Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы

1997 жылдан бастап шығады

TORAIGHYROV UNIVERSITY

ВЕСТНИК Торайгыров университета

Энергетическая серия

Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 1 (2026)

ПАВЛОДАР

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО
о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ 14310-Ж
выдано
Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность
публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

---

https://doi.org/10.48081/BGQF1934

Бас редакторы – главный редактор
Талипов О. М.
доктор PhD, ассоц. профессор (доцент)

Заместитель главного редактора — Калтаев А.Г., *доктор PhD*
Ответственный секретарь — Сағындық Ә.Б., *доктор PhD*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я.,	*д.т.н., профессор*
Никифоров А. С.,	*д.т.н., профессор*
Новожилов А. Н.,	*д.т.н., профессор*
Алиферов А. И.,	*д.т.н., профессор (Российская Федерация)*
Кошеков К. Т.,	*д.т.н., профессор*
Приходько Е. В.,	*к.т.н., профессор*
Кислов А. П.,	*к.т.н., доцент*
Нефтисов А. В.,	*доктор PhD*
Шерьязов С. К.	т.ғ.д., *профессор (Российская Федерация)*
Искакова З. С.	*технический редактор*

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов
При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

МРНТИ 44.09.35

https://doi.org/10.48081/BGQF1964

***Қ. Төребек[1], А. Кисманова[2], А. Турбекова[3], А. Аджанов[4]**

[1,2,3,4]С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Қазақстан Республикасы, Астана қ.

[1]ORCID: https://orcid.org/0009-0001-3198-9806

[2]ORCID: https://orcid.org/0009-0000-6150-0517

[3]ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9689-4509

[4]ORCID: https://orcid.org/0009-0008-3662-1833

*e-mail: kuandyktorebek@gmail.com

ИНФРАҚЫЗЫЛ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІ НЕГІЗІНДЕ ЖЫЛЖЫМАЛЫ РОБОТ ҚОЗҒАЛЫСЫН САҚТАУ ЖӘНЕ АВТОМАТТЫ ҚАЙТАЛАУ АЛГОРИТМІ

Бұл мақала инфрақызыл (IR) қашықтан басқару жүйесіне негізделген мобильді роботты басқару әдісін зерттеуге арналған. Зерттеу барысында робот қозғалысының параметрлерін сақтау және оларды кейін дәл қайта орындауға мүмкіндік беретін басқару архитектурасы әзірленіп, тәжірибелік тұрғыдан зерттелді. Ұсынылған жүйе Arduino UNO R3 микроконтроллері мен L293D мотор драйвері негізінде жүзеге асырылып, қозғалтқыштарды сенімді басқару және басқару сигналдарын тиімді өңдеу қамтамасыз етілді. Қашықтан басқару пультінен берілетін инфрақызыл сигналдар қабылдағыш модуль арқылы қабылданып, микроконтроллер көмегімен декодталып, роботтың қозғалыс жүйесін басқару командаларына түрлендіріледі. Робот қозғалысының бағыты, жылдамдығы және орындалу уақыты сияқты параметрлер арнайы жады массивтерінде сақталып, save/play қағидасы негізінде кейін автоматты түрде қайта орындалады. Бұл тәсіл роботтың алдын ала орындалған қозғалыс траекториясын жоғары дәлдікпен қайталауға мүмкіндік береді. Жүргізілген эксперименттік зерттеулер инфрақызыл басқару жүйесінің тұрақты жұмыс істейтінін, басқару сигналдарына жылдам жауап беретінін және робот қозғалысын сенімді түрде басқаруға мүмкіндік беретінін көрсетті. Сонымен қатар ұсынылған басқару жүйесінің интернет желісіне тәуелсіз жұмыс

істеуі роботтың автономдылығын арттырып, сыртқы желілік инфрақұрылымсыз тұрақты әрі қауіпсіз жұмыс істеуіне мүмкіндік береді. Зерттеу нәтижелері ұсынылған инфрақызыл басқару әдісінің робототехникада, зертханалық робот жүйелерінде, қойма автоматтандыруында, өнеркәсіптік робот платформаларында және автоматтандырылған жылыжай жүйелерінде тиімді қолданылуы мүмкін екенін көрсетті. Ұсынылған тәсіл мобильді роботтарды басқарудың қарапайым, энергия үнемдейтін және сенімді шешімін ұсынып, автономды робототехника мен өндірістік автоматтандыру жүйелерін дамытуға үлес қосады.

Кілтті сөздер: Мобильді робот, инфрақызыл басқару, Arduino платформасы, мотор драйвері, қозғалыс алгоритмі, автономды басқару, робототехника.

Кіріспе

Бүгінгі таңда жылжымалы роботтар түрлі салаларда кеңінен қолданылып келеді. Өндіріс, ауыл шаруашылығы, денсаулық сақтау, логистика және тұрмыстық қызмет көрсету салаларында робототехниканың маңызы артып, оның қолдану аясы ғарыштық зерттеулерден бастап күрделі өнеркәсіптік процестерді автоматтандыруға дейін кеңейіп отыр. Робототехниканың қарқынды дамуы сенсорлық технологиялардың сенімділігін арттырып, басқару алгоритмдерін жетілдіруге және құрылғылардың өзіндік құнын төмендетуге мүмкіндік береді. Бұл үдерістер роботтардың тиімділігін арттырып қана қоймай, олардың қауіпсіздігін қамтамасыз ететін жаңа әдістер мен шешімдерді әзірлеуге жол ашады [1, 145–159-бб.].

Соңғы жылдары роботтарды басқару жүйелерінде Заттар интернеті (IoT) және жасанды интеллект (AI) технологиялары кеңінен қолданыла бастады. IoT құрылғылары арқылы роботтар сенсорлық деректерді жинап, оларды желі арқылы өңдеу және талдау мүмкіндігіне ие болады. Ал жасанды интеллект алгоритмдері қоршаған ортаны талдауға, қозғалысты жоспарлауға және автономды шешім қабылдауға мүмкіндік береді. Мұндай технологиялардың үйлесуі робототехниканың жаңа деңгейге көтерілуіне ықпал етіп, интеллектуалды автоматтандырылған жүйелердің дамуына жол ашуда.

Заманауи робототехниканың даму тарихына көз жүгіртсек, алғашқы мобильді роботтардың бірі – Shakey маңызды жаңалықтардың бастауына айналды. Бұл робот қоршаған ортаны тану, қозғалысты жоспарлау және кедергілерді айналып өту мүмкіндігімен ерекшеленді. Кейіннен Pioneer 3-DX және Nomad сияқты роботтық платформалар сенсорлық жүйелер мен басқару алгоритмдерін жетілдіруге ықпал етті. Pioneer 3-DX – мобильді роботтық

платформа ретінде әртүрлі ортада сынақтан өтсе, Nomad географиялық және ғылыми зерттеулерге бейімделіп, күрделі жер бедерлерінде автономды жұмыс істеуге мүмкіндік алды. Мұндай технологиялық жетістіктер роботтардың көпфункционалдығын арттырып, оларды күрделі тапсырмаларды орындауға икемдеді [2, 5-б.].

Дегенмен, қазіргі роботтарды басқаруда IoT технологияларын қолдану бірқатар шектеулерге ие. Біріншіден, мұндай жүйелер тұрақты интернет байланысын қажет етеді, ал желінің әлсіздігі немесе болмауы роботтың қашықтан басқарылуын қиындатуы мүмкін. Екіншіден, IoT құрылғылары киберқауіпсіздік тұрғысынан сыртқы шабуылдарға осал болуы мүмкін, бұл маңызды деректердің қауіпсіздігіне қауіп төндіреді. Үшіншіден, интернетке қосылған құрылғылар тұрақты энергия тұтынуды талап етеді, бұл автономды жүйелердің жұмыс уақытын шектейді. Төртіншіден, әскери, өндірістік немесе төтенше жағдайлар сияқты ерекше орталарда интернет байланысының болмауы роботтарды басқаруды күрделендіреді.

Осы себептерге байланысты кейбір басқарылатын ортада роботтарды интернетке тәуелсіз басқару тәсілдерін қолдану өзекті болып табылады. Осындай балама шешімдердің бірі – инфрақызыл (IR) қашықтан басқару технологиясы. IR технологиясы қарапайымдылығымен, төмен энергия тұтынуымен және сенімді жұмыс істеуімен ерекшеленеді. Сонымен қатар, инфрақызыл сигналдардың шектеулі қашықтықта әрекет етуі жүйенің тұрақтылығын арттырып, киберқауіпсіздік деңгейін жоғарылатады.

Осы зерттеудің мақсаты – инфрақызыл (IR) басқару жүйесі негізінде жылжымалы роботтың қозғалыс күйін сақтау және оны автоматты түрде орындау әдісін әзірлеу. Ұсынылған тәсіл робот қозғалысының параметрлерін жазып алып, оларды кейін автономды режимде дәл қайталауға мүмкіндік береді. Зерттеу барысында Arduino UNO платформасы негізінде қозғалысты сақтау және қайта орындау алгоритмі әзірленді. Бағдарламалық қамтамасыз ету Arduino IDE 1.8.16 ортасында жүзеге асырылып, қозғалыс деректерін сақтау үшін save() функциясы, ал оларды қайта орындау үшін play() функциясы қолданылды. Ұсынылған әдістің тиімділігі Tinkercad виртуалды модельдеу ортасында тексеріліп, оның нақты ортада да сенімді жұмыс істейтіні анықталды.

Ұсынылған басқару әдісінің негізгі артықшылықтары – құрылымының қарапайымдылығы, төмен құны, сенімділігі және автономды басқару мүмкіндігі. Сонымен қатар, бұл тәсіл интернет байланысы жоқ жағдайларда роботтарды басқарудың тиімді баламасы ретінде қарастырылады. Зерттеу нәтижелері инфрақызыл басқару жүйесін робототехникада, өнеркәсіптік автоматтандыруда, логистикада және басқарылатын өндірістік орталарда

қолдануға болатынын көрсетеді. Зерттеудің ғылыми жаңалығы инфрақызыл қашықтан басқару сигналдарын қолдану арқылы жылжымалы роботтың қозғалыс параметрлерін массивтік құрылымда сақтау және оларды автоматты түрде қайта орындауға мүмкіндік беретін басқару алгоритмін ұсынумен сипатталады. Сонымен қатар PWM негізіндегі қозғалтқыштарды басқару мен инфрақызыл қашықтан басқару сигналдарын біріктіретін автономды басқару архитектурасы әзірленіп, save() және play() функциялары арқылы робот қозғалысының траекториясын алдын ала жазып, оны автономды режимде дәл қайталау әдісі жүзеге асырылды.

Материалдар мен әдістері

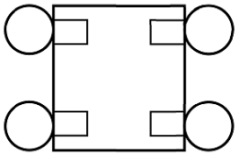
Қазіргі уақытта дөңгелекті жылжымалы роботтардың қозғаушы бөлігі ретінде тұрақты ток қозғалтқыштары, қадамдық қозғалтқыштар және баяулататын берілісі бар тұрақты ток қозғалтқыштары кеңінен қолданылады. Әрбір қозғалтқыштың техникалық сипаттамалары, артықшылықтары мен кемшіліктері зерттеліп, робот техникасында тиімді нұсқаны таңдау мәселесі қарастырылды.

Қарапайым әрі арзан тұрақты ток қозғалтқыштары жоғары жылдамдықпен жұмыс істегенімен, айналу моменті төмен болғандықтан, олар роботтарда шектеулі қолданылады. Ал қадамдық қозғалтқыштар жоғары дәлдікпен басқаруды қамтамасыз етеді, алайда олардың төмен жылдамдығы мен жоғары құны мобильді роботтар үшін тиімсіз шешімге айналады.

Осы факторларды ескере отырып, баяулататын берілісі бар тұрақты ток қозғалтқышы оңтайлы шешім ретінде таңдалды. Ол төмен жылдамдықта тұрақты жұмыс істеумен қатар, қажетті айналу моментін қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, PWM (импульстік ені модуляциясы) арқылы басқару әдісі қарапайым әрі тиімді болып, оны жылжымалы роботтың негізгі қозғалтқышы ретінде пайдалануға мүмкіндік береді.

Роботтың шассиі оның тұрақтылығы мен модульдік құрылымын қамтамасыз етеді. Зерттеу барысында жоғары жүк көтергіштігі мен тұрақты қозғалысты қамтамасыз ету үшін төрт дөңгелекті шасси таңдалды. Айналу радиусының кең болуы маневрлік қабілетті шектей алатын болғанымен, роботтың негізгі міндеттері үшін бұл шешім оңтайлы деп танылды. Зерттеу барысында қолданылған төрт дөңгелекті мобильді роботтың шассиі 1 - суретте көрсетілген.

Қозғалыс жүйесінде DC 6V тұрақты ток қозғалтқыштары мен зеңке дөңгелектер қолданылды. Жоғары айналу моменті мен басқарудың қарапайымдылығы роботтың сенімділігін арттырып, тиімді жұмыс істеуіне мүмкіндік берді.



1-сурет – Төрт дөңгелекті жылжымалы роботтың шасси құрылымы

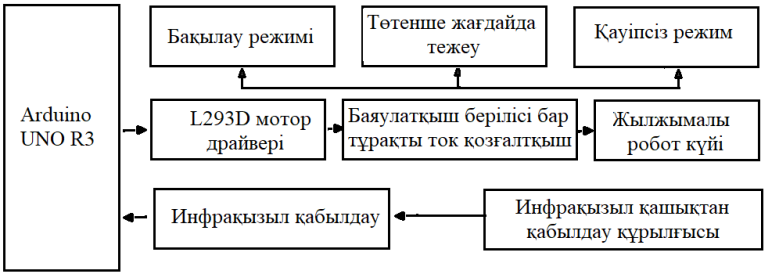
Суретте тәжірибелік зерттеуде қолданылған мобильді роботтың шасси құрылымы көрсетілген. Шасси төрт жетеТәжірибелік сынақтар барысында робот әртүрлі қозғалыс сценарийлерін орындап, олардың тұрақтылығы мен қайталану дәлдігі бағаланды.кші дөңгелектен, тұрақты ток қозғалтқыштарынан және басқару модулін орналастыруға арналған платформадан тұрады.

Зерттеу Arduino UNO R3 микроконтроллері негізінде жылжымалы роботтардың қозғалыс күйін сақтау және оны автоматты түрде қайталау әдісін әзірлеуге бағытталған. Роботтың аппараттық және бағдарламалық жүйелері құрастырылып, инфрақызыл қашықтан басқару арқылы басқару және қозғалыс деректерін сақтау мүмкіндігі жүзеге асырылды.

Arduino UNO R3 – сенімділігі мен тұрақтылығының арқасында робототехникалық жобаларда кеңінен қолданылатын микроконтроллер. Ол 14 цифрлық енгізу/шығару (I/O), 6 аналогтық кіріс және PWM пиндерімен жабдықталған, бұл оны қозғалтқыштар мен сенсорларды басқаруға ыңғайлы етеді. Роботтың қозғалыс алгоритмдері Arduino IDE бағдарламалау ортасында C/C++ тілдерінде әзірленді [3, 1–21-бб.].

Жүйенің жалпы құрылымы қарапайым, себебі инфрақызыл қашықтан басқару принципі аппараттық жабдыққа жоғары талап қоймайды және оңай іске асырылады. Алайда жобалау барысында Arduino микроконтроллерінің сыртқы және ішкі үзілістерін қолдану кезінде олардың арасындағы ықтимал кедергілерді болдырмауға назар аудару қажет [4, 271–273-бб.].

Жылжымалы робот жүйесінің жалпы құрылымы 2 - суретте көрсетілген.



2-сурет – Жылжымалы робот жүйесінің құрылымдық диаграммасы

Бұл жүйе бірнеше негізгі модульден тұрады: инфрақызыл қабылдау модулі, басқару модулі (Arduino UNO R3), мотор драйвері (L293D), қозғалтқыш модулі және электр қуат көзі.

Инфрақызыл қашықтан басқару құрылғысынан жіберілген сигнал алдымен инфрақызыл қабылдағыш арқылы Arduino контроллеріне беріледі. Контроллер қабылданған командаларды өңдеп, мотор драйверіне сәйкес басқару сигналдарын жібереді. Нәтижесінде қозғалтқыштардың жұмыс режимі өзгеріп, робот алға қозғалу, артқа жүру, бұрылу немесе тоқтау әрекеттерін орындайды.

Tinkercad платформасы роботтың виртуалды модельдеуін және алдын ала сынақтан өткізуін жүзеге асыру үшін қолданылды [5, 31-б.]. Бұл виртуалды ортада роботтың электрлік схемасы мен бағдарламалық коды тексеріліп, құрылымдық және бағдарламалық қателер алдын ала анықталды. Сонымен қатар, инфрақызыл қашықтан басқару жүйесінің жұмыс принципі мен басқару алгоритмдерінің дұрыстығы модельдеу барысында бағаланды. Мұндай тәсіл нақты құрылғыны құрастырмас бұрын жүйенің жұмыс қабілетін тексеруге мүмкіндік береді.

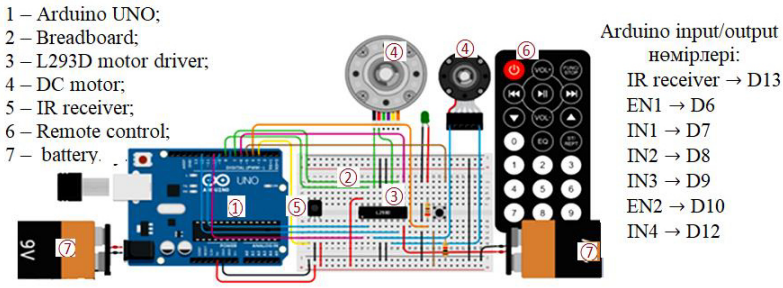
Arduino платформасының ашық бастапқы код архитектурасы, әртүрлі қуат көздерін қолдану мүмкіндігі (USB, тұрақты ток көзі, батарея) және кең пайдаланушы қауымдастығы жобаны тиімді жүзеге асыруға жағдай жасайды. Бұл факторлар роботтың тұрақты жұмысын қамтамасыз етіп, жүйенің икемділігі мен болашақта кеңейтілу мүмкіндігін арттырады [6, 27-б.].

Төрт дөңгелекті жылжымалы роботтың қозғалысы импульстік ені модуляциясы (PWM) технологиясына негізделген. Бұл әдіс қозғалтқыштардың жылдамдығы мен айналу бағытын дәл реттеуге мүмкіндік береді. PWM сигналының жұмыс циклі өзгерген сайын қозғалтқыштың айналу жылдамдығы да өзгереді: жұмыс циклі артқан сайын жылдамдық жоғарылайды, ал төмендеген кезде қозғалтқыш баяу жұмыс істейді.

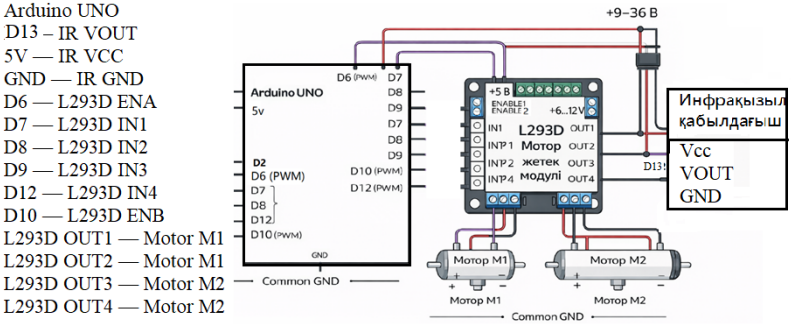
Роботтың қозғалысын басқару үшін Arduino UNO R3 микроконтроллері мен L293D мотор драйвері қолданылды. L293D драйвері қозғалтқыштардың бағыты мен жылдамдығын реттеп, Arduino микроконтроллерінен берілген басқару сигналдарын өңдейді. PWM сигналдарын пайдалану қозғалтқыштардың тиімді жұмысын қамтамасыз етіп, роботтың қозғалысын икемді және дәл басқаруға мүмкіндік береді [7, 56-б.].

Сымсыз басқару жүйесі ретінде инфрақызыл (IR) технологиясы қолданылды. Қашықтан басқару пультінен жіберілген сигнал инфрақызыл қабылдағыш арқылы Arduino микроконтроллеріне беріледі. Контроллер қабылданған командаларды өңдеп, мотор драйвері арқылы қозғалтқыштардың жұмыс режимін өзгертеді. Нәтижесінде робот алға қозғалу, артқа жүру, бұрылу немесе тоқтау сияқты әрекеттерді орындай алады.

Робот жүйесінің виртуалды модельдеу схемасы 3 - суретте, ал жүйенің электрлік принциптік сұлбасы 4 - суретте көрсетілген.



3-сурет – Робот жүйесінің виртуалды модельдеу схемасы (Tinkercad)



4-сурет – Arduino UNO, L293D мотор драйвері және инфрақызыл қабылдағыш негізіндегі мобильді роботтың электрлік принциптік сұлбасы

Жалпы алғанда, Arduino негізінде құрылған басқару жүйесі роботтың қозғалысын тиімді, сенімді және дәл басқаруға мүмкіндік береді. PWM технологиясы мен L293D мотор драйверінің үйлесімді жұмысы қозғалтқыштардың айналу жылдамдығы мен қозғалыс бағытын икемді реттеуді қамтамасыз етеді.

Жасалған робот тәжірибелік сынақтардан өткізілді. Сынақ барысында қозғалыс алгоритмдерінің тиімділігі және инфрақызыл қашықтан басқару жүйесінің жұмыс тұрақтылығы бағаланды. Алынған нәтижелер роботтың қозғалыс дәлдігі мен басқару жүйесінің сенімді жұмыс істейтінін көрсетті.

Нәтижелер және талқылау

Бұл бөлімде Arduino UNO R3 микроконтроллері мен L293D мотор драйвері негізінде құрастырылған төрт дөңгелекті мобильді роботтың инфрақызыл қашықтан басқару жүйесінің жұмыс тиімділігі, сондай-ақ қозғалыс параметрлерін сақтау және қайта орындау алгоритмінің эксперименттік нәтижелері талданады. Ұсынылған басқару жүйесінің негізгі мақсаты мобильді робот қозғалысын дәл басқару, басқару сигналдарын сенімді өңдеу және роботтың қозғалыс траекториясын кейін автономды түрде қайта орындау мүмкіндігін қамтамасыз ету болып табылады.

Роботтың қозғалтқыштарын басқару үшін қолданылатын сигналдардың логикалық құрылымы мен жұмыс режимдері 1-кестеде көрсетілген.

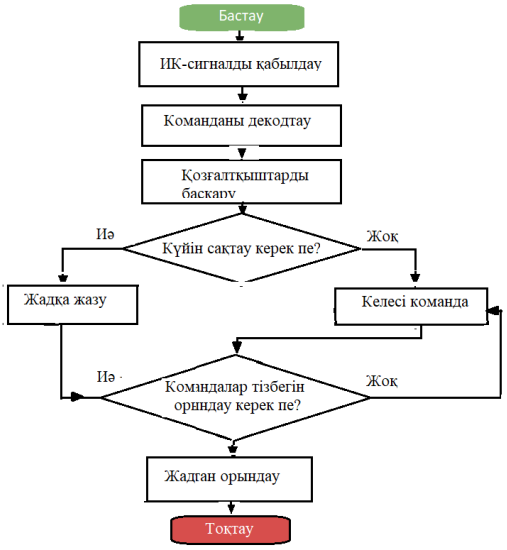
1-кесте – Мобильді робот қозғалысын басқаруға арналған L293D қозғалтқыш драйверінің басқару сигналдары

DC MOTOR	MOTOR operating status	ENABLE1	INPUT1	INPUT2	ENABLE2	IINPUT3	IINPUT4
M1(Motor)	оңға бұрылу	аналогтық мән беріледі	1	0	0	0	0
	солға бұрылу	аналогтық мән беріледі	0	1	0	0	0
	тоқтау	нөл	0	0	0	0	0
M2(Motor)	алға	0	0	0	аналогтық мән беріледі	1	0
	артқа	0	0	0	аналогтық мән беріледі	0	1
	тоқтау	0	0	0	нөл	0	0

Кестеде L293D мотор драйверінің басқару пиндеріне берілетін логикалық деңгейлер және PWM сигналдары арқылы қозғалтқыш жылдамдығын реттеу принциптері берілген. Қозғалтқыштардың айналу бағыты INPUT1–INPUT4 логикалық сигналдары арқылы анықталады, ал олардың айналу жылдамдығы ENABLE пиндеріне берілетін PWM сигналдары арқылы реттеледі. Мұндай басқару тәсілі роботтың қозғалысын дәл басқаруға және қозғалыс режимдерін тұрақты орындауға мүмкіндік береді.

Бағдарламалық қамтамасыз ету Arduino IDE 1.8.16 интеграцияланған әзірлеу ортасында жүзеге асырылды. Бағдарлама компиляцияланып және тексерілгеннен кейін Arduino UNO R3 микроконтроллеріне жүктеледі. Жүктеу аяқталғаннан кейін микроконтроллер автоматты түрде жұмыс режиміне көшіп, басқару алгоритмін орындай бастайды. Инфрақызыл қашықтан басқару сигналдарын қабылдау және өңдеу үшін IRremote дерекқоры қолданылды.

Робот қозғалысын басқарудың жалпы алгоритмі 5 – суретте көрсетілген.

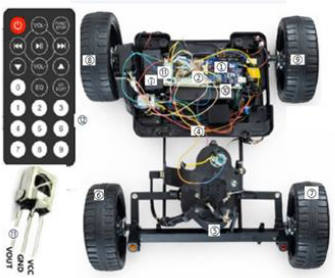


5-сурет – Робот қозғалысын сақтау және қайта орындау алгоритмінің блок-схемасы

Бұл суретте инфрақызыл қашықтан басқару сигналдарын қабылдау, командаларды декодтау, қозғалтқыштарды басқару және қозғалыс

параметрлерін жадыға сақтау мен қайта орындау кезеңдерін қамтитын басқару алгоритмінің жалпы құрылымы көрсетілген.

Алгоритм инфрақызыл сигналды қабылдау және оны декодтау кезеңінен басталады. Одан кейін алынған басқару командасына сәйкес қозғалтқыштардың жұмыс режимі анықталып, роботтың қозғалысы жүзеге асырылады. Егер қозғалыс күйін сақтау қажет болса, ағымдағы басқару параметрлері жады массивіне жазылады. Ал қозғалыс тізбегін қайта орындау режимі таңдалған жағдайда робот бұрын сақталған қозғалыс параметрлерін жадтан оқып, оларды белгіленген ретпен автоматты түрде орындайды. Бұл алгоритм робот қозғалысының траекториясын сақтауға және оны кейін автономды режимде қайта жаңғыртуға мүмкіндік береді.Жоба барысында мобильді роботтың тәжірибелік прототипі құрастырылып, тәжірибелік сынақтар жүргізілді. Роботтың аппараттық құрылымы және негізгі басқару элементтері 6 -суретте көрсетілген.



1 – Arduino UNO R3 микроконтроллері
2 – Breadboard (макет тақшасы)
3 – Қуат модулі / батарея қосқышы
4 – Тұрақты ток қозғалтқыштары (shimger wheels)
5 – Рульдік мотор
6 – Алдыңғы сол жақ дөңгелек
7 – Алдыңғы оң жақ дөңгелек
8 – Артқы сол жақ жетек дөңгелегі
9 – Артқы оң жақ жетек дөңгелегі
10 – Мотор драйвері (L293D)
11 – Инфрақызыл сигнал қабылдағыш
12 – Қашықтан басқару пульті

Сурет 6 – Әзірленген мобильді робот платформасының эксперименттік прототипі

Ұсынылған жүйенің аппараттық архитектурасы Arduino UNO R3 микроконтроллері, L293D мотор драйвері, breadboard макет тақшасы, инфрақызыл сигнал қабылдағыш және қосылу сымдарынан тұрады. Роботтың қозғалыс механизмі тұрақты ток қозғалтқыштары мен төрт дөңгелекті шассиден құралған. Сонымен қатар алдыңғы дөңгелектердің бұрылуын қамтамасыз ететін рульдік мотор роботтың маневрлік мүмкіндігін арттырады.

Тәжірибелік зерттеулер барысында мобильді роботтың негізгі жұмыс параметрлері өлшеніп, олардың тиімділігі бағаланды. Роботтың қозғалыс жылдамдығы, басқару командасына жауап беру уақыты, қозғалыс

траекториясын қайта орындау дәлдігі және инфрақызыл басқару жүйесінің жұмыс қашықтығы сияқты көрсеткіштер анықталды. Эксперимент нәтижелері 2-кестеде келтірілген.

2-кесте – Мобильді роботтың эксперименттік сынақ нәтижелері

№	Сынақ параметрі	Өлшем бірлігі	Нәтиже	Ескерту
1	Роботтың максималды жылдамдығы	м/с	0.42	PWM = 130 кезінде
2	Командаға жауап беру уақыты	мс	85	IR сигнал қабылдау уақыты
3	Қозғалыс траекториясын қайталау дәлдігі	%	94	save/play алгоритмі
4	Қашықтан басқару қашықтығы	м	8	Ашық кеңістікте
5	Қозғалыс сценарийін сақтау саны.	команда	40	Массив көлемімен шектеледі
6	Роботтың бұрылу бұрышы	градус	±35°	Рульдік мотор
7	Қозғалтқыш жылдамдығын реттеу диапазоны	PWM	0–255	Arduino PWM

Бұл кестеде мобильді роботтың негізгі эксперименттік сипаттамалары көрсетілген, оның ішінде қозғалыс жылдамдығы, басқару командасына жауап беру уақыты, қозғалыс траекториясын қайта орындау дәлдігі және инфрақызыл басқару жүйесінің жұмыс қашықтығы берілген.

Өлшеу нәтижелері бойынша роботтың максималды қозғалыс жылдамдығы 0.42 м/с екені анықталды. Сонымен қатар басқару командасына жүйенің жауап беру уақыты шамамен 85 мс құрады, бұл инфрақызыл сигналдарды қабылдау және өңдеу жүйесінің жеткілікті жылдам жұмыс істейтінін көрсетеді. Save/play алгоритмін қолдану арқылы роботтың қозғалыс траекториясын қайта орындау дәлдігі 94 % деңгейінде екені анықталды. Бұл қозғалыс параметрлерін сақтау және қайта орындау әдісінің тиімділігін көрсетеді.

Сонымен қатар тәжірибелер инфрақызыл басқару жүйесінің тұрақты жұмыс қашықтығы шамамен 8 м екенін көрсетті. PWM технологиясы қозғалтқыштардың айналу жылдамдығын 0–255 диапазонында реттеуге

мүмкіндік береді, бұл робот қозғалысының икемді және дәл басқарылуын қамтамасыз етеді. Роботтың қозғалыс сценарийлерін сақтау мүмкіндігі 40 басқару командасымен шектеледі, бұл жады массивінің көлемімен анықталады.

Ұсынылған инфрақызыл басқару жүйесінің ерекшеліктерін бағалау мақсатында оны IoT негізіндегі басқару жүйелерімен салыстырмалы талдау жүргізілді. Салыстыру нәтижелері 3-кестеде көрсетілген.

3-кесте – Инфрақызыл басқару және IoT негізіндегі роботты басқару жүйелерінің салыстырмалы талдауы

№	Параметр	Инфрақызыл басқару	IoT басқару жүйесі
1	Байланыс технологиясы	Инфрақызыл сигнал	Wi-Fi / Интернет
2	Интернетке тәуелділік	Тәуелсіз	Интернет қажет
3	Басқару қашықтығы	5–10 м	Интернетке байланысты шексіз
4	Жауап беру уақыты	Өте жылдам (мс деңгейінде)	Желінің кідірісіне байланысты
5	Аппараттық күрделілік	Қарапайым	Күрделі
6	Энергия тұтыну	Төмен	Орташа
7	Қолдану аймағы	Зертхана, өндіріс, жабық орта	Ақылды жүйелер, қашықтан бақылау
8	Жүйе тұрақтылығы	Жоғары (локалды)	Желінің сапасына тәуелді

Бұл кестеде инфрақызыл басқару жүйесі мен IoT негізіндегі басқару жүйелерінің негізгі сипаттамалары салыстырылған. Салыстыру байланыс технологиясы, басқару қашықтығы, жауап беру уақыты, аппараттық күрделілік және жүйе тұрақтылығы сияқты параметрлер бойынша жүргізілген.

Салыстырмалы талдау инфрақызыл басқару жүйесінің негізгі артықшылықтары оның қарапайым архитектурасы, интернет желісіне тәуелсіз жұмыс істеуі және басқару сигналының жылдам берілуі екенін көрсетеді. Мұндай жүйелер локалды басқару қажет болатын жағдайларда, мысалы зертханалық робот жүйелерінде немесе өндірістік автоматтандыру жүйелерінде тиімді қолданылуы мүмкін.

Ал IoT негізіндегі басқару жүйелері роботты үлкен қашықтықтан басқаруға мүмкіндік береді, алайда олардың жұмыс тиімділігі интернет байланысының тұрақтылығына тәуелді болады. Сонымен қатар IoT жүйелері аппараттық және бағдарламалық тұрғыдан күрделірек болып келеді.

Ұсынылған басқару әдісінің маңызды артықшылықтарының бірі – оның автономдылығы болып табылады. Инфрақызыл басқару жүйесі сыртқы желілік инфрақұрылымға тәуелсіз жұмыс істей алады, бұл жүйенің сенімділігін арттырады және интернет байланысы шектеулі ортада роботтарды басқаруға мүмкіндік береді.

Сонымен қатар инфрақызыл басқару технологиясының белгілі бір шектеулері де бар. Атап айтқанда, инфрақызыл сигналдардың тұрақты қабылдануы үшін жібергіш пен қабылдағыш арасында тікелей көріну аймағының болуы қажет. Бұдан бөлек, күшті жарық көздері немесе сыртқы инфрақызыл сәулелер сигнал қабылдау сапасына әсер етуі мүмкін. Дегенмен зертханалық робот жүйелері, өндірістік желілер немесе қоймалар сияқты жабық және басқарылатын орталарда бұл факторлардың әсері айтарлықтай төмен болады.

Осылайша жүргізілген эксперименттік зерттеулер ұсынылған инфрақызыл басқару жүйесінің мобильді робот қозғалысын дәл әрі тұрақты басқаруға мүмкіндік беретінін көрсетті. Сонымен қатар ұсынылған save/play қозғалыс алгоритмі робот қозғалыс траекториясын сенімді түрде сақтап, оны кейін автономды режимде қайта орындауға мүмкіндік береді. Бұл тәсіл қайталанатын операцияларды автоматтандыруда, робот қозғалыс алгоритмдерін тестілеуде және автономды робот жүйелерін зерттеуде тиімді қолданылуы мүмкін.

Зерттеудің негізгі ғылыми жаңалығы инфрақызыл қашықтан басқару жүйесі мен қозғалыс параметрлерін сақтау және қайта орындау алгоритмін біріктіретін басқару архитектурасын ұсыну болып табылады. Ұсынылған алгоритм робот қозғалысының бағыттарын, жылдамдық параметрлерін және уақыт интервалдарын тіркеп, оларды кейін автоматты түрде қайта орындауға мүмкіндік береді. Бұл тәсіл мобильді роботтардың қозғалыс сценарийлерін автоматтандыру және басқару алгоритмдерін тәжірибелік зерттеулерде тиімді сынақтан өткізу үшін жаңа мүмкіндіктер ұсынады.

Қорытынды

Бұл жұмыста инфрақызыл қашықтан басқару технологиясына негізделген мобильді роботтың қозғалысын басқару және оның қозғалыс параметрлерін сақтап, кейін автоматты түрде қайта орындауға мүмкіндік беретін автономды басқару әдісі ұсынылды. Ұсынылған басқару архитектурасы микроконтроллерлік платформа негізінде жүзеге асырылып,

қозғалтқыштарды басқару, басқару сигналдарын өңдеу және қозғалыс сценарийлерін жады құрылымында тіркеу механизмдерін біріктіретін алгоритмдік тәсіл әзірленді. Бұл тәсіл мобильді роботтың қозғалыс траекториясын алдын ала жазып алып, оны кейін автономды режимде дәл қайта орындауға мүмкіндік береді.

Зерттеу нәтижелері ұсынылған басқару алгоритмінің мобильді робот қозғалысын ұйымдастыруда тиімді әдістемелік шешім ұсынатынын көрсетті. Қозғалыс сценарийлерін сақтау және қайта орындау мүмкіндігі робот жүйелерінің жұмыс алгоритмдерін эксперименттік зерттеулерде тексеруге, қайталанатын операцияларды автоматтандыруға және автономды басқару жүйелерін сынақтан өткізуге жағдай жасайды. Сонымен қатар инфрақызыл басқару технологиясының қарапайым архитектурасы мен интернет желісіне тәуелсіз жұмыс істеу мүмкіндігі локалды басқару қажет болатын роботтық жүйелер үшін сенімді және тиімді шешім болып табылады.

Ұсынылған автономды басқару әдісі мобильді робототехника саласында ғана емес, автоматтандырылған жүйелерді зерттеу және басқару алгоритмдерін тәжірибелік тексеру бағытында да қолданылуы мүмкін. Атап айтқанда, бұл тәсіл зертханалық робот жүйелерінде, өндірістік автоматтандыруда, логистикалық робот платформаларында және интеллектуалды агротехнологиялық жүйелерде қолданылатын автоматтандырылған құрылғыларды басқару алгоритмдерін әзірлеу мен сынақтан өткізу барысында пайдаланылуы ықтимал. Соның ішінде мұндай басқару қағидалары SMART жылыжайларда қолданылатын мобильді құрылғылардың немесе автоматтандырылған механизмдердің басқару жүйелерін зерттеу үшін қолданбалы әдістемелік негіз ретінде қарастырылуы мүмкін.

Жалпы алғанда, ұсынылған басқару архитектурасы мобильді роботтардың қозғалыс сценарийлерін автоматтандыруға бағытталған қарапайым әрі тиімді алгоритмдік шешім ұсынады және автономды роботтық жүйелерді әзірлеу мен зерттеу жұмыстарында қолданбалы маңызы бар нәтижелер береді.

Пайдаланылған деректер тізімі

1 **Zhang, W., Sun, X.** A reliable path following algorithms for autonomous robots in dynamic environments [Text]. – Intelligent & Robotic Systems. – 2016. – Vol. 53, No. 3. – P. 145–159.

2 **Miller, L.** Arduino for Robotics : Practical Projects for Hobbyists and Engineers [Text]. Paskt Publishing : Textbook. – 2018. – 540 p.

3 **Jeremy, Bloom.** Exploring Arduino: A Handbook of Tools and Techniques for Engineering Excellence [Text]. – 2019. – 478p. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781119405320

4 **Qiu, R.** Research on the Structure and Design of an Automotive Distance Measurement and Hazard Warning System [Text]. – China Microcomputer Information – 2007. – Vol. 23, No. 6-2. – P. 271 – 273.

5 Tinkercad User Manual. Creating and Simulating Robots with Tinkercad. – Autodesk – 2023. https://www.tinkercad.com/blog/robotics

6 **Saran, D.** Designing and Simulating Robots Using Arduino and Tinkercad [Text]. – In Tech Open – 2020. – P. 27–31.

7 **Banzi, M., Shiloh, M.** Getting Started with Arduino (3rd ed.) [Text]. – Maker Media, Inc. – 2014. – 237 p. https://barreirolab.com/wpcontent/uploads/2016/12/c0ee2make_getting_started_with_arduino_3e_9781449363338.pdf

8 **Lee, H., Park, S.** Infrared Remote Control Systems for Robots: A Review [Text]. – International Journal of Robotics. – 2017.15(2). – P. 105–112.

9 **Төребек, Қ.** Ардуино технологиясына негізінде қашықтан сымсыз басқарылатын дөңгелекті мобильді роботтың жобасы [Текст]. Халықаралық ғылыми-теориялық конф. «Сейфуллин оқулары – 18» –Астана: С. КазАТУ. – 2022. 315–318 б.

10 **Chrysanthos, M.** Incorporating Artificial Intelligence Technology in Smart Greenhouses: Current State of the Art [Text]. Appl. Sci. –2023. – P.27–35. https://doi.org/10.3390/ app13010014

References

1 **Zhang, W., Sun, X.** A reliable path following algorithms for autonomous robots in dynamic environments [Text]. – Intelligent & Robotic Systems. – 2016. – Vol. 53, No. 3. – P. 145–159.

2 **Miller, L.** Arduino for Robotics : Practical Projects for Hobbyists and Engineers [Text]. – Paskt Publishing: Textbook – 2018. – 2018. – 540 p.

3 **Jeremy, Bloom.** Exploring Arduino : A Handbook of Tools and Techniques for Engineering Excellence [Text]. Textbook – 2019. – 478 p. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781119405320

4 **Qiu, R.** Research on the Structure and Design of an Automotive Distance Measurement and Hazard Warning System [Text]. – China Microcomputer Information – 2007. – Vol. 23, No. 6-2. – P. 271–273.

5 Tinkercad User Manual. Creating and Simulating Robots with Tinkercad. – Autodesk – 2023. https://www.tinkercad.com/blog/robotics

6 **Saran, D.** Designing and Simulating Robots Using Arduino and Tinkercad [Text]. – In Tech Open – 2020. – P. 27–31.

7 **Banzi, M., Shiloh, M.** Getting Started with Arduino (3rd ed.) [Text]. – Maker Media, Inc. – 2014. – 237 p. https://barreirolab.com/wpcontent/uploads/2016/12/c0ee2make_getting_started_with_arduino_3e_9781449363338.pdf

8 **Lee, H., Park, S.** Infrared Remote Control Systems for Robots: A Review [Text]. – International Journal of Robotics. – 2017.15(2). – P. 105–112.

9 **Torebek, K.** Arduino texnologiyasyna negizdelgen qashyqtan symyz basqarylatyn dөńgelekti mobildi robottyń joǧasy [Design of a Wheel-Based Mobile Robot Wirelessly Controlled Remotely Using Arduino Technology] [Text]. – International Scientific-Theoretical Conference «Seifullin Readings – 18» – Astana : S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University – 2022. – P. 315 – 318.

10 **Chrysanthos, M.** Incorporating Artificial Intelligence Technology in Smart Greenhouses: Current State of the Art [Text]. – Appl. Sci. – 2023. – P. 27 – 35. https://doi.org/10.3390/ app13010014

03.10.25 ж. баспаға түсті.
10.11.25 ж. түзетулерімен түсті.
27.023.26 ж. басып шығаруға қабылданды.

**К. Торебек[1], А. Кисманова[2], А. Торбекова[3], А. Аджанов[4]*
[1,2,3,4]Казахский агротехнический исследовательский
университет имени С. Сейфуллина,
Республика Казахстан, г. Астана.
Поступило в редакцию 03.10.25.
Поступило с исправлениями 10.11.25.
Принято в печать 27.02.26.

АЛГОРИТМ СОХРАНЕНИЯ И ПОВТОРЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ МОБИЛЬНОГО РОБОТА НА ОСНОВЕ ИНФРАКРАСНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Данная статья посвящена исследованию метода управления мобильным роботом на основе инфракрасной (IR) системы дистанционного управления. В работе разработана и экспериментально исследована архитектура управления, позволяющая сохранять параметры движения робота и воспроизводить их с высокой точностью. Предложенная система реализована на базе микроконтроллера Arduino UNO

R3 и драйвера двигателей L293D, что обеспечивает надежное управление электродвигателями и эффективную обработку управляющих сигналов. Инфракрасные сигналы, передаваемые с пульта дистанционного управления, принимаются инфракрасным приемным модулем, декодируются микроконтроллером и преобразуются в управляющие команды для системы движения робота. Параметры движения робота, включая направление, скорость и временные интервалы выполнения команд, сохраняются в массивах памяти и впоследствии автоматически воспроизводятся на основе принципа save/play. Такой подход позволяет роботу с высокой точностью повторять ранее выполненную траекторию движения. Экспериментальные исследования показали, что предложенная инфракрасная система управления обеспечивает стабильную работу, высокую скорость реакции на управляющие сигналы и надежное управление движением мобильного робота. Кроме того, система функционирует независимо от интернет-соединения, что повышает автономность робота и обеспечивает его стабильную и безопасную работу без использования внешней сетевой инфраструктуры. Полученные результаты свидетельствуют о том, что предложенный метод инфракрасного управления может эффективно применяться в различных областях робототехники, включая лабораторные роботизированные системы, автоматизацию складских комплексов, промышленные роботизированные платформы и автоматизированные тепличные системы. Разработанный подход представляет собой простое, энергоэффективное и надежное решение для управления мобильными роботами и способствует дальнейшему развитию автономных робототехнических и автоматизированных систем.

Ключевые слова: Мобильный робот, инфракрасное управление, платформа Arduino, драйвер двигателя, алгоритм движения, автономное управление, робототехника.

**K. Torebek[1], A. Kismanova[2], A. Turbekova[3], A. Adzhanov[4]*
[1,2,3,4]S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University,
Republic of Kazakhstan, Astana.
Received 03.10.25.
Received in revised form 10.11.25.
Accepted for publication 27.02.26.

ALGORITHM FOR STORING AND AUTOMATIC REPETITION OF MOBILE ROBOT MOTION BASED ON AN INFRARED CONTROL SYSTEM

This paper investigates an automatic control method for a mobile robot based on an infrared (IR) remote control system. The study focuses on the development and experimental evaluation of a control architecture that enables the robot to store motion parameters and accurately reproduce them in subsequent operations. The proposed system is implemented using an Arduino UNO R3 microcontroller and an L293D motor driver, which provide reliable motor control and efficient signal processing. Infrared signals transmitted from a remote controller are received by an IR receiver module, decoded by the microcontroller, and converted into control commands for the robot's motion system. The motion parameters, including direction, speed, and execution time intervals, are stored in memory arrays and later reproduced automatically using a save/play control principle, allowing the robot to repeat previously executed motion trajectories with high accuracy. Experimental results demonstrate that the proposed infrared control system ensures stable operation, fast response time, and reliable motion reproduction while maintaining a simple hardware architecture. Since the system operates independently of internet connectivity, it increases the autonomy, operational reliability, and cybersecurity of the robot by eliminating dependence on external network infrastructure. The obtained results indicate that the proposed infrared control method can be effectively applied in various robotic and automation systems, including laboratory robots, warehouse automation, industrial robotic platforms, and automated greenhouse environments. The developed approach provides a simple, energy-efficient, and reliable solution for controlling mobile robots in controlled environments and contributes to the advancement of autonomous robotic systems and industrial automation technologies.

Keywords: Mobile robot, infrared control, Arduino platform, motor driver, motion algorithm, autonomous control, robotics.

Теруге 13.03.2026 ж. жіберілді. Басуға 31.03.2026 ж. қол қойылды.
Электронды баспа
28.54 Mb RAM
Шартты баспа табағы 22,2. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.
Компьютерде беттеген: З. Ж. Шокубаева
Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас
Тапсырыс № 4523

Сдано в набор 13.03.2026 г. Подписано в печать 31.03.2023 г.
Электронное издание
28.54 Mb RAM
Усл. печ. л. 22,2. Тираж 300 экз. Цена договорная.
Компьютерная верстка: З. Ж. Мыржикова
Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас
Заказ № 4523

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған
Торайғыров университеті
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы
Торайғыров университеті
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.
67-36-69
E-mail: kereku@tou.edu.kz
www.vestnik-energy.tou.edu.kz