

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ



СӘТБАЕВ
УНИВЕРСИТЕТІ

Ө.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік инженерия институты
Қолданбалы механика және инженерлік графика кафедрасы

А. Т. Әлдек

Аграрлық сектор үшін автономды мобильді роботтың құрылымын жобалау.
Күрделі қиылысқан жерлер, өрістер бойынша қозғалуға арналған, өсімдіктерге
зақым келтірмейтін роботтың құрылымын жасау

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5B071200 – «Машина жасау» мамандығы

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ



СӘТБАЕВ
УНИВЕРСИТЕТІ

Ә. Бүркітбаев атындағы өнеркәсіптік инженерия институты
Қолданбалы механика және инженерлік графика кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі
физ.-мат. ғыл. д-ры, проф.
А. Қалтаев А. Қалтаев

« 13 » 05 2019 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Аграрлық сектор үшін автономды мобильді роботтың құрылымын жобалау. Күрделі қиылысқан жерлер, өрістер бойынша қозғалуға арналған, өсімдіктерге зақым келтірмейтін роботтың құрылымын жасау»

5B071200 – «Машина жасау» мамандығы бойынша

Орындаған

А. Т. Әлдек

Ғылыми жетекші

техн. ғыл. канд., ассоц. проф.
А. Ж. Сейдахмет А. Ж. Сейдахмет

« ____ » 2019 ж.

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ



Ә. Бүркітбаев атындағы өнеркәсіптік инженерия институты
Қолданбалы механика және инженерлік графика кафедрасы

5B071200 – «Машина жасау»

БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі
физ.мат.ғыл.д-ры, проф.

А.Қалтаев
«14» қараша 2018 ж.



ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Білім алушы Әлдек Аида Талғатқызы

Тақырыбы «Аграрлық сектор үшін автономды мобильді роботтың құрылымын жобалау. Күрделі қиылысқан жерлер, өрістер бойынша қозғалуға арналған, өсімдіктерге зақым келтірмейтін роботтың құрылымын жасау»

Университет басшысының 2018 жылғы «6» қараша №1252-б-бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі 2019 жылғы «6» мамыр

Дипломдық жобаның бастапқы берілістері автономды мобильді роботтың қозғалысын жасау мен жобалау

Дипломдық жобада қарастырылатын мәселелер тізімі

а) Кіріспе

б) Негізгі бөлім

в) Жұмыстың қорытындысы

Сызба материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс)

Ұсынылатын негізгі әдебиет _____

**Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ**

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәліметтер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Кіріспе. Дипломдық жұмыстың тақырыбын таңдауға негіз. Әдебиеттік-потенттік шолу	04.02.19 – 09.02.19	
Негізгі бөлім	11.03.19 – 16.03.19	
Аграрлық сектор үшін автономды мобильді роботтарды шолу	08.04.19 – 13.04.19	

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен
норма бақылаушының аяқталған жобаға қойған
қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Норма бақылау	Е.Т. Бекенов, тех.ғыл.канд.,ассоц.-проф.	13.05.2019	

Ғылыми жетекші _____  А. Ж. Сейдахмет

Тапсырманы орындауға алған білім алушы _____  А. Т. Әлдек

Күні _____ «14» _____ 05 2019 ж.

АНДАТПА

Дипломдық жұмыста жылыжайларда пайдалануға арналған автономды мобильді роботты жобалау сипатталған. Бұл ретте робот күрделі қиылысқан жерден қозғалмауы және өсімдіктерді зақымдамауы тиіс. Autodesk Inventor жүйесінде автономды мобильді роботтың барлық бөлшектері мен оларды компьютерлік құрастыру жобаланды. Содан кейін қалыңдығы 4 мм болатын бөлшектер ABC пластикасынан кесіліп, құрастыру жүргізілді. Екі сервопривод екі дөңгелекті айналдыру үшін қолданылады, тағы екі сервопривод осы дөңгелектерді бұру үшін қолданылады. Автономды мобильді роботты басқару алгоритмдері әзірленді.

АННОТАЦИЯ

В дипломной работе описано проектирование автономного мобильного робота предназначенного для использования в теплицах. При этом робот не должен двигаться по сложной пересеченной местности и не повреждать растения. Все детали автономного мобильного робота и их компьютерная сборка проектировались в системе Autodesk Inventor. Затем детали вырезались из листа пластика ABC толщиной 4 мм и была произведена сборка. Два сервопривода используются для вращения двух колес, еще два сервопривода используются для поворота этих же колес. Были разработаны алгоритмы управления автономным мобильным роботом.

ANNOTATION

The thesis describes the design of an Autonomous mobile robot designed for use in greenhouses. In this case, the robot should not move over difficult terrain and not damage the plants. All parts of the Autonomous mobile robot and their computer Assembly were designed in Autodesk Inventor system. The parts were then cut from a sheet of 4 mm thick ABC plastic and assembled. Two servos are used to rotate two wheels, and two servos are used to rotate the same wheels. Algorithms for controlling an Autonomous mobile robot were developed.

МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	7
1	Аграрлық сектор үшін автономды мобильді роботтарды шолу. Тапсырманы қою	8
2	Аграрлық сектор үшін автономды мобильді робот құрылымының 3D түрін жобалау	15
3	Мобильді робот кинематикасын модельдеу	21
	Қорытынды	28
	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	29

КІРІСПЕ

Басқарушы бағдарламаға сәйкес жұмыс ортасында қозғала алатын робот – мобильді робот деп аталады. Мобильді роботтар: вижитель типі бойынша – дөңгелекті, шынжыр табанды, адымдайтын және т. б.; мақсаты бойынша – зерттеу, көліктік (атап айтқанда, автоматты көліктік арба – "робокар") және т. б.; басқару түрі бойынша – автономды, супервизорлық басқарумен, маршруттық-сымды басқарумен және т. б. ажыратады.

Халық санының өсуі, тамақ өнімдеріне сұраныстың артуы, ауыл шаруашылығында жұмыс күшінің қолжетімділігінің төмендеуі, ауыл шаруашылығында шығындардың өсуі - осының барлығы ауыл шаруашылығы саласындағы өнеркәсіпті жаппай автоматтандыруды ынталандырады.

Озық елдер мобильді және стационарлық роботтарды кеңінен қолдану негізінде адамсыз автоматтандырылған ауыл шаруашылығына көшумен жұмыс істейді. Бұл өнімнің өзіндік құнын төмендетуді қамтамасыз ететін рентабельділікті арттыру аясында өнімділіктің өсуіне қол жеткізуге мүмкіндік береді деп күтілуде. Роботтар түрлі операцияларды орындауға қабілетті - топырақты өңдеу, тыңайтқыш себу, егу, мал сауу, жүн қырқу, азықтандыру, ет пен балықты бөлу және т. б.

Ауыл шаруашылығын белсенді автоматтандыру, оның ішінде қазіргі заманғы робототехниканы пайдалану жүріп жатыр. Екіншілік және бау-бақша шаруашылығындағы робототехниканың негізгі мамандықтары: отырғызу, кесу, қайта отырғызу, егу, сирету, отау, егін жинау, арамшөптермен күрес. Арамшөптермен роботталған күреске көшу біріншіден, ауыл шаруашылығында пайдаланылатын химиялық құралдардың көлемін төмендетуге мүмкіндік береді - арамшөптермен механикалық тәсілдермен күресу керек. Әрине, қол еңбегін пайдалану қажеттілігі де төмендейді. Арамшөптермен күресті роботтандыру ауыл шаруашылығы техникасының фактор-формаларының өзгеруінің жалпы трендінде жатыр - адам басқаратын қуатты техникадан көптеген шағын және арзан автономды құрылғыларға дейін шығарылды.

Ауыл шаруашылығында роботтандырудың келесі міндеттерін атап өтуге болады:

- мониторинг және болжау;
- ауыл шаруашылығы өндірісінің өзіндік құнын төмендету;
- сапалы көрсеткіштерді жақсарту;
- ауыл шаруашылығы өндірісінің экологиялық жүктемесін төмендету;
- орта және ұсақ ауыл шаруашылығы өндірушілерінің бәсекеге қабілеттілігін арттыру;
- ауыл шаруашылығы өндірісінің қауіпсіздігін арттыру.

1 Аграрлық сектор үшін автономды мобильді роботтарды шолу. Тапсырманы қою

Жыл сайын халық саны өсуде, азық-түлікке сұраныс артуда, ауыл шаруашылығында шығындар өсуде, сондай-ақ жұмыс күшінің саны азаюда. Осыған байланысты ауыл шаруашылығы саласындағы жұмыстарды жаппай автоматтандыруды жүргізу талап етіледі. Роботтар егуден бастап химикаттарды қолдануға дейінгі міндеттерді орындау үшін көбірек пайдаланылады. Роботтар түрлі функцияларды орындайды – өнім жинау, жәндіктер мен арамшөптермен күрес.

Роботтар қызметкерлер санын азайтуы мүмкін, әсіресе елді мекендерден алыс орналасқан шаруашылықтар үшін. Егін жинау үшін (мысалы, құлпынай) жалдайтын маусымдық қызметкерлер табу үлкен мәселе. Егін жинау кезінде уақыт өте маңызды, себебі кейбір дақылдарды тез жинау керек. Осылайша, тұрақты негізде жұмыспен қамтамасыз ету үшін нақты жеткілікті қысқа уақыт кезеңі ішінде көп жұмыс жасалынуы қажет.

Егін жинау процесін автоматтандыруға арналған CROPS "Clever Robots for Crops" (crops үшін ақылды роботтар) зерттеу жобасы Еуропалық Одақ комиссиясы тарапынан қолдау тапты. Тиісті қызықты және кесетін құрылғыларды әзірлеу кезінде зерттеушілер алма мен тәтті бұрыштың өнімін жинауға баса назар аударды. Тәтті бұрыш үшін қармау элементі ретінде бионикалық манипулятор конструкциясында қолданылған finray конструкциясының пассивті-бейімделген саусақтары пайдаланылды (1.1 – сурет). Бұрыш пышақпен бұтадан кесіледі. Алмаларға арналған қармау құрылғысы керамикалық шариктермен толтырылған мембраналық қысқыштардан тұрады. Жемістер бұрау, жырту арқылы немесе алма жемісіне беретін үшінші саусақпен үзіледі.



1.1 – сурет – FinaRay scvat конструкциясы

Ағаш көшеттерін өсіру айтарлықтай еңбек шығынын талап етеді және жұмыс күшінің жетіспеуі бар. Отырғызуды автоматтандыру, өсіру және көшеттерді күту үшін НЕТО Agrotechnics және Harvest Automation компаниясы 1.2 – суретте көрсетілген машинаны жобалаған.



1.2 – сурет – Көшеттерді күтуге арналған робот

Машина көшеттерді дәл суарады. Бұл суды тиімді пайдалануға мүмкіндік береді. Арнайы агророботтар қатарлар арасында орын ауыстыра алады және судың белгілі бір мөлшерін пайдалана отырып, әрбір өсімдіктің түбінде суару жүзеге асырылады. Роботтар жинақы және мобильді, сондықтан қол жетімділігі қиын жерлерге жылжу мәселелері туындамайды.

Ұқсас тәсіл тыңайтқыштарды енгізу үшін роботтарды әзірлеуде де қолданылады. Rowbot компаниясы жүгері қатарлары арасында қозғала алатын және азотты тыңайтқыштарды нүктелі енгізетін мобильді құрылғы жасайды.

Олар бүкіл алаң бойынша препараттардың біркелкі енгізілуін болдырмауға мүмкіндік береді, яғни оларды тек қажет ететін өсімдіктер үшін ғана жеке пайдалануға мүмкіндік береді.

Escarda Technologies неміс мамандары егіс алқаптарында арамшөптермен күресудің жаңа жүйесін әзірледі. Өнертабыс спектрлік сенсорлардың тұтас кешені және өрісте зиянды өсімдіктердің табылуы болатын бейнелерді визуалды тану бағдарламасы болып табылады. Осыдан кейін лазер іске қосылады, оның сәулесі арамшөпті жояды немесе қатты зақымдайды. Бұл жүйені арнайы далалық роботты тарту арқылы пайдалануға болады, сондай-ақ қарапайым ауыл шаруашылығы тракторына монтаждау мүмкіндігі бар.

Сондай-ақ, жыл бойы бақшада "өмір сүруге" қабілетті tertill автономды робот құрылды, кейбір бөлшектерді ауыстыру уақыты келген кезде ғана адамның назарын талап етеді (1.3 – сурет). Құрылғы бақшаны арамшөптерден

арылтып қана қоймай, химияға деген қажеттілікті төмендетеді. Роботта кедергілерді анықтау үшін сыйымды сенсорлар қолданылады.



1.3 – сурет – Tetril Роботы

Бүгінгі таңда көптеген компаниялар егін жинау тиімділігіне арналған қосымшаларды әзірлеуде. Солардың бірі Android және iOS үшін CLAAS компаниясынан 1.4 – суретте көрсетілген Farm Scout бағдарламасы болып табылады. Осы қосымшаның көмегімен фермерлер жұмыс процестерін ұйымдастыра алады және қызметкерлердің бәрі кез келген уақытта маңызды ақпаратқа қол жеткізе алады. Барлық қызметкерлер экранда жиналған алаңдарды шығаруға, далаға кіру нүктелерін белгілеуге және осы ақпаратты қосымшаның барлық қатысушыларымен чатта жедел бөлісуге мүмкіндігі бар.



1.4 – сурет – Farm Scout Қосымшасы

Ауыл шаруашылығы үшін маңызды міндет егіс мониторингі болып табылады. Ол үшін фермерлерді алқаптардың жағдайы туралы егжей-тегжейлі ақпаратпен қамтамасыз ететін автономды БПЛА пайдаланады (1.5 – сурет). Заманауи ұшқышсыз роботтар бұл деректерді адамның араласуынсыз жинауға мүмкіндік береді. Заманауи өндірушілер фермерлерге ақпаратты жинау және талдау үшін бағдарламалық қамтамасыз етуге жұмыс жабдықтарын қамтитын аралас пакеттер ұсынады. Сондай-ақ, ұшқышсыздарды СҚА мен тыңайтқыштарды енгізу сияқты басқа да міндеттер үшін пайдалануға болады.



1.5 – сурет – Автономды БПЛА

2016 жылы 300 мыңнан астам ұшқышсыз трактор сатылды. Олар ауыл шаруашылығына үлкен сеніммен кіреді. Көптеген компаниялар жақсы пилотсыз трактор жасау үшін жұмыс істейді. Бұл бағытта Case IH компаниясы Autonomous Concept Vehicle роботымен алға шықты. Концепциясы қашықтағы жай-күйінің мониторингі мен трактор жұмысын, сондай-ақ траекториясы мен маршрутын қайта программалауды мобильдік қосымшалар көмегімен жүргізуге мүмкіндік береді. Бұл концепция датчиктер мен камералардың бірдей жиынтығын пайдаланады, олар өріс жағдайын бақылап, тракторға өз бетінше маршрут құруға мүмкіндік береді.

Сондай-ақ, жаңа Holland және John Deere сияқты танымал компаниялар ұшқышсыз тракторлардың тұжырымдамаларын әзірлейді. Алайда олардың концептілері трактордың кабинасында жүргізушінің болуын болжайды. Мысалы, New Holland NH Drive – бұл трактор барлық жұмысты өз бетінше жасап жатқанда фермерлерге кабинада демалуға мүмкіндік беретін датчиктер мен камералар жиынтығымен жабдықталған кәдімгі трактор. Радарлар немесе LIDAR-датчиктер трактордың жолында кедергіні байқаса, бағдарламалық

камтамасыз ету трактордың қозғалысының ең жақсы траекториясын таңдауға тиіс жүргізушіге көмек көрсету үшін жүгінеді.

Болжам бойынша, 2024 жылға қарай ауыл шаруашылығы роботтарының саны 594 мыңға жетеді, бұл \$74,1 млрд. жылдық табысты қамтамасыз ететін болады.

Осы салада зерттеулермен айналысатын компаниялар үшін қолайлы инвестициялық орта құрылады. Сондықтан ауыл шаруашылығы өндірушілеріне жүздеген миллион доллар үнемдеуге мүмкіндік беретін көптеген жаңа әзірлемелер пайда болады.

Vitirover – жүзімдіктердегі арамшөптерді алып тастайтын робот, жүзім тұқымы арасындағы шөп пен арамшөптерді кесуге арналған (1.6 – сурет). Датчиктер мен GPS-трекердің арқасында кішкентай Француз робот басқа өсімдіктерден жүзімді ажырата алады және бөтен көмексіз өріс бойынша қозғала алады. Роботты алдын ала мобильді қолданба арқылы орнатуға болады. Жалпы алғанда, бір робот 1 га өңдеуіне болады, 150 сағат жұмыс жасайды, тіпті түнде де жұмыс істейді.



1.6 – сурет – Vitirover робот-жүзім

Naio Technologies компаниясы 1.7 – суретте көрсетілген өз атты дербес робот жасап шығарды. Аппарат үш режимде жұмыс істейді: автономды, қолмен және "слежка". Соңғы режим робот белгілі бір нысанның артында көріну өрісінде бара жатқанын білдіреді. Өз жинаудан басқа, сондай-ақ шағын жүктерді тасымалдауға көмектесе алады. Мысалы, ол сізге канистр немесе еңбек құралын әкеле алады.

Роботта қуаты 110 ватт төрт электр қозғалтқышы орнатылған, толық заряд жұмыс режиміне байланысты 7-10 сағатқа жетеді. Ең энергия шығыны көбі – автономды режим.



1.7 – сурет – Oz Weeding Робот

1.8 – суретте Rowbot жүгеріні өңдеуге арналған робот көрсетілген. Rowbot егістіктің жай-күйі мен дамуын қадағалайды, сондай-ақ топырақтағы азоттың құрамын талдайды. Егер робот топырақта азоттың аз екенін анықтаса, онда ол қажетті дозаны есептейді және топырақты тынайтады. Мұндай тәсіл жүгерінің өнімділігін арттыруға көмектеседі, өйткені мәдениет қажетті микроэлементтерді ең қолайлы сәтте алады. [1]



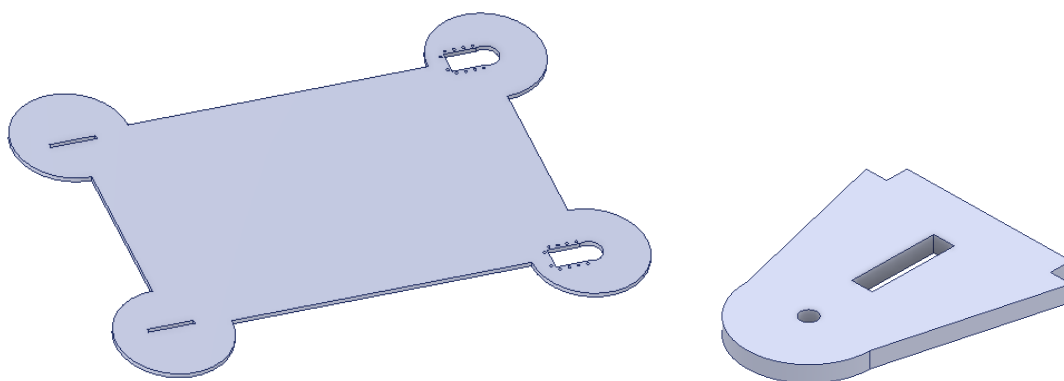
1.8 – сурет – Rowbot жүгеріні өңдеу бойынша Робот

Тапсырманы қою

Бұл дипломдық жұмыста жылыжайларда пайдалануға арналған автономды мобильді роботты жобалауды орындау қажет. Бұл ретте робот күрделі қиылысқан жерден қозғалуы және өсімдіктерді зақымдамауы тиіс. Autodesk Inventor жүйесінде автономды мобильді роботтың барлық бөлшектері мен оларды компьютерлік құрастыру жобаланды. Содан кейін бөлшектер қалыңдығы 4 мм АВС пластикасынан кесіліп, құрастыру жүргізілді. Екі сервопривод екі дөңгелекті айналдыру үшін қолданылады, тағы екі сервопривод осы дөңгелектерді бұру үшін қолданылады. Автономды мобильді робот қозғалысының кинематикасы негізінде басқару алгоритмдері әзірленді.

2 Аграрлық секторға арналған автономды мобильді робот құрастырмаларын 3D жобалау

Автономды роботтар фермердің өмірін жеңілдетуімен қатар, олар жұмыс күшіне жұмсалатын шығындарды төмендетеді және монотонды жұмысты жылдам орындайды. Бұл тарауда аграрлық сектор үшін автономды мобильді робот конструкциясының түрі таңдалады. Роботтар платформаларының әртүрлі түрлері бар, бірақ жылыжайларда жұмыс істеу үшін бізге екі жетекші дөңгелекті арба қажет. Сондай-ақ, бұл дөңгелектердің бұрылуы қажет. Қозғалғанда біз артқы дөңгелектерді тек айналатындай етіп таңдаймыз. 2.1 – суретте арба негізі мен кронштейнінің 3D үлгісі көрсетілген.



2.1 – сурет – Лазерлік станокта кесілген арба бөлшектері

Жобалау Autodesk Inventor жүйесінде жүргізілді. Бірінші кезекте арба бөлшектерінің эскиздерін сыздық, одан әрі 4 мм-ге көтеру операцияларының көмегімен робот бөлшектерінің 3D моделін алдық. Содан кейін Laserwork бағдарламасының көмегімен бөлшектердің 3D үлгісін пайдалану арқылы Kamach II 1060 лазерлік станокта бөлшектерді кесуге арналған басқарушы командалар жасалды (сурет – 2.2).

Kamach II 1060 лазерлік станогы лазерлік кесу әдісімен металл емес материалдарды (пластик, ағаш, фанера, мата және т. б.) кесу және оюға бағытталған. Станокта қуаты 90-100 Вт жоғары сапалы Reci лазерлік сәулелендіргіш орнатылған. Бұл станокта біз роботқа ABS пластигін қолдандық. [2]

Роботтың арбашаларын құрастыруда сервоприводтар, дөңгелектер, болттар, гайкалар, шайбалар және лазерлік станокта кесілген бөлшектер қолданылды (2.3 – сурет). Біздің роботтың платформасы үшін dynamixel AX-12A сервопривод таңдалды. ROBOTIS компаниясы dynamixel деп аталатын өнеркәсіптік сапамен және интерфейстермен сервомоторларды өндіреді. Dynamixel сервомоторлары - жоғары өнімді атқарушы механизмдер. Dynamixel сервоприводтары ғылыми, оқу мақсаттары үшін де, аса күрделі жылжымалы механизмдерді жасау үшін де пайдаланылуы мүмкін, мысалы, робот-манипулятор, екі аяқты робот және тағы басқалар. Біз пайдаланатын dynamixel

АХ-12А сервоприводының сыртқы түрі 2.3 – суретте көрсетілген. Dynamixel АХ-12А сервоприводтары 254:1 айналым айналымын төмендетудің кіріктірілме коэффициентімен, кері байланыс контроллерімен және драйверлермен жабдықталған. Сонымен қатар, басқару блогына ағымдағы жағдай туралы кері байланыс арқылы кез келген уақытта бере алады.



2.2 – сурет – Kamach II 1060

Максималды рұқсат (орналасу дәлдігі) 1024 дивизионды құрайды. Dynamixel АХ-12А сервоприводында командалық режимде сервопривод жұмысын басқаруға мүмкіндік беретін кіріктірілген микроконтроллер бар. Командалардың көмегімен бұрылу бұрышын, бұрылу жылдамдығын, сервоприводтарды айналу шектеулерін қоюға болады. Сондай-ақ сервоприводтардың жағдайы туралы ақпаратты оқуға болады: ағымдағы кернеу, ағымдағы позиция, ағымдағы айналу жылдамдығы. Төменде dynamixel АХ-12А сервопривод сипаттамалары берілген.

Техникалық сипаттамалары:

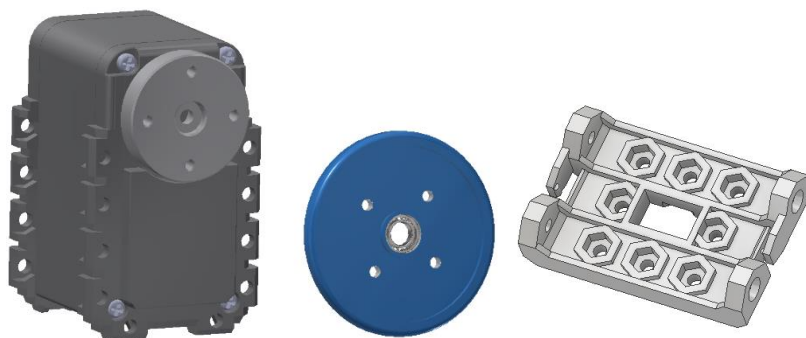
- Салмағы: 54,6 грамм
- Момент: 1,5 Н. м
- Габариттік өлшемдері, мм: 32*50*40
- Рұқсат: 0,29°
- Беріліс қатынасы: 254: 1
- Бос жүріс жылдамдығы, айн/мин: 59 (12В кезінде, доңғалақ режимі); 54 (12В кезінде, мүшелеу режимі)
- Жұмыс бұрышы: 0° ~ 300°
- Жұмыс температурасы: -5°С ~ + 70°С
- Қуат кернеуі: 9-12В (кернеу ұсынылады: 11,1 В)
- Басқару сигналы: сандық пакет
- Хаттама түрі: жартылай комплексті асинхронды тізбекті (8бит, 1стоп, анықтықты бақылаусыз)
- Қосылу интерфейсі: TTL Level Multi Drop (dasy chain коннекторы түрі)

-ID: 254ID (0 ~ 253)

-Деректерді беру жылдамдығы: 7843 бит / с ~ 1 Мбит/с

-Кері байланыс: орналасу, температура, жүктеме, кіріс кернеуі және т. б

-Материал: корпус - техникалық пластмасса



2.3 – сурет – Dynamixel AX-12A сервоприводы, доңғалақ, қосқыш

Арбаның конструкциясында алдыңғы дөңгелектердің айналуына арналған екі dynamixel AX-12A сервожетегі пайдаланылды, екі артқы дөңгелектері жетектегі болып табылады. Бұдан басқа, тағы екі сервопривод алдыңғы дөңгелектердің осін бұруға арналған. Барлық қосылыстар керекті басқару үшін сервопривод Arduino не қосылған болатын (2.4 – сурет).

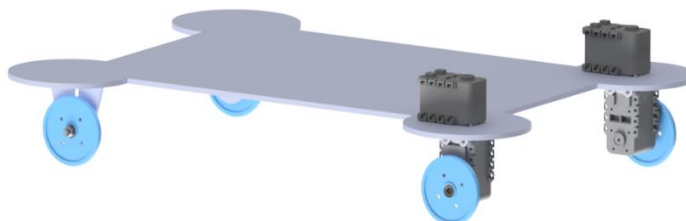


2.4 – сурет – Arduino Микроконтроллері

Бүгінгі күні Arduino оқыту, прототиптеу және бастапқы деңгейдегі әртүрлі жобаларды құру үшін ең танымал аппараттық платформа болып табылады. Arduino-ның PIC микроконтроллерлерінен айырмашылығы, жоғары деңгейдегі қарапайым бағдарламалау тілі және программаларды жүктеудің мөлдір тәсілі бар. Arduino-ға 1мбпс дейін бірнеше сервоприводтарды қосу үшін қосымша сым талап етеді. Бір сервопривод қосылған жағдайда, оны Arduino-ға қосу керек. Бірнеше қолданғанда, Arduino және AX-12A арасында үш күйдегі (мысалы, 74LS241N сияқты) буферді қосу қажет. Dynamixel протоколы - бұл сериялық хаттама, сондықтан 74LS241 буфері сериялық портқа, содан кейін "0" және "1" шығыстарына қосылуы тиіс. Сериялық порт Dynamixel

пайдаланылады, ал Arduino IDE Serial монитормы арқылы ақпаратты көрсету үшін тағы бір сериялық порт қажет. Arduino NewSoftSerial кітапханасын пайдалануға болады, бірақ бізге USB-serial (USB2Serial сияқты) конвертері қажет.[3]

Autodesk Inventor жүйесінде роботтың арбасын компьютерлік құрастыру орындалды. 2.5 – суретте жиналған робот арбасының визуализациясы көрсетілген.



2.5 – сурет – робот арбасын визуализациялау

Платформаны құрастыру үшін бізге көлемі M2, M2.5, M3 бұрандамалар, гайкалар және шайбалар қажет болды. 2.6 – суретте біз жинаған мобильді робот фотосуреті көрсетілген.



2.6 – сурет – Жиналған Робот арбасы

Одан әрі жылыжайда жұмыс істеу үшін біздің топ әзірлеген uarm типті робот-манипулятор қолданылады, оның төрт еркіндік дәрежесі бар. 2.7 – суретте біздің топ жасаған робот-манипулятор автономды мобильді роботта орнатылған. Барлық жалпақ буындар kamach II 1060 лазерлік станокта кесілген.

Кейбір бөлшектер CubeX Duo 3D принтерінде басылып шықты (2.8 – сурет). CUBEX 3D принтерлері қарапайым, дәстүрлі ABS-пластикпен басып шығара алады. CubeX Duo – бір уақытта екі түрлі материалдармен басып шығара алады, екі түсті модельді жасауға болады. Бұл принтер пайдалануға ыңғайлы және оңай, ал Kissliser функционалдық бағдарламалық қамтамасыз ету бүкіл процесті барынша жеңілдетуге мүмкіндік береді. [4]



2.7 – сурет – Арбадағы жиналған робот-манипулятор

CubeX Duo сипаттамалары:

- Корпус: жартылай жабық камера
- Басып шығару технологиясы: FFF (Fused Filament Fabrication)
- Баспа материалы: ABS және PLA пластик
- Баспа бастарының саны (шүмек): 2 дана
- Салмағы 37 кг
- Құрылыс аймағы (мм): 230x265x240



2.8 – сурет – Cubex Duo 3D принтері

3 Мобильді робот кинематикасын модельдеу

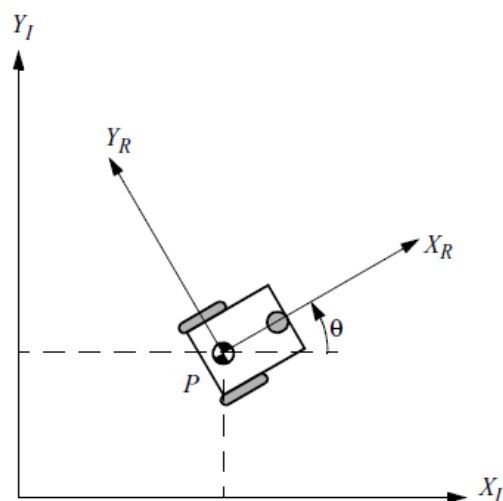
Кинематика - механикалық жүйелердің қалай жүргізілетіні туралы ең негізгі зерттеу. Кинематика мобильді роботтар үшін, механикалық мінез-құлықты зерттеу үшін, жобалау үшін және роботтарды басқару үшін, бағдарламалық қамтамасыз етуді құру үшін қажет.

Бүкіл роботтың қозғалыс моделін алу дөңгелектен басталады. Әрбір доңғалақ роботтың қозғалысына ықпал етеді және сонымен қатар роботтың қозғалысына шектеу қояды. Доңғалақтар роботтың шассиінің геометриясы негізінде бірге байланысқан, демек оларды шектеудің жиынтығында роботтың шассиінің жалпы қозғалысына шектеулер құрайды.

Біз роботты көлденең жазықтықта жұмыс істейтін дөңгелекті қатты дене ретінде модельдейміз. Жазықтықтағы роботтың шассиіне арналған координаттар саны үш, екі жазықтықтағы орналасуды анықтау үшін және бір ортогональ болып табылатын тік осьтің бойымен бағдарлау үшін қажет.

Роботтың жазықтықтағы орнын көрсету үшін біз 3.1 – суретте көрсетілгендей, ғалами есептеу жүйесі мен роботты есептеу жүйесі арасындағы ара қатынасты орнатамыз. X_I және Y_I осі координаталардың кейбір O басынан ғаламдық есептеу жүйесін анықтайды: $\{X_I, Y_I\}$. Роботтың орнын көрсету үшін нүктенің базалық орны ретінде роботтың шассиіндегі P нүктесін таңдаймыз. Координаттар жүйесі $\{X_R, Y_R\}$ роботтың шассиіне қатысты екі осьті анықтайды және роботтың координаттарының жергілікті жүйесі болып табылады. Координаталардың жаһандық жүйесіндегі P ережесі x және y координаталарымен және құрылғының θ бұрышымен анықталады. Яғни, біз роботтың жағдайын осы үш элементпен вектор ретінде сипаттай аламыз. [5]

$$\xi_I = \begin{bmatrix} x \\ y \\ \theta \end{bmatrix} \quad (3.1)$$



3.1 – сурет – Роботты есептеудің жаһандық және жергілікті жүйесі

Қозғалыс компоненттерінің тұрғысынан роботтың қозғалысын сипаттау үшін жергілікті есептеу жүйесінде роботтың осьтерінің бойымен қозғалыс үшін ғаламдық есептеу жүйесінің осьтері бойынша қозғалысты көрсету қажет болады. Әрине, көрсету роботтың ағымдағы жағдайының функциясы.

Бұл көрсету ортогональды бұрылыс матрицасы арқылы жүзеге асырылады:

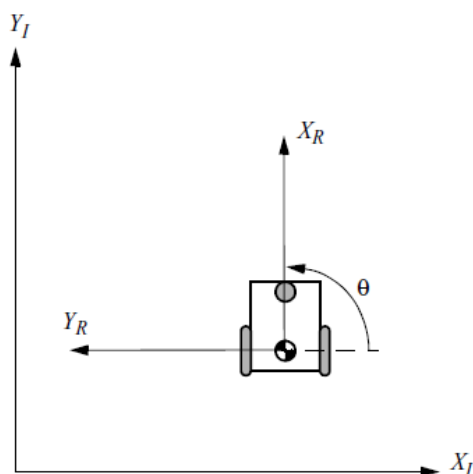
$$R(\theta) = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta & 0 \\ -\sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.2)$$

Бұл матрица есептеудің жергілікті жүйесінің $\{X_R, Y_R\}$ терминдерінде қозғалысқа есептеудің жаһандық жүйесінде $\{X_I, Y_I\}$ қозғалысты бейнелеу үшін пайдаланылуы мүмкін. Бұл іс-әрекет $R(\theta)\xi_I$ белгіленеді, себебі бұл операцияны есептеу құрылғының θ мәніне байланысты:

$$\dot{\xi}_R = R\left(\frac{\pi}{2}\right)\dot{\xi}_I \quad (3.3)$$

3.2 – суреттегі роботты қарастырайық. Бұл робот үшін $\theta = \pi/2$ болғандықтан біз R айналу матрицасын оңай есептей аламыз:

$$R\left(\frac{\pi}{2}\right) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.4)$$



3.2 – сурет – Жаһандық осьтерге сәйкес мобильді робот

Координаттардың жаһандық жүйесінде кейбір жылдамдықты $(\dot{x}, \dot{y}, \dot{\theta})$ қою арқылы біз осы роботтың жергілікті осьтерінің бойымен X_R, Y_R қозғалыс құрамдастарын есептей аламыз. Бұл жағдайда, роботтың нақты бұрышына байланысты X_R бойымен қозғалыс $\dot{y}$, Y_R бойымен қозғалыс $\dot{x}$ бірдей:

$$\dot{\xi}_R = R\left(\frac{\pi}{2}\right)\dot{\xi}_I = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{y} \\ -\dot{x} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} \quad (3.5)$$

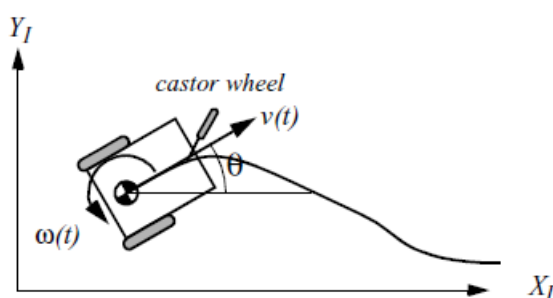
Тура кинематикалық модель. Қарапайым жағдайларда, сипатталған (3.3) теңдеумен көрсету мобильді роботтың тура кинематикасын сипаттау үшін жеткілікті. 3.3 – суретте көрсетілген мысалдарды қарастырайық.

Бұл екі дөңгелегі бар дифференциалды жетекті робот, әрбір диаметрі r . Екі жетекші дөңгелектің ортасында P нүктесін белгілейміз, P – дан бастап әр доңғалақ қашықтығы l болып табылады.

r, l, θ және әр дөңгелектің айналу жылдамдығын ϕ_1, ϕ_2 белгілеп, тура кинематикалық модель роботтың жалпы жылдамдығын ғаламдық есептеу жүйесінде сипаттауға болады:

$$\dot{\xi}_I = \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = f(l, r, \theta, \phi_1, \phi_2) \quad (3.6)$$

(3.3) теңдеуден біз жаһандық координаттар жүйесінде роботтың қозғалысын өз жергілікті есептеу жүйесіндегі қозғалыстан есептей алатынымызды білеміз: $\dot{\xi}_I = R(\theta)^{-1} \dot{\xi}_R$.



3.3 – сурет – Дифференциалды-жетекті робот өзінің ғаламдық есептеу жүйесінде

Роботтың жергілікті есептеу жүйесі 3.1 – суретте көрсетілгендей $+X_R$ бойымен алға жылжиды деп есептейміз. Алдымен әрбір доңғалақтың бұрыштық жылдамдығы P нүктесінде $+X_R$ бағытында тасымалдау жылдамдығына салымын қарастырайық. Егер бір доңғалақ айналса, басқа

доңғалақ ештеңе енгізбейді және қозғалыссыз, өйткені Р екі доңғалақтың арасындағы жарты жолда, ол бірден жарты жылдамдықпен қозғалады: $\dot{x}_{r1} = (1/2)r\dot{\phi}_1$ и $\dot{x}_{r2} = (1/2)r\dot{\phi}_2$. Дифференциалды-жетекті роботта бұл екі үлесті $\dot{x}_R$, $\dot{\xi}_R$ компоненттерді есептеу үшін ғана қосуға болады. Мысалы, әрбір доңғалақ бірдей жылдамдықпен, бірақ қарама-қарсы бағытта айналатын дифференциалды роботты қарастырайық. Нәтиже тұрақты айналмалы робот болып табылады. Күтілгендей, бұл жағдайда $\dot{x}_R$ нөлге тең болады. $\dot{y}_R$ мәнін есептеу оңай. Ешқандай доңғалақ роботтың координаталары жүйесінде бүйірлік қозғалысқа өз үлесін қоса алмайды және осылайша $\dot{y}_R$ әрдайым нөлге тең болады. Ақырында, біз айналмалы $\dot{\theta}_R$ бастап $\dot{\xi}_R$ компонентті есептеуіміз керек. Тағы да, әрбір дөңгелектің үлесі тәуелсіз және жай қосылған болуы мүмкін. Оң жақ 1 дөңгелекті қарастырайық. Естеріңізге сала кетейік, егер 1 дөңгелегі жалғыз айналса, робот 2 дөңгелегі айналасында бұрылады. 1 айналу жылдамдығы Р айналасында есептелуі мүмкін, себебі доңғалақ r радиус шеңберінің доғасымен жылдам қозғалады:

$$\omega_1 = \frac{r\dot{\phi}_1}{2l} \quad (3.7)$$

Осы есептеу сол доңғалаққа да жатады, алдыңғы айнарудың Р нүктесіндегі сағат тілі бойынша айналу нәтижесі:

$$\omega_2 = \frac{-r\dot{\phi}_2}{2l} \quad (3.8)$$

Бұл жекелеген формулалардың үйлесімі дифференциалды-жетекті робот үшін кинематикалық модель береді:

$$\dot{\xi}_I = R(\theta)^{-1} \begin{bmatrix} \frac{r\dot{\phi}_1}{2} + \frac{r\dot{\phi}_2}{2} \\ 0 \\ \frac{r\dot{\phi}_1}{2l} + \frac{-r\dot{\phi}_2}{2l} \end{bmatrix} \quad (3.9)$$

Енді біз осы кинематикалық модельді мысалда пайдалана аламыз. Дегенмен, біз алдымен есептеуіміз керек.

$$R(\theta)^{-1} = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & 0 \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.10)$$

Робот $\theta = \pi/2$, $r = 1$ и $l = 1$ осылай орналасқан делік. Егер робот өз дөңгелектерін біркелкі $\phi_1 = 4$ және $\phi_2 = 2$ жылдамдықпен қамтыса, біз оның жылдамдығын ғаламдық жүйеде есептей аламыз:

$$\xi_I = \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 3 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (3.11)$$

Осылайша, бұл робот 1 жылдамдығымен айналғанда 3 жылдамдығымен ғаламдық есептеу жүйесі осінің бойымен жылдам қозғалатын болады.

Дөңгелектердің кинематикалық шектеулері. Роботтың кинематикалық моделіне бірінші қадам – жекелеген дөңгелектердің қозғалысына шектеу қою. Жекелеген дөңгелектердің қозғалысы кейінірек жалпы роботтың қозғалысын есептеу үшін біріктірілуі мүмкін. Өртүрлі кинематикалық қасиеттері бар дөңгелектің төрт негізгі түрі бар.

Біз дөңгелектің жазықтығы әрқашан тігінен қалады деп болжаймыз және барлық жағдайларда доңғалақ пен жерге қосу арасындағы байланыс нүктесі біреу. Сонымен қатар, біз осы бірыңғай байланыс нүктесінде сырғу жоқ деп болжаймыз. Яғни, доңғалақ тек илектеу және тік осьтің айналасында түйіспе нүктесі арқылы бұрылады.

Осы болжамдарда, доңғалақтың әрбір түрі үшін екі шектеу бар. Бірінші шектеу тербелу контактісін сақтауды қамтамасыз етеді - дөңгелегі сырғанау керек. Екінші шектеуде - бүйірлік сырғу жоқ.

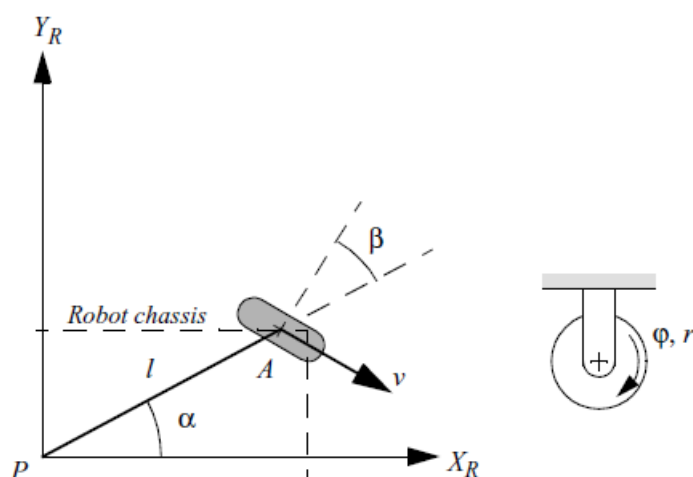
Бекітілген стандартты доңғалақ. Бекітілген стандартты дөңгелектің рульдік басқару үшін тік айналу осі жоқ. 3.4 – сурет бекітілген стандартты дөңгелекті бейнелейді және оның роботтың координаталар жүйесінің жағдайына қатысты жағдайын көрсетеді $\{X_R, Y_R\}$. А жағдайы полярлық координаттарда l қашықтығымен және α бұрышымен көрсетіледі. Шассиге қатысты доңғалақ жазықтығының бұрышы β белгіленеді, ол тіркелген болып табылады, өйткені тіркелген стандартты доңғалақ басқарылмайды. R радиусы бар доңғалақ уақыт бойынша айналуы мүмкін, сондықтан оның көлденең осьтің айналмалы жағдайы $t: (t)$ уақыт функциясы болып табылады. [6]

Бұл доңғалақ үшін домалауды шектеу - доңғалақ жазықтығының бағыты бойындағы барлық қозғалыс дөңгелектің тиісті айналу санымен сүйемелденуі тиіс, яғни түйіспе нүктесіндегі таза илектеу:

$$[\sin(\alpha + \beta) - \cos(\alpha + \beta) (-l) \cos \beta] R(\theta) \xi_I - r \dot{\phi} = 0 \quad (3.12)$$

Бұл доңғалақ үшін сырғуды шектеу доңғалақтың қозғалыс компоненті ортогональды доңғалақтың жазықтығына нөлге тең болуы тиіс жағдайды сақтауды қамтамасыз етеді:

$$\begin{bmatrix} \cos(\alpha + \beta) & \sin(\alpha + \beta) & l \sin \beta \end{bmatrix} R(\theta) \dot{\xi}_I = 0 \quad (3.13)$$

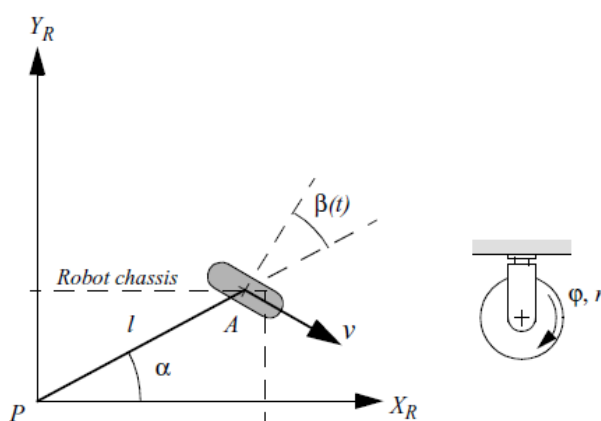


3.4 – сурет – бекітілген стандартты доңғалақ және оның параметрлері.

Басқарылатын стандартты доңғалақ. Басқарылатын стандартты доңғалақ бекітілген стандартты доңғалақтан айырмашылығы тек қана қосымша еркіндік дәрежесі бар: доңғалақ дөңгелектің ортасынан өтетін тік осьтің және жермен байланыс нүктесінің айналасында айнала алады. Басқарылатын стандартты доңғалақ (3.5 – сурет) үшін орналасу теңдеулері 3.4 – суретте көрсетілген стандартты бекітілген доңғалаққа бірдей. Роботтың шассиіне дөңгелекті бағдарлаудың β тіркелген мәні жоқ, ол $\beta(t)$ уақыт функциясы ретінде өзгереді. Илектеу және сырғанау шектеулері:

$$\begin{bmatrix} \sin(\alpha + \beta) & -\cos(\alpha + \beta) & (-l) \cos \beta \end{bmatrix} R(\theta) \dot{\xi}_I - r \dot{\phi} = 0 \quad (3.14)$$

$$\begin{bmatrix} \cos(\alpha + \beta) & \sin(\alpha + \beta) & l \sin \beta \end{bmatrix} R(\theta) \dot{\xi}_I = 0 \quad (3.15)$$



3.5 – сурет – Басқарылатын стандартты доңғалақ және оның параметрлері.

Бұл шектеулер белгіленген стандартты дөңгелегі бірдей, өйткені ϕ , β айырмашылығы, робот қозғалысын жылдам шектеу тікелей әсер етпейді. Тек уақыт бойынша интегралдау арқылы бұрылыс бұрышын өзгерту қозғалыс құралының қозғалуына әсер етуі мүмкін екенін білеміз.

Біз екі жетекші дөңгелегі бар төрт доңғалақты ұялы робот жасадық (олар да айналмалы). Робот конструкциясында барлық доңғалақтар жерге байланысты.

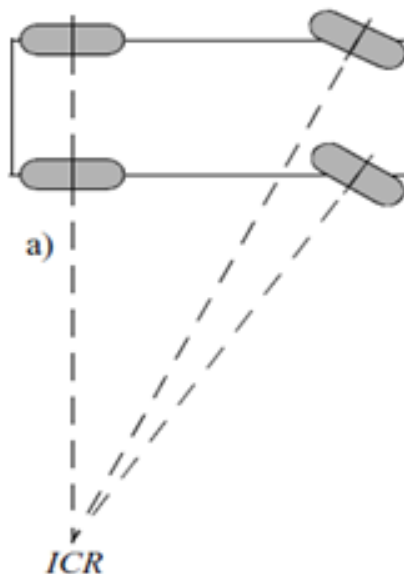
Әрбір доңғалақ сырғуды шектейтін бүйірлік сырғудан аулақ болуы тиіс.

$$C_{1f}R(\theta)\xi_I = 0 \quad (3.16)$$

$$C_{1s}(\beta_s)R(\theta)\xi_I = 0 \quad (3.17)$$

Робот үшін кинематикалық шектеулерді геометриялық айналу орталығы арқылы көрсетуге болады.

Бір стандартты дөңгелекті қарастырайық. Ол нөлдік бұрылыс қозғалысын шектеуге мәжбүр (3.6 – сурет). Бұл шеңбер жазықтығына перпендикуляр, өзінің көлденең осі арқылы нөлдік қозғалыс сызығының геометриялық бейнесін көрсетуі мүмкін. Кез келген берілген сәтте қозғалыстың нөлдік сызығы бойынша дөңгелектің қозғалысы нөлге тең болуы тиіс. Басқаша айтқанда, доңғалақ қозғалуы керек, бұл шеңбердің ортасы қозғалыстың нөлдік сызығында болады. Бұл жылдам айналу орталығы деп аталатын орталық нүкте нөлдік қозғалыс сызығының кез келген нүктесінде жатуы мүмкін. R шексіз болғанда, шеңбер түзу сызықпен қозғалады. [7]



3.6 – сурет – Автомобильдің төрт дөңгелегін рульдік басқару, Акерман моделі

ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл дипломдық жобада жылыжайда жұмыс істеу үшін пайдаланылатын автономды мобильді роботты жобалау қарастырылады. Autodesk Inventor жүйесінде мобильді роботтың арбасын жобалау жүргізілді. Kamach II 1060 лазерлік станокта ұялы роботтың бөлшектері кесіліп, содан кейін құрастыру жүргізілді. Мобильді роботты құрастыруда төрт сервопривод бар: екеуі алдыңғы екі дөңгелекті айналдыру үшін және екеуі бұрылу үшін. Автономды мобильді роботтың қозғалысын басқару бағдарламасын жасау үшін робот қозғалысының кинематикасы қарастырылды. Қозғалысты сипаттау үшін екі алдыңғы басқару дөңгелектері бар төрт дөңгелекті платформаның автономды робот теориясының негізінде роботтың математикалық моделі ұсынылды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 <https://agro-smart.com.ua/news/robotizirovannoe-zemledelie>
- 2 П. И. Корке. Робототехника, көру және бақылау. – Швейцария: Springer International Publishing AG баспасы, 2017. – 75 б.
- 3 <http://robotgeeks.ru/collection/dynamixel/product/ddynamixel-ax-12a-2>
- 4 Kurfess T. R. Робототехника және автоматтандыру, анықтама-CRC Press. 2005. – 24 с.
- 5 К. Сердар, Б. Зафер. Кинематикалық робот: тікелей және кері кинематика, 2015. – 4 б.
- 6 К. Иетин. Роботтың кинематикалық талдауы, аға жоба. – Стамбул: Йылдыз техникалық университеті. 2009. – 81 б.
- 7 П. И. Корке, Студенттер мен оқытушыларға арналған робототехника және көру. - IEEE Robotics and Automation журналы, 14 том (4), 2007. – 16 б.