
- **Подготовка за бъдещи професионални роли:** Работата с учебни роботи 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.
- **Усъвършенстване на социалните умения:** Учебните роботи 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.
- **Мотивация и самодисциплина:** Учебните роботи могат да помогнат на учениците да развият по-добра самодисциплина и организация чрез даване на задачи и срокове за изпълнение.
- **Иновации в образованието:** Учебните роботи предоставят възможност за внедряване на новаторски методи на обучение, които могат да бъдат трудни или невъзможни за реализация от човешки преподаватели.

Тези предимства показват, че образователните работи имат голям потенциал да подобрят образователния опит и да подкрепят разнообразните нужди на учениците и учителите и студентите.

Подготовка на студентите за бъдещи кариерни възможности

Тъй като работната сила все повече се насочва към кариери в областта на STEM , търсенето на компютърни програмисти, технологични експерти и софтуерни инженери е по-високо от всякога. **Подготовката на студентите за бъдещи кариерни възможности е изключително важен процес, който може да ги подготви за успешна професионална реализация. Ключовите аспекти и съвети, които студентите могат да вземат предвид са следните:**

- **Образование и специализация:** Изборът на правилната образователна програма и специализация е първата стъпка. Студентите трябва да изберат област, която ги интересува и в която виждат потенциал за развитие. Не само специфични знания, но и умения като критично мислене, проблемно решаване и комуникация са от съществено значение.
- **Практически опит и стаж:** Участие в стажове, практически дейности предоставя възможност за прилагане на придобитите теоретични знания на практика и изграждане на реален опит. Този опит е често ценен за работодателите и може да се окаже ключов за намирането на работа след завършване на образованието.
- **Непрекъснато обучение:** Процесът на учене не приключва след завършване на образованието. Непрекъснатото обучение и развитие през цялата кариера са от съществено значение за постигане на успех в професионалната кариера.
- **Проследяване на текущите тенденции:** Проследяването на текущите тенденции е важна част за бъдещето на развитието в дадена област. Това помага за конкурентността на пазара на труда.
- **Професионални контакти:** Участието в семинари, конференции, кариерни събития и онлайн платформи могат да допринесат за ценни съвети и насоки.

Понастоящем не достатъчно учащи напускат училище или университет с STEM уменията, които компаниите изискват, но като се научат как да програмират работи и да използват технологии от ранна възраст, те ще бъдат по-добре подготвени за конкурентната работна сила на утрешния ден .

Подпомагане на ученици със специални нужди

Използването на учебни работи може да бъде ефективен начин за подпомагане на ученици със специални нужди в образователния процес. Такива работи могат да бъдат програмирани и настроени да предоставят индивидуализирано обучение и подкрепа на учениците с различни видове специални нужди. Трудно е за един учител да се съсредоточи върху всеки един ученик в класната стая, особено когато всеки има индивидуални нужди. Роботите могат да помогнат на учениците със специфични изисквания , като отнемат част от натиска върху учителите и позволяват на учениците да развият свой личен опит в обучението.

- **Индивидуализирано обучение:** Учебните роботи могат да предоставят индивидуализирани уроци и задачи в зависимост от нивото на знания и уменията на всеки ученик. Роботът може да помогне на учениците да запазят концентрацията си, да се стремят напред и да извлекат повече удоволствие от обучението си.
- **Автоматизирани оценки и обратна връзка:** Учебните роботи могат да анализират отговорите на учениците на задачи и тестове и да предоставят незабавна обратна връзка. Това може да помогне на учениците да разберат своите грешки и да направят подобрения.
- **Аутизъм и комуникация:** Учебните роботи могат да бъдат програмирани да работят като помощници при развитието на комуникационни умения на деца с аутизъм. Те могат да предоставят структурирани интеракции и помощ при установяване на контакт.
- **Моторика и двигателни умения:** За учениците със затруднения в моториката, учебните роботи могат да предоставят упражнения и задачи, които да подпомогнат развитието на техните двигателни умения чрез игрови и интерактивни методи.
- **Подобряване на мотивацията:** Интересни и забавни учебни роботи могат да подобрят мотивацията на учениците със специални нужди да се ангажират с учебния процес и да преодолеят потенциални трудности.
- **Терапевтично приложение:** Учебните роботи могат да бъдат използвани като част от терапевтични програми за ученици със специални нужди, например за подпомагане на речевата терапия или други видове терапии.

Интеграцията на учебните роботи в образователния процес изисква внимателно планиране, обучение на учители и съответствие с образователните стандарти. Технологиата на роботизирано обучение може да бъде мощен инструмент, но трябва да се използва съобразно конкретните нужди на всеки ученик..

1.2.4 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]:

- **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.
- **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.
- **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.

- 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. Ето някои от ролите тенденциите и предимствата на програмата STEM в учебната роботика:

- Една от първите тенденции в обучението по роботика е въвеждането на STEM концепции на младите ученици. Изследванията показват, че ранното излагане на STEM образование оказва голямо влияние върху бъдещите решения за кариера.
- Развиване на ключови умения: Програмата STEM в учебната роботика насърчава развитието на ключови умения като проблемно решаване, сътрудничество и комуникация. Учениците се научават как да анализират проблем и да създават решения.
- Програмата STEM насърчава учениците да мислят критично и да намират решения на сложни проблеми, които включват програмиране, инженеринг и конструиране на роботи. Тя помага да се развие у децата и младежите интерес към науката, технологиите, инженерството и математиката. Работата с роботи прави обучението по-забавно и интересно, като ги вдъхновява да научат нови знания и умения.
- Развиване на креативността: Учебната роботика предоставя възможност за учениците да изразяват своята креативност при създаването на уникални дизайни и функционалности на роботите. Учениците и студентите трябва да анализират сложни задачи, да проектират и програмират роботи, което развива тяхната аналитична и креативна мисъл.
- Прилагане на теоретични знания в практика: Програмата свързва теоретичните знания от науката и математиката с реални приложения. Това помага на учениците да видят какво представлява практическото приложение на учебното съдържание.
- Развиване на сътрудничество и екипна работа: Учениците и студентите се учат да работят в екип, да споделят идеи и да си сътрудничат за постигане на общи цели. Това развива тяхната способност да се взаимодействат и да се справят с конфликти в груповата среда.

- Подготовка за бъдеща кариера: Учебната роботика може да подготви учениците за бъдещи кариери в области като инженерство, програмиране, наука и дори роботика.
- Прилагане на теоретични знания в практика: Програмата STEM позволява на учениците да приложат теоретичните познания, придобити в училище, на практика чрез създаването и програмирането на роботи. Учебната роботика подготвя учениците за бъдещите професионални предизвикателства. Те могат да придобият умения, които са ценни на пазара на труда, като програмиране, инженерство, дизайн и техническо разбиране.
- Развиване на творческо мислене: Учениците се научават да мислят творчески, като създават новаторски решения за различни предизвикателства. Това подпомага развитието на иновативни идеи и подходи.

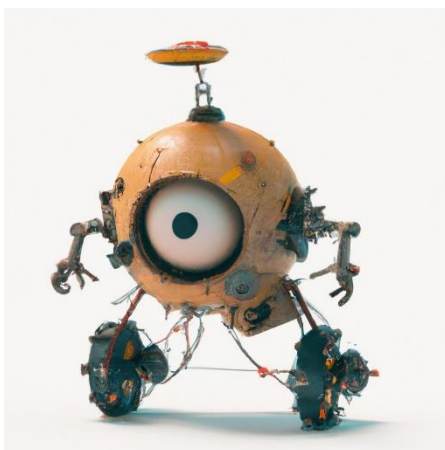
В крайна сметка, програмата STEM в учебната роботика има много предимства за образованието и развитието на учениците и студентите, като ги подготвя за бъдещите предизвикателства и възможности в технологичния свят. Тя им дава възможност да се развиват в различни аспекти и да се подготвят за бъдещите предизвикателства в сферите на науката, технологиите, инженерството и математиката.

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 робота 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. Първоначалното завъртане може да предизвика движение във всяка посока. Допълнителни предимства на тази конфигурация на робота включват простата механична структура и кинематичен модел и ниската производствена цена. Тази конфигурация на робота обаче има и няколко недостатъка: колелата трябва да се задвижват с точно същия профил на скоростта, което може да бъде предизвикателство, като се имат предвид действителните вариации между колелата, двигателите и разликите в околната среда. Също така за робота е трудно да се движи по неравномерни повърхности. Освен това ориентацията на робота може да се промени рязко, ако едно активно колело загуби контакт със земята .

Чрез въртене на двете колела независимо, ние контролираме както линейната, така и ъгловата скорост на DDR[56].



Фиг 1.24. Двуколесен мобилен робот с диференциално задвижване

Моделът на логистичния робот от горната фигура е доста прост; предполага се, че роботът се движи с постоянна линейна скорост за интервал от време ΔT , и затова изразихме модела на движение като $x_{k+1} = x_k + v \Delta T$. Освен това, като присвоихме прикрепената към тялото рамка на робота да бъде успоредна на световната рамка, ние успяхме просто да игнорираме прикрепената към тялото рамка и да разсъждаваме директно в световната рамка без затруднения. Нещата са по-сложни за нашия DDR, поради ролята на ориентацията.

Когато описваме движението на DDR, трябва да вземем следните неща в предвид. Първо, тъй като колелата на робота се въртят без приплъзване, линейната скорост на робота винаги е моментална в посоката на управление. Второ, тъй като роботът може да се върти, трябва да вземем предвид неговата ъглова скорост, в допълнение към линейната скорост. Да предположим, че роботът следва път $\gamma(s)$ (където s параметризира пътя). Моментната линейна скорост, изразена по отношение на рамката на тялото, се дава от:

$$v^{body.linear} = \begin{bmatrix} v_x \\ 0 \end{bmatrix}$$

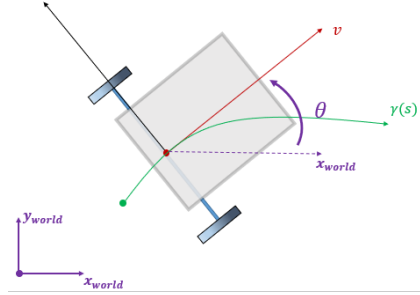
Имайки предвид, че скоростта е допирателна към кривата γ при s и че в рамката, прикрепена към тялото, y -компонентът на скоростта е нула (т.е. в рамката, прикрепена към тялото, $v_y=0$). Посоката на управление се определя от ъгъла θ като $[\cos\theta, \sin\theta]^T$, така че линейната скорост по отношение на световната рамка се дава от

$$v^{world.linear} = \begin{bmatrix} v_x \cos\theta \\ v_x \sin\theta \end{bmatrix}$$

Тъй като роботът се движи в равнината, оста z на рамката, прикрепена към тялото, винаги е успоредна на оста z на световната рамка. Това значително опростява описанието на ъгловата скорост, която в този случай можем да дефинираме като $\omega = \dot{\theta}$, моментната скорост на промяна на ориентацията на робота.

Обичайно е ъгловата и линейната скорост да се комбинират в един вектор,

$$v^{body} = \begin{bmatrix} v_x \\ 0 \end{bmatrix} \quad v^{world} = \begin{bmatrix} v_x \cos \theta \\ v_x \sin \theta \end{bmatrix}$$

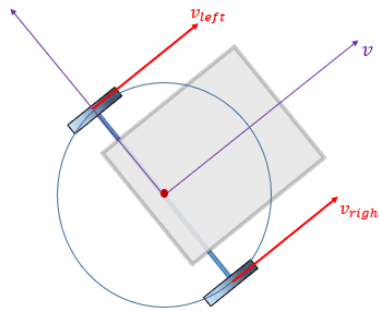


Фиг 1.25. Линеината скорост винаги е в посоката на управление.

Тъй като колелата на DDR се задействат независимо, е възможно да се постигне голям диапазон от скорости на работа. Можем да извлечем връзката между въртенето на колелото и скоростта на работа, като разгледаме първо движението на едно колело и след това разгледаме ефекта от свързването на двете колела по една ос на въртене.

.Да предположим, че и двете колела се въртят с еднаква скорост, $\phi_L = \phi_R$. В този случай скоростта на движение на колелата също ще бъде равна, $v_{left} = v_{right}$, и роботът ще се движи в чисто транслационно движение (т.е. $\omega = 0$), с $v_x = v_{left} = v_{right}$, тъй като всички точки на робота се движат с абсолютно еднаква скорост за чисто транслационно движение. Използвайки горните резултати, получаваме

$$\phi_R = \phi_L = \frac{v_x}{r}$$



Фиг 1.26. Когато колелата се въртят в една и съща посока с еднаква скорост, роботът се движи с чиста транслация.

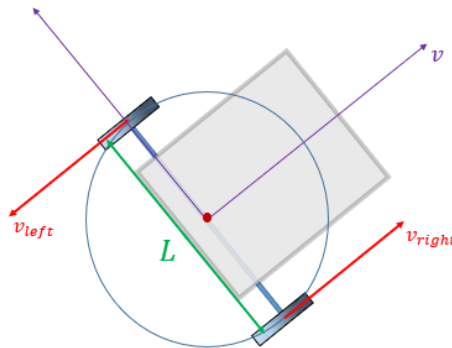
Да предположим вместо това, че двете колела се въртят в противоположни посоки, така че $\phi_R = -\phi_L$. В такъв случай, $v_{right} = r\phi_R$ и $v_{left} = r\phi_L$. Тъй като двете колела са ограничени от физическия механизъм да останат във фиксирана геометрична връзка едно с друго, тези противоположни, но равни скорости на колелата напред карат робота да се

върти, като и двете v_{Right} и v_{LEFT} към допирателна окръжност с диаметър L центриран в началото на рамката, прикрепена към тялото. Имайки предвид, че линейната скорост на робота, v_x , е нула в този случай, тъй като v_{Right} и v_{LEFT} „са равни и противоположни един на друг“ по отношение на линейната скорост на робота. Прилагането на уравнението на кръговото движение дава,

$$\frac{L}{2} \omega = -v_{left} = r\phi_L \quad \frac{L}{2} \omega = -v_{right} = r\phi_R$$

което води до

$$\phi_L = -\frac{L}{2} \frac{\omega}{r} \quad \phi_R = \frac{L}{2} \frac{\omega}{r}$$



Фиг 1.27. Когато колелата се въртят в една и съща посока с еднаква скорост, роботът се движи с чиста транслация.

Сега разгледахме двата специални случая на чиста транслация и чиста ротация. Тъй като моментните скорости лежат във векторно пространство, можем да ги добавим по същия начин, по който бихме добавили всички вектори. Следователно, като въртим колелата с различни скорости, можем да получим различни линейни комбинации от горните чисти транслации и ротации. Събирайки тези две уравнения, получаваме

$$\phi_L = \frac{v_x}{r} - \frac{L}{2} \frac{\omega}{r} \quad \phi_R = \frac{v_x}{r} + \frac{L}{2} \frac{\omega}{r}$$

Тези две уравнения дефинират **обратната кинематика на скоростта** на DDR: При желан изход, определен като, ω и v определят необходимите ϕ_L и ϕ_R . Тези уравнения могат да се използват за определяне на необходимото задействане на колелото за постигане на желаните линейни и ъглови скорости на робота.

Кинематиката **на скоростта напред** се получава лесно от горните уравнения чрез проста алгебра:

$$v_x = \frac{r}{2} (\phi_R + \phi_L) \quad \omega = \frac{r}{L} (\phi_R - \phi_L)$$

Това веднага води до уравнения на системата по отношение на рамката, прикрепена към тялото, и по отношение на световната рамка

$$v^{body} = \begin{bmatrix} v_x \\ 0 \\ \theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{r}{2}(\phi_R + \phi_L) \\ 0 \\ \frac{r}{L}(\phi_R - \phi_L) \end{bmatrix}$$

$$v^{bodyworld} = \begin{bmatrix} v_x \cos(\theta) \\ v_x \sin(\theta) \\ \theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{r}{2}(\phi_R + \phi_L)\cos(\theta) \\ \frac{r}{2}(\phi_R + \phi_L)\sin(\theta) \\ \frac{r}{L}(\phi_R - \phi_L) \end{bmatrix}$$

Уравненията по-горе могат лесно да бъдат внедрени в код. По долу е представен примерен код за управление на робот с диференциално задвижване на колелата.:

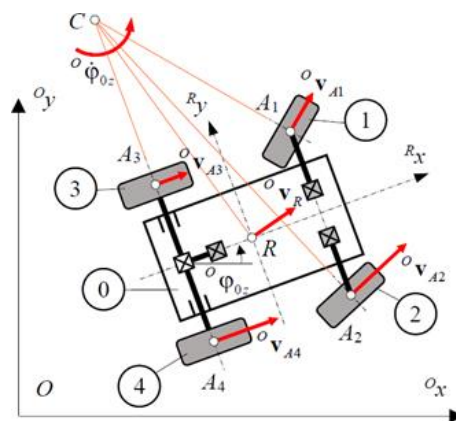
Както се очаква, лявото колело се върти по-бавно, карайки робота да се върти обратно на часовниковата стрелка. За да проверим разумността, нека поставим тези същите скорости на колелата през *предната* кинематика:

Скоростите са желани, валидиращи както уравненията, така и тяхното изпълнение.

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 робота на място. Поради този факт такива решения се използват предимно на открито.[57].

Най-често срещаните роботизирани превозни средства, принадлежащи към тази група, имат точно същата кинематична структура като автомобила, тоест те са оборудвани с четири колела, две от които са управлявани, и могат да се задвижват от две предни колела, от две задни колела или от всички колела. При такива решения за управление на колелата обикновено се използва механизъм на Акерман, докато за задвижване на колелата често се използва диференциален механизъм. Вместо механизма на Акерман могат да се използват два двигателя за независимо задаване на ъглите на завиване на управляваните колела. Това решение е механично по-просто от механизма на Акерман и е особено предпочитано в случай на роботи с малки размери.



Фиг 1.28. Кинематична структура на четириколесен робот с кормилна уредба.

Автомобилните роботи са решения със средна сложност, но поради използването на известни и доказани автомобилни решения, проектирането на този тип роботи не създава големи затруднения. Освен това, когато се използват две задвижвания – едното за шофиране, а другото за управление на колелата, подобно решение може да бъде и сравнително евтино. Такива решения на роботи се използват предимно в селското стопанство.

1.3.3. Холономни мобилни роботи с mecanum и omnidirectional колела

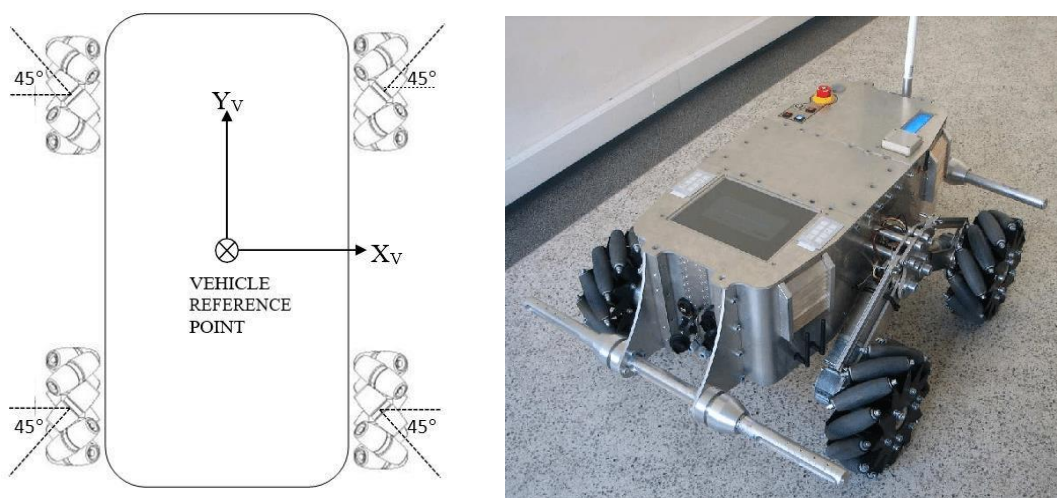
Робот с Mecanum колела

Месанум колелото е многопосочна конструкция на колелото за наземно превозно средство, което може да се движи във всяка посока. Понякога се нарича шведско колело или колело на Илон на неговия изобретател Бенгт Ерланд Илон (1923–2008), който замисля концепцията, докато работи като инженер в шведската компания Mecanum AB, и я патентова в Съединените щати на 13 ноември 1972 г [58].

Месанум 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 Месанум сравнение с конвенционалните колела. По този начин се използва пълен холономен подход описващ динамиката на мобилен робот с четири колела Месанум. Всяко колело Месанум 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.

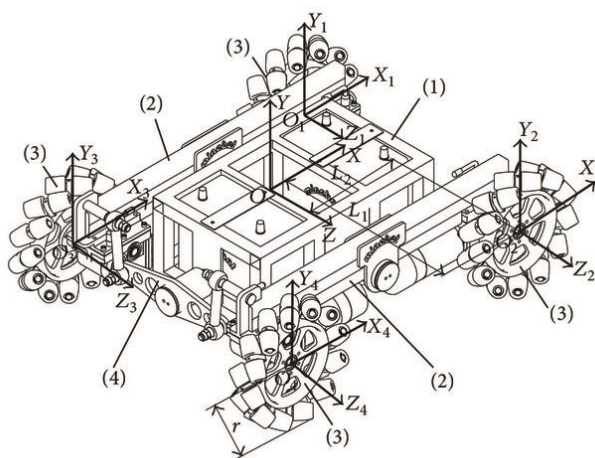
Новият тип колела, използвани в колесните мобилни роботи (съкратено WMR), включва т.нар. многопосочни колела, които се състоят от главина и определен брой ролки, монтирани на обиколка на главината. Всяка от ролките може свободно да се върти около собствената си ос. Характеризирно за колелата е ъгълът от 45 градуса, възникващ между оста на собственото въртене на колелото и оста на въртене на ролката.

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 Месанит (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 рамката 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[55].



Фиг 1.29. четири колесен мобилен робот с тесанит колела

WMR се състои от платформа с четири еднакви месанит колела и четири независими управлявани двигатели с постоянен ток. Месанит колела от своя страна са неподвижно поставени върху валове на конкретните двигатели. Виртуалният модел на споменатия WMR е представен на фиг1.30.



Фиг 1.30.. Четириколесен мобилен робот с колела Месанит

Изследва се динамиката на четириколесен робот с колела Mecanum, 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 ($i = 1, \dots, 4$).

MWP е типична структура на надлъжно симетрично оформление на четири колела. Координатната система е настроена да съответства на XOZ . При предположението, че ролката не се плъзгат по земята и платформата се движи по хоризонталната равнина, обратното кинематично уравнение на системата може да се установи чрез кинематичен анализ [12]:

$$V_\omega = J(\alpha) V_0$$

където $V_\omega = [\omega_1 \ \omega_2 \ \omega_3 \ \omega_4]^T$ е скоростта на колелото. $V_0 = [v_x \ v_z \ \omega_0]^T$ е обобщената скорост на централната точка на платформата в координатната система XOZ . $J(\alpha)$ е матрицата на Якоби на обратните уравнения на движението.

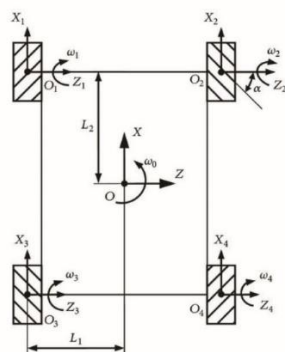
$$J(\alpha) = \frac{1}{r} \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{\tan \alpha} & -\frac{L_1 \tan \alpha + L_2}{\tan \alpha} \\ 1 & \frac{1}{\tan \alpha} & \frac{L_1 \tan \alpha + L_2}{\tan \alpha} \\ 1 & \frac{1}{\tan \alpha} & -\frac{L_1 \tan \alpha + L_2}{\tan \alpha} \\ 1 & \frac{1}{\tan \alpha} & \frac{L_1 \tan \alpha + L_2}{\tan \alpha} \end{bmatrix}$$

Изразът на неговата обобщена обратна матрица е $J(\alpha)^+$

$$J(\alpha)^+ = (J(\alpha)^T J(\alpha))^{-1} J(\alpha)^T$$

В този модел $\alpha = 45^\circ$ и се получава предното кинематично уравнение на системата:

$$\begin{bmatrix} v_x \\ v_z \\ \omega_0 \end{bmatrix} = \frac{r}{4} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ \frac{1}{L_1+L_2} & \frac{1}{L_1+L_2} & \frac{1}{L_1+L_2} & \frac{1}{L_1+L_2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_3 \\ \omega_4 \end{bmatrix}$$

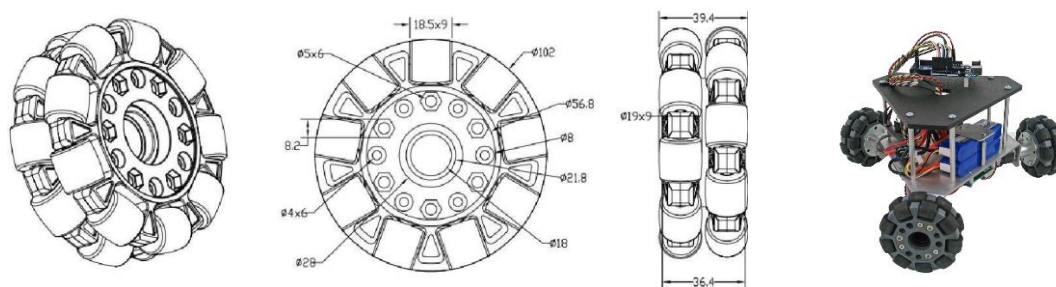


Роботи с Omnidirectional колела

Omnidirectional колелата или поли колелата, подобни на колелата Mecanum, 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].

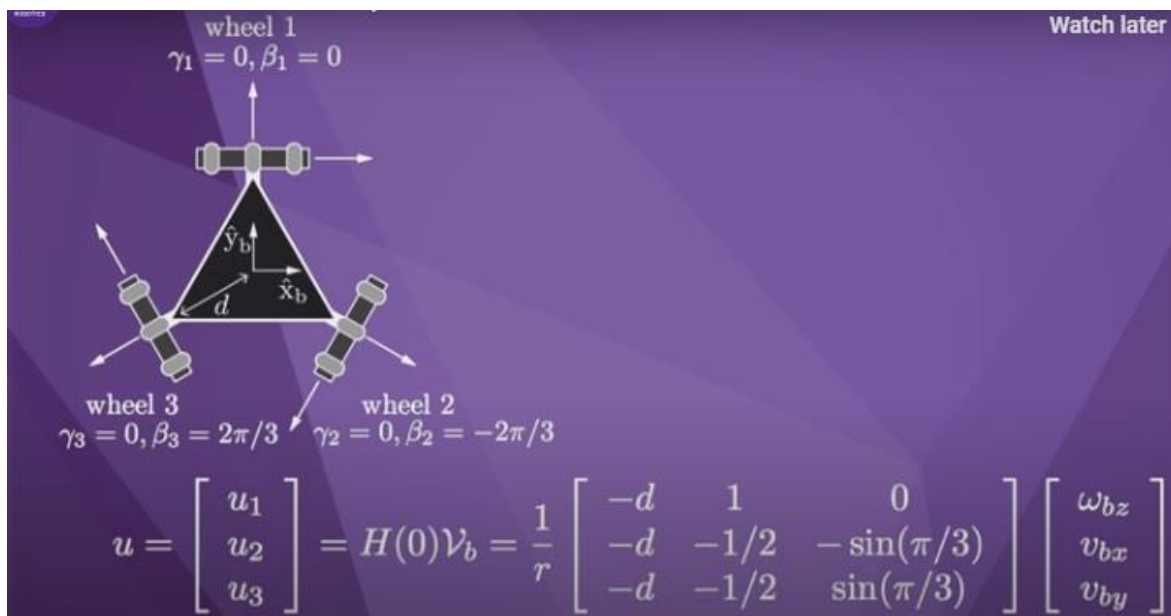
Omni роботите са многофункционални системи, които се могат да се движат във всички посоки с голяма маневреност. Принципът на действие на Omni роботите се базира на специфични технически характеристики, които им позволяват да се движат и изпълняват задачи по интелигентен и ефективен начин. Принципът на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

Роботите оборудвани с такива колела могат 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.



Фиг 1.31.. Omni Wheels and Omni Wheels Robot

Платформа, използваща три omni 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 omni колела.



Те често се използват в изследвания на малки автономни роботи. В проекти като VEX Robotics, Robocup и FIRST Robotics много роботи използват тези колела, за да имат способността да се движат във всички посоки. Omni колелата също понякога се използват като задвижвани колела за роботи с диференциално задвижване, за да направят завиването по-бързо. Omniwheels често се използват, за да позволят движение по хоризонталната ос на задвижване, както и движение напред и назад. Обикновено това се постига чрез използване на H-задвижване.

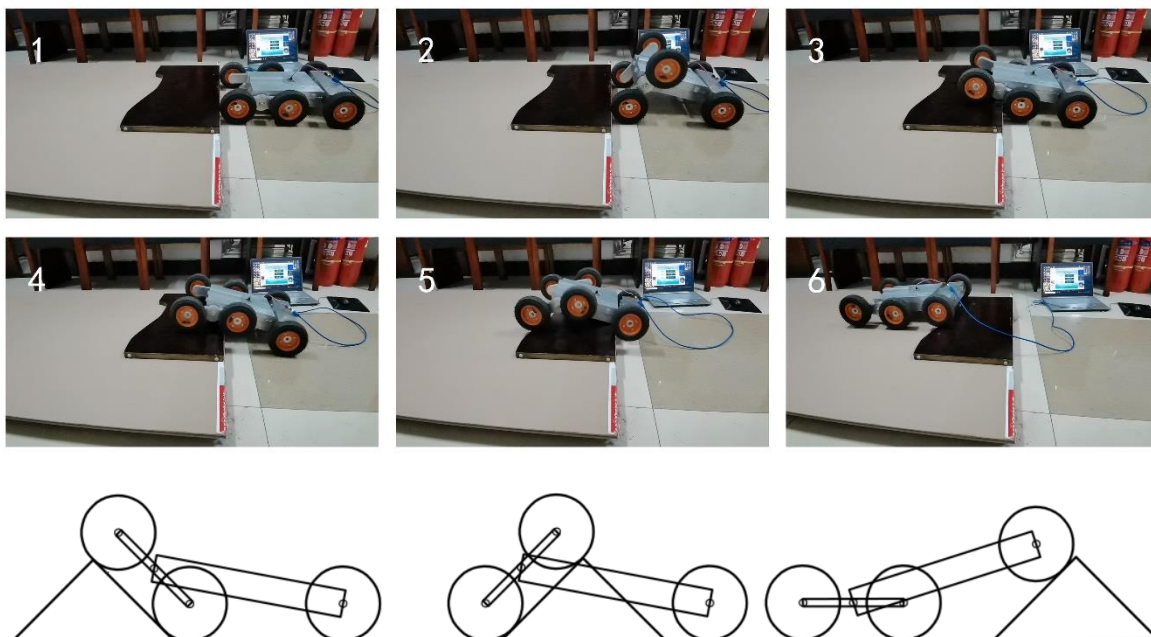
Omniwheels, комбинирани с конвенционални колела, осигуряват уникални характеристики на производителност, като например при шестколесно превозно средство, използващо две конвенционални колела на централна ос и четири omniwheels на предна и задна ос.

1.3.4. Многофункционални хибридни роботи

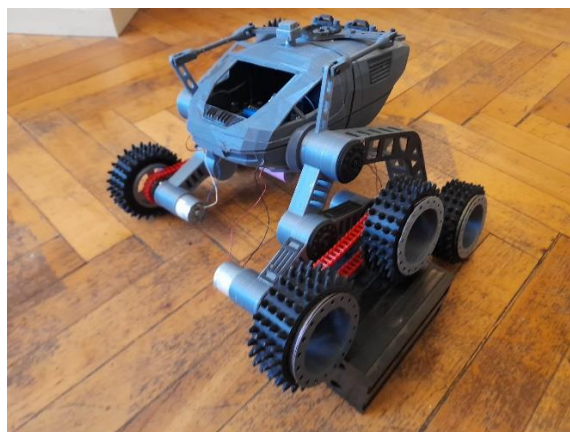
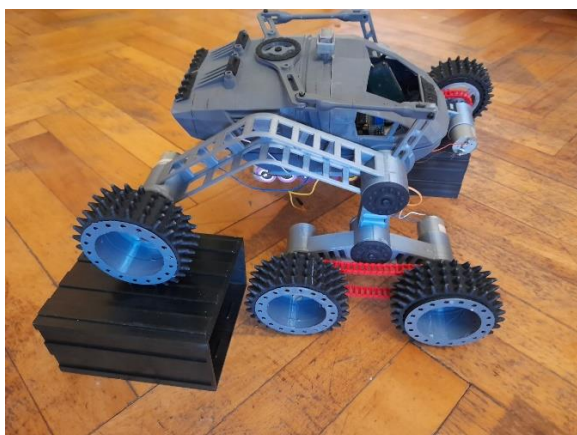
Хибридните роботи са широко използвани в граждански задачи и военни мисии, като полеви и космически изследвания, спасяване при бедствия, разузнаване и наблюдение. Обикновено от тях се изисква да влизат в неструктурирана, тежка и враждебна среда, оборудвана с различни устройства. В тези сценарии мобилността 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.



Фиг 1.32. 6 колесен хибриден робот с адаптивни катереци се кобилици.



Фиг 1.33.. 6 колесен хибриден робот с адаптивни катереци се кобилици проектиран в ИИКТ БАН – секция киберфизични системи

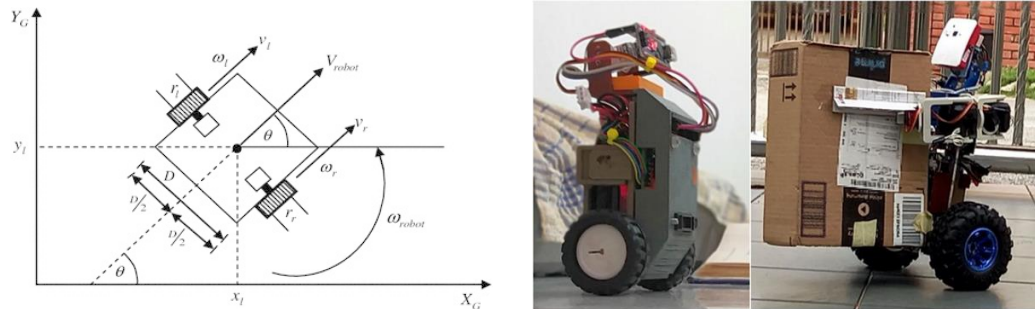
1.3.5. Видове колесни мобилни роботи

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.. 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 (акселеронетър и жирокоп), който се използва за определяне на ъгъла на наклон и енкодери на колелата, които следят позицията на платформата на робота.

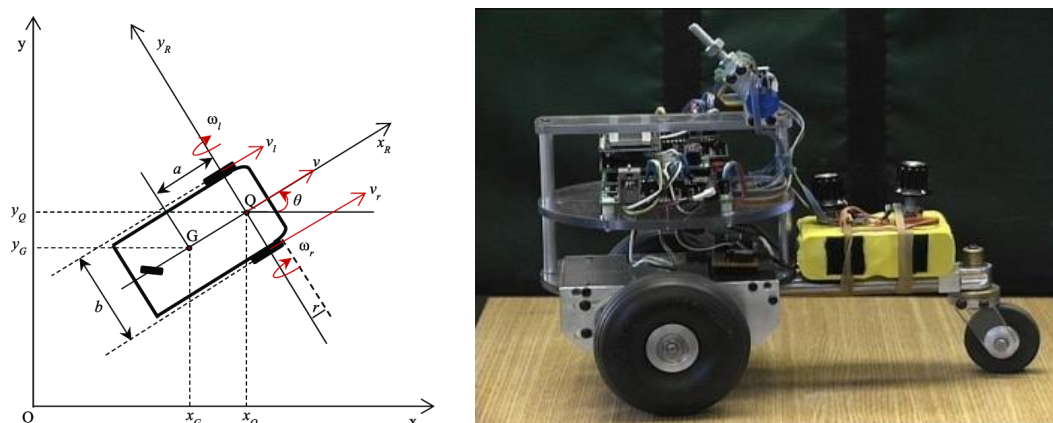


Фиг 1.34. Кинематика на двуколесен робот

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 робота 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 на право.

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.

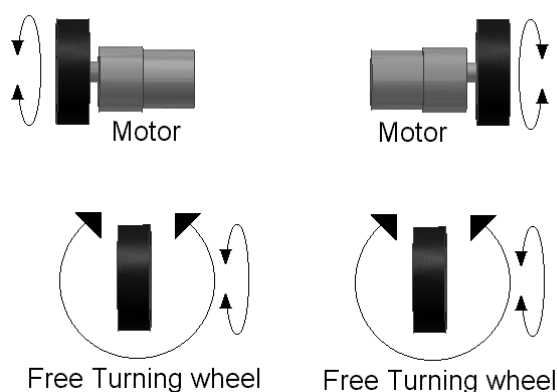


Фиг 1.35. Кинематика на Триколесен робот

4-колесни мобилни роботи

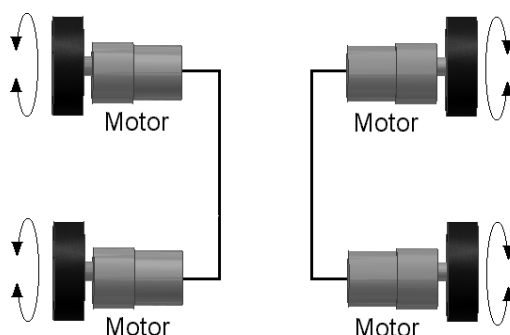
Роботи с 2 задвижвани и свободно въртящи се колела

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



Фиг 1.36. задвижвани на две свободно въртящи се колела

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.

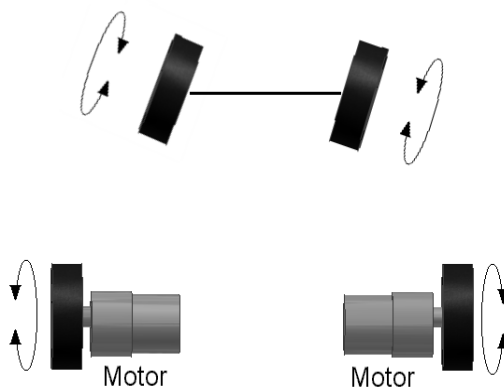


Фиг 1.37.. Задвижване на четири двигателни колела

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 напред.

Роботи управлявани с кормилна уредба, като на автомобил



Фиг 1.38. Робот управляван 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: Нуждае се само от един двигател и серво за управление. Предишните методи биха изисквали или 2 мотора, или много сложна скоростна кутия, тъй като трябва да притежават 2 изходни оси с независима скорост и посока на въртене.

Градски роботизиран вариант на DARPA. Тези роботи са напълно автоматизирани и се движат сами по тестовото трасе.



Фиг 1.39. Автомобилен робот DARPA

Роботи с 5 или повече колела

Използва се при по-големи роботи. 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.

Понякога към робота се добавя допълнително свободно въртящо се колело с одометрия. Това измерва по-точно как се движи роботът. Одометрията на задвижваните колела изключва приплъзване и други движения и следователно може да бъде грешна.

Примери:

Марсоходите Sojourner, Spirit, Opportunity (фиг1.40.) са шест колесни роботи, които навигират през марсианския терен след кацане. Те се използват за изследване на територия, интересни забележителности и извършване на наблюдения върху повърхността на Марс. Те имат система за окачване, която поддържа и шестте колела в контакт с повърхността и им помага да преминават през склонове и пясъчни терени.



Фиг 1.40. Шест колесен мобилен робот (марсоход)

1.4. Роботи изпълняващи различни задачи.

1.4.1. Робот избягващ препятствия

Роботът, избягващ препятствия, е автономна машина или устройство, оборудвано със специализирани сензори и системи за възприятие, които му позволяват да засича препятствия в своята околна среда и да предприема действия с цел избягване на тези препятствия. Тези роботи често използват технологии като лазерно сканиране, ултразвукови сензори, камери и други методи за детекция на препятствия. Когато роботът открие препятствие в своя път, той автоматично реагира, като променя посоката си, забавя скоростта или предприема други действия, за да избегне сблъсък и продължи своя път.

1.4.2. Робот търсещ изход от лабиринт

Роботът, търсещ изход от лабиринт, представлява автоматизирано устройство или програмируема система, оборудвана със сензори и алгоритми, които му позволяват да навигира в сложна среда, като лабиринт, с цел откриване на пътя към изхода или целта. Тези роботи обикновено използват различни методи за сензорна обратна връзка, обработка на информация и контрол на движението, за да предприемат подходящи действия и успешно се справят с предизвикателствата на лабиринта.

1.4.3. Робот следящ линия

Роботът следящ линия е робот, който е програмиран да следи или следи определена линия по земята или друга повърхност. Тези роботи са обикновено оборудвани със специални сензори, като инфрачервени сензори или камери, които им помагат да засичат линията и да реагират съответно. Програмната логика, която управлява робота, му позволява да прави корекции в движението си, така че да се поддържа върху линията или да я следва.

Тези роботи често се използват в образователни цели, състезания или като част от проекти за хоби и обучение в областта на роботиката. Важен аспект на тези системи е технологията за обработка на сигнали и алгоритмите за контрол, които позволяват на робота да реагира бързо и точно към промените в околната среда. Тези алгоритми, ще бъдат разгледани в следващата глава.

1.5. 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:

Makeblock mBot: Перфектен за най-ранното обучение по роботика, Makeblock mBot е основен робот, който е предназначен да въведе децата в роботиката, програмирането и електрониката. Той е лесен за сглобяване и лесен за управление благодарение на базирания на Scratch софтуер, предназначен за деца. Неговата съвместимост с платформата Makeblock и неговите електронни части, базирани на системата с отворен код Arduino, позволяват на по-опитни потребители да създават по-сложни роботи[61]:



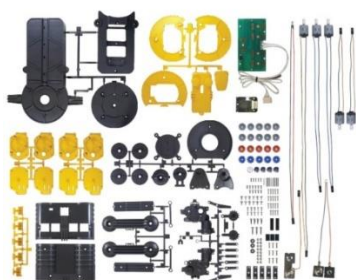
Фиг 1.41. Makeblock mBot

Robo Wunderkind: се предлага в набор от блокове, които могат да бъдат свързани за изграждане на напълно функциониращ робот. Всеки блок има функция, идентифицирана с цвят (микрофон на камерата, сензори за движение и др.) и след изграждането на своя робот децата могат да използват приложение, за да го програмират да реагира на определени шумове, да избягва препятствия или да пуска музика, когато някой се приближи, наред с други функции[62].



Фиг 1.42. Robo Wunderkind

OWI 535: това е роботизирана ръка, подходяща За ученици от средното училище, които могат да работят с по-напреднали технологии. OWI 535 се използва много ефективно, като може да повдига предмети с тегло до 100 грама и има голямо разнообразие от движения, върху които учениците могат да програмират персонализации. Този робот се препоръчва и за професионално обучение[63].



Фиг 1.43. OWI 535

LEGO също създаде образователен робот и техният Mindstorms EV3 е по-усъвършенстван робот, предназначен за използване от деца над 10-годишна възраст. LEGO Mindstorms EV3 е комплект за роботика, който включва няколко сензора, три сервомотора и над 500 компонента LEGO Technic, благодарение на които учениците могат да създават различни роботи, способни да се движат, стрелят, пълзят и т.н. Управлява се чрез просто и интуитивно програмиран интерфейс и се предлага в две версии: Home и Education[64].



Фиг 1.44. LEGO

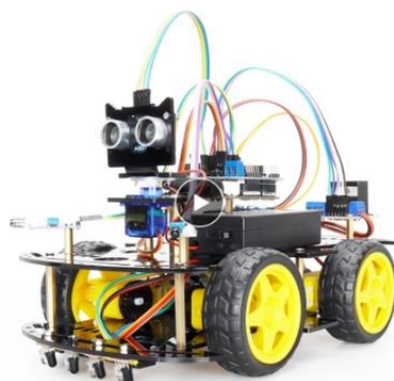
NAO: това е един от най-популярните образователни роботи в света. Това е хуманоиден робот висок 58 см, който непрекъснато се развива. Освен две камери и четири микрофона, той има много сензори, които му позволяват да взаимодейства с околната среда по подобен начин на хората. NAO може да наблюдава, слуша, води разговори и преподава всеки предмет. Неговите няколко нива на програмиране позволяват интегрирането му в учебния процес на ученици от 5-годишна възраст до университетско ниво[65].



Фиг 1.45. NAO

NitroBot е учебен робот проектиран в ИИКТ БАН – секция киберфизични системи. Той е оборудван с микроконтролер Arduino Mega, интелигентна камера HuskyLens, постоянно токови двигатели, ултразвуков сензор HC-SR04, Motor Driver TB6612FNG, сензор за следене на линия Cytron Maker Line и два инфрачервени сензора. Робота е препрограмируем и може да изпълнява задачи като, намиране на изход от лабиринт,

следене на линия, преодоляване на препятствия, работа с интелигентна камера HUSKYLENS изпълняваща различни функции както и много други задачи.



Фиг 1.46. NitroBot

ГЛАВА 2. Алгоритми за изпълнение на различни 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.

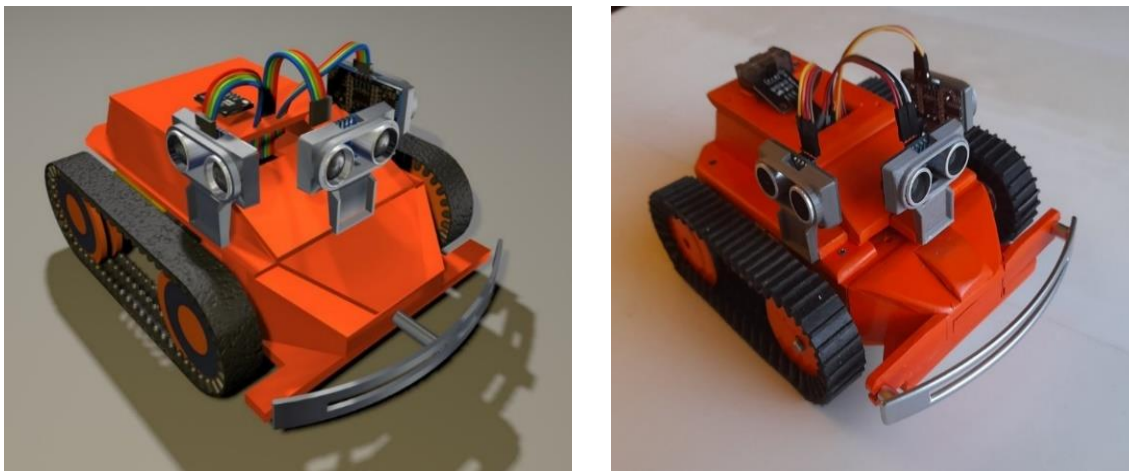
За изпълнение на поставените цели трябва да бъдат изпълнени следните задачи:

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

2.1.2. Хардуер (сензори, драйвери, контролери, двигатели)

Роботизираната платформа с която ще бъдат извършени експериментите е с диференциално верижно задвижване, като задните колела са активни, а предните пасивни

Шасито и колелата са изработени от лек PVC материал удобен за обработка с подръчни средства. Размерите на шасито са 150мм X 250мм. Теглото на напълно окомплектования робот е 650гр. За проектиране на робота е използвана софтуерната програма 3DS Max Autodesk.



Фиг 2.1. NitroBot (в ляво 3D модел, в дясно реален робот)

За изпълнението на поставените задачи, роботизираната платформа е оборудвана със следните компоненти:

1. Микроконтролер Arduino NANO[66].

Характеристиките решаващи избора на микроконтролерна развойна платка Arduino NANO са процесора, консумацията на енергия и големината. NANO се състои от 8-битов ATMEGA микроконтролер ATmega328, с вътрешна постоянна памет (EEPROM) и вътрешна променлива памет за съхранение на временна информация (RAM).



2.TT DC Gearbox Motor [67]. Нужни са само два постояннотоккови двигателя, тъй като в дизайна е избрано верижно задвижване, пред по-енергоемкото задвижване с 4 двигателни колела. Двигателите са с номинален волтаж: 3~6V. Предавателното отношение на трансмисията (gear box) е: 1:48. Размери: 70 x 22 x 18mm.



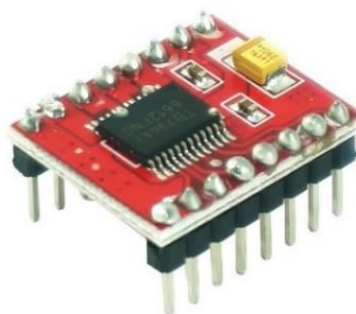
3. Ултразвукови сензор **HC-SR04**, [68]. За проекта са необходими 3 броя. Ултразвукови сензора HC-SR04 . Сензорът представлява активен сонар определящ разстоянието до обекта чрез излъчване и последващо приемане излъченият ултразвуков сигнал. Комплекта се състои от два модула – ултразвуков предавател приемник. HC-SR04 се захранва от +5V DC.



на

и

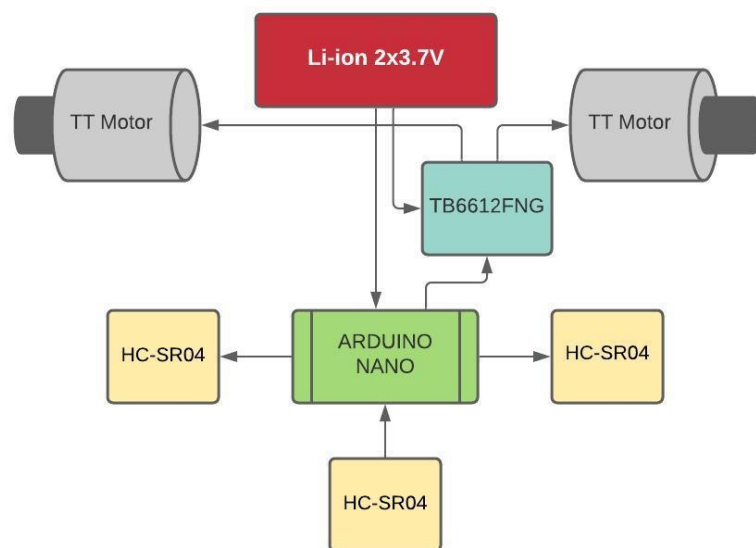
4.**Motor Driver TB6612FNG**[69]. Модулът за управление на двигатели (драйвер) TB6612 е изграден на база чип TB6612FNG, който осигурява до 1.2A консумация от страна на двигателите и има двуканален изход в мостова структура MOSFET-H. Така един драйвер може да управлява едновременно два двигателя. Размери: 19mm x 19mm, Тегло само 1.5g



5.**Захранващ блок**[70] .Използват се две 3.7V литиево-йонни батерии тип 18650 по 2200mAh. Това захранване осигурява продължителност на работа на робота повече от 3 часа. Трябва да се подчертае, че литиево-йонните батерии имат пренебрежимо малък ефект на паметта. На практика това означава, че батериите може да се до зареждат по всяко време. Литиево-йонните батерии, при относително еднакво тегло, съхраняват два пъти повече енергия от никел-металхидридната (NiMH) батерии и три пъти повече от никел-кадмиевата (NiCd) батерии.



7. Система за управление.



Фиг 2.2. Блокова схема на системата за управление на мобилната робо-платформа

2.1.3. Алгоритми и блок-схеми

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:

- 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.
- 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.
- 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.

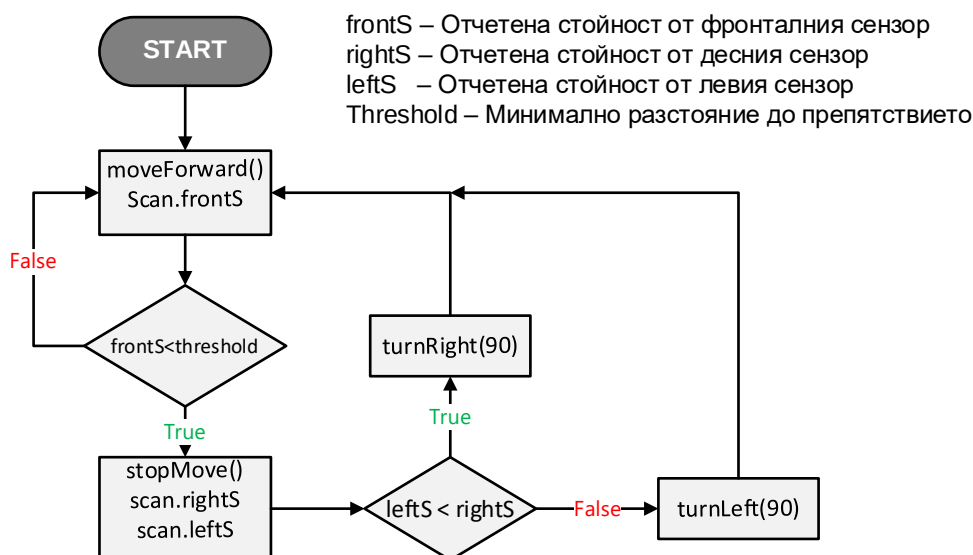
- Комбиниране на полетата на потенциал: Полетата на потенциал от препятствията и целевата точка се комбинират в едно общо поле на потенциал, като се сумират векторните стойности. Това създава крайното поле на потенциал, което указва на робота в каква посока да се движи.
- Навигация на робота: Роботът 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. Съществуват по-сложни алгоритми за избягване на предварително недефинирани препятствия, при което робота има за цел да се придвижи от начална до целева точка преодолявайки препятствията. Тези алгоритми ще бъдат разгледани по-долу в дисертационния труд.



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.

Лабиринтите често се асоциират с митологията и литературата и имат символично значение. Те се срещат в различни култури и периоди на историята и имат различни интерпретации.

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

Един от най-разпространените методи за решаване на лабиринт е правилото на дясната или лявата ръка. Това е прост метод за решаване на лабиринт. Той е много бърз и не използва допълнителна памет.

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.

Съществуват у и други методи за изход от лабиринт.

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 пасажи 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 пасажи 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

Този алгоритъм винаги ще намери решение, но не е задължително това решение да бъде най-краткото. Той се фокусира върху решаващия лабиринта, бърз е за всички видове лабиринти и използва пространство в стека до размера на лабиринта.

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 краят е достигнат, ще бъде също толкова трудно да проследят стъпките си, но определено е прост и не изисква допълнителна памет за внедряване.

Таблица обобщава характеристиките на представените по-горе алгоритми за решаване на лабиринт.

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

Алгоритмите за решаване на лабиринт могат да бъдат класифицирани и оценени по тези критерии. Описания на колоните са следните:

- **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. Също така решението(ата) могат да бъдат всеки открит успешен път или да бъдат най-краткият път.

- **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 безполезните и полезните пасажии.
- **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.
- **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.
- **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.

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. Проследяването на линия е общоизвестна задача в областта на роботиката и автоматизацията. Това е често използвано в различни приложения като роботика, автомобилни системи, фабрична автоматизация и други. Обикновено, роботите са програмирани да преследват линия, която е отбелязана с черна лента върху светла повърхност. Сензорите на робота четат цвета на повърхността под тях и реагират, когато засекат черна лента.

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

- **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.
- **Инфракчервени 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. Когато излъчваната инфрачервена светлина се отразява от линията, приемниците регистрират сигнал и позволяват на системата да следи линията.
- **Ултразвукови сензори:** При метода на ултразвуковите сензори се използват звукови вълни за откриване на предмети и повърхности. За следене на линия се използват ултразвукови сензори, които могат да измерват разстоянието от сензора до повърхността и да откриват промяна в разстоянието, което указва промяна в позицията на линията.
- **Магнитни сензори:** Тези сензори използват магнитни полета, за да следят линията. Обикновено се поставят магнитни ленти под повърхността и се използват магнитни сензори на робота или автомобила, за да следят и реагират на лентата.
- **Компютърно зрение:** Използването на камери и алгоритми за обработка на изображения, компютърното зрение може да бъде използвано за откриване и следене на линията. Системата може да анализира визуални данни от камерата и да използва алгоритми за откриване на контури или цветови разлики, които указват наличието на линия.

Тези методи могат да бъдат комбинирани или адаптирани в зависимост от специфичните изисквания на приложението за следене на линия.

Целта на този експеримент е създаване на алгоритъм на учебен робот, предназначен за следене на линия. При изпълнението на тези задачи учебния робот трябва да се движи автономно, да разпознава линия и да се движи по нея без да я напуска.

2.2.2. Хардуер (сензори, драйвери, контролери, двигатели).

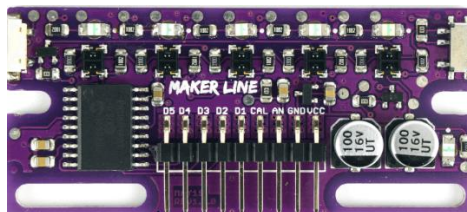
За изпълнението на поставените задачи, роботизираната платформа е използван следния хардуер:

1. Микроконтролер Arduino NANO.

2. TT DC Gearbox Motor Нужни са само два постояннотокови двигателя, тъй като в дизайна е избрано верижно задвижване, пред по-енергоемкото задвижване с 4 двигателни колела..

3. Cytron Maker Line, (фиг. 2.2) е модул с пет инфрачервени сензора за следене на линия. Има цифрови и аналогови изходи. Благодарение на вградената EEPROM памет, тя позволява лесно калибриране на модула. Предназначен е за изграждане на роботи проследяващи линия.

Работно напрежение: DC 3.3V и 5V. Препоръчителна ширина на линията: 13 мм до 30 мм. Избираем цвят на линията (светъл или тъмен). Разстояние на усещане (височина): 4 мм до 40 мм ($V_{cc} = 5V$, черна линия върху бяла повърхност). Честота на опресняване на сензора: 200Hz. Лесен процес на калибриране.



Фиг 2.3. Cytron Maker Line

4. Motor Driver TB6612FNG.

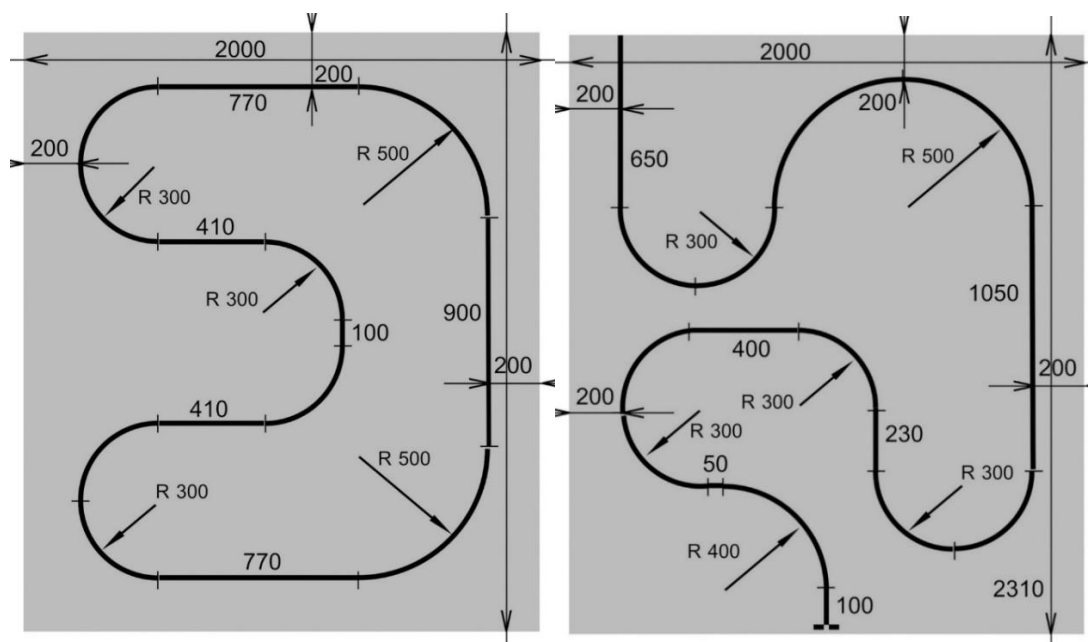
5. **Захранващ блок.** Използват се две 3.7V литиево-йонни батерии тип 18650 по 2200mAh. Това захранване осигурява продължителност на работа на робота повече от 3 часа.

6. **Шаси.** Шасито и колелата са изработени от лек PVC материал удобен за обработка с подръчни средства. Платформата се задвижва чрез вериги със задни задвижващи колела. За проектиране на робота е използвана програмата 3DS Max Autodesk.



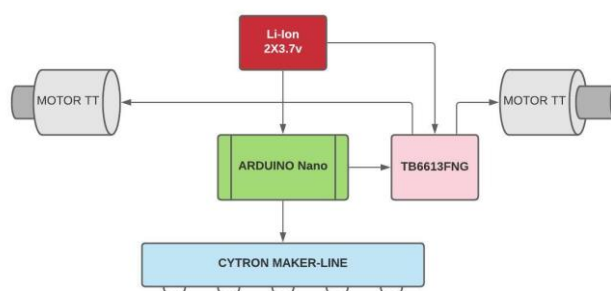
Фиг 2.4. Робот следящ линия

7. **Трасе за провеждане на експериментите.** За изграждане на трасето се използвани бели олекотени PVC плоскости с размери 1000x1155мм и дебелина 5мм или дебел картон. За очертаването на линията е използвана черна електроизолационна лента с ширина 15мм. На (фиг.2.3) са показани два примерни дизайна на път със затворен контур и отворен път.



Фиг 2.5. Примерен дизайн на път със затворен контур и отворен път

8. Система за управление



Фиг 2.6. Блокова схема на системата за управление на мобилната робо-платформа

2.2.3. Алгоритми и блок-схеми

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:

- 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.
- 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.

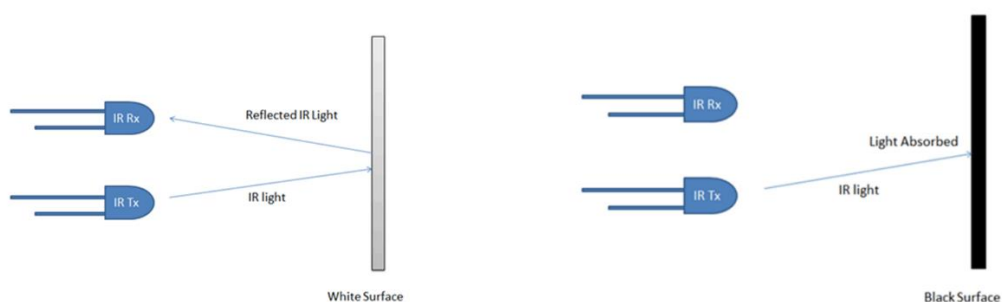
- Пропорционален регулатор (Proportional Controller) - Това е контролен алгоритъм, който използва разликата между текущото положение на робота и целевата линия, за да генерира контролен сигнал. Разликата се умножава по пропорционален коефициент, който определя силата на корекцията. Роботът се насочва към целевата линия, като използва този контролен сигнал.
- 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. Основната концепция и алгоритъма на тази задача са описани по долу.

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.

Всеки сензор на 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.



Фиг 2.7. Принципно схема на IR предавател (LED) и приемник (фотодиод).

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 е разработена схема на всички възможни комбинации от показанията на сензорите на модула и какво действие трябва да

предприеме работа за да следва линията. Основните случаи на базата на които е разработен алгоритъма за следене на линия :

Комбинация от показания на сензора	Позиция на работа спрямо линията	Задължително действие
0 0 0 0 0	Няма открита линия	Движение право напред и търсене на линия за следене
0 0 1 0 0	Централно по линията	Движение право напред
0 1 1 0 0	Леко надясно	Лек завой наляво
0 1 0 0 0	Още вдясно	Силен завой наляво
1 1 0 0 0	Още повече вдясно	Още по-силен завой наляво
1 0 0 0 0	Почти извън линията (вдясно)	Агресивен завой наляво
0 0 1 1 0	Леко наляво	Лек завой надясно
0 0 0 1 0	Още вляво	Силен завой надясно
0 0 0 1 1	Още повече вляво	Още по-силен завой надясно
0 0 0 0 1	Почти извън линията (вляво)	Агресивен завой надясно
1 1 0 1 1	Открит е стоп-маркер	Спиране на движението

Фиг 2.8. Таблица с комбинациите от показанията на сензора

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, избягване на препятствие, търсене на изход от лабиринт, търсене на изход от затворено пространство.

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 роботи: 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:

- Разработване на нискобюджетен учебен робот за изпълнение на поставените задачи.
- Разработване на алгоритми за изпълнение на тези задачи.
- Провеждане на реални експерименти и показване на резултатите от проведените експерименти.
- Представяне на изводи от проведените експерименти.
- Дизайнът на робота отговаря на четири основни изисквания, които са посочено по-долу:
 - 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.
 - 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. От друга страна, дизайнът предвижда използването на относително евтини компоненти, предлагани на пазара, като микро-контролерна развойна платка базирана на платформата Arduino, сензори, драйвери, серво мотори и др.
 - Простота: Концепцията за простота се ограничава до 3 изисквания: монтаж, експлоатация и поддръжка. Времето за сглобяване на робота не трябва да надхвърля 2 часа. След като платформата е сглобена, работата с робота трябва да е лесна за начинаещи в роботиката. Освен това, поддръжката на платформата трябва да бъде минимална, без да се изисква повече от обикновена подмяна на повредени компоненти.
 - 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. Хардуер (сензори, драйвери, контролери, двигатели)

Хардуер използван при проектирането и изпълнението на мобилната робо-платформа.

1. **Arduino MEGA 2560**, [71]. Основното изискване при избора на микроконтролерна развойна платка Arduino MEGA 2560 е броят на цифровите входно/изходни пинове и серийните портове. The **Arduino Mega 2560** is a microcontroller board based on the ATmega2560. It has 54 digital input/output pins (of which 15 can be used as PWM outputs), 16 analog inputs, 4 UARTs (hardware serial ports) and a 16 MHz crystal oscillator



Фиг 2.9. Arduino MEGA 2560

2. **TT DC Gearbox Motor**,_Нужни са 4 постояннотокови двигателя, тъй като в дизайна е избрано задвижване с 4 двигателни колела. Двигателите са с номинален волтаж: 3~6V. Предавателното отношение на трансмисията (gear box) е: 1:90. Размери: 70 x 22 x 18mm.



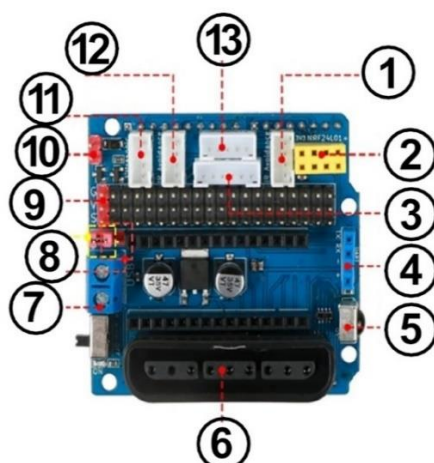
Фиг 2.10. TT DC Gearbox Motor

3. Ултразвуков сензор **RUS-04**[72]. Комплекта се състои от два модула – ултразвуков предавател и приемник. RUS-04 който се захранва от +5V DC.



Фиг 2.11. RUS-04

4. MotorDriverBoard

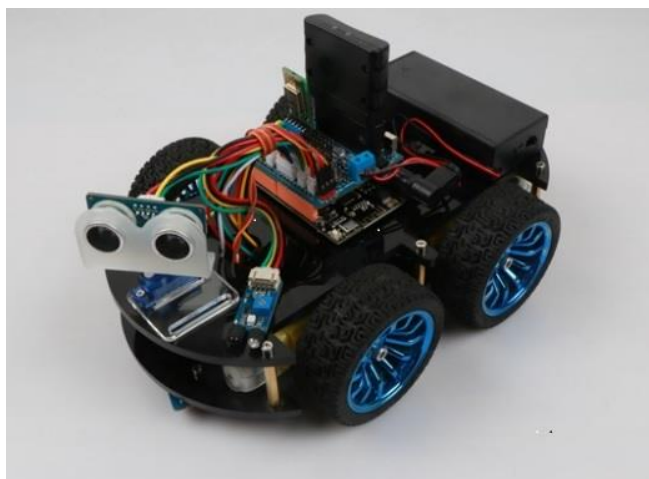


1. Right infrared obstacle avoidance and light seeking interface.
2. NRF24L01+interface.
3. L298 motor drive interface.
4. UART (WIFI module/Bluetooth module) interface.
5. Infrared remote control receiver.
6. PS2 interface.
7. Voltage display interface.
8. DC motor control selection pin.
9. Servo interface.
10. Fire extinguishing small fan motor interface.
11. RGB ultrasonic module interface.
12. Left infrared obstacle avoidance and light seeking interface.
13. Three-way infrared tracking interface

5. **Servo Motor SG90**, [73]. Малък и лек с висока изходна мощност. Сервото може да се върти приблизително на 180 градуса (90 във всяка посока) и работи точно като стандартните видове, но по-малки. Може да се използва всеки серво код, хардуер или библиотека, за да се контролира сервото. Скорост (сек): 0,1, Въртящ момент (kg-cm): 2,5, Тегло (g): 14,7, Voltage : 4.8 – 6 V.

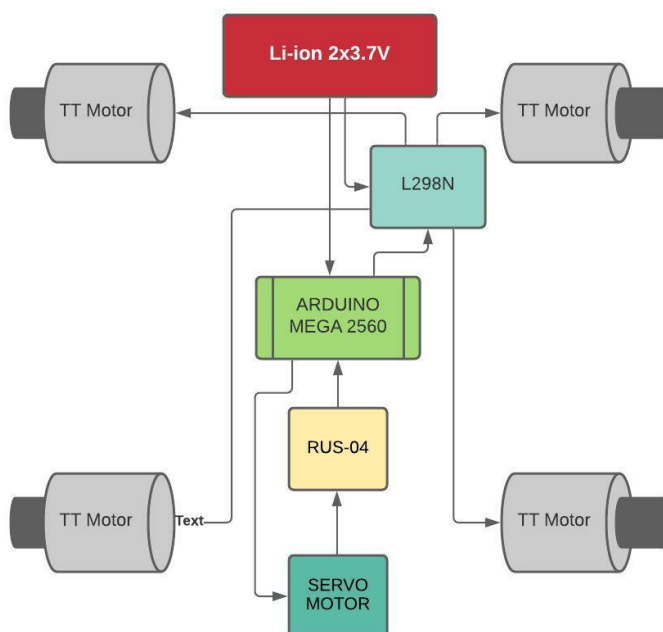
6. Захранващ блок.

7. **Шаси**, Фиг.7. Шасито и колелата са стандартни и се продават в специализираните магазини за роботика и електроника. Сглобяването не отнема повече от 2 часа и има упътване на няколко езика. Платформата се задвижва от 4 водещи колела.



Фиг 2.12. NitroBot

9. Схема на системата за управление.



Фиг 2.13. Блокова схема на системата за управление на мобилната робо-платформа.

2.3.3. Алгоритми и блок-схеми

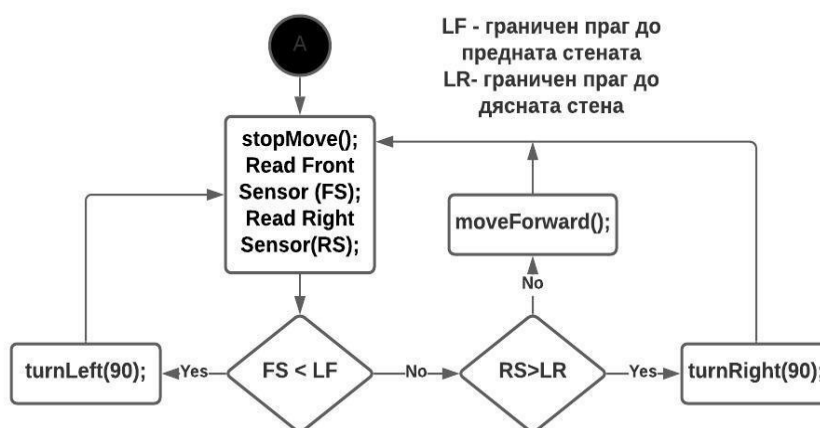
Роботизираната платформа изпълнява следните задачи, алгоритмите за които са описани по-долу.

Работа на робо-платформата с ултразвуков сензор RUS-04.

- избягване на препятствие.
- търсене на изход от лабиринт.
- търсене на изход от затворено пространство.

Алгоритми:

Фиг. 2.10. илюстрира алгоритъм за избягване на препятствия. В този алгоритъм се използва ултразвуковия сензор 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.

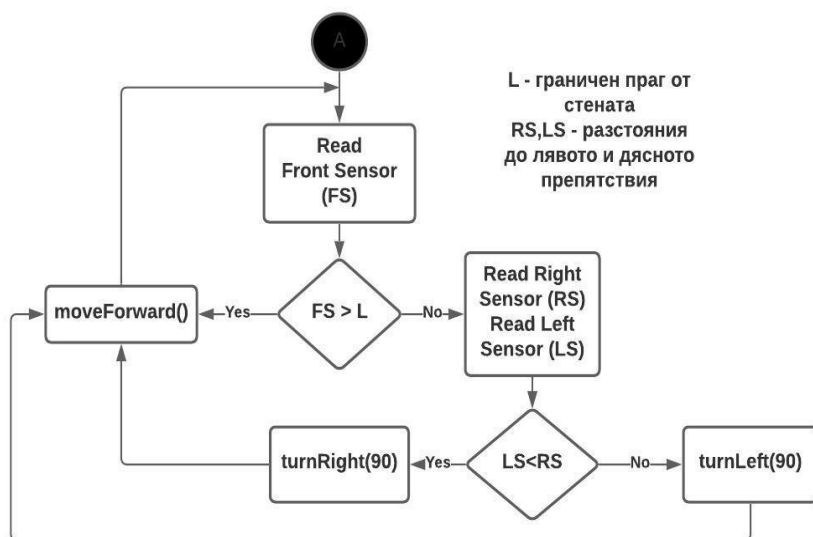


Фиг 2.14. Блокова схема на алгоритъм за избягване на препятствия.

Фигура 2.11. илюстрира алгоритъм за търсене на изход от лабиринт. В този алгоритъм се използва ултразвуковия сензор и серво мотора. 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.

Недостатък на този метод е, че това е идеалният вариант за изпълнение на алгоритъма. В действителност обаче има външни фактори като триене и приплъзване на колелата, намаляване на захранващото напрежение (с намаляване на заряда на батерията) и др., които възпрепятстват идеалното изпълнение на алгоритъма. В такива случаи, робота не може да изпълни точен 90 градусов завой или равномерно движение в права

посока, а това води до отклонение от правата линия или от желания ъгъл на завой както и до напускане на въображаемата „осева линия“ по която би трябвало да се движи. В такъв случай се налага да се извърши корекция на движението (в ляво или дясно), в зависимост в каква посока спрямо „осевата линия“ се е отклонил робота. Тази корекция е разгледана в следващия алгоритъм.



Фиг 2.15. Блокова схема на алгоритъм за изход от лабиринт

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 робо-платформата се намира в пространство с неправилна форма (стените на което включват 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.

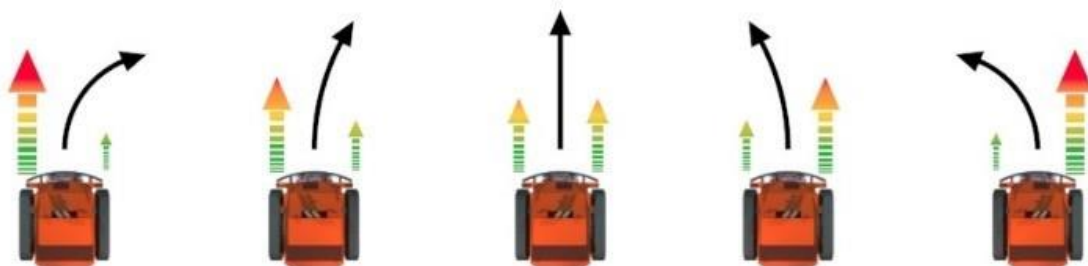
робота е на „осевата линия“. Тогава робота отново продължава да се движи право напред и да следи осевата линия.

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.

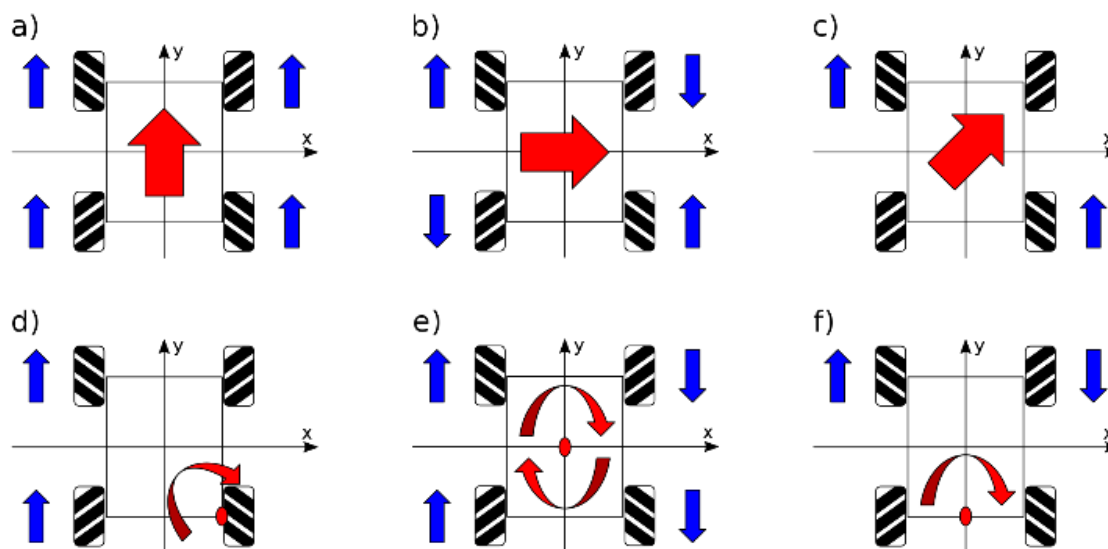
Роботът с диференциално задвижване е мобилен робот с движение, базирано на две отделно задвижвани колела, които са разположени от всяка страна на тялото на робота, което позволява на робота да се движи напред и назад и да се върти на място. Специфичното за този вид задвижване е, че колелата от двете страни приплъзват по време на завой. Когато забавим единия двигател (и в крайна сметка ускорим другия), робота ще направи завой около колелото движещо се с по-малка скорост. Колкото по-голяма е разликата между скоростта на двата двигателя, толкова по-остър е завоя. Това означава, че достигането до всяко местоположение и ориентация в двуизмерно пространство ще се извърши с по-малко маневри от транспортните средства с кормилна уредба.



Фиг 2.16. Принцип на диференциално задвижване на мобилен робот

Роботът с тесаним колела може да се движи във всяка посока благодарение на своите многопосочни колела, тъй като задвижването с тесаним колела позволява на робота да променя посоката на движение незабавно. Всяко от четирите тесаним колела е свързано към двигател с независимо управление. Благодарение на конфигурацията на ролките под ъгъл 45° робота може да се придвижва всепосочно - в права посока, настрани или по диагонал (фиг.2) и да се върти точно като робот с четири обикновени колела.

Роботите с тесаним колела са създадени в отговор на нуждите на различни области, като промишленост, здравеопазване и научни изследвания



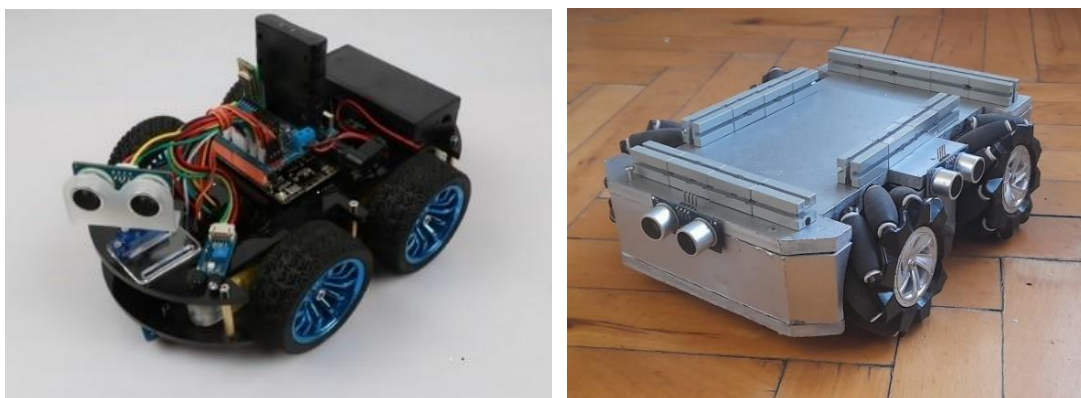
Фиг 2.17. Управление на тесаним колелата за изпълнение на движения

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 тесаним колела способни да изпълняват поставените им задачи.
- Изследване на методи за придвижване от начална до крайна точка следвайки линия.
- Изследване на методи за преодоляване на предварително недефинирани препятствия.
- Разработване на алгоритми за изпълнение на тези задачи.
- Провеждане на реални експерименти и показване на резултатите от проведените експерименти.
- Представяне на изводи от проведените експерименти.

2.4.2. Хардуер (сензори, драйвери, контролери, двигатели)

За провеждане на опитите са използвани два мобилни робота с еднакви размери на платформите: 250мм x 166мм и еднакви размери на колелата.



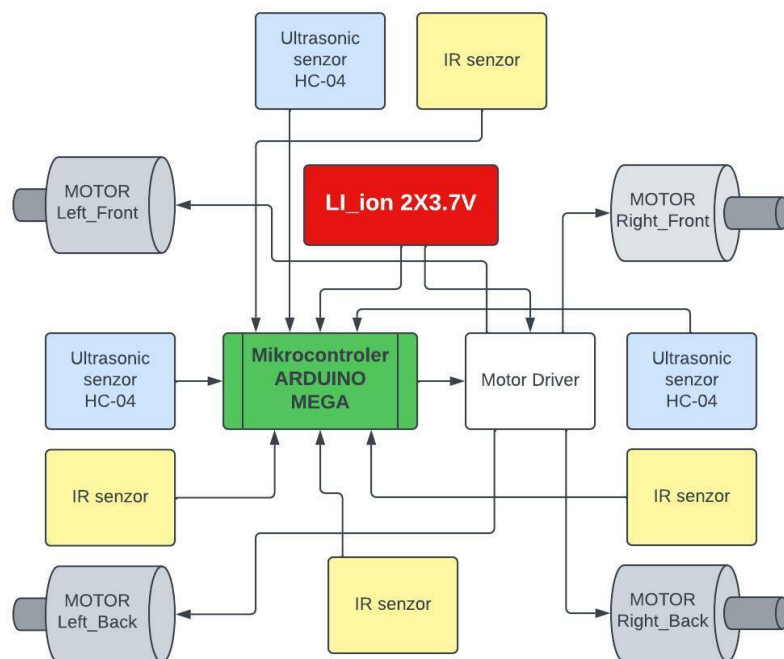
Фиг 2.18. В ляво робот с диференциално задвижване на колелата, в дясно Мобилен робот с Месанит колела.

Хардуера на робота с диференциално управление включва: микроконтролер Arduino Mega, четири 6V постояннотокови двигатели с енокодери и драйвери, един ултразвуков сензор разположен върху серво-двигател, три триканални инфрачервени модула за следене на линия и захранващ блок 2X3.7V LI-Ion battery.

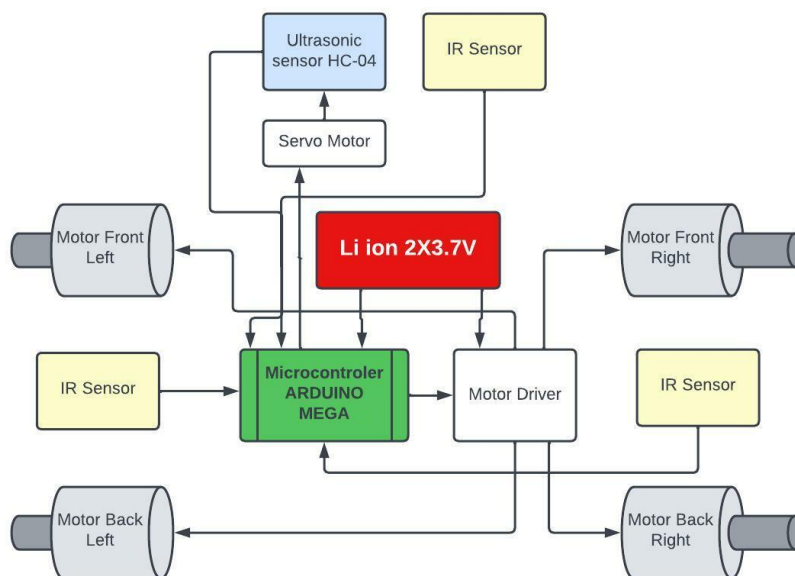
Хардуера на робота с месанит колела включва: микроконтролер Arduino Mega, четири 6V постояннотокови двигатели с енокодери и драйвери, три ултразвукови сензора, четири триканални инфрачервени модула за следене на линия и захранващ блок 2X3.7V LI-Ion battery.



Фиг 2.19. Компоненти за изграждане на мобилен робот с диференциално задвижване на колелата и робот с Месанит колела.



Фиг 2.20. Блокова схема на транспортен робот с Месанит колела.



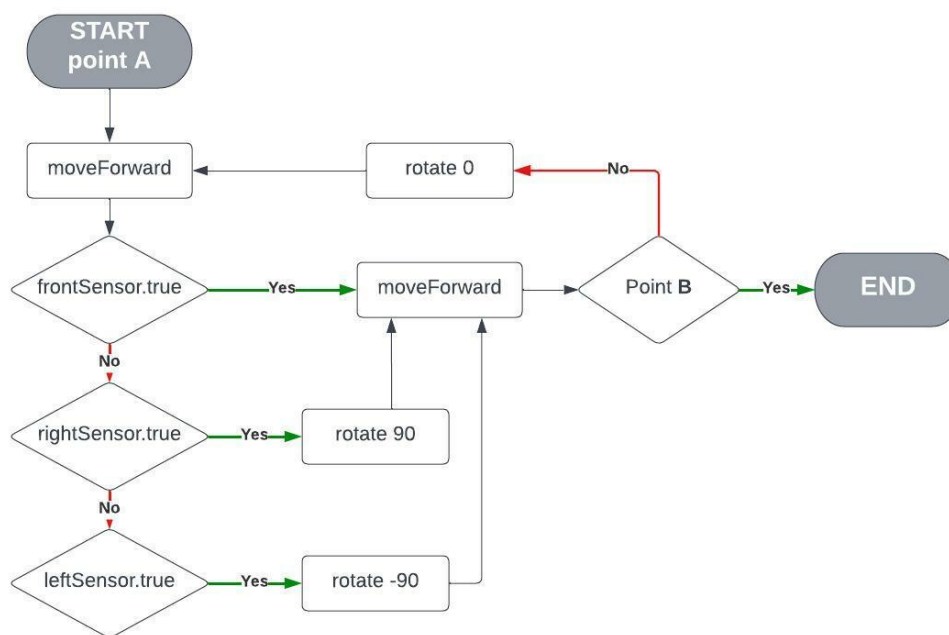
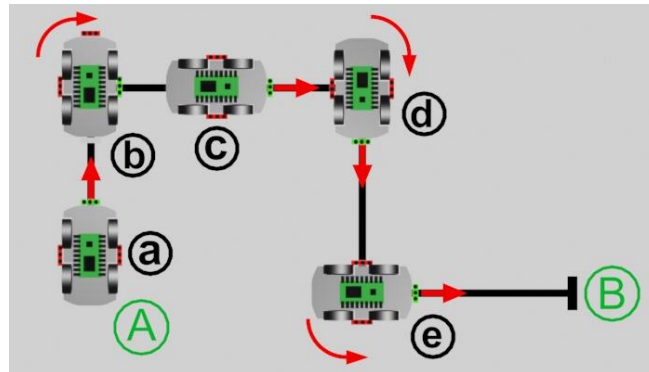
Фиг 2.18. Блокова схема на транспортен робот с диференциално задвижване

2.4.3. Алгоритми и блок-схеми

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

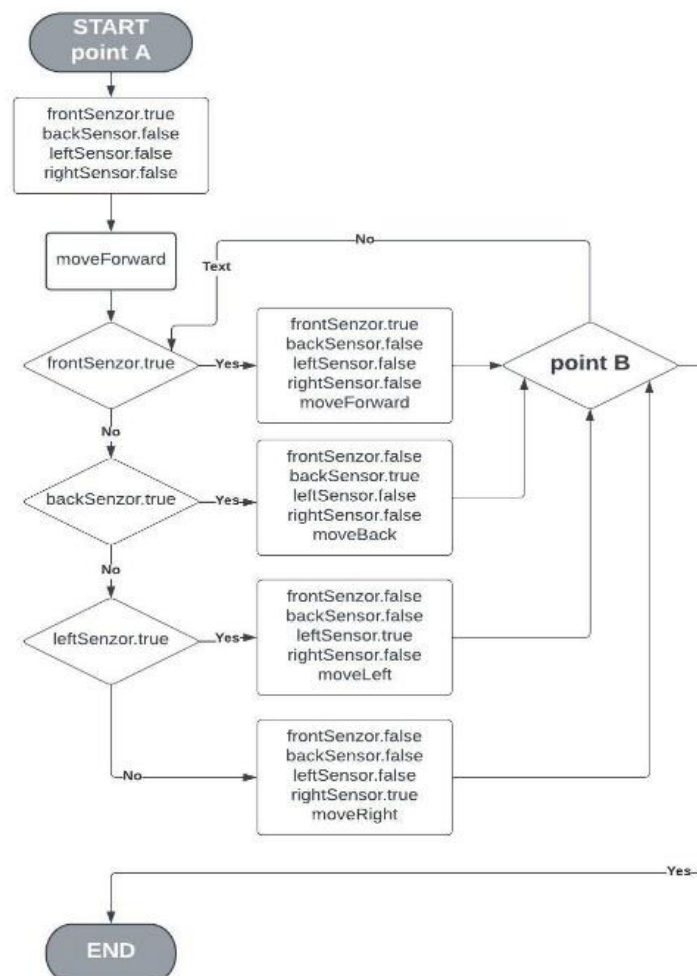
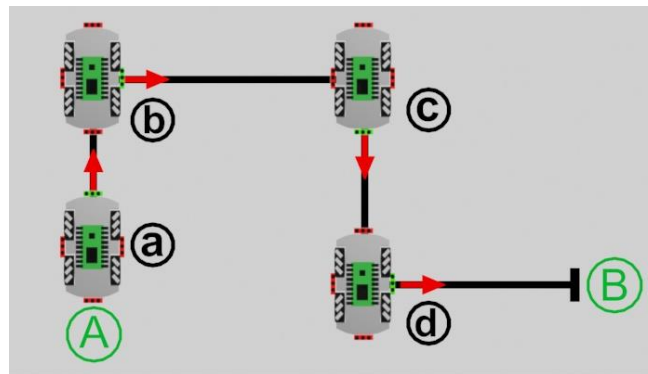
ляво или дясно. Роботът не спира, а продължава движението си напред, докато един от страничните сензори не отчете линия. В зависимост от това кой страничен модул е установил наличието на линия, транспортния робот ще извърши завой на 90 градуса в посоката на завоя и ще продължи движението си праволинейно 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.



Фиг 2.21.. Блокова схема на алгоритъма за придвижване на мобилния робот от точка **A** до точка **B**, следвайки непрекъсната линия.

Роботът с тесанит колеса 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

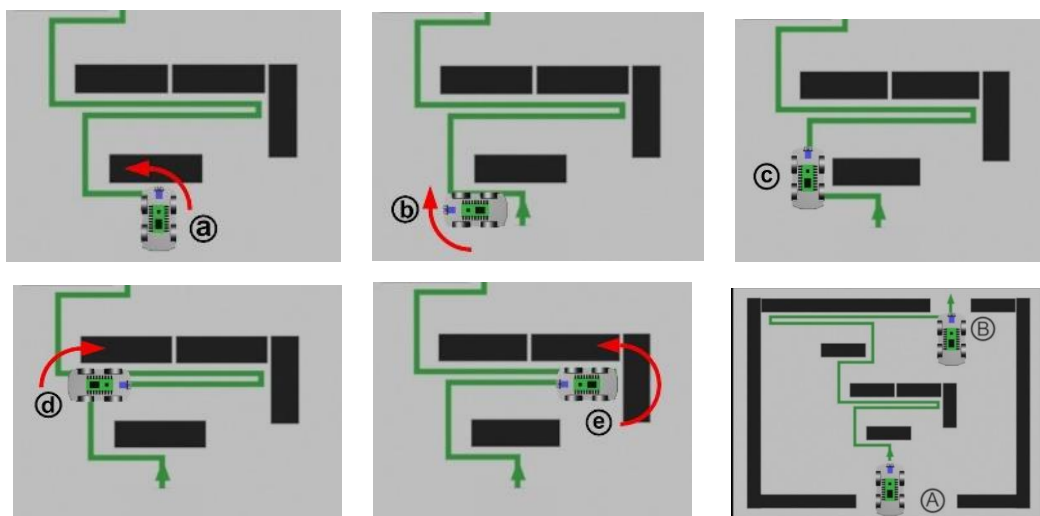
съответната посока. Когато модула следящ линия отново установи липсата на такава означава, че отново следва завои. В този случай предния или задния сензори отчитат този завои и роботът продължава движението си в посоката съответстваща на сензора регистрирал линията. Тази последователност от движения се повтаря докато някой от сензорите не регистрира СТОП маркер. Това означава, че мобилния робот е стигнал до крайната си цел.

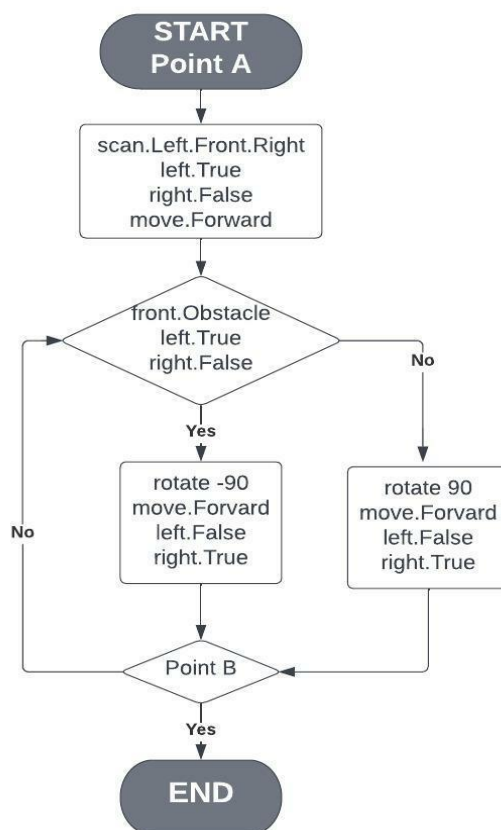


Фиг 2.22. Блокова схема на алгоритъма за придвижване на мобилен робот от точка A до точка B, следвайки непрекъсната линия.

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

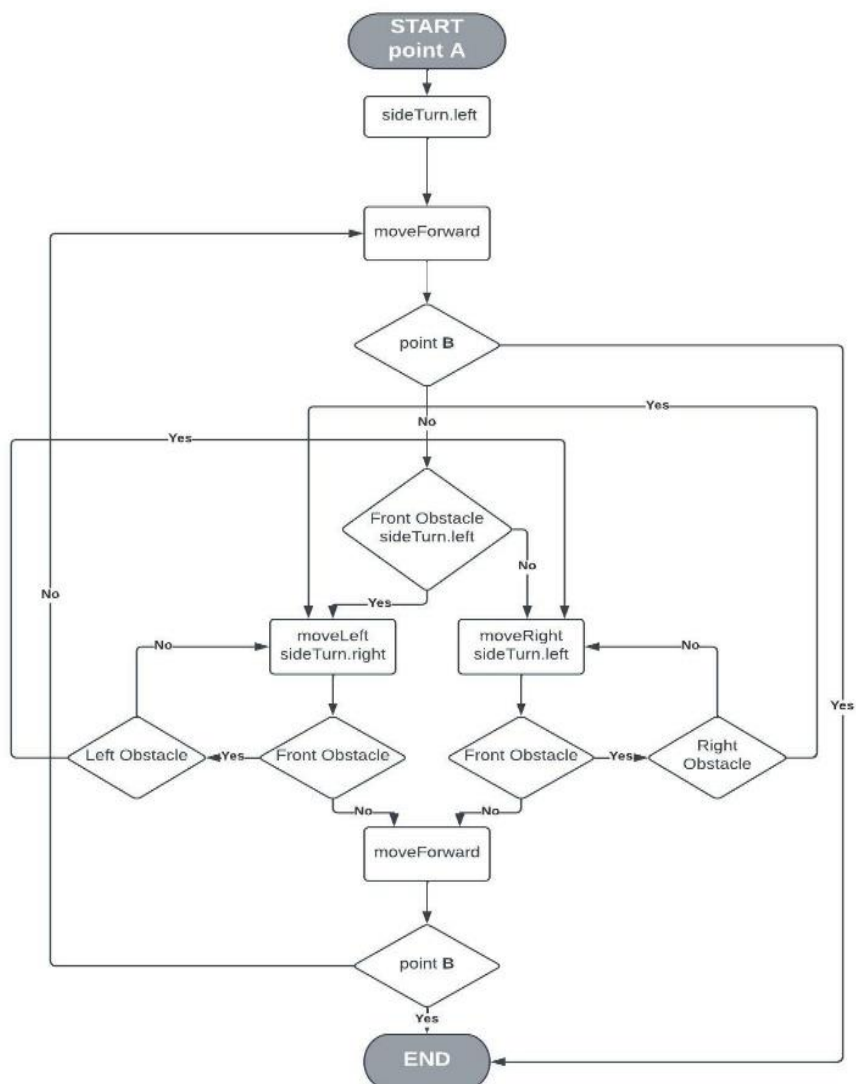
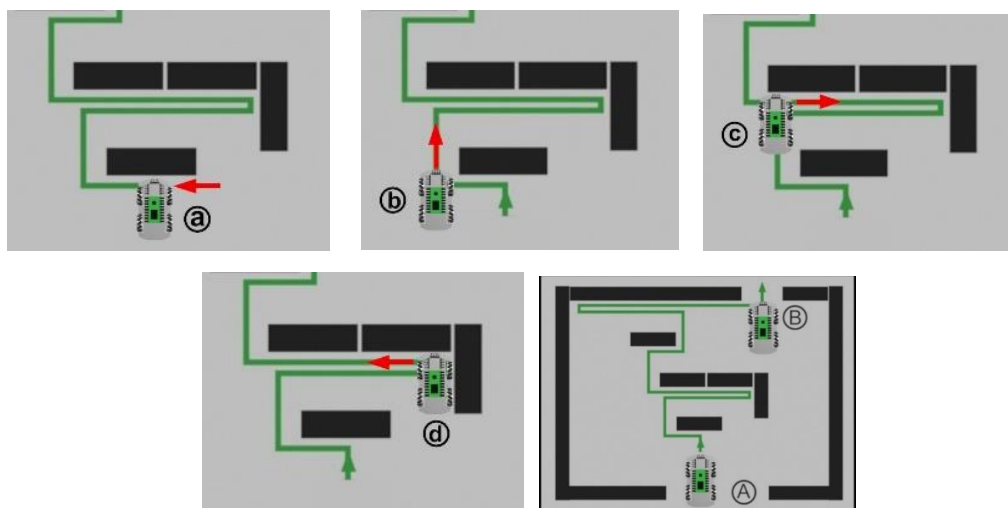
За изпълнението на тази задача роботът с диференциално задвижване на колелата е снабден с ултразвуков сензор монтиран върху серво-двигател разположен в предната част на робота. По време на изпълнението на задачата серво-двигателя се върти последователно на ляво, напред, на дясно, като по този начин ултразвуковия сензор сканира за наличие на препятствие в посоката в която го е завъртял серво-двигателя. 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). Тогова той прави завой на 180 градуса и продължава движението си докато не установи празно пространство в посока целевата точка. Тогова 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 (фиг10,11).





Фиг 2.23. Блокова схема на алгоритъма за придвижване на мобилен робот от точка *A* до точка *B*, преодолявайки предварително недефинирани препятствия.

За изпълнението на тази задача роботът с месаним 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 .



Фиг 2.24. Блокова схема на алгоритъма за придвижване на мобилен робот от точка *A* до точка *B*, преодолявайки предварително недефинирани препятствия.

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. Това включва използването на различни техники и алгоритми за обработка, анализ и извличане на необходима информация от цифрови изображения или видео потоци.

Машинното зрение е тема, която доскоро изискваше много мощни компютри както и прилагане на сложни алгоритми и кодиране. Но днешното ново поколение на мощни микроконтролери промени всичко това и вече има няколко евтини решения за машинно зрение, които са идеални за любители и експериментатори. 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. Поради малките си размери и ниската консумация на ток той е подходящ за монтиране върху учебни мобилни роботи.

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:

- **Получаване на изображение:** Това включва заснемане на визуални данни с помощта на камери или други устройства за изображения. Качеството на изображенията или видео кадрите играе решаваща роля в следващите стъпки на обработка.
- **Обработка на изображения:** След като изображенията бъдат получени, те преминават през серия от стъпки на обработка за подобряване и извличане на съответните характеристики. Техниките за обработка на изображения включват филтриране, намаляване на шума, откриване на ръбове, сегментиране на изображението, извличане на характеристики и др. Тези операции помагат при изолирането на обекти или области от интерес в изображението.
- **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. Това може да включва разпознаване на обекти, класифициране, проследяване, измерване, откриване на дефекти, контрол на качеството, роботизирано насочване или всяко друго приложение, специфично за предназначението на системата.

Системите за машинно зрение могат да бъдат намерени в различни индустрии и приложения. Например:

- **Производство:** Машинното зрение се използва широко в процесите на контрол на качеството за проверка на продуктите за дефекти, измерване на размерите и проверка на правилното сглобяване. Той помага за

автоматизиране на задачите за проверка, подобряване на производствената ефективност и осигуряване на постоянно качество на продукта.

- Роботика и автономни системи: Машинното зрение позволява на роботите и автономните превозни средства да възприемат и взаимодействат с околната среда. Позволява им да навигират, да разпознават обекти и да изпълняват сложни задачи.
- Медицински изображения: Техниките за машинно зрение се използват в технологиите за медицински изображения като ЯМР, компютърна томография и микроскопия. Те помагат при диагностициране на заболявания, анализиране на тъкани и предоставяне на количествени измервания.
- Наблюдение и сигурност: Системите за машинно зрение играят решаваща роля в приложенията за видеонаблюдение и сигурност. Те помагат при откриване на подозрителни дейности, проследяване на обекти и идентифициране на лица.

Това са само няколко примера, а машинното зрение има множество други приложения в различни области. Напредъкът в областта на изкуствения интелект, дълбокото обучение и компютърното зрение значително допринесе за възможностите и ефективността на системите за машинно зрение.

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. [74].

Чрез UART / I2C порта HuskyLens може да се свърже с Arduino и micro:bit, за да помогне за изграждане на много креативни проекти, без използването сложни алгоритми.

2. Спецификация

Процесор: Kendryte K210

Сензор за изображение:

SEN0305 HuskyLens: OV2640 (2,0 мегапикселова камера)

SEN0336 HuskyLens PRO: OV5640 (5,0 мегапиксела камера)

Захранващо напрежение: 3.3~5.0V

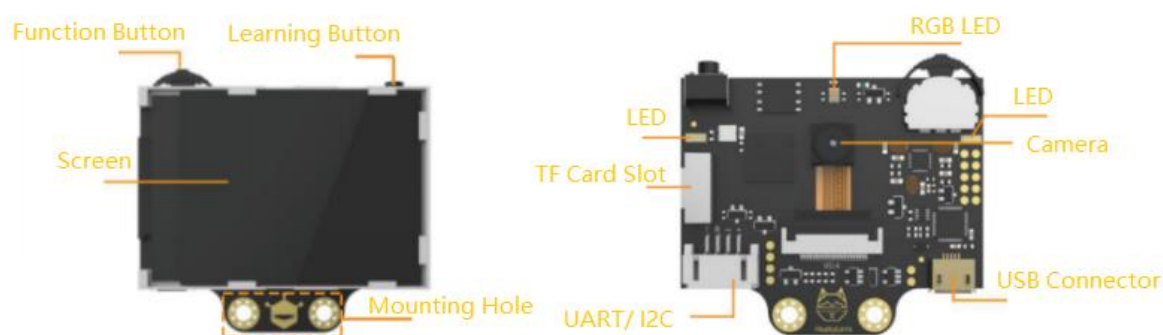
Консумация на ток (TYP): 320 mA при 3,3 V, 230 mA при 5,0 V (режим на разпознаване на лица; 80% яркост на фоновото осветление)

Дисплей: 2.0-инчов IPS екран с резолюция 320*240

Вградени алгоритми: разпознаване на лица, проследяване на обекти, разпознаване на обекти, проследяване на линии, разпознаване на цветове, разпознаване на етикети, класификация на обекти

Размери: 52 мм x 44,5 мм (2,05*1,75 инча)

3. Преглед на борда



3.1 Конектори

USB конектори за захранване на Huskylens.

4-пинов конектор в UART режим

Num	Label	Pin Function	Description
1	T	TX	TX pin of HuskyLens
2	R	RX	RX pin of HuskyLens
3	-	GND	Negative (0V)
4	+	VCC	Positive (3.3~5.0V)

4-пинов конектор в режим I2C

Num	Label	Pin Function	Description
1	T	SDA	Serial data line

2	R	SCL	Serial clock line
3	-	GND	Negative (0V)
4	+	VCC	Positive (3.3~5.0V)

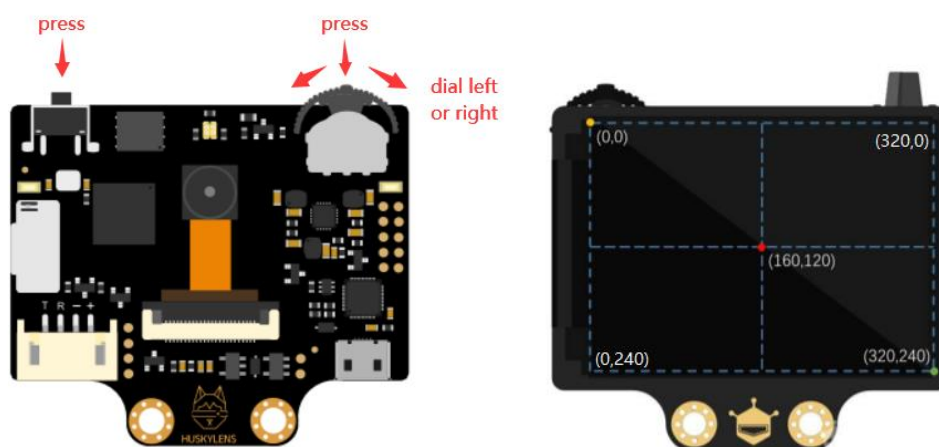
3.2 Бутони

HuskyLens има два бутона, функционалния бутон и бутон за обучение. Основните операции на тези два бутона са показани по следния начин:

"Function button " се върти наляво или надясно, за превключване на различните функции.

Бутонът "Learning button", се натиска за кратко за да изучи посочения обект. Продължителното натискане на бутона "Learn button" се използва за да изучи посочения обект от различни ъгли и разстояния.

При продължително натискане на "Function button" се влиза в менюто от второ ниво (настройка на параметър) в текущата функция.



Координатна система:

Когато HuskyLens открие обект, целта автоматично ще бъде регистрирана от цветната рамка на екрана. Координатите на позицията на цветната рамка x и y се задават съгласно следната координатна система: $x = (0 - 320)$, $y = (0 - 240)$,

2.5.2. Разпознаване на лица

Тази функция може да открие всеки контур на лицето, да разпознае и проследи наученото лице.

Функционалният бутон се върти наляво, докато в горната част на екрана се покаже думата "Face recognition. По подразбиране HuskyLens е настроен да изучи едно лице. За да изучи няколко лица, трябва да се активира "Learn Multiple". Функционалният бутон се върти наляво, докато в горната част на екрана се покаже думата "Learn Multiple".

Когато функционалният бутон се натисне продължително, се влиза в настройката на параметрите на функцията за разпознаване на лица. Слайдера става син и квадратната икона на слайдера се премества надясно. След това функционалният бутон трябва да се натисне за кратко, за да се потвърди този параметър.

Функционалният бутон се завърта наляво, докато се покаже „Запазване и връщане“. И екранът подканва "Do you want to save the parameters?". Избира се "Yes" по подразбиране. Функционалният бутон се натиска за кратко, за да се запазят параметрите.

Изучаване на множество лица: Символа „+“ се насочва към лицето и се натиска продължително „бутон за обучение“, за да се изучи лицето на първия човек. След „бутон за обучение“ се отпуска. На дисплея на камерата ще се покаже синя рамка с думите „Лице: ID1“. Ако HuskyLens открие същото лице, ще се покаже съобщение "Click again to continue!", "Click other button to finish",. Трябва за кратко да се натисне "function button", преди обратното броене да приключи, ако е необходимо да се изучи лицето на друг човек.

За изучаване на следващо лице се извършват същите като стъпките за разпознаване на първото лице. Символа „+“ трябва да се насочи към второто лице и да се натисне продължително „бутон за обучение“, за да се изучи лицето на втория човек. След това "learning button" се отпуска. На дисплея ще се покаже синя рамка с думите „Face: ID2“, ако HuskyLens открие същото лице.

Идентификаторът на лицето е същият като реда на въвеждане на лицето, тоест: научените лица ще бъдат маркирани като "лице: ID1", "лице: ID2", "лице: ID3" по ред, а различните идентификатори на лица ще съответстват на различни цветни рамки.

Разпознаване на множество лица: Научената информация за лицето ще бъде запазена автоматично. Когато HuskyLens открие заученото лице от множество лица, заученото лице ще бъде избрано с рамка и идентифицирано чрез лицето на съобщението: IDx. Например, когато HuskyLens открие заученото лице на първия човек, то ще бъде избрано със синя рамка и ще идентифицира лицето: ID1; когато HuskyLens открие заученото лице на втория човек, то ще бъде избрано с жълта рамка и ще идентифицира лицето: ID2; и така нататък.

Цветът на рамката, съответстващ на различни идентификатори на лица, също е различен и размерът на рамката ще се променя с размера на лицето и лицето ще се проследява автоматично.



2.5.3. Проследяване на линия, цели и задачи, алгоритми и блок-схеми.

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

При методите за следене на линия най често се използват инфрачервени сензори. Целта на това изследване в дисертацията е да се разработят алгоритми за следене на линия, 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. 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 и да разпознава линия взимайки самостоятелни решения в определени ситуации. Изследванията обхващат следните проблемни области при учебните роботи: навигация, сензорни системи и системи за управление.

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

- Изследване на метод за следене на линия използвайки интелигентна камера HuskyLens.
- Разработване на алгоритми за изпълнение на тази задача.
- Провеждане на реални експерименти и анализирането на тези експерименти.
- 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.

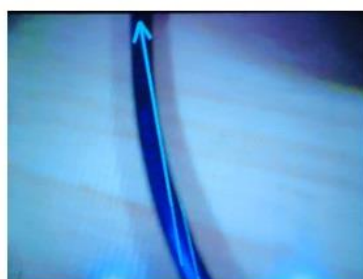
Функционалния бутон се върти наляво или надясно, докато думата "Line Tracking" се покаже в горната част на екрана, след което се натиска продължително, за да се влезе в настройката на параметрите на функцията за проследяване на линия. Отново функционалния бутон се върти наляво или надясно, докато се избере „Learn Multiple“, след което се натиска за кратко, за да се завърши този параметър. Може да се включат светодиодите, като се зададе "LED Switch". Това е много полезно когато опитите се провеждат в тъмна среда.

Препоръчително е в рамките на зрителното поле на HuskyLens да остане само линия за обучение без никакви кръстосани линии. Символа "+" трябва да се насочи към линията. Тогава HuskyLens автоматично ще открие линията и на екрана ще се появи бяла стрелка. Бутон за обучение, трябва да се натисне за кратко за да завърши процеса на обучение. На екрана ще се появи синя стрелка за посока на маршрута.



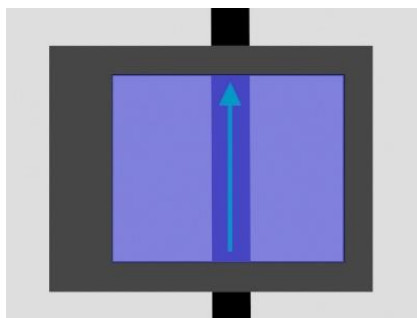
Фиг 2.25. *Настройки на HuskyLens в режим Line Tracking..*

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



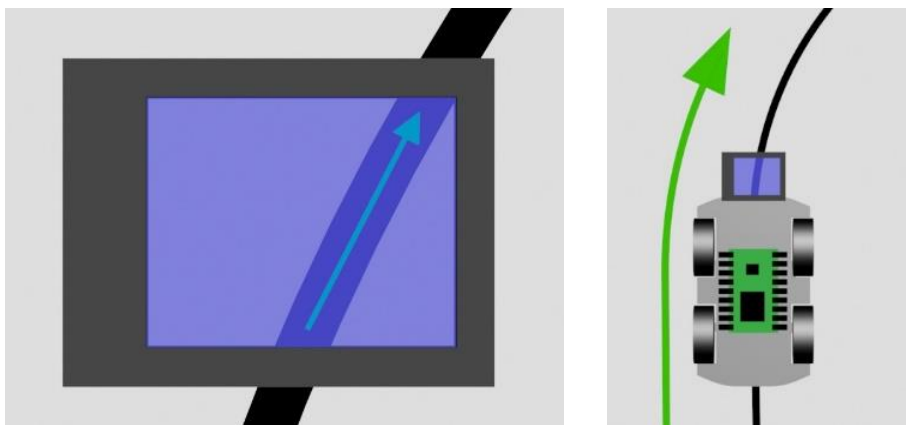
Фиг 2.26. *Готова настройка на HuskyLens в режим Line Tracking.*

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.



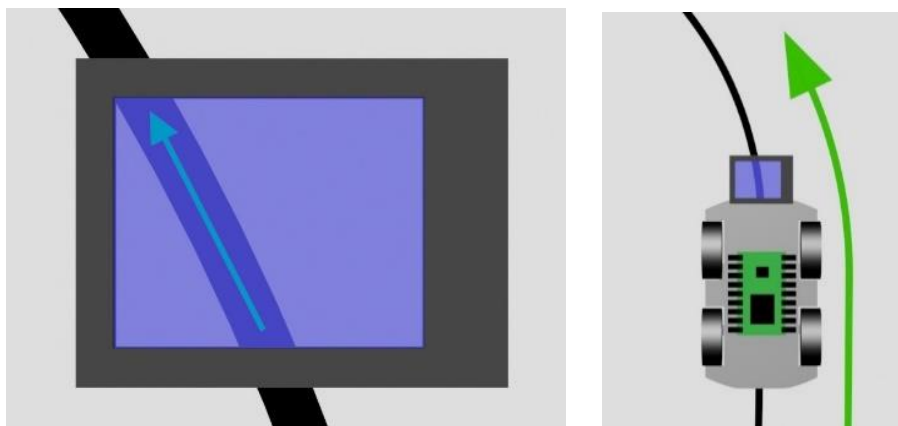
Фиг 2.27. *Следене на линия с HuskyLens върху прав участък от пътя.*

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.

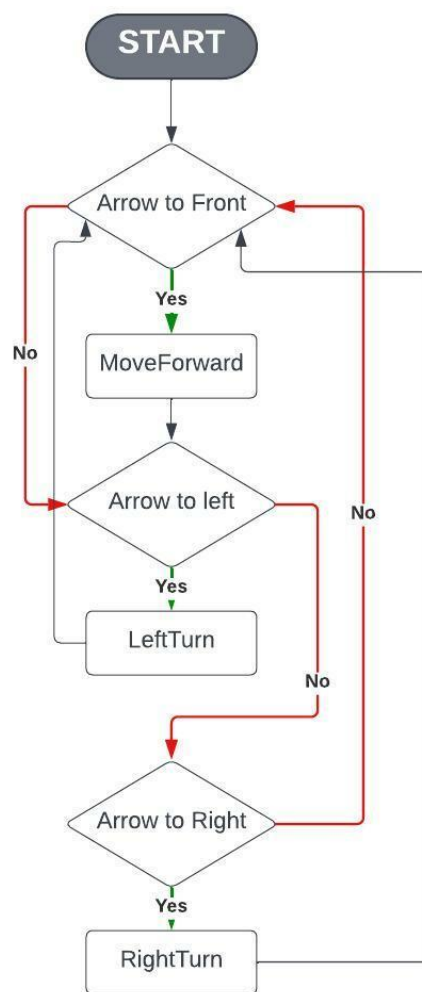


Фиг 2.28. Следене на линия с HuskyLens върху участък от пътя с последващ десен завой

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.



Фиг 2.29. Следене на линия с HuskyLens върху участък от пътя с последващ ляв завой



Фиг 2.30. Блокова снема на мобилен робот оборудван с интелигентна камера HuskyLens.

2.5.4. Проследяване на обекти, цели и задачи, алгоритми и блок-схеми

Проследяването на обекти с роботи е важна задача, която се използва в различни области, като роботика за домашна употреба, автоматизация на производствени процеси, медицински роботи 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:

- 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).

- 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.
- Следене на движението: Роботът използва информацията за характеристиките на обекта, за да следи движението му в реално време.

Важно е да се отбележи, че проследяването на обекти може да бъде предизвикателно, особено при сложни и бързодвижещи се обекти или при наличието на силни промени в околната среда. Затова съществуват различни техники и алгоритми, които се използват в роботиката за решаване на тези предизвикателства и за постигане на точно проследяване на обекти.

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. При изпълнението на тези задачи учебния робот трябва да се движи автономно и разпознава обект вземайки самостоятелни решения в определени ситуации. Изследванията обхващат следните области при учебните роботи: навигация, сензорни системи и системи за управление.

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

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

Камерата HuskyLens има функция чрез която може да научи и проследи определен обект. Може да се проследява само един обект, а множество обекти не се поддържат.

Първоначално HuskyLens трябва да се превключи в режим на „Object Traking”, чрез въртене на функционалния бутон наляво или надясно.

Фиг 11. Настройки на HuskyLens в режим Object Tracking.

Функционалния бутон, трябва да се натисне продължително за да се влезе в режим настройката на параметрите на функцията за проследяване на обект. Избира се

функцията „Learn Enable“, След това бутона се натиска за кратко, за да бъде потвърден този параметър.

След като са завършени тези стъпки се преминава към регулиране размера на рамката, като се настройват последователно „Frame Ratio“ и „Frame Size“, за да съответстват на формата на обекта.

Предстои обучение и откриване на обекти. **Обучението на обекти се извършва по следния начин.** HuskyLens се насочва към целевия обект, като се регулира разстоянието докато обектът съвпадне с жълтата рамка в центъра на екрана. След това се натиска продължително бутона за обучение, за да изучи обекта от различни ъгли и разстояния. По време на процеса на обучение на екрана ще се покаже жълтата рамка с думите "Learning: ID1". Когато HuskyLens може да проследи обекта под различни ъгли и разстояния, може да се освободи бутона за обучение, за да завърши обучението.



Фиг 2.31. Настройки на HuskyLens в режим Object Tracking..

При преместване на HuskyLens или целта, рамката ще проследи целта автоматично. При проследяване обекта, ще се покажат жълтите думи „Learning: ID1“, което показва, че HuskyLens проследява обекта, докато учи. Тази настройка подобрява способността за проследяване на обекти.



Фиг 2.32. Готова настройка и тест на HuskyLens в режим Object Tracking..

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 и блок-схеми.

Теле-управляемите 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.

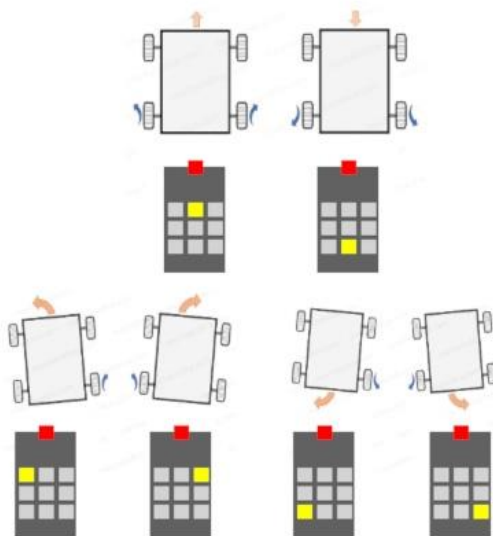
Системата за навигация на теле-управляемата платформа е с диференциално задвижване. Специфичното за този тип задвижване е, че колелата от двете страни приплъзват по време на завой. Когато забавим едната страна (и в крайна сметка ускорим другата страна), робота прави завой около колелото движещо се с по-малка скорост. Колкото по-голяма е разликата между скоростта на двата двигателя, толкова по-остър е завоя. За да се движи робота в права посока, двата двигателя трябва да се движат със една и съща скорост. Същият принцип на движение се използва и при верижните машини (например, верижен трактор, танк, багер и др.).

Теле-управляемият робот е проектиран да изпълнява следните задачи:

- 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“ .
- телеуправление с джойстик и 2 приемо-предавателни модула „NRF24L01 2.4Ghz wireless data transmission module“ .

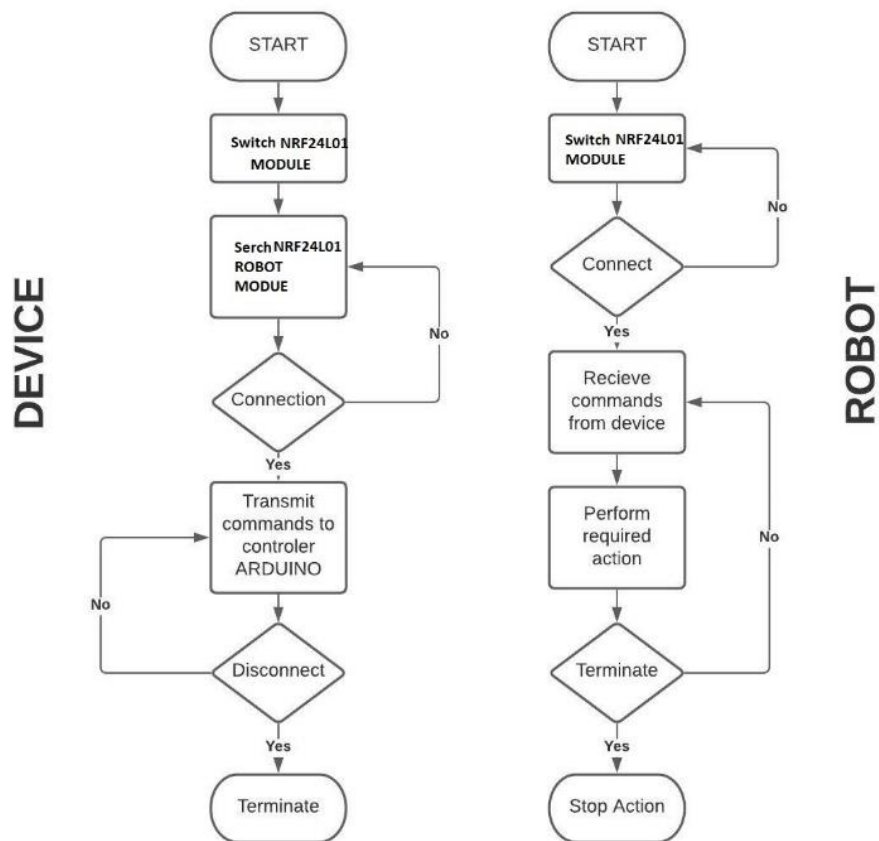
- телеуправление посредством бутонен блок с използване на „RF Receiver and Transmitter Module 433Mhz Remote controls“ с който се осъществява комуникацията между оператора и робота.
- телеуправление посредством 2.4G 4CH радио RC предавател.

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.

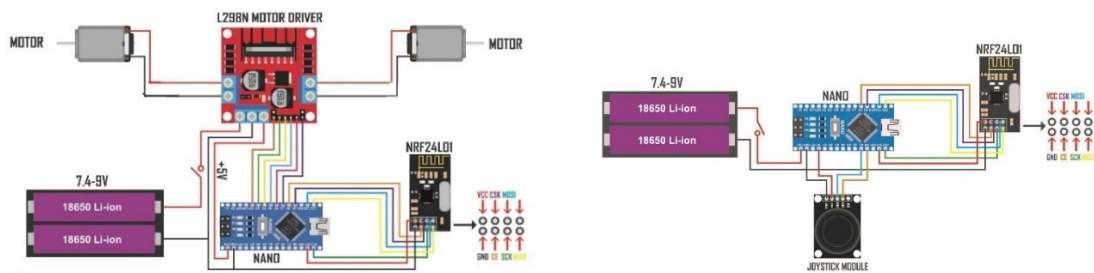


Фиг 3.1. Телеуправление на робота с инфрачервено дистанционно управление

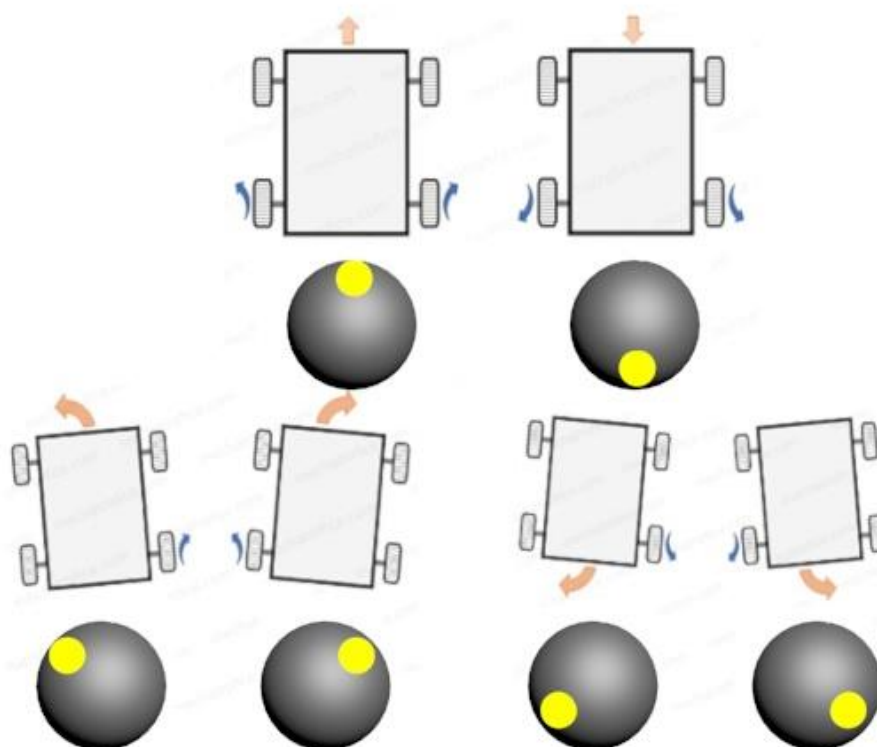
При софтуера за телеуправление с джойстик и 2 приемо-предавателни модула NRF24L01 2.4Ghz са използвани два софтуера. Първия софтуер е предназначен за модула за управление с джойстик, а другия за приемника отговарящ за движението на робота. Използваният е метод за безжична комуникация с Arduino, е модульът nRF24L01. Това е евтин модул, който осигурява двупосочни комуникации, използвайки обхвата 2,4 GHz. Тази лента е безплатна за използване за устройства с ниска мощност без лиценз и в някои случаи може да осъществява връзка до един километър (въпреки че се очакват много по-къси обхвати без специална антена)..



Фиг 3.2. Обща блокова схема на системата за управление на мобилната робо-платформа с приемопредавателен модул NRF24L01

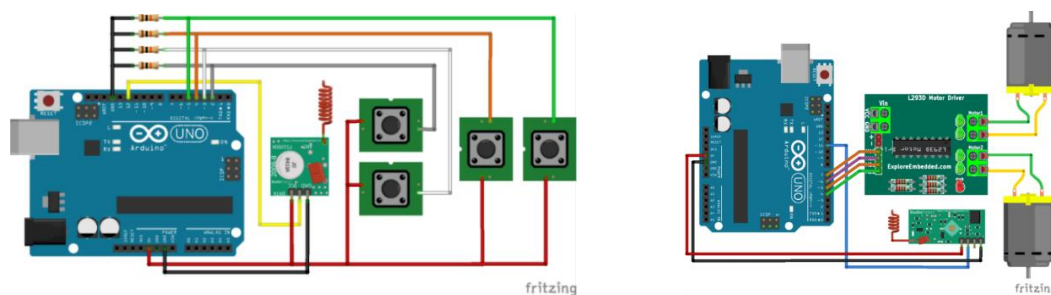


Фиг 3.3. Схема на системата за управление на мобилната робо-платформа



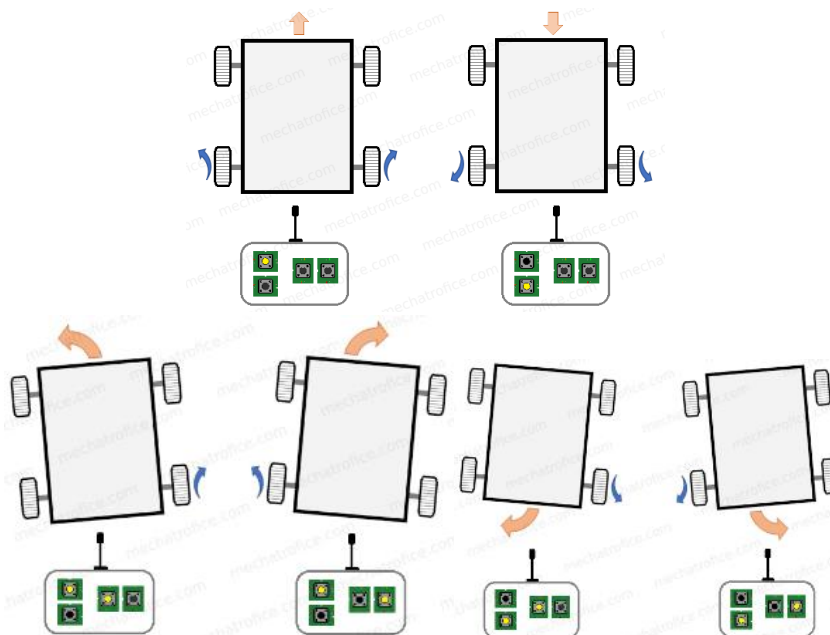
Фиг 3.4. Схема за дистанционното управление на мобилната робо-платформа посредством Джойстик

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.



Фиг 3.5. Общата схема на дистанционния модул за управление на мобилната робо-платформа

Механизмът за управление на посоката на робота се осъществява от два задни задвижващи двигателя, чиято посока на въртене може да се управлява от пулт за управление снабден с четири бутона. Два за права посока напред и назад и два бутона отговарящи за завоите;



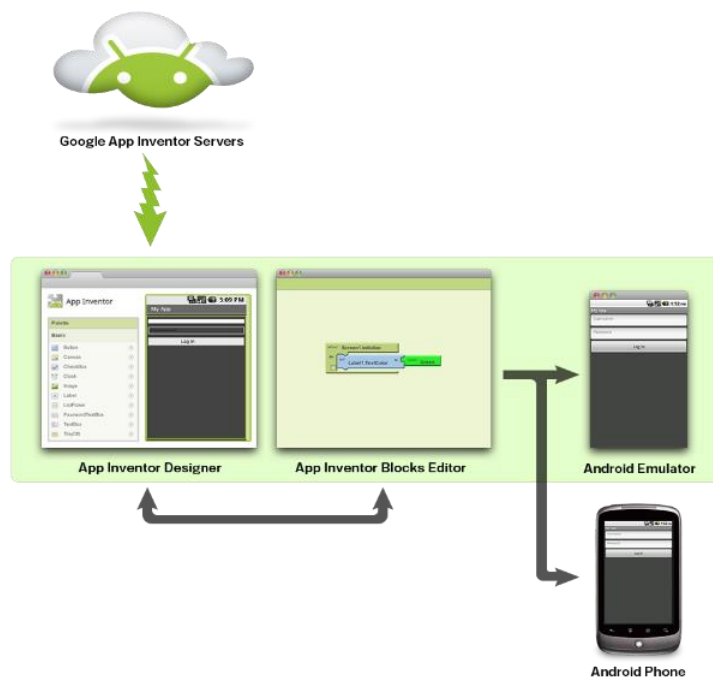
Фиг 3.6. Схема за дистанционното управление на мобилната робо-платформа посредством дистанционно устройство с бутони

3.3. Телеуправление чрез използването на Андроид приложението MIT Application Inventor

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

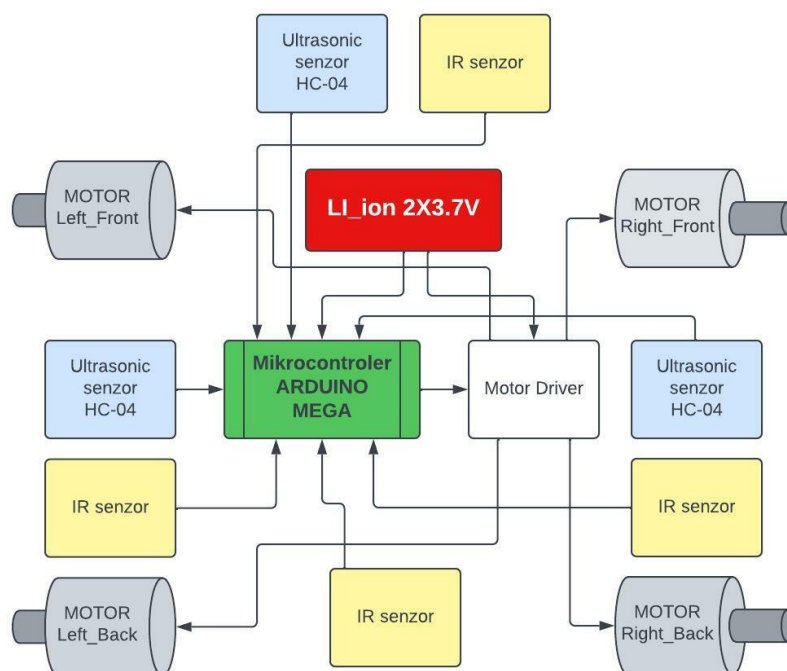
За създаването на софтуера за управление е използвано уеб приложението MIT App Inventor.

MIT App Inventor е интуитивна, визуална среда за програмиране, която позволява създаването на напълно функционални приложения за смартфони и таблети 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 браузър[75].



Фиг 3.7. Интуитивна, визуална среда за програмиране MIT App Inventor
Интуитивна, визуална среда за програмиране MIT App Inventor.

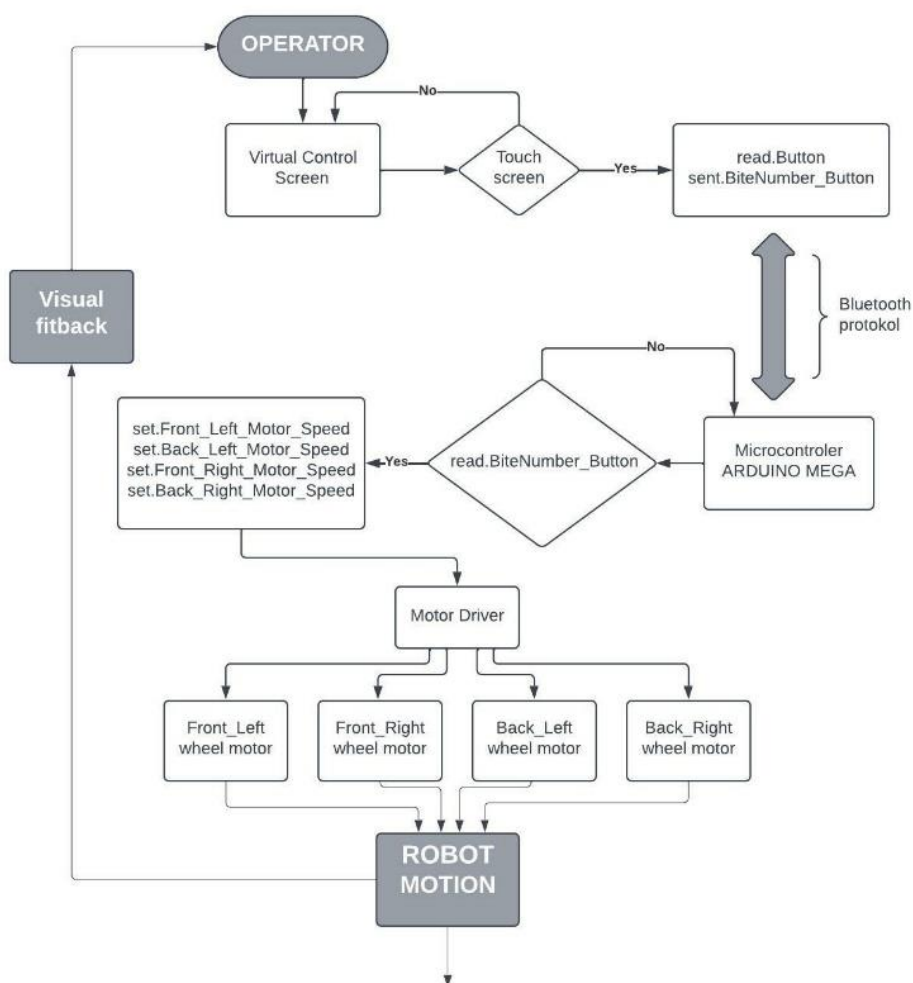
Хардуера на робота включва: микроконтролер Arduino Mega, четири механични колела, четири 6V постояннотокови двигатели с енодери и драйвери, три ултразвукови сензора, четири триканални инфрачервени модула за следене на линия и Bluetooth модул за телеуправление, захранващ блок 2X3.7V LI-Ion battery.





Фиг 3.8. Интерфейс за телеуправление на транспортен робот посредством смартфон или таблет

По долу е илюстрира блокова схема за телеуправление на транспортен робот посредством смартфон или таблет с операционна система Android или iOS и вграден Bluetooth модул.



Фиг 3.9. Блокова схема на алгоритъма за телеуправление на транспортен робот посредством смартфон или таблет с операционна система Android или iOS и вграден Bluetooth модул.

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

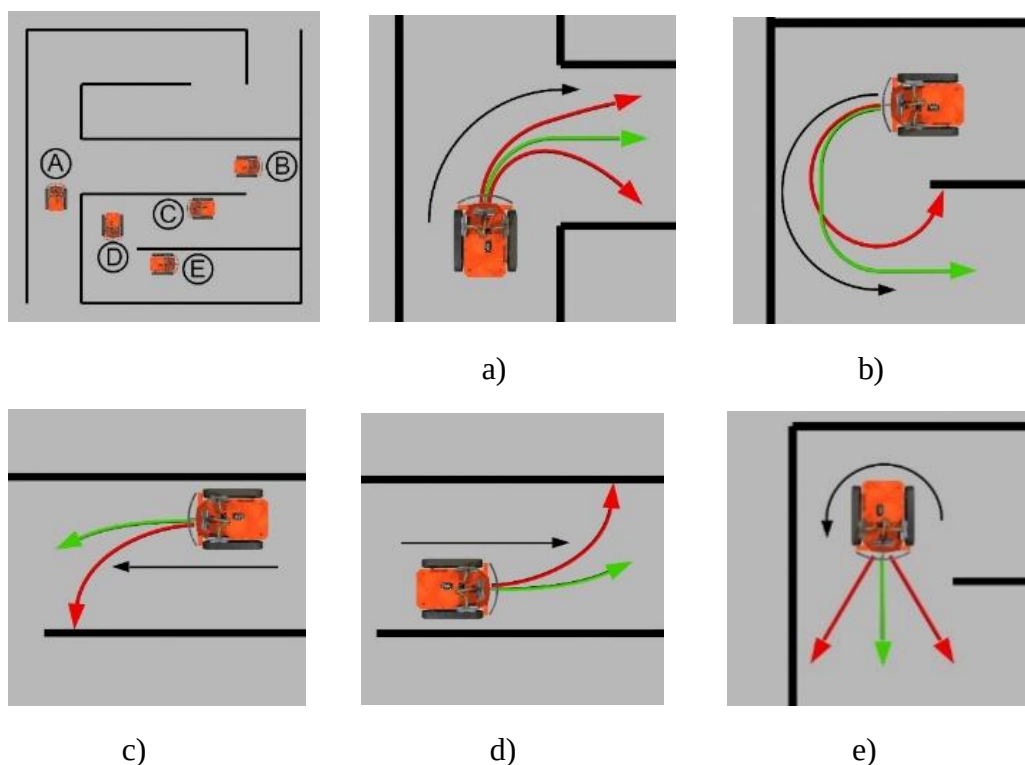
След изследвания на поставените задачи бяха извършени тестове на описаните алгоритми.

Двигателите задвижващи платформата не са стъпкови или серводвигатели, а постояннотокови 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. Първоначално двигателите на робота са настроени за движение на максималната им скорост и робота бе тестван при движение напред. Робота се отклони от правата линия и след постепенно намаляване на скоростта на избързващия двигател, платформата започна да се движи праволинейно. Данните за корекция на скоростта на избързващия двигател бяха отразени в програмата, за да бъдат използвани за следващите тестове.

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 завои и се отклоняваше от стената. След няколкократни опити и настройка на параметрите, беше постигнат точен резултат и робота успешно извърши маневрата. Със същите параметри беше извършен опит за избягване на препятствие в обратната посока и резултата от теста беше успешен.

При следващия експеримент беше тествана задачата за изход от лабиринт. Резултатите от тестовете са показани на Фиг.4.1. При извършването на десен завой (Фиг.4.1.a.), платформата недозавиваше или презавиваше при което напускаше мислената осова линия и се блъскаше в стените на лабиринта. За успешен завой под прав ъгъл се наложи да се коригира скоростта на водещия ляв двигател. След корекция на скоростта на двигателите робота извърши правилна маневра. При завой на ляво на 180 градуса (Фиг.4.1.b.), робота твърде рано завършваше маневрата, сензора отчиташе, че в ляво няма препятствие и движението продължаваше към стената на лабиринта. Радиуса на завоя беше намален и беше добавено кратко движение направо. Така завоя се извърши на два етапа и опита беше успешен. Сензора отчете, че в дясно има стена, а пред робота има свободно пространство и движението продължи направо. След като робо-

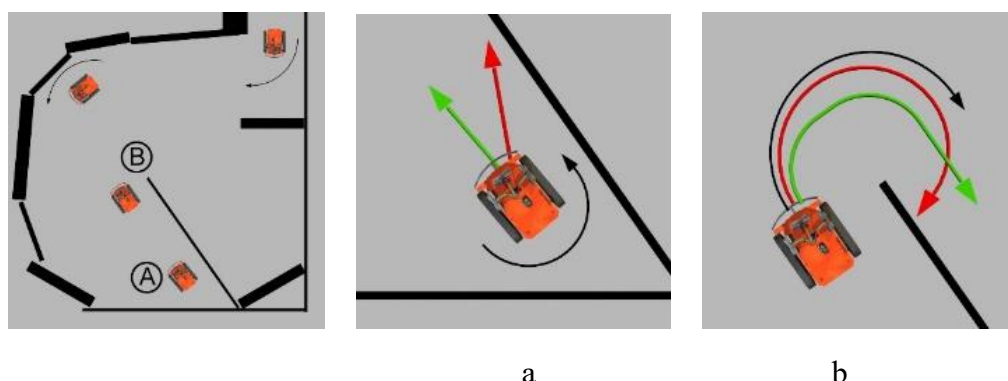
платформата навлезе в правия коридор (Фиг.4.1.с.), тя се беше отклонила в дясно от „осевата линия“. Това налагаше корекция на движението наляво, чрез увеличаване на скоростта на десния двигател и намаляване на скоростта на левия. При първия опит се получи презавиване и робота се отклони силно към стената. След корекция на параметрите на двата двигателя, робота направи по-плавен завой и навлезе в „осевата линия“. На (Фиг.4.1.е.) платформата достигна стена пред себе си и направи 90 градусов завой на място и на ляво. При този опит отново трябваше да се коригират скоростите на двата двигателя защото се наблюдаваше презавиване или недозавиване. След корекция на скоростта на двата двигателя робота продължи движението си в права посока. На (Фиг.4.1.d.) робота отново се движи в коридор но този път е по-близо до лявата стена на коридора. Тук корекциите са същите както на опита от (Фиг.4.1.с.) само, че местата на двигателите са разменени. След всички корекции и проведени опити робота намери изход от лабиринта и експеримента беше успешен.



Фиг 4.1. Резултати от тестовете на алгоритъма за изход от лабиринт

Следващите тестове са на алгоритъма за излизане на робота от затворено пространство. На Фиг.4.2. са показани резултатите на някои от проведените опити. На (Фиг.4.2.а.) платформата достигна препятствия, които сключват остър ъгъл пред себе си. Робота започна да прави завой на място и на ляво, докато фронталния сензор не показва достатъчно свободно място пред робота. Това доведе до недозавиване и трябваше да се добавят няколко милисекунди допълнително време за въртене за да може робота да застане успоредно на стената. Когато робота достигне до препятствия сключващи ъгъл по-малък от 90 градуса робота започва прави завой на ляво докато сензора не отчете празно пространство пред себе си, след което продължи праволинейното си движение.

При следващия тест (Фиг.10.b.), робота трябваше да извърши десен завой под обратен ъгъл, но радиуса на завоя беше прекалено голям, сензорът не отчете препятствие в дясно и платформата се блъсна в стената. След като радиусът на завоя беше намален, робота направи маневрата по-близо до стената, десния сензор отчете близост до препятствие и робота продължи движението си в напред. След извършените корекции робота успешно напусна затвореното пространство.



Фиг 4.2. Резултати от тестовете на алгоритъма за изход от затворено пространство.

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

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

При изпълнение на задачата следене на линия е използван робот с диференциално задвижване. Специфичното за този вид задвижване е, че колелата от двете страни приплъзват по време на завой. Когато забавим едната страна (и в крайна сметка ускорим другата страна), робота прави завой около колелото движещо се с по-малка скорост. Колкото по-голяма е разликата между скоростта на двата двигателя, толкова по-остър е завоя. За да се движи робота в напред, върху двата двигателя трябва да се движат със една и съща скорост

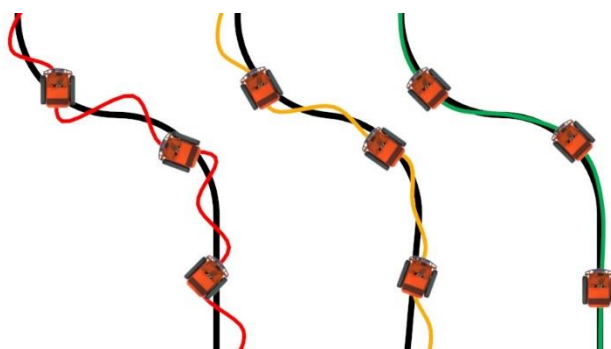
В началото на програмата са зададени като константи, максималните мощности за двата двигателя и два коефициента за корекция на скоростта, съответно за левия и за десния двигател. Първоначално, тези коефициенти имат стойност 1.0 при което робота ще се движи право напред, но в процеса на експериментиране 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 завой 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 (фиг.4.3.) е показана графика на резултатите от първоначалния тест, междинния тест и теста с крайни резултати.



Фиг 4.3. Резултати от тестовете

В таблицата са показани оптималните коефициенти с които робота изпълни успешно задачата върху двете трасета.

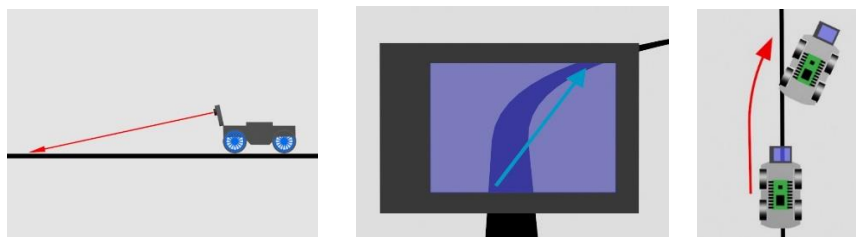
Комбинация от показания на сензора	Позиция на робота спрямо линията	Коефициенти за скорост
0 0 0 0 0	Няма открита линия	Ляв – 0 Десен 0
0 0 1 0 0	Централно по линията	Ляв – 1.0 Десен 1.0
0 1 1 0 0	Леко надясно	Ляв – 0.8 Десен 1.25
0 1 0 0 0	Още вдясно	Ляв – 0.6 Десен 1.5
1 1 0 0 0	Още повече вдясно	Ляв – 0.4 Десен 1.75
1 0 0 0 0	Почти извън линията (вдясно)	Ляв – 0.2 Десен 2.0
0 0 1 1 0	Леко наляво	Ляв – 1.25 Десен 0.8
0 0 0 1 0	Още вляво	Ляв – 1.50 Десен 0.6

0 0 0 1 1	Още повече вляво	Ляв – 1.75 Десен 0.4
0 0 0 0 1	Почти извън линията (вляво)	Ляв – 2.0 Десен 0.2
1 1 0 1 1	Открит е стоп-маркер	Ляв – 0.0 Десен 0.0

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

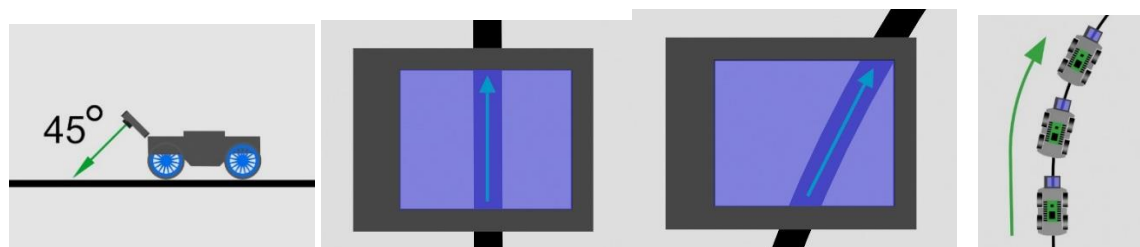
След изследвания на поставените задачи бяха извършени тестове на описаните алгоритми.

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.



Фиг 4.4. Следене на линия при ъгъл на камерата < 45 градуса.

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



Фиг 4.5. Следене на линия при ъгъл на камерата 45 градуса

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 отдалечихме 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. Когато следения обект прекрати своето движение, роботът продължи да се движи докато се доближи на такова разстояние при което обекта достигна константните си размери спрямо екрана на камерата. В този случай роботът се доближи на минимално разстояние до целевия обект и спря своето движение очаквайки предстоящи движения на обекта.

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

След изследвания на поставените задачи бяха извършени тестове на описаните алгоритми. Извършените тестове на описаните алгоритми са с цел тяхното оптимизиране. Тестовите бяха проведени в лабораторна зала с подредени предварително недефинирани препятствия с цел да се проследи и изследва мобилността и маневреността на робота. Бяха проведени и тестове в открито пространство за да се провери дистанцията при която робота може да изпълнява успешно командите на оператора

При телеуправлението на робота посредством IR предавател-приемник робота успешно изпълни теста. Робота изпълняваше точно командите и се движеше в избраните от оператора посоки. Недостатък на този метод, е че за изпълнението на командите, между IR устройството и робота трябва да има пряка видимост, т.е. дистанционното управление винаги трябва да е насочено право към „окото“ на приемния модул. Друг недостатък на този метод е малкото разстояние на обхват между двете устройства – от порядъка на 10м. Предимството на този метод, е че в сравнение с другите методи на телеуправление той е най лесен за реализация и е най-евтин. Може да се използва всякакво дистанционно управление предаващо на честотата на приемника, а самия приемник е единственото изискване като хардуер за приемането и предаването на сигнали. За осъществяването на този метод разходите на средства са минимални.

При метода с използване на управляваща уредба с Джойстик и приемопредавателните 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. Недостатък на този метод е по-сложното окабеляване и използването на почни всички свободни пинове на платката ARDUINO UNO. Тъй като работи на честота 2,4Ghz, а това е широко разпространен радио-диапазон

са възможни смущения от други устройства като рутъри и други радио-управляеми устройства работещи на тази честота.

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. Този метод е много подходящ за реализация поради ниската цена на компонентите и широкия обхват на радио сигнала. Хардуера е много прост, а честотата на предаване на радио-сигнал не се смущава от други радио-устройства. Цената на модулите е минимална и допустима за ученици и студенти

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

Експеримента е проведен на трасе с размери 4500X2500мм, върху което е залепена черна лента с ширина 15мм и дължина на отсечките 2000мм. Линията се състои от прави участъци с перпендикулярни завой. Целта е роботите да се придвижат от точка **A** до точка **B** следвайки непрекъсната линия за най-кратко време. Експеримента се проведе на базата на съставените алгоритми.

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 тесанит 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 разположение на ролките на колелата под ъгъл 45 градуса, те имат по-голямо триене и затова скоростта на работа е по-ниска 0.36м/сек.

В тази задача той извършва само праволинейни движения, като за преодоляването на една отсечка са му необходими приблизително 5.555 сек. За придвижването му от точка **A** до точка **B** му бяха необходими 22.222 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.

При провеждане на експеримента, за да достигне от точка **A** до точка **B**, робота с диференциално задвижване на колелата трябваше да измине разстояние 9,1м и да извърши 10 маневри (осем завоя на 90 градуса и два завоя на 180 градуса). Робота се движи с 0.4м/сек. За извършване на маневра, завой на 90 градуса му е необходима 1сек., а за завой на 180 градуса – 2сек. Така той измина цялото трасе за 34.75сек.

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.

Извода е, че при така зададените задачи, роботът с месаним колела се справя по добре от робота с диференциално задвижване на колелата.

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.

За в бъдеще ще се продължат изследванията върху системите за управление на учебните роботи, като се изследват и разработят нови алгоритми за изпълнение на все по-сложни задачи, които роботите ще трябва да изпълняват. Подобряването на учебните роботи и намаляването на тяхната цена, чрез множество научни изследвания ще допринесе за все по масовото им разпространение в училищата и учебните центрове.

НАУЧНО-ПРИЛОЖНИ ПРИНОСИ

С оглед на работата извършена в дисертацията и резултатите, получени в хода на изследванията и изложени по-горе, могат да бъдат формулирани следните научно-приложни приноси:

- Реализирани са и изследвани методи и алгоритми за робот преодоляващ препятствия, търсещ изход от лабиринт, изход от затворено пространство и следене на линия.
- Реализирани са и изследвани методи и алгоритми за телеуправление на робот, чрез различни устройства.
- Направен е сравнителен анализ на роботи с различен тип навигация и системи за управление.

ПРАКТИЧНО-ПРИЛОЖНИ ПРИНОСИ

- Реализирани са иновативни методи и алгоритми за следене на линия и следене на обект на робот извършващ навигация посредством интелигентна камера HUSKYLENS.
- Разработен е интерфейс за Android устройства на базата на приложението MIT App Inventor, предназначен за телеуправление на учебен мобилен робот посредством Bluetooth комуникация.

БИБЛИОГРАФИЯ

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". Popularmechnics.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--91HCKTrocdBno6ZzZ9sFZqakZDQZGHY8TXvmvIC6gSvYYJ6BoCuhAQAvD_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>

Декларация за оригиналност

Декларирам, че дисертацията съдържа оригинални резултати, получени, при проведени от мен, научни изследвания с подкрепата и съдействието на научния ми ръководител.

Резултатите, които са получени, описани и/или публикувани от други учени, са коректно и подробно цитирани в библиографията.

Настоящият дисертационен труд не е прилаган за придобиване на научна степен в друго висше училище, университет или научен институт.

Подпис:.....

Маг. инж. Станислав Йовков

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