

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Саинова Зере Амангелдиевна

«Қол қимылдары арқылы басқарылатын құрылғыны дайындау»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Алматы 2024 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы



ЖІБЕРІЛДІ

Қазақстан Республикасының Білім және Ғылым Министрінің

Қолтаңбасымен

2024 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Қол қимылдары арқылы басқарылатын құрылғыны дайындау»

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Орындаған:

З.А. Саипова

Пікір беруші

ҚазҰУ, PhD доценті м.а.
Омаров Б.С.
PhD докторы

« 28 » 05 2024 ж.



Ғылыми жетекші
ҚазҰТУ, PhD., Электроника,
телекоммуникация және ғарыштық
технологиялар кафедрасының
аға оқытушысы

Досбаев Ж.М.

« 28 » 05 2024 ж.

Алматы 2024 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыш технологиялар кафедрасы

6В06201 – Телекоммуникация мамандығы



БЕКІТЕМІШ

Эксперт кафедрасы менің орындаушысы

техн.ғыл.кан

Е.Таштай

2023ж

Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА

Білім алушы: Саинова Зере Амангелдиевна

Тақырыбы: «Қол қимылдары арқылы басқарылатын құрылғыны дайындау»

Университет ректорының « 4 » 12 2023ж. №548 П/О бұйрығымен
бекітілген

Аяқталған жобаны тапсыру мерзімі 30 » 04 2024ж.

Жұмыстың бастапқы мәліметтері: 1. ГОСТ Р 60.0.0.4—2023/ИСО 8373:2021
Робот және роботтық құрылғылар. Қашықтықтан басқару жүйесі. Жұмыс
режимдері. 2. ГОСТ Р ИСО/МЭК 29182-1-2018 Сенсорлар. Техникалық және
жүйелік тұрғыда сенсорлардың жұмысын ұйымдастыру. Қашықтықтан ақпарат
тарату.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

- Қашықтықтан қол қимылдары арқылы басқарылатын құрылғыны жобалау.
 - Қолданылатын сенсорды және ақпараттарды өңдеуге, құрылғыны басқаруға
қоажетті микроконтроллерді таңдау; құрылғының сұлбасын жинақтау.
 - Құрылғыны қашықтықтан басқаруды ұйымдастыру.
- Сызбалық материалдар 15 слайдпен ppt форматында көрсетілген.

Ұсынылатын негізгі әдебиет 20 атау:

1) T. Beyrouthy, S. Kork, J. Korbane and M. Abouelela, "EEG mind controlled
smart prosthetic arm – A comprehensive study", *Advances in Science Technology and
Engineering Systems*, vol. 2, pp. 891-899, 2017.

2. L. Boyan, "Controlling a 3D printed bionic hand by using brain waves",
Master Thesis, August 2018.

3. O. Chinbat and J. Lin, "Prosthetic arm control by human brain", *Proceedings of the International Symposium on Computer Consumer and Control (IS3C)*, 6 – 8 Dec. 2018.

4. S. B. Kalpande, A. R. Thakre, A. Harde, S. Yadav and H. Tembhekar, "Brainwave controlled robotic arm", *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, vol. 4, pp. 1148-1152, 2017.




5. A. Prakash, B. Kumari and S. Sharma, "A low-cost wearable sEMG sensor for upper limb prosthetic application", *J. Med. Eng. Technol.*, vol. 43, pp. 1-13, 2019.


Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерізімі	Ескерту
Құрылғының жұмысын, функцияларын және сұлбасын жобалау.	19.02.2024	Орындалады
Құрылғыны әзірлеуге қажетті құрылғыларды, сенсорлар мен микроконтроллерді таңдау. Сұлбасын жасау.	24.03.2024	Орындалады
Құрылғыны қанықтықтан басқаруды ұйымдастыру.	20.04.2024	Орындалады


Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған

Қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер (аты, әкесінің аты, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Диплом жұмысының тақырыбын талдау	Досбаев Ж.М. ЭТЖҒТ каф.аға оқытушысы, PhD	28.05.24	
Теориялық ақпарат	Досбаев Ж.М. ЭТЖҒТ каф.аға оқытушысы, PhD	28.05.24	
Норма бақылау	Досбаев Ж.М. ЭТЖҒТ каф.аға оқытушысы, PhD	28.05.2024	

Ғылыми жетекшісі PhD докторы  Ж. М. Досбаев

(қолы)

Тапсырманы орындауға алған білім алушы  З. А. Саинова

(қолы)

Күні « 08 » 12 2023 ж.

АНДАТПА

Иілгіш сенсорды қолдана отырып, қимылмен басқарылатын роботты жобалау және енгізу ұсынылады. Роботты машинаны басқару браслет тәрізді нұсқа қолданылды. Әрқайсысы үш байланысы және білегі бар бес жылжымалы саусақтан тұратындай етіп жасалған. Роботты қол қол қолғапының көмегімен адамның қол қимылдарына еліктеу үшін жасалған. Қол қолғабы саусақ қозғалысын басқаруға арналған 5 икемді сенсордан және білек қозғалысына арналған акселерометрден тұрады. Роботты қол үшін қолданылатын жетектер сервомоторлар болып табылады. Қолдың қозғалысы адам қолының сіңірлері сияқты әрекет ететін кабельдер арқылы басқарылады. Роботты қолдың прототипі құрастырылып, қолдың әр түрлі қимылдарына сыналды.

АННОТАЦИЯ

Рекомендуется спроектировать и реализовать робота, управляемого движением, с помощью гибкого датчика. Для управления роботизированной машиной использовался вариант, похожий на бюстгальтер. Каждый из них сконструирован таким образом, что состоит из пяти подвижных пальцев с тремя связками и запястьем. Роботизированная рука предназначена для имитации движений рук человека с помощью перчаток. Ручная перчатка состоит из 5 гибких датчиков для управления движением пальцев и акселерометра для движения запястья. Приводы, используемые для роботизированной руки, являются серводвигателями. Движение руки контролируется тросами, которые действуют как сухожилия человеческой руки. Прототип роботизированной руки был собран и протестирован на различных движениях руки.

ANNOTATION

It is recommended to design and implement a motion-controlled robot using a flexible sensor. A bra-like variant was used to control the robotic machine. Each of them is designed in such a way that it consists of five movable fingers with three ligaments and a wrist. The robotic arm is designed to simulate human hand movements using gloves. The hand glove consists of 5 flexible sensors for controlling finger movement and an accelerometer for wrist movement. The drives used for the robotic arm are servomotors. The movement of the arm is controlled by cables that act like the tendons of a human arm. The prototype of the robotic arm was assembled and tested on various hand movements.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1 Қозғалысты басқару	8
1.1 Жүйке-бұлшықет жүйесі	8
1.2 Проприорецепторлық механизмдер	9
1.3 Қозғалыс белсенділігін басқарудың орталық аппараттары	10
1.4 Қозғалыс бағдарламалары	12
1.5 Қозғалыстарды үйлестіру	13
1.6 Қозғалыс түрлері	15
1.7 Моторика және қалыптастыру	18
1.8 Қол қозғалысына негізделген құрылғыны зерттеудің мақсаттары мен міндеттері	24
1.9 Қол қозғалысына негізделген құрылғыны жасаудағы аспектілері	25
2 Технологиялық бөлім	26
2.1 Роботты қолмен басқару жүйесінің сипаттамасы	26
2.2 Роботты қолмен басқарудың принциптері	29
2.3 Роботты қолмен басқарудың технологиялық процесі	33
2.4 Роботты жобалау	35
2.5 Бағдарламалау жұмысы	38
3 Роботты қолмен басқару жүйесін дамыту және жобалау	40
3.1 Роботтың қолды басқару жүйесінің математикалық моделі және схемасы	40
3.2 Роботты басқару жүйесін модельдеу нәтижелерін алу	43
3.3 Қолды басқарудың саусақ құрылымы	48
3.4 Қолды басқарудың блок схемасы	51
3.5 Қолды басқарудың негізгі аспаптары	52
3.6 Жобаланған роботты қолдың электрлік сұлбасы	53
Қорытынды	55
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	56

КІРІСПЕ

Қазіргі уақытта ақпараттық технология саласы белсенді дамып келеді: роботтардың жаңа модельдері үнемі жасалуда, роботтардың бұрыннан жасалған модельдері шығарылады. Ең алдымен, бұл кез-келген қызмет саласында өндірістік процесті едәуір жеңілдетуге және жеделдетуге қабілетті өнеркәсіптік роботтар өндірісі туралы. Оларды қолдану тек өндіріс саласымен шектелмейді. Әскери және қауіпсіздік компаниялары роботтарды периметрді қорғау үшін, сондай-ақ мина алқаптарын тазарту сияқты адам өмірі мен денсаулығына қауіпті қызмет үшін белсенді қолданады. Роботтар космонавтикада басқа планетарлық жүйелерді зерттеушілер ретінде де қолданылады.

Роботтарды әзірлеу қарапайым командаларды орындау үшін қарапайым жасанды интеллект құрумен шектелмейді. Стандартты емес шешімдер мен шығармашылық қажет болатын қызмет салаларында роботтардың әлеуетін едәуір арттыра алатын нейрондық желілерді құру белсенді дамып келеді.

Сондай-ақ, роботтар бір-бірімен ақпарат алмасуға немесе деректерді жеке компьютерге жіберуге, адамды қажетті ақпаратпен қамтамасыз етуге қабілетті деп айту керек.

Робототехниканың қазіргі даму деңгейі роботтарды камералар, навигация жүйелері, қозғалыс сенсоры, жарық, дыбыс және т.б. сияқты көптеген қосымша жабдықтармен жабдықтауға мүмкіндік береді.

Бұл дипломдық жобаның мақсаты – «робот қолы» манипуляторы бар роботты автоматты басқару жүйесін жасау.

Бірінші тарауда робот манипуляторы қатысатын технологиялық процесс сипатталады, сонымен қатар роботтардың негізгі элементтері мен сипаттамалары сипатталады. Осы дипломдық жоба аясында жиналған робот көрсетіледі, оның сипаттамалары сипатталады.

Екінші тарауда жиналған прототип негізінде математикалық модельге талдау жасалады, тұрақтылықты тексеру жүргізіледі, шекті кірісті іздеу және математикалық модельдің сапалық бағалары есептелген. Сонымен қатар, модальды реттегіш есептелетін күй кеңістігінде математикалық модель жасалады. Математикалық модельдің, модальды реттегіштің және бақылау жүйесінің MATLAB ортасында модельдеу де жасалады.

Қорытындыда алынған негізгі нәтижелер келтіріледі, атқарылған жұмыстың қорытындысы шығарылады.

1 Қозғалысты басқару

Қозғалыс (сөйлеу мен жазуды қоса) – адам ағзасының қоршаған ортамен өзара әрекеттесуінің негізгі құралы. Бұл өзара әрекеттесуде сыртқы ортаның тітіркендіргіштерінен туындаған рефлекторлық жауаптар қозғалыс белсенділігінің бір бөлігін ғана құрайды; оның басқа бөлігі – «іштен» басталатын белсенділік. Ми сырттан келетін тітіркендіргіштерге жауап беріп қана қоймайды, ол қоршаған ортамен үнемі диалогта болады және ондағы бастама миға тиесілі. Орталық жүйке жүйесі (ОЖЖ) мен сыртқы әлем арасындағы диалогтың қалай ұйымдастырылғандығы туралы мәселе әртүрлі ғылымдардың өкілдерін иеленді және жалғастыруда. Бұл сұрақ Психология үшін де басты мәселелердің бірі деп айтуға болады.

1.1 Жүйке-бұлшықет жүйесі

Басқару жүйесінің жұмыс принциптерін басқару объектісінің құрылымдық ерекшеліктерін білмей түсіну мүмкін емес. Жануарлар мен адамдардың қозғалысына қатысты басқару объектісі тірек-қимыл аппараты болып табылады. Тірек-қимыл жүйесінің ерекшелігі-ол бір буынның екіншісіне қатысты айналуына мүмкіндік беретін буындарда қозғалмалы түрде байланысқан көптеген буындардан тұрады. Буындар буындардың бір, екі немесе үш оське қатысты айналуына мүмкіндік береді, яғни бір, екі немесе үш еркіндік дәрежесіне ие. Адам қаңқасының еркіндік дәрежелерінің жалпы саны 200-ден асады.

Қаңқа бұлшықеттері химиялық энергияны тікелей механикалық жұмыс пен жылуға айналдыратын өте ерекше қозғалтқыштар. Қазір белгілі молекулалық жиырылу механизмдерінің ерекшеліктеріне байланысты күштің дамуы бұлшықет талшығының серпімділігі мен тұтқырлығының өзгеруімен автоматты түрде жүреді. Сонымен қатар, талшықтың кернеуі оның ұзындығына (буындағы бұрышқа) және оның созылу немесе қысқару жылдамдығына байланысты. Жүйке жүйесі бұлшықетті қалай басқарады? Бір моторлы нейрон (моторлы Нейрон) бүкіл бұлшықетті емес, оны құрайтын талшықтардың аз ғана бөлігін нервтендіреді. Бұл талшықтар міндетті түрде бір-біріне жақын орналаспайды, олар бұлшықетке таралады және олардың арасында басқа моторлы нейрондар басқаратын талшықтар орналасады. Моторлы Нейрон және ол нервтендіретін бұлшықет талшықтарының тобы қозғалтқыш бірлігін (ҚБ) құрайды.

ҚБ 10-15-тен (сыртқы көз бұлшықеттерінде) аяқ-қолдың үлкен бұлшықеттеріндегі көптеген жүздеген бұлшықет талшықтарына дейін болуы мүмкін. Қолдың кішкентай бұлшықеттері тек 30-40 ДЕ, ал бицепс брахиумында 700-ден астам ДЕ болуы мүмкін. Бұлшықеттің күшін екі жолмен арттыруға болады: ДЕ-ның әрқайсысына келетін жүйке импульстарының жиілігін арттыру және жаңа қозғалтқыш қондырғыларын тарту (жалдау). Бір бұлшықеттің

қозғалтқыш бірліктері бірдей емес. Жиырылу жылдамдығына және шаршауға төзімділікке байланысты баяу (S) және жылдам (F) қозғалтқыш бірліктері ажыратылады, олар өз кезегінде шаршауға төзімді (FR) және тез шаршайтын (FF) болып бөлінеді. Қалыпты жағдайда ДЕ жалдау тәртібі олардың моторлы нейрондарының мөлшерімен анықталады. Алдымен кішігірім моторлы нейрондар қатысады, яғни баяу ДЕ іске қосылады, олар аз күш дамытады. Қозу деңгейі жоғарылаған сайын үлкен күш дамытатын жылдам да алынады. Мұның бәрі мотор реакциясын өте дәл градациялауға мүмкіндік береді, бірақ сонымен бірге басқаруды қиындатады.

1.2 Проприорецепторлық механизмдер

Қозғалыстарды сәтті жүзеге асыру үшін кез-келген уақытта осы қозғалыстарды басқаратын орталықтарда дене буындарының кеңістіктегі орны және қозғалыс қалай жүретіні туралы ақпарат болуы керек. Сонымен қатар, қозғалыстар қоршаған әлем туралы ақпарат алудың қуатты құралы болып табылады. Сенсорлық ақпараттың кейбір түрлерін, мысалы, тактильді (гаптикалық сезім) және визуалды, тек белгілі бір қозғалыстар арқылы алуға болады (сәйкесінше қолдар мен саусақтар немесе көздер). Осылайша, сенсор мен моторика арасындағы байланыс өте тығыз. Бейнелі өрнек бойынша Н.А. Бернштейн, «денеде барлық қозғалтқыштар сенсорлы, ал сенсорлар оморторлы».

Қозғалысты басқару үшін бұлшықет рецепторларының екі түрінің – бұлшықет шпиндельдері мен Гольджи сіңір мүшелерінің сигналдары ерекше маңызды. Адамның әр бұлшықетінде ұзындығы бірнеше миллиметр және қалыңдығы бірнеше ондаған микрон болатын дәнекер тіндік капсулаға салынған бұлшықет талшықтарының басқаларға қарағанда жұқа және қысқа топтарын кездестіруге болады. Пішініне байланысты бұл түзілімдер «бұлшықет шпиндельдері» деп аталды, ал капсулаға салынған бұлшықет талшықтары «интрафузальды» (интрафузальды) деп аталады.

Бұлшықет шпиндельдері-афферентті және эфферентті иннервациясы бар күрделі түзілімдер. Шпиндель капсуласына еніп, IA тобының қалың афферентті талшығы тармақталып, оның ұштары интрафузальды талшықтардың орталық бөлігін спираль түрінде орайды. Бұл аяқталулар бастапқы деп аталады. Көптеген шпиндельдер II топтың бір немесе бірнеше талшықтарымен нервтенеді, ал олардың ұштары бастапқы ұштардан периферияға қарай орналасады және екінші ұштар деп аталады.

Аяқтаудың екі түрі де механикалық сезімтал және бұлшықет созылған кезде белсендіріледі. Бұл жағдайда миға бастапқы ұштардан келетін импульстардың жиілігі созылу амплитудасы мен жылдамдығына байланысты, ал екінші ұштар тек созылу мөлшеріне сезімтал. IA және II афференттердің сезімталдығын интрафузальды бұлшықет талшықтарының қаттылығын өзгерту арқылы реттеуге болады. Мұндай өзгерістер шпиндельге баратын және g-моторлы нейрондардың аксондары болып табылатын жұқа (G тобы) эфферентті

қозғалтқыш талшықтарының әсерінен болады. G талшықтарының екі түрі бар, олар афференттердің созылу шамасына және жылдамдыққа сезімталдығын дербес өзгерте алады (сәйкесінше G - статикалық және g-динамикалық талшықтар).

Бұлшықет талшықтарына параллель орналасқан шпиндельдерден айырмашылығы, гольджидің сіңір мүшелері бұлшықет талшықтарының сіңірге өтетін жерінде дәйекті түрде орналасады. Бұл рецепторлар бірінші топтағы (Ib) қалың афферентті талшықтардың мамандандырылған ұштары болып табылады және олардың разрядтарының жиілігі бұлшықеттің күшіне пропорционалды.

Буын капсулаларында, буынішілік және буыннан тыс байламдарда Руффини типті механорецепторлар бар, олар буындағы қозғалыстарда, негізінен оның экстремалды позицияларына жақын белсендіріледі. Бұлшықетте бос жүйке ұштары да өте көп (III және IV топтар). Бұрын аталған рецепторлардың барлық түрлері «проприоцептивті сезімталдықты» қамтамасыз етеді, орталық жүйке жүйесін тірек-қимыл аппаратының күйі туралы ақпаратпен қамтамасыз етеді. Өз денесінің жағдайы туралы ақпаратты проприоцептивті емес рецепторлардың басқа түрлері де бере алады (терең сезімталдық рецепторлары, буындар аймағындағы тері рецепторлары және т.б.).

1.3 Қозғалыс белсенділігін басқарудың орталық аппараттары

Қозғалысты басқаруға ОЖЖ-нің барлық дерлік бөлімдері қатысады-жұлыннан үлкен жарты шардың қыртысына дейін.

Жануарларда жұлын функциялардың едәуір кең класын жүзеге асыра алады, жұлын қадамына дейін (Шеррингтон), бірақ адамда жұлын деңгейінде тек қарапайым үйлестірулер жүреді (антагонистік бұлшықеттердің өзара тежелуі, флексорлық рефлекс және т.б.). Ми бағанының жүйке механизмдері қозғалтқыш репертуарын едәуір байытады, мойын және лабиринт рефлекстері (R. Magnus) және бұлшықет тонусының қалыпты таралуы арқылы дененің кеңістікте дұрыс орналасуын қамтамасыз етеді. Қозғалыстарды үйлестіруде маңызды рөл мишыққа тиесілі. Тегіс, дәлдік және қажетті күш сияқты қозғалыс қасиеттері қозғалыстың уақытша, жылдамдық және кеңістіктік сипаттамаларын реттеу арқылы мишықтың қатысуымен жүзеге асырылады.

Алыстағы жарты шарлары бар, бірақ қозғалысты үйлестіру үшін сақталған ми бағанасы бар жануарлар бұзылмағандардан дерлік ажыратылмайды. Мидың жарты шарлары (кортекс және базальды ганглия) қозғалыстардың ең нәзік үйлестірілуін қамтамасыз етеді – жеке өмір барысында алынған моторлық реакциялар. Бұл реакциялардың орындалуы ми бағанасы мен жұлынның рефлекторлық аппаратына негізделген, оның қызметі ОЖЖ жоғары бөлімдерінің қызметімен бірнеше рет байытылған.

Филогенетикалық даму барысында мидың әртүрлі бөліктерінің мотор функцияларын басқаруға қатысу дәрежесі мен формасы айтарлықтай өзгерді. Адамда мотор функциялары тік және тік жүруге (тепе-теңдікті сақтау міндетін

қиындатқан), Еңбек және басқа да ерекше нәзік қозғалыстар жасау үшін алдыңғы аяқтардың мамандануына, байланыс үшін қозғалтқыш аппаратын (сөйлеу, жазу) пайдалануға байланысты ең жоғары күрделілікке қол жеткізді. Адамның қозғалысын басқаруға санамен байланысты ми қызметінің жоғары формалары кіреді, бұл тиісті қозғалыстарды «ерікті» деп атауға негіз болды.

Әр түрлі қозғалыс кластарын зерттеу нәтижелері Н.А. Бернштейнге [Бернштейн, 1947] көп деңгейлі иерархиялық қозғалысты үйлестіру жүйесі туралы жалпы түсініктерді тұжырымдауға мүмкіндік берді. Оларға сәйкес қозғалысты басқару жүйесі келесі деңгейлерден тұрады: А-палеокинетикалық реттеу деңгейі, ол орталық жүйке жүйесінің руброспинальды деңгейі; В-синергия деңгейі, ол таламо-паллидарлы деңгей; С-кеңістіктік өріс деңгейі, ол пирамидалық-стриарлық деңгей; D-әрекет деңгейі (пәндік әрекеттер, семантикалық әрекеттер және т.б.), сонымен қатар париетальды-премоторлы деңгей. Алғашқы үш деңгейдің сипаттамасына қысқаша тоқталайық.

Бұл негізінен магистраль мен мойын бұлшықеттерін басқаратын өте ежелгі деңгей. Ол басқаратын қозғалыстар тепе – теңдік пен қозғалыс қоспасы сияқты тегіс, төзімді. А деңгейі барлық бұлшықеттердің тонусын қамтамасыз етеді. Ол жұлын құрылымдарының қозғалыстың өте нәзік басқара алады, атап айтқанда антагонистік бұлшықеттердің өзара иннервациясын қамтамасыз етеді. Бұл деңгейдегі әрекеттер толығымен еріксіз.

Синергия мен мәртабан деңгейі немесе таламо-паллидалды деңгей. Бұл деңгейдегі қозғалыстар синергияға қатысатын бұлшықеттердің кеңдігімен ерекшеленеді және стереотиптерге, жиілікке бейімділікпен сипатталады. Жетекші афферентация-экстероцепторлық кешен қосылатын жылдамдықтар мен позициялардың проприоцепторикасы-жанасудың, инъекцияның, үйкелістің дифференциалды сезімталдығы (ауырсыну және температура, осы рецепттерге тән дәл «жергілікті белгілермен»). Жалпыланған түрде бұл өз денесінің афферентациясы.

Деңгей с.кеңістіктік өріс деңгейі, пирамидалық-стриарлық. Бұл деңгейдің жетекші афферентациясы синтетикалық кеңістіктік өріс болып табылады. Кеңістіктік өріс-бұл сыртқы қоршаған кеңістікті қабылдау және иелену. Бұл өріс кең, айналамызда үлкен қашықтыққа созылады. Ол біртекті (біртекті) және өте маңызды -мещыспайтын. Осы қасиеттермен қатар Н.А. Бернштейн кеңістіктік өрістің геометриялық пішіні мен геометриялық ұқсастығын сақтауда көрінетін оның метрикасы мен геометриясы сияқты маңызды қасиетін атап өтті. С деңгейіндегі кеңістік объектілермен (олардың пішінімен, өлшемдерімен және массасымен) және осы объектілерден шығатын және олардың арасында әрекет ететін күштермен толтырылған.

Көп деңгейлі қозғалысты басқару жүйесінің маңызды сапасы иерархиялық реттелген деңгейлерге бағыну емес, күрделі еңбек бөлінісі болып табылады. Мұндай бөліну, бір жағынан, мидың эволюциялық әртүрлі құрылымдарынан тұратын осы жүйенің анатомиялық құрылымына байланысты, олар белгілі бір дәрежеде олардың жұмыс істеу ерекшелігін сақтап қалды, екінші жағынан – атқарушы аппараттың ерекше күрделі құрылымы, оның үлкен мөлшері. Бұл

жүйенің жұмыс істеуінің тағы бір ерекшелігі-аталған деңгейлерді жетекші және фондық деңгейлерге бөлу (ағымдағы қозғалтқыш тапсырмасына және оны іске асыру шарттарына байланысты).

1.4 Қозғалыс бағдарламалары

Қозғалысты басқару көптеген бұлшықеттердің белсенділігін үйлестірусіз мүмкін емес. Бұл сәйкестіктің сипаты мотор тапсырмасына байланысты. Сонымен, егер сізге бір стакан су алу керек болса, онда ОЖЖ стаканның денеге қатысты жағдайы және қолдың бастапқы жағдайы туралы ақпаратқа ие болуы керек. Дегенмен, қозғалысты сәтті ету үшін щетка әйнектің өлшеміне сәйкес келетін мөлшерде алдын ала ашылды, осылайша саусақ иілгіштері сырғып кетудің алдын алу үшін жеткілікті күшпен стаканды қысады, осылайша қолданылатын күш тегіс көтеру үшін жеткілікті болады, бірақ ұсталғаннан кейін стаканның щеткадағы бағыты барлық уақытта тік болатындай етіп күрт үзіліс тудырмайды. Осылайша, қозғалысты іске асыру қозғалтқыш тапсырмасына сәйкес келуі үшін кеңістіктік қатынастар туралы мәліметтер ғана емес, сонымен қатар манипуляция объектісінің қасиеттері туралы ақпарат қажет. Бұл мәліметтердің көпшілігін қозғалыс барысында кері байланыс арқылы алу мүмкін емес, бірақ жоспарлау кезеңінде қарастырылуы керек. Сондықтан қозғалысты жүзеге асыру үшін мотор бағдарламасы құрылуы керек. Қозғалтқыш немесе орталық бағдарлама негізгі қозғалтқыш командаларының дайындалған жиынтығы, сондай-ақ ОЖЖ-нің басқа бөліктерінен келетін ағымдағы афференттік сигналдар мен ақпаратты ескере отырып, қозғалысты іске асыруды қамтамасыз ететін дайын түзету кіші бағдарламаларының жиынтығы ретінде қарастырылады.

Қозғалысқа деген ұмтылыстың пайда болуы субкортикалық және кортикальды мотивациялық аймақтардың белсенділігімен байланысты. Қозғалыс идеясы кортекстің ассоциативті аймақтарында қалыптасады. Әрі қарай, таламус ядролары арқылы қозғалтқыш қыртысына әсер ететін базальды ганглия мен церебральды қатысатын қозғалыс бағдарламасы қалыптасады. Бағдарламаны іске асыруға қозғалтқыш қыртысы және оның астындағы дің және жұлын мотор орталықтары жауап береді.

Қозғалтқыш жадында мотор бағдарламаларының жалпыланған кластары бар деп болжанады, олардың ішінен мотор тапсырмасына сәйкес дұрысы таңдалады. Бағдарлама жағдайға байланысты өзгертіледі: бір типті қозғалыстар тезірек немесе баяу, амплитудасы көп немесе аз болуы мүмкін. Бір қызығы, бір бағдарламаны әртүрлі бұлшықет жиынтығымен жүзеге асыруға болады. Сонымен, адамның қолжазбасы оң және сол қолмен, тіпті тістерге қысылған немесе етіктің саусағына бекітілген қарындашпен жазу кезінде өзіне тән белгілерді сақтайды. Шеберліктің мұндай шексіздігі мүмкін, өйткені қозғалысты басқару жүйесі көп деңгейлі (қозғалысты жоспарлау деңгейі және оның орындалу деңгейі сәйкес келмейді). Шынында да, ерікті қозғалыс үш өлшемді

Евклид кеңістігі тұрғысынан жоспарланған. Бұл жоспарды орындау үшін сызықтық қозғалыстарды тиісті бұрыштық айнаымалыларға (буын бұрыштарының өзгеруі) аудару керек, осы бұрыштық қозғалыстар үшін қандай бұлшықет моменттері қажет екенін анықтау керек және соңында қажетті момент мәндерін беретін бұлшықеттердің белсендірілуіне әкелетін мотор командаларын құру керек.

Қозғалтқыш бағдарламасын әртүрлі тәсілдермен жүзеге асыруға болады. Қарапайым жағдайда, ОЖЖ бұлшықеттерге алдын-ала қалыптасқан командалар тізбегін жібереді, олар іске асыру кезінде ешқандай түзетуге ұшырамайды. Бұл жағдайда олар ашық басқару жүйесі туралы айтады. Мұндай басқару «баллистикалық» деп аталатын жылдам қозғалыстарды жүзеге асыруда қолданылады. Көбінесе қозғалыс барысы көптеген рецепторлардың сигналдары негізінде оның жоспарымен салыстырылады және іске асырылатын бағдарламаға қажетті түзетулер енгізіледі. Бұл кері байланысы бар жабық басқару жүйесі. Алайда, мұндай басқарудың кемшіліктері бар. Сигналдардың салыстырмалы түрде төмен жылдамдығына, орталық кері байланыс байланысының айтарлықтай кідірістеріне және бұлшықеттердің күш-жігерін дамытуға кететін маңызды уақытқа байланысты кері байланыс сигналының қозғалысын түзету кешіктірілуі мүмкін. Сондықтан, көптеген жағдайларда қозғалыс жоспарынан ауытқуға емес, ауытқуды тудырмай тұрып-ақ сыртқы бұзылуларға жауап берген жөн. Мұндай басқару наразылық басқармасы деп аталады.

Кідірістердің әсерін азайтудың тағы бір әдісі-антиципация. Көптеген жағдайларда ОЖЖ қозғалтқыш бағдарламасында бұзылулардың пайда болуын олар пайда болғанға дейін де қамтамасыз ете алады. Бір қызығы, бұл белсенді «позалық» белсенділік (антиципация) өте қысқа орталық кідірістермен автоматты түрде жүзеге асырылады. Дене буындарының орналасуын тұрақтандырудағы белсенді белсенділіктің рөлі қарапайым мысалды көрсетеді. Егер даяшы алақанында шампан бөтелкесі мен көзілдірігі бар науаны ұстап тұрса, ал басқа адам кенеттен бөтелкені науадан алып тастаса, онда Қол тиісті салдармен күрт секіреді. Егер ол бөтелкені бос қолымен алып тастаса, онда науасы бар қол сол деңгейде қалады.

1.5 Қозғалыстарды үйлестіру

Қозғалыстарды үйлестіру идеясы әртүрлі себептерге байланысты дені сау адамдарға онай қол жетімді қозғалыстарды біркелкі және дәл орындай алмайтын науқастарды бақылау негізінде пайда болды. Үйлестіруді оның жоспарына сәйкес қозғалысты жүзеге асыру мүмкіндігі ретінде анықтауға болады. Тіпті қарапайым қозғалыс үшін – бір еркіндік дәрежесі бар буындағы қозғалыс-агонист пен антагонисттің кем дегенде екі бұлшықетінің үйлесімді жұмысы қажет. Шындығында, еркіндіктің әр дәрежесі үшін бірнеше бұлшықет жұбы болады. Бұл жағдайда көптеген бұлшықеттер екі буынды, яғни. олар бір емес, екі

буынға әсер етеді. Сондықтан, мысалы, қолдың экстензорларын бір уақытта белсендірусіз қолдың саусақтарының оқшауланған бүгілуі мүмкін емес, бұл білезік буынындағы саусақ иілгіштерінің әрекетіне кедергі келтіреді.

Қозғалыс әрекеттерін жүзеге асыруға бұлшықеттердің қатысу формалары өте алуан түрлі. Бұлшықеттердің анатомиялық классификациясы (мысалы, иілгіштер мен экстензорлар, синергистер және антагонистер) олардың қозғалыстағы функционалдық рөліне әрдайым сәйкес келе бермейді. Сонымен, бір буындағы кейбір екі буынды бұлшықеттер бүгілуді, ал екіншісінде ұзартуды жүзеге асырады. Антагонист қозғалыстың дәлдігін қамтамасыз ету үшін агонистпен бір уақытта қозуы мүмкін және оның қатысуы мотор тапсырмасын орындауға көмектеседі. Осыған байланысты әрбір нақты қозғалтқыш әрекетінде негізгі бұлшықетті (негізгі қозғалтқыш), көмекші бұлшықеттерді (синергистер), антагонистерді және тұрақтандырғыштарды (қозғалысқа қатыспайтын буындарды бекітетін бұлшықеттер) ажыратуға болады. Бұлшықеттер тек жиырылып қана қоймай, тиісті сілтемелерді қозғалысқа келтіреді: антагонистер мен тұрақтандырғыштар көбінесе жүктеме кезінде созылу режимінде жұмыс істейді, сонымен бірге энергияны сіңіреді және таратады. Бұл режим қозғалыстарды біркелкі тежеу және соққыларды жастықтау үшін қолданылады. Позаны сақтай отырып, көптеген бұлшықеттер олардың ұзындығы іс жүзінде өзгермейтін режимде жұмыс істейді.

Қозғалыстың соңғы нәтижесіне бұлшықеттер дамытатын күштер ғана емес, сонымен қатар бұлшықет емес күштер де әсер етеді. Оларға қозғалысқа қатысатын дене буындарының массалары тудыратын Инерция күштері, сондай-ақ кез келген буын сысқан кезде кинематикалық тізбектерде пайда болатын реакция күштері жатады. Қозғалыс дененің әртүрлі байланыстарын бір-біріне қатысты ауыстырады және дененің конфигурациясын өзгертеді, сондықтан қозғалыс барысында аталған күштердің моменттері өзгереді. Бірлескен бұрыштардың өзгеруіне байланысты бұлшықет күштерінің моменттері де өзгереді. Қозғалыс барысына ауырлық күші де әсер етеді: салмақ күштерінің моменттері ауырлық векторына қатысты байланыстардың бағытының өзгеруіне байланысты қозғалыс процесінде де өзгереді. Практикалық іс-әрекетте адам сыртқы әлем заттарымен, әртүрлі құралдармен, қозғалатын жүктермен және т.б. өзара әрекеттеседі; осы өзара әрекеттесу барысында ол ауырлық, серпімділік, үйкеліс, тұтқырлық және инерция күштерін жеңуі керек. Бұлшықет емес күштер қозғалыс процесіне араласады және олармен бұлшықет аппаратының қызметін үздіксіз үйлестіруді қажет етеді. Сонымен қатар, сыртқы ортада пайда болуы мүмкін күтпеген кедергілердің әсерін бейтараптандыру және қозғалыс барысында жіберілген қателерді жедел түзету қажет.

Қозғалысты жүзеге асыру кезінде пайда болатын осы кедергілермен қатар, қозғалысты жоспарлау кезеңінде пайда болатын тағы бір түбегейлі күрделілік бар. Бұл қозғалтқыш аппараттарының еркіндік дәрежелерінің артықтығы деп аталатын мәселе туралы. Үш өлшемді кеңістікте кез-келген нүктеге жету үшін (аяқтың ұзындығында) проксимальды буында («иықта») екі еркіндік дәрежесі және дистальды («шынтак») бір еркіндік дәрежесі бар екі буынды аяқтың болуы

жеткілікті. Шын мәнінде, аяқ-қолдарда сілтемелер саны және еркіндік дәрежелерінің саны көп. Сондықтан, егер біз аяқ-қолдың жұмыс нүктесі кеңістіктегі берілген бір позициядан екіншісіне ауысуы үшін буындардағы бұрыштардың қалай өзгеруі керектігі туралы геометриялық есепті шешкіміз келсе, онда бұл есептің шексіз шешімдері бар екен.

Кинематикалық тізбек үшін басқару мәселесінің біржақты шешімін табу үшін осы қозғалыс үшін артық еркіндік дәрежелерін алып тастау керек. Бұған екі жолмен қол жеткізуге болады: а) антагонистік бұлшықет топтарын бір уақытта белсендіру арқылы артық еркіндік дәрежелерін тіркеуге болады (коактивация) және б) әртүрлі буындардағы қозғалыстарды белгілі бір қатынастармен байланыстыруға болады, осылайша ОЖЖ айналысатын тәуелсіз айнымалылар санын азайтады. Бір мақсатқа жетуге бағытталған бірнеше буындардағы бір мезгілде қозғалыстардың мұндай тұрақты тіркесімдері синергия деп аталды. Синергиялар көбінесе салыстырмалы түрде стереотиптік, жиі қолданылатын қозғалыстарда қолданылады, мысалы, Локомотив, кейбір еңбек қозғалыстары және т.б. сонымен қатар, қозғалтқыш синергиялары мотор стереотиптерімен синоним емес – олар белгілі бір бейімделу дәрежесімен сипатталады.

1.6 Қозғалыс түрлері

Адамның қозғалысы өте алуан түрлі, бірақ бұл әртүрлілікті белсенділіктің негізгі түрлерінің аз санына дейін азайтуға болады: поза мен тепе-теңдікті қамтамасыз ету, локомотив және ерікті қозғалыстар.

Адамда позаның сақталуы қозғалыс сияқты фазалық бұлшықеттермен қамтамасыз етіледі, ал мамандандырылған тоникалық бұлшықеттер жоқ. Айырмашылық мынада: бұлшықеттердің «позалық» белсенділігімен олардың жиырылу күші әдетте аз, режим изометриялық режимге жақын және жиырылу ұзақтығы айтарлықтай. Бұлшықет жұмысының «позалық» немесе постуральды режиміне негізінен төмен шекті, баяу және шаршауға төзімді қозғалтқыш бірліктері қатысады.

«Позалық» белсенділіктің негізгі міндеттерінің бірі-ауырлық күшінің өрісінде дене буындарының дұрыс орналасуын сақтау (басын салбырап тұрудан, тобық буындарын тұрған кезде дорсифлексиядан және т.б. ұстау). «Позалық» белсенділік қозғалысқа қатыспайтын буындарды бекітуге бағытталуы мүмкін. Еңбек қызметінде позаны ұстап тұру сыртқы күштерді жеңумен байланысты.

Позаның типтік мысалы-адамның тұруы. Тұру кезінде тепе-теңдікті сақтау дененің ауырлық центрінің проекциясы тірек контурының шегінде болған жағдайда мүмкін болады. Тұрған кезде дененің жалпы ауырлық центрінен төмен түсірілген вертикаль тобық пен тізе буындарының осінен бірнеше, ал жамбас буындарының осінен бірнеше Алға өтеді. Тұрақтылықты қамтамасыз ету магистраль мен аяқтың көптеген бұлшықеттерінің белсенді жұмысымен жүзеге асырылады, бұл бұлшықеттер дамытатын күш аз. Тұрған кезде максималды кернеу тобық бұлшықеттерін, ал минимум тізе мен жамбас бұлшықеттерін

дамытады. Бұлшықеттердің көпшілігінде белсенділік азды-көпті тұрақты деңгейде сақталады. Басқа бұлшықеттер мезгіл-мезгіл белсендіріледі. Соңғысы дененің ауырлық центрінің сагиттальды және фронтальды жазықтықтағы шамалы ауытқуларына байланысты, олар үнемі тұрған кезде пайда болады. Төменгі аяқтың бұлшық еттері дененің ауытқуларына қарсы тұрады, оны тік күйге қайтарады. Осылайша, позаны сақтау-бұл рецепторлардың кері байланысын қамтитын қозғалыс сияқты жүзеге асырылатын белсенді процесс. Тік позаны сақтауға көру және вестибулярлық аппарат қатысады. Проприорецепция да маңызды рөл атқарады. Тұру кезінде тепе – теңдікті сақтау-бұл «позалық» белсенділіктің ерекше жағдайы. Сонымен қатар, тепе-теңдікті сақтау механизмдері Локомотивте және күнделікті қозғалыс белсенділігінде де қолданылады. Мысалы, қолдың жылдам қозғалысы тепе-теңдіктің бұзылуына әкелуі мүмкін. Әдетте бұл болмайды, өйткені ерікті қозғалыстың алдында бұлшықеттердің «позалық» белсенділігінің таралуын алдын-ала өзгертетін және сол арқылы қозғалыс салдарын бейтараптандыруды қамтамасыз ететін позаны реттеу жүйесіндегі осындай өзгерістер болады. Бұл ерікті қозғалыстың «позалық» компоненттері деп аталады.

Бұлшықет тонусы ұғымы поза ұғымына іргелес. «Тон» термині көп мағыналы, қаңқа бұлшықеттеріне қолданғанда олар құбылыстар кешенін білдіреді. Тыныштықта бұлшықет талшықтарында олардың қысым мен созылуға төзімділігін анықтайтын тургор бар. Бұл бұлшықеттің жиырылуын анықтайтын белгілі бір жүйке активациясымен байланысты емес тонус компонентін құрайды. Дегенмен, табиғи жағдайда бұлшықеттердің көпшілігі әдетте жүйке жүйесі арқылы белгілі бір дәрежеде белсендіріледі, атап айтқанда позаны сақтау үшін («поза» тонусы). Тонустың тағы бір маңызды компоненті – созылу рефлексімен анықталатын рефлектор. Адамда ол буындағы аяқ-қол буынының пассивті бұрылуымен бұлшықеттің созылуына төзімділікпен анықталады.

Адамның локомотивінің ең көп таралған түрі (Локомотив – дененің тән өлшемдерінен едәуір үлкен қашықтыққа кеңістікте белсенді қозғалу) - жүру. Бұл қозғалыстың дәйекті фазалары мезгіл-мезгіл қайталанатын циклдік қозғалыс әрекеттерін білдіреді.

Зерттеуге және сипаттауға ыңғайлы болу үшін серуендеу циклі фазаларға бөлінеді: әр аяқ үшін тірек фазасы бөлінеді, оның барысында аяқ тірекпен жанасады және аяғы ауада болған кезде тасымалдау фазасы бөлінеді. Екі аяқтың тірек фазалары уақыт бойынша жартылай қабаттасып, екі тірек кезеңін құрайды. Екі тірек кезеңінде жүктеме артқы жағында орналасқан аяқтан тірекке қойылған алдыңғы аяққа ауысады. Жүру кезінде адамның дене салмағының орталығы күрделі кеңістіктік қозғалыстар жасайды. Бұл қозғалыстардың амплитудасы жоғары-төмен бағытта шамамен 5 см, ал бүйірлік бағытта 2-4 см құрайды. Жаяу жүру кезінде тірекке қысым тұрақты емес. Ол тірек пен итеру кезінде дене салмағынан асып түседі және бір тірек кезеңінің ортасында дене салмағынан аз болады. Жамбас, тізе және тобық буындарындағы буынаралық бұрыштардың өзгеруін бұлшықет белсенділігінің уақыт бойынша таралуымен салыстыру

аяқтың тасымалдау фазасына қозғалысы негізінен Инерция күштерімен (екі буынды маятник сияқты) жүзеге асырылады деген қорытындыға әкеледі.

Жүру кезінде дәйекті циклдардағы қозғалыс параметрлерінің қайталануы абсолютті емес: олардың кейбір өзгергіштігі бар. Жүрудің кинематикалық көрінісіндегі ең аз вариация, ең үлкені – бұлшықеттердің жұмысында, электромиограммалардың циклден циклге өзгеруінде көрінеді. Бұл орталық жүйке жүйесінің түзету әрекетін көрсетеді, ол әр қадамда жүрудің стандартты иннервациялық құрылымына оның кинематикасының салыстырмалы тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін қажетті түзетулер енгізеді.

Жүгіру жаяу жүруден ерекшеленеді, өйткені артта тұрған аяқ екінші аяғы оған түспес бұрын тіректен итеріледі. Нәтижесінде жүгіруде тірек емес кезең бар-ұшу кезеңі. Жүгіруде үлкен қозғалыс жылдамдығының арқасында қозғалыстың баллистикалық компоненттері маңызды рөл атқарады – аяқтың сілтемелерін инерция арқылы жылжыту.

Сөздің кең мағынасында ерікті қозғалыстарды еңбек процесінде де, күнделікті өмірде де орындалатын әртүрлі қозғалыстар деп атауға болады. Адамда негізгі жұмыс органы қол болып табылады, ал мотор тапсырмасын орындау үшін анықтаушы әдетте қолдың позициясы болып табылады, ол белгілі бір уақытта кеңістіктің белгілі бір жерінде болуы керек. Жоғарғы аяқтың еркіндік дәрежелерінің көптігіне байланысты қол әртүрлі траекториялар бойынша және иық, шынтақ және білек буындарындағы бұрыштардың әртүрлі арақатынастарында дұрыс нүктеге жетуі мүмкін. Бұл мүмкіндіктердің әртүрлілігі әртүрлі бастапқы қалыптардан қозғалысты бастай отырып, мотор тапсырмасын орындауға мүмкіндік береді, бірақ ол ОЖЖ-ны көптеген нұсқалардың біреуін таңдау міндетіне қояды.

Бұлшықет жұмысының күрделі көрінісінде әртүрлі қозғалыстарда қолданылатын олардың белсенділігінің тұрақты тіркесімдерін жиі ажыратуға болады. Бұл қозғалыстардың тұрақты құрамдас бөлігі бола отырып, күрделі қозғалыс әрекеттерін басқаруды жеңілдететін және бұлшықет санының артықтығы мен еркіндік дәрежелерінің санын жеңуге көмектесетін туа біткен немесе тәжірибе арқылы жасалған байланыстарға негізделген синергиялар.

Бірдей, тіпті қарапайым қозғалысты орындау кезінде бұлшықет белсенділігін ұйымдастыру бұлшықет емес күштердің, атап айтқанда адамға сыртқы күштердің араласуына байланысты. Сонымен, балғамен ұрған кезде, білектің массасына балғаның массасы қосылған кезде, демек, инерцияның рөлі артады, білектің кеңеюі баллистикалық қозғалыс түріне сәйкес жасалады. Негізгі сыртқы күш үйкеліс болған кезде файлмен жұмыс істеу кезінде кинематикаға ұқсас қозғалыс бүкіл созылу кезінде бұлшықеттің үздіксіз белсенділігі арқылы жүзеге асырылады. Егер осы екі қозғалыстың біріншісі негізінен алдын-ала бағдарламаланған болса, екіншісінде кері байланыстың рөлі зор.

1.7 Моторика және қалыптастыру

Онтогенездегі мотор функциясының жақсаруы туылғаннан кейінгі алғашқы жылдары қозғалыстарды үйлестіруге қатысатын туа біткен механизмдердің жетілуіне байланысты да, оқыту нәтижесінде де, яғни белгілі бір нақты мотор актілерінің бағдарламаларына негіз болатын жаңа байланыстардың қалыптасуы. Жаңа ерекше қозғалыстарды үйлестіру оны жаттығудан кейінгі бірдей қозғалыстарды үйлестіруден ерекшелендіретін сипаттамалық белгілерге ие. Бұрын тірек-қимыл аппаратындағы еркіндік дәрежелерінің көптігі, ауырлық күштері мен Инерция қозғалысының нәтижесіне әсері кез-келген мотор тапсырмасын орындауды қиындататыны айтылған. Оқытудың алғашқы кезеңінде ОЖЖ бұл қиындықтарды қосымша бұлшықет кернеулері арқылы кедергілерді бейтараптандыру арқылы шешеді. Бұлшықет аппараты қозғалысқа қатыспайтын буындарды қатты бекітеді және жылдам қозғалыстардың инерциясын белсенді түрде тежейді. Кедергілерді жеңудің бұл жолы энергетикалық тұрғыдан тиімсіз және шаршатады. Кері байланысты пайдалану әлі де жетілмеген – олардың негізінде пайда болатын түзету сәлемдемелері пропорционалды емес және қосымша түзетулерді қажет етеді. Қозғалыс жасалатын буындардың антагонистік бұлшықеттері де бір уақытта белсендіріледі: циклдік қозғалыстарда бұлшықеттер босаңсымайды. Сонымен қатар, осы қозғалыс актісіне тікелей қатысы жоқ көптеген бұлшықеттер де қозғалады. Мұндай жағдайларда жасалған қозғалыстар шиеленісті және эстетикалық емес (мысалы, конькимен мұзға алғаш шыққан адамның қозғалысы).

Н. А. Бернштейн көрсеткендей, жаттығу кезінде қозғалыс актісінің құрылымы жасалады, онда бұлшықет емес күштер оның динамикасына еніп, қозғалтқыш бағдарламасының ажырамас бөлігі болады. Бұл жағдайда артық бұлшықет кернеулері жойылады, қозғалыс сыртқы бұзылуларға төзімді болады. Электромиограммалар уақыт пен кеңістіктегі бұлшықет қозуының концентрациясын көрсетеді, жұмыс істейтін бұлшықеттердің белсенділік кезеңдері қысқарады және жұмысқа тартылған бұлшықеттер саны азаяды. Бұл бұлшықет белсенділігінің үнемділігіне әкеледі, ал қозғалыстар тегіс, дәлірек және жайбарақат болады. Қозғалыстарды оқытуда қабылдау, әсіресе проприоцепция маңызды рөл атқарады. Моторды оқыту процесінде кері байланыс тек оның барысы бойынша қозғалысты түзету үшін ғана емес, сонымен қатар алдыңғы қателер негізінде келесі қозғалыс бағдарламасын түзету үшін де қолданылады.

Қазіргі уақытта мамандардың көпшілігі дененің сыртқы ортамен өзара әрекеттесуі сыртқы әлем моделі мен ми құрған өз денесінің моделіне негізделген деп санайды.

Қозғалыстарды басқару үшін ішкі модельдердің қажеттілігі сенсомоторлы жүйенің ерекшелігімен байланысты.

1. Рецепторлардың көпшілігі дененің қозғалмалы буындарында орналасқан, сондықтан олар өздерінің жергілікті координаттар жүйелерінде

ақпарат жинайды. Бұл ақпаратты пайдалану үшін оны бірыңғай координаттар жүйесіне айналдыру керек немесе кем дегенде екі жақты ауысу мүмкіндігін қамтамасыз ету керек.

2. Қозғалыстарды басқару үшін миға рецепторлардың бастапқы сигналдарында тікелей жоқ шамалар қажет. Мұндай шамаларға кинематикалық байланыстардың ұзындығы, ішінара және жалпы масса центрінің орналасуы жатады. Сонымен қатар, бастапқы сенсорлық сигналдарда дененің кинематикалық құрылымы туралы ең жалпы ақпарат жоқ: буындардың саны мен реттілігі, еркіндік дәрежелерінің саны және буындардағы қозғалыс көлемі.

3. Қозғалыс барысы нақты афферентацияны күтілгенмен салыстыру арқылы бағаланады (эфферентті көшірме). Әр түрлі модальды рецепторлармен жабдықталған көп буынды кинематикалық тізбектер үшін эфферентті көшірме өте күрделі болып шығады және оны құру үшін ішкі модель қажет.

ОЖЖ-де өз денесінің моделінің болуы туралы қорытынды алғаш рет ежелгі заманнан бері белгілі ампутацияланған фантомның клиникалық бақылаулары негізінде жасалды. Аяқ-қолынан айырылған адам ұзақ уақыт бойы оның қатысуын субъективті түрде сезінеді. Бұл ерекше жағдайларда көрінетін сирек құбылыс туралы емес: ампутациядан кейінгі фантом 90% - дан астам жағдайда байқалады. Балалардағы және туа біткен аяқ-қолдың болмауындағы Фантом жағдайлары сипатталған. Бұл дегеніміз, кем дегенде, ішкі модельдің кейбір элементтері немесе «дене схемалары» туа біткен деп аталады.

Ампутациялық фантомның тән белгілері көру қабілеті өшірілген кезде, сезімтал нервтер арқылы қолдың тері, буын және бұлшықет рецепторларынан миға түсетін импульстардың блокадасы жағдайында сау адамда қайталануы мүмкін. Иық плексусына анестетик енгізу немесе қолыңыздағы қан ағымын уақытша тоқтату (ишемиялық деафферентация) арқылы сезімталдықты блоктауға болады. Бұл жағдайда «эксперименттік фантомның» бір түрі, аяқ-қолдың нақты және қабылданған позициясының сәйкес келмеуі, кейде айтарлықтай мәндерге жететіні белгілі болды [Гурфинкель, Левик, 1991a]. Субъектіден ишемиялық қолмен қозғалыс жасауды сұрағанда, ол оны қазіргі уақытта қолдың нақты жағдайынан емес, ішкі бейнелеу жүйесінде қалай ұсынылғанына сүйене отырып жоспарлады.

Ишемиялық деафферентация жағдайында проприоцептивті ағынның болмауына қарамастан, қолдың немесе оның дистальды буындарының «жоғалуы» сезімі болмайды. Бұл дегеніміз, ОЖЖ-де дене буындарының тізімі бар, олардың құрамдас бөліктері консерватизмге және периферияның әртүрлі өзгерістеріне төзімділікке ие. Кинестатикалық сезімдердің сақталуын кинематикалық байланыстардың орналасуын түсіну «шикі» афферентация негізінде емес, күрделі ақпараттық құрылым – «аяқ-қол схемасы», оның ішкі моделі негізінде жүзеге асырылатындығымен түсіндіруге болады. Афферентация өзгергенде немесе күрт төмендегенде, бұл модельдің физикалық кеңістікке «байланысы» бұзылады, оның жеке параметрлерінің ауытқуы да байқалуы мүмкін, бірақ модельдің өзі сақталады және аяқ-қолды қабылдауға және оның қозғалысын жоспарлауға негіз болады.

Дене схемасы туралы идеялардың тағы бір көзі церебральды патологияның кейбір түрлері, әсіресе оң жақ париетальды лобтың зақымдануы, өз денесі мен қоршаған кеңістік туралы тұрақты бұрмаланған идеялардың пайда болуына әкелетінін көрсететін клиникалық бақылаулар болды. Осы бұзылулардың ішінде зардап шеккен жағында дененің бір аяғын немесе жартысын біржақты елемеу бар (зардап шеккен жарты шарға қарсы); аллостезия-ауру жаққа қолданылатын тітіркендіргіштерді сау жаққа қолданылады деп қабылдау, ақауды жоққа шығару, зақымдалған аяқ-қолдардың иллюзиялық қозғалысы, зардап шеккен аяқ-қолдардың науқасқа жататындығын жоққа шығару; дене бөліктері туралы хабардарлықтың әлсіреуі (асхем және гемидеперсонализация); фантомды қосымша аяқ-қолдар.

Дене схемасының бұзылуына байланысты клиникалық көріністердің әртүрлілігі оның орындайтын функцияларының күрделілігін көрсетеді. Сонымен қатар, бұзылулардың барлық алуан түрлілігі үш топқа бөлінетінін көруге болады: а) дене мүшелерінің тиесілігі туралы түсініктердің бұзылуы; б) дене мүшелерінің пішіні, мөлшері мен орналасуы туралы дұрыс түсініктердің бұзылуы және в) иллюзиялық қозғалыстар.

Дене схемасы тұрғысынан дені сау адамдарда галлюциногендердің, гипноздың, сенсорлық жетіспеушіліктің, ұйқының және т.б. әсерінен пайда болатын «сананың өзгерген күйлері» деп аталатын зерттеулер қызығушылық тудырады. сананың өзгерген күйінің барлық құбылыстарынан этиологиялық тәуелсіз топ бөлінеді, яғни. мұндай жағдайды тудырған агенттің табиғатына тәуелді емес. Бұл құбылыстардың үштен бірі дене схемасына және моторикаға тікелей байланысты. Сананың өзгерген күйлерін бастан өткерген адамдар көбінесе төмендегілердің кез келгенін хабарлайды: дене мен қоршаған орта арасындағы шекара бұлыңғыр болды; тірек тербелетін болып көрінді; аяқ-қолдар әдеттегіден үлкен болып көрінді; қоршаған заттар әдеттегіден үлкен болды; дене жоғалып кетті; дене өзгермелі болып көрінді; қоршаған орта шындыққа жанаспайтын болып көрінді; «Мен» және қоршаған орта ұсынылды біртұтас; дене қимылдарын басқару мүмкіндігі жоғалды; дене бөліктері енді оларға тиесілі болмады. Бұл тізімнен дененің тұтастығын және оның шекараларын, жеке буындардың мөлшерін және дененің моторикасының бұзылуын қабылдауға байланысты бұзылуларды ажыратуға болатындығын көруге болады. Мидың органикалық зақымдануларына тән клиникалық көріністермен салыстырғанда, мұнда дене мен сыртқы кеңістік арасындағы қатынастардың бұзылуымен байланысты тағы бір жағын ажыратуға болады: жүзу, тербелмелі тірек және т.б. (яғни, анықтамалық жүйені қалыптастырудағы қиындықтармен).

Бірақ, мүмкін, дене схемасы орындайтын функциялардың тізімін тым көп кеңейтпеу керек, тек дененің тұрақты сипаттамаларының сипаттамасын, мысалы, магистральға бөліну және оған бекітілген бас пен аяқ-қолдар, аяқ-қолдар буындарының реттілігі мен ұзындығы, еркіндік дәрежелерінің саны және буындардағы қозғалыс көлемі, бұлшықеттер мен негізгі рецептивті өрістердің орналасуы. Бұл сипаттамасыз көптеген рецепторлардан келетін дене сигналдарын (соместезия) талдау немесе мотор бағдарламаларын жүзеге асыру

мүмкін емес. Тиісті санақ жүйесі шеңберіндегі дененің ағымдағы жағдайын және оның конфигурациясын сипаттау міндетін өз денесінің ішкі бейнелеу жүйесінің функцияларына жатқызған жөн. Мұндай бөліну тек терминология мәселесі емес, өз денесі мен қоршаған (экстраперсоналды) кеңістікті бейнелеу арасындағы тығыз байланыс, оның ішінде дене мен жақын кеңістік туралы идеяны қалыптастырудың жалпы заңдылықтары да, жалпы анатомиялық субстрат та оның пайдасына сөйлейді. Соңғысы ОЖЖ-нің Белгілі бір құрылымдарының зақымдануымен кеңістік пен өз денесін қабылдаудың бұзылуы бір-бірімен бірге жүретіндігімен расталады.

Біздің қозғалыстарымыздың басым көпшілігі кеңістікке бағытталған, яғни кеңістіктегі белгілі бір нүктеге жетуге бағытталған. Поза да кеңістікке бағытталған (тірекке, гравитациялық вертикальға және визуалды ортаның құрылымына қатысты). Сондықтан поза мен қозғалысты басқару денені де, қоршаған кеңістікті де бейнелейтін анықтамалық жүйені қажет етеді. Физикадан белгілі болғандай, кез-келген қозғалыс салыстырмалы, сондықтан қозғалыс туралы айту, егер бұл қозғалыс қай тірек шеңберінде жүретіні көрсетілсе ғана мағынасы бар. Жақында нейрофизиологтар ішкі бейнелеу жүйесі мен анықтамалық жүйелерді зерттеумен айналыса бастады. Нәтижесінде көптеген эксперименттік деректер пайда болды, бұл кеңістіктің ішкі бейнелеу жүйесі шынымен бар және зерттеуге қол жетімді екенін көрсетеді. Мысалы, үш өлшемді объектілерді олардың нақты физикалық прототиптері сияқты ойша басқаруға болатындығы анықталды. Ішкі бейнелеу жүйесі торлы кескінге ұқсас тақырыптың екі өлшемді проекциясымен ғана емес, оның үш өлшемді моделімен де жұмыс істейді. Бұл экранда адамға әртүрлі бағытта екі бірдей немесе айналысаны ұсынылған тәжірибелерден туындайды. Көрсетілген заттардың бірдей екендігін анықтау үшін ми түрлендіруге (бұрылуға немесе жылжытуға) қажетті ақыл-ой жолын жасады. Кездейсоқ емес, қарапайым және қысқа жол таңдалды. Психикалық манипуляция уақыты объектілерді бір бағытқа келтіру үшін қажетті айналу бұрышына сызықтық тәуелді болды. Ішкі қозғалыс әрекеттерін модельдеу процестерінің көрсеткіші психикалық қозғалыстың көптеген түрлерінде кездесетін мидың қозғалтқыш орталықтарындағы жергілікті ми қан ағымының жоғарылауы болуы мүмкін. Сонымен, сол жақ жарты шардың классикалық сөйлеу орталықтары аймағындағы қан ағымының селективті активтенуі вокализацияланбаған сөйлеу кезінде байқалады, мысалы, өзін-өзі санау.

Өз денесіне қатысты немесе экстраперсоналды кеңістікпен байланысты координаттар жүйесіне қатысты қозғалыстар орындалатынына байланысты мидың әртүрлі аймақтарындағы нейрондық белсенділік өзгереді.

Ішкі бейнелеу жүйесінің бар екендігінің өзіндік клиникалық растауы- «геминеглект», яғни.пациенттің денесінің жартысын және сыртқы кеңістігін (әдетте сол жақта) оң жақ париетальды лобтың зақымдануымен елемей, қарапайым сенсорлық және моторлық функциялардың сақталуына қарамастан. Геминеглект зейіннің жетіспеушілігімен және қозғалыс бағдарламалауының

бұзылуымен байланысты болды, бірақ көптеген деректер ақаудың ішкі бейнелеу жүйесіне әсер ететіндігін көрсетеді.

Классикалық экспериментте миландық пациенттен өзін Миландағы әйгілі соборға арқасымен елестетуді және оның алдында орналасқан алаңды сипаттауды сұрады. Науқас алаңның оң жағында орналасқан ғимараттарды ғана атады немесе бояды, оның сол жағын елемеді. Содан кейін ол өзін алаңның карама-қарсы жағында соборға қарап тұрғанын елестетіп, ашылатын панораманы қайта сипаттауды сұрады. Науқас қайтадан алаңның оң жақ жартысын ғана сипаттады, бірақ жаңа бағдарлау кезінде оның назарына бірінші жағдайда ескерілмеген ғимараттар түсті. Бұл пациенттің ішкі моделі толық болғанын білдіреді, бірақ ол осы көріністің тек жартысына қол жеткізе алды, оның денесінің бағытына, яғни таңдалған анықтамалық жүйеге байланысты өзгерді. Осылайша, кеңістіктің ішкі көрінісімен операциялар кезінде нақты объектілерді қарастырумен бірдей ақау пайда болды.

Ішкі бейнелеу жүйесін зерттеудің белгілі әдістері негізінен оның қабылдаудағы рөліне бағытталған. Алайда, жақында қозғалыс физиологиясының дәстүрлі әдістеріне негізделген жаңа эксперименттік тәсілдер пайда болды, тек перцептивті және ауызша есептерге емес. Кеңістікке бағытталған әрекеттерді орындау кезінде жүйке жүйесінің жұмысының аз ғана бөлігі саналы деңгейде көрінеді. Сондықтан дененің ішкі моделі орындайтын интегративті әрекеттердің көпшілігі подсознание деңгейінде жүреді деп болжауға болады. Мұндай әрекеттерге мысал ретінде Р.Магнус сипаттаған мойын және вестибулярлық «позалық» автоматизмдерді келтіруге болады, олар дененің қалыпты жағдайын сақтауға және жануарлардағы бұзылған тепе-теңдікті қалпына келтіруге қатысады. Дені сау ересек адамда тынығу кезінде мойынның магистраль мен аяқ-қол бұлшықеттеріне әсері байқалмайды, бірақ бұлшықет рецепторларының діріл стимуляциясынан туындаған тоникалық реакциялар аясында анықталады. Аяқтары еденге жанаспайтын отырған адамда Ахиллес сіңірлерінің дірілі квадрицептердің екі жақты белсендірілуіне және тізе буындарында аяқтың кеңеюіне әкеледі. Бастың тік оське қатысты айналуы реакция симметриясының бұзылуымен бірге жүреді: ол «желке» аяғында күшейіп, «иек» кезінде әлсірейді. Дәл осындай реакция мойын бұлшықеттері дірілдеген кезде бастың еріксіз айналуына жауап ретінде байқалады.

Бұлшықеттің созылу рецепторларының белсендірілуіне әкелетін жиілігі бар бұлшықеттің сіңірінің немесе ішінің дірілі жергілікті тоникалық діріл рефлексіне әкелуі мүмкін екені белгілі – дірілге ұшыраған бұлшықеттің жиырылуы. Нәтижесінде тиісті сілтеменің қозғалысы пайда болады. Егер қатаң бекіту арқылы алдын-алса, онда тоникалық діріл рефлексі, әдетте, дамымайды, бірақ бекіту болмаған кезде нақты қозғалыс болатын бағытқа карама-қарсы бағытта байланыс қозғалысының елесі пайда болады. Сонымен, тиісті мойын бұлшықеттерінің тербелісі бастың бұрылуын тудыруы мүмкін, ал орта позицияда бекітілген кезде, сол дірілмен субъектілерде бастың карама-қарсы бағытта бұрылу елесі пайда болды.

Иллюзиялық бұрылыс кезінде аяқтың қозғалысының асимметриясында иллюзия бағытына сәйкес келетін белгі болды, ол бастың нақты бұрылысына қарағанда одан да күшті болды. Бұл бір афференттердің діріл стимуляциясы ішкі бейнелеу жүйесінің күйіне байланысты аяқ бұлшықеттерінің тоникалық белсенділігіне тікелей қарама-қарсы модуляциялық әсер етуі мүмкін екенін көрсетеді [Гурфинкель және т.б., 1991б].

Бастың бағытына (айналуына) байланысты гальваникалық вестибулярлық сынамада дененің ауытқу бағытының өзгеру құбылысы белгілі. Ұқсас әсерді бастың нақты бұрылуының орнына мұндай бұрылыстың елесі пайда болған жағдайда да алуға болатындығы белгілі болды. Осылайша, «позалық» автоматизмдер дене конфигурациясының ішкі көрінісімен модуляцияланады. Сонымен қатар, ішкі бейнелеу жүйесі дененің сыртқы кеңістікке қатысты бағыты мен қозғалысын сипаттайтын координаттар жүйесін де қамтуы керек. Жағдайға және моторлық тапсырмаға байланысты дене денеге, басына, сыртқы кеңістігіне немесе қандай да бір қозғалмалы затқа байланысты анықтамалық жүйені қолдана алады. Бір координаттар жүйесінен екіншісіне ауысу тек қабылдауға ғана емес, сонымен қатар әдетте автоматты деп аталатын моторлық реакцияларға да әсер етеді.

Сонымен, дененің кеңістікте бекітілген басына қатысты баяу бұрылыстары бастың қозғалмайтын корпусқа қатысты қозғалу елесін тудырады. Бұл ішкі бейнелеу жүйесі корпуспен байланысты координаттар жүйесін қолдануға бейім екенін және бас пен корпусың өзара айналуын қозғалмайтын корпусқа қатысты бастың айналуы ретінде түсіндіретінін көрсетеді. Алайда, осы эксперимент жағдайында эгоцентрлік координаттар жүйесінен (корпуспен байланысты) экзоцентрлік (сыртқы кеңістікпен байланысты) ауысуды тудыруға болады. Бұл үшін тақырыптан үлкен қозғалмайтын үстелге мықтап бекітілген тұтқаны қолымен ұстауды сұрады. Корпус пен тұтқаның өзара қозғалысы туралы ақпарат, сондай – ақ тұтқаның қозғалмайтындығы туралы априорлық түсінік эгоцентрлік координаттар жүйесінен экзоцентрлік координаттарға ауысуға әкелді-субъект бұрын қозғалмайтын болып қабылданған корпусың бұрылу сезімдерін дамытты, сәйкесінше бастың бұрылу сезімдері де жоғалып кетті.

Бір координаттар жүйесінен екіншісіне ауысу субъектінің субъективті есебімен ғана емес, сонымен қатар окуломоторлық аппараттың реакцияларындағы айқын өзгерістермен де расталды. Егер басында көздің бастың иллюзиялық айналу бағытындағы қозғалыс амплитудасы дененің бұрылу амплитудасынан асып кетсе, онда тұтқаны алғаннан кейін ол 3-4 есе азайды [Гурфинкель, Левик, 1995].

Сонымен, дененің нейрондық моделі, анықтамалық жүйелерді құру механизмдері, негізгі мотор автоматизмдерінің жиынтығы және оларды сәйкестендіру алгоритмдері өз денесі мен қоршаған кеңістіктің ішкі көрінісі қалыптасатын негізді құрайды. Ішкі бейнелеу жүйесі сенсорлық ақпаратты өңдеу және кеңістікке бағытталған қозғалыстарды жүзеге асыру міндеттерінде жетекші рөл атқарады. Жануарларға реакциялар рефлекторлық «позалық» автоматизмдердің классикалық мысалдары болып саналады, адамдарда бұл

жүйеде бастың, магистральдың және аяқ-қолдардың өзара орналасуы қалай сипатталатындығымен қатты анықталады. Мұндай сипаттама белгілі бір анықтамалық жүйені қажет етеді. Бір координаттар жүйесінен екіншісіне ауысу сенсорлық сигналдардың интерпретациясының өзгеруіне және осы сигналдарға жауап ретінде пайда болатын қозғалтқыш реакцияларының модификациясына әкеледі. Анықтамалық жүйені таңдау көбінесе адам байланыста болатын сыртқы әлем объектілері туралы априорлық ақпаратпен анықталады (қаттылық, орын ауыстыру және т.б.).

1.8 Қол қозғалысына негізделген құрылғыны зерттеудің мақсаттары мен міндеттері

Зерттеу мақсаттары:

1. Қол қимылдары арқылы әртүрлі құрылғыларды немесе жүйелерді басқаруға мүмкіндік беретін құрылғыны әзірлеу.

2. Жұмыс принциптері мен қол қозғалысын басқару технологияларын зерттеу.

3. Басқарудың ыңғайлылығы мен дәлдігін қамтамасыз ететін эргономикалық және тиімді құрылғы жасау.

Зерттеу міндеттері:

1. Қол қозғалысын басқарудың қолданыстағы әдістерін талдау, соның ішінде қимылдарды, бұлшықет сигналдарын және басқа технологияларды қолдану.

2. Сигналдарды өңдеу алгоритмдерін үйрену және оларды құрылғыларды басқару үшін командаларға айналдыру.

3. Қолдың қозғалысын анықтау үшін гироскоптар, акселерометрлер, басу сенсорлары және т.б. сияқты сенсорлық технологияларды зерттеу.

4. Пайдаланудың қарапайымдылығы мен шаршауды азайтуға мүмкіндік беретін құрылғының эргономикалық дизайнын жасау.

5. Қолдың қозғалысы туралы алынған мәліметтер негізінде сигналдарды өңдеуге және құрылғыларды басқаруға арналған бағдарламалық жасақтама жасау.

6. Құрылғының прототипін жасау және оның жұмыс қабілеттілігі мен басқару тиімділігіне тестілеу.

7. Әзірленген құрылғы арқылы құрылғыны басқарудың дәлдігі мен сенімділігін бағалау үшін эксперименттер жүргізу.

8. Қолданыстағы шешімдермен салыстырмалы талдау және ұсынылған құрылғының артықшылықтары мен кемшіліктерін бағалау.

Көрсетілген мақсаттарға қол жеткізу және қойылған міндеттерді орындау жоғары тиімділікке, дәлдікке және пайдаланудың қарапайымдылығына ие қол қимылымен басқарылатын құрылғы жасауға мүмкіндік береді.

1.9 Қол қозғалысына негізделген құрылғыны жасаудағы аспектілері

«Қол қозғалысына негізделген құрылғыны жасау» тақырыбына шолу келесі аспектілерді қамтиды:

1. Қозғалысты басқару негіздері: қозғалыс механикасын, бұлшықеттер мен буындардың жұмыс істеу принциптерін және құрылғыларды басқару үшін қолдануға болатын қозғалыс түрлерін қоса алғанда, қол қозғалысын басқарудың негізгі принциптерін зерттеу.

2. Қол қозғалысын басқару технологиялары: қол қимылдары арқылы құрылғыларды басқару үшін қолданылатын қолданыстағы технологиялар мен әдістерге шолу. Бұл қимылдарды, сенсорларды, механикалық құрылғыларды, биометриялық деректерді және басқа да техникалық шешімдерді қолдануды қамтуы мүмкін.

3. Сенсорлар мен сенсорлар: қолдың қозғалысын анықтау үшін қолдануға болатын сенсорлар мен сенсорлардың әртүрлі түрлерін зерттеу. Бұған гироскоптар, акселерометрлер, магнитометрлер, қысым датчиктері, иілу датчиктері және басқалар кіреді.

4. Сигналдарды өңдеу алгоритмдері: қол қимылдарын анықтау және түсіндіру үшін Сенсорлардан алгоритмдер мен деректерді өңдеу әдістерін зерттеу. Бұған сигналдарды сүзу, үлгіні тану, Машиналық оқыту және деректерді талдаудың басқа әдістері кіреді.

5. Эргономика және дизайн: пайдаланушыға ыңғайлылық пен шаршауды азайтуды қамтамасыз ететін эргономикалық құрылғы дизайнын әзірлеу. Бұл пішінді, өлшемді, басқару элементтерінің орналасуын және дизайнның басқа аспектілерін таңдауды қамтиды.

6. Бағдарламалық жасақтама: қолдың қозғалысы туралы алынған мәліметтер негізінде Сенсорлардан сигналдарды өңдеуге және құрылғыларды басқаруға арналған бағдарламалық жасақтама жасау. Бұл интерфейстерді, басқару алгоритмдерін әзірлеуді және басқа құрылғылармен және жүйелермен біріктіруді қамтиды.

7. Прототиптеу және тестілеу: құрылғының прототипін жасау және оның жұмысына, басқару дәлдігіне, сенімділігіне және басқа да сипаттамаларына тестілеу жүргізу. Бұл әртүрлі пайдаланушыларға және әртүрлі пайдалану жағдайларына арналған сынақтарды қамтиды.

Доменге шолу қол қозғалысын басқару саласындағы қолданыстағы шешімдермен, технологиялармен және әдістермен танысуға мүмкіндік береді, бұл белгілі бір құрылғыны жобалаудың ең қолайлы тәсілдерін анықтауға көмектеседі.

2 Технологиялық бөлім

2.1 Роботты қолмен басқару жүйесінің сипаттамасы

Осы уақытқа дейін технологиялық прогресс робототехниканың құрылуына және тапсырмаларды орындау үшін бағдарламаланған роботтардың пайда болуына әкелді.

Бұл әсіресе өндіріс салаларына қатты әсер етті. Кез-келген заманауи зауытта Роботтар негізгі жұмысты орындайды. Бұл еңбек сыйымдылығының, сондай-ақ өндіріс құнының төмендеуіне әкелді.

Роботтар монотонды жұмысты орындай алады, оның тиімділігі ұзақ жұмыс уақытында төмендемейді. Сонымен қатар, кейбір жағдайларда робот адамға ауыр жұмыс жасай алады, мысалы, ауыр заттарды тасымалдау

көп тонналық контейнерлер немесе болат арқалықтар. Бұған қоса, ай мен Марсты зерттеу немесе Мина алқаптарын минадан тазарту міндеттерімен Роботтар агрессивті ортаға және зақымға төзімділіктің арқасында адамдарға карағанда бірнеше есе тиімді және қауіпсіз жұмыс істейді.

Робот - бұл берілген әрекетті орындауға бағдарламаланған автоматты құрылғы. Роботтың негізгі элементтері:

- 1) жақтау – бұл бүкіл құрылымды ұстайтын роботтың негізі.
- 2) тамақтану-жұмыс қабілеттілігі үшін қажетті кез келген қолайлы энергия көзі. Осы мақалада келтірілген Робот алты AA1.2В батареясымен жұмыс істейді.
- 3) микроконтроллер - электрондық басқару құрылғысы. Бұл жады, енгізу-шығару құрылғылары, таймерлер және т.б. бар микропроцессордың аз қуатты нұсқасы.
- 4) атқарушы механизм, атап айтқанда қозғалтқыштар, электр немесе кез келген басқа энергияны механикалық энергияға түрлендіру құрылғылары.
- 5) датчиктер-контроллерге сыртқы орта туралы ақпарат беретін сезімтал элементтер. Қозғалмалы роботтар үшін әсіресе маңызды, бұл оларды уақытында анықтауға және айналып өтуге немесе манипулятордың көмегімен қозғалыс жолындағы кедергіні жоюға мүмкіндік береді [1].

Роботтың негізгі үш сипаттамасы: еркіндік дәрежесі, жүк көтергіштігі және дәлдігі.

1) еркіндік дәрежесі-роботтың қозғалғыштығына ерекше жауап беретін тәуелсіз айнымалылар саны. Көбінесе роботтың еркіндік дәрежесі қозғалтқыштардың санына байланысты. Қозғалтқыштардың саны-еркіндік дәрежелерінің саны. Мысалы, осы шеңберде жиналған роботта

Дипломдық жобаның үш қозғалтқышы бар: бір қозғалтқыш тікелей қол-манипуляторға жауап береді, қалған екеуі роботтың артқы және алдыңғы жетектеріне жауап береді, бұл оның қозғалуына мүмкіндік береді.

2) жүк көтергіштігі роботтың көтере алатын максималды массасын анықтайды.

3) дәлдік берілген әрекеттің ең аз қателікпен орындалуын сипаттайды.

Дәлдікке қойылатын ерекше талаптар роботтарға өте жақсы жұмыс жасайды, мұнда кішкене дәлсіздік соңғы өнімнің сапасына айтарлықтай әсер етуі мүмкін. Робот тиегіш портативті контейнерді қажетті нүктеден бірнеше сантиметрге қоюдан Қорықпайды делік. Ал бірнеше сантиметрді жіберіп алған ПХД-ға Резисторларды орнатуға жауапты робот тақтаны да, Резисторларды да бұзуы мүмкін.

Жоғарыда айтылғандардың барлығы роботтан күрделі тапсырмалардың толық спектрін орындауды талап ететіндігін білдіреді:

1) қозғалысты басқару міндеті. Стационарлық емес роботтар үшін оның қозғалғыштығын қамтамасыз ету, сондай-ақ манипуляторлар мен датчиктердің жұмысын бақылау қажет.

1) навигация міндеті – нақты уақыт режимінде роботтың кеңістіктегі және оның жеке элементтеріндегі (барлық бірдей манипуляторлар мен датчиктер) ағымдағы жағдайын білу қажет.

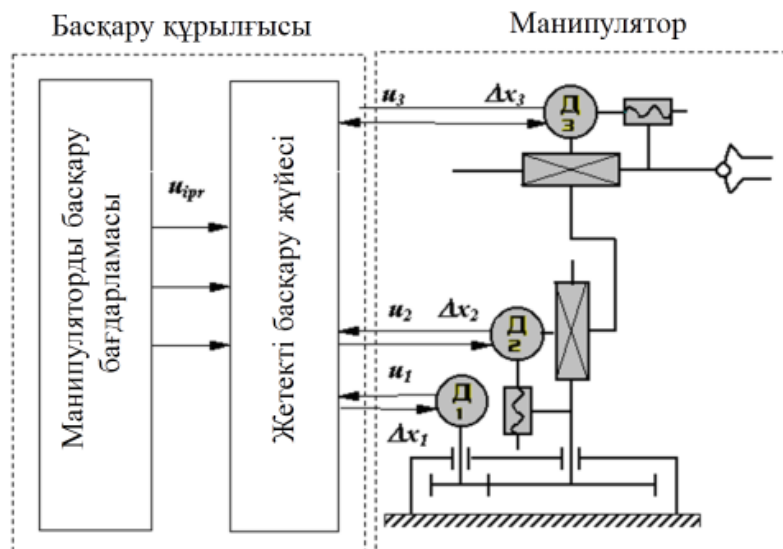
2) қозғалыстарды жоспарлау міндеті – роботты белгілі бір жолмен жүруге бағдарламалау, кедергілерді айналып өту үшін қажетті маневрлерді орындау, сондай-ақ қозғалыс жолын ықтимал түзету және қозғалыс дәлдігін бақылау.

3) тұрақты байланыс арнасының міндеті – басқару жүзеге асырылатын қашықтағы терминалмен роботта орнатылған компьютер арасында үздіксіз байланысты қамтамасыз ету қажет.

Қоршаған ортаны тану міндеті-роботты қозғалыс жолындағы кедергілерді тану немесе өзара әрекеттесу үшін қажетті объектіні анықтау үшін сенсорлармен қамтамасыз ету [2].

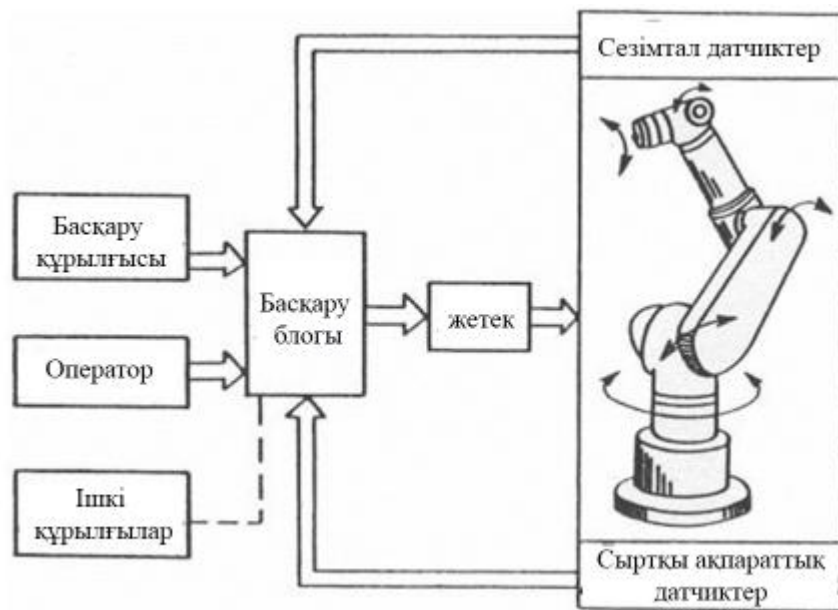
Бұл дипломдық жоба Робот манипуляторын қозғалмалы қолмен басқару жүйесін синтездеу міндетін қарастырады. Мұндай басқару жүйелері дәл басқаруға қойылатын талаптардың жоғарылауымен сипатталады. Бұл автоматты басқару жүйесін синтездеуге ерекше талаптар қояды.

2.1-суретте роботтың қолының сызбасы көрсетілген. Көріп отырғаныңыздай, екі бөлімнен тұрады: басқару бағдарламасы мен манипуляторды басқару жүйесінен тұратын басқару құрылғысы және манипулятордың өзі.



2.1-Сурет – Робот қолының диаграммасы

Жалпы, роботты басқару жүйесінің өзі сыртқы жабдықтар мен бағдарламалық жасақтамадан, басқару блогынан, аспаптар мен ішкі ақпарат сенсорларынан тұрады. Басқару жүйесінің құрылғысы 2.2-суретте көрсетілген.



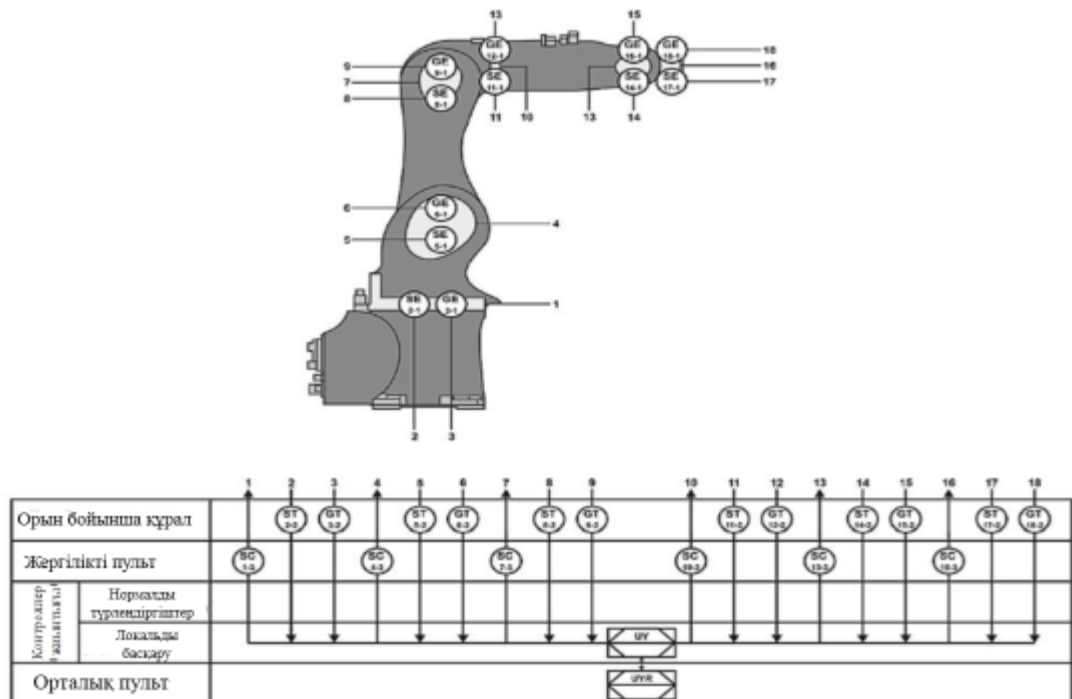
2.2-Сурет – Роботты басқару жүйесі

2.3-Суретте роботтың функционалды схемасы көрсетілген.



2.3-Сурет– Функционалды сұлба

2.4-Суретте роботтың қолын автоматтандыру схемасы көрсетілген, құрылғылары орнында, жергілікті қашықтан басқару пультінде және қалқанында орнатылған.



2.4-Сурет-Роботты автоматтандыру схемасы

2.2 Роботты қолмен басқарудың принциптері

Жұмыстың мақсаты-басқару объектісінде орналасқан тензорезистивті датчиктерді [3] пайдалана отырып, 3D басып шығару арқылы жасалған роботты құрылғыны (қолғап түріндегі механикалық қол щеткасы) басқару блогын әзірлеу. Ұсынылған жүйе Bluetooth модулі арқылы радио арқылы құрылғыны қашықтан басқаруға мүмкіндік береді. Жүйенің жұмысы келесідей:

1) қолғаптың саусақтарын бұғу кезінде оларға бекітілген тензорезистивті датчиктерден сигнал түседі;

2) таратушы блок тізбегі арқылы өтіп, сигнал күшейтіледі, цифрланады, микроконтроллер торабында бағдарламалық өңдеуден өтеді және соңғы құрылғы – Bluetooth-модуль арқылы радиоарнаға беріледі;

3) қабылдау бөлігінің ұқсас Bluetooth-модулінде алынған сигнал да өңделеді және роботталған қолдың қозғалғыштығын қамтамасыз ететін қолдың білек конструкциясындағы сервоға түседі.

Робототехниканың негізгі міндеттері-белгілі бір технологиялық процестің тиімді орындалуын қамтамасыз ететін нақты құрылғылар түрінде адам функцияларын жүзеге асырудың теориялық әдістері мен технологиялық әдістерін әзірлеу. Дизайн элементтерін жасау үшін аддитивті технологияларды қолдану өндіріс, материалдар мен жұмыс күшінің уақыты мен шығындарын едәуір қысқартады.

Оператордың қолындағы қолғаптың құрамына кіретін тензорезистивтік датчиктер [4] оларға механикалық әсер ету (оператордың қолының саусақтарының бүгілуі) есебінен олардың шығыс кернеуінің амплитудасының мәнін өзгерту түрінде электр сигналдарын қалыптастырады. Әрі қарай, бұл сигналдар кернеу күшейткіштері арқылы аналогтық мультиплексордың кірістеріне түседі, содан кейін коммутаторлар мультиплексордың шығысынан ADC кірісіне келеді. Әрі қарай, олар дискретті сигналдар түрінде микроконтроллерге түседі, онда олар бағдарламалық жасақтама кешенімен өңделеді. Микроконтроллердің бағдарламалық жасақтамасы Сенсорлардан алынған ақпаратты құрастырады және оны түрлендіргеннен кейін оны кейіннен радиоарна арқылы жіберу үшін Bluetooth модуліне сигнал ретінде жібереді.

Қабылдау бөлігінің микроконтроллерінде алынған сигнал бағдарламалық өңдеуден өтеді, содан кейін ол PWM контроллері арқылы роботтық щетканың қозғалғыштығына жауап беретін сервомоторларға түседі.

Кернеуді төмендететін түрлендіргіш серво қозғалтқыштарының қалыпты жұмыс істеуі үшін негізгі қуат кернеуін шығарады. Тарату блогының қуаты 12 В кернеулі аккумулятордан, қабылдау блогы 12 В кернеулі аккумулятордан алынады. батареяны зарядтау сыртқы қуат көзінен кіріктірілген зарядтау тізбегі арқылы жүзеге асырылады.

Тізбек элементтерінің қуат тізбектерінде тұрақты жұмысты қамтамасыз ету үшін жеке кернеу тұрақтандырғыштары қолданылады.

Ұсынылған дизайн адамның саусақтарының орналасуын тіркеу үшін деформация мөлшерін өлшеуге ыңғайлы электрлік сигналға айналдыратын тензометриялық сенсорды пайдаланады. Саусақтар бүгілген кезде серпімді элементтің деформациясы тензорезистормен бірге жүреді. Тензорезистордың қарсылық мәнінің өзгеруі сенсорға әсер ету күшін, демек, саусақтың бүгілу бұрышын бағалауға мүмкіндік береді.

Сенсордың сезімтал элементі ретінде velostat (велостат) материалы қолданылады [5] – күйеге малынған полиолефиннен (полимерлі пленка) жасалған тензорезистивті материал.

Бұл материалдың төмен құны, ныхам өлшемдері, қоршаған орта температурасының өзгеруіне төзімділігі (-45 °C-тан 65 °C-қа дейін), көлемдік кедергісі 500 Ом/см-ден асатын және беттік кедергісі 31 кОм/см²-ден асатын басқа тензорезистивті қысым және иілу датчиктерінен келесі артықшылықтары бар.

Датчиктен шығыс кернеуінің мәнін өзгерту тар диапазонда болады, сондықтан саусақтардың орналасуын дәл анықтау үшін Шығыс кернеуін күшейту және оның деңгейін аналогтық-цифрлық түрлендіргіштің кіріс кернеуінің мәніне келтіру қажет.

Күшейткіш элемент ретінде кең таралған «төрт» ОУ – LM358 [6] чипі қолданылады, оның айрықша қасиеттері жоғары өнімділік, оның кірісінде өріс транзисторларының болуымен қамтамасыз етілетін жоғары кіріс кедергісі, аз қуат тұтыну, төмен шу, сондай-ақ қуат кернеуіне жақын кіріс кернеулерімен жұмыс істеу мүмкіндігі.

TD1 – TD5 тензорезистивті датчиктерінен сигналдар кіріс сигналдарын бірыңғай ADC-ге ауыстыру үшін қолданылатын мультиплексорға түседі. Бұл жағдайда аналогтық мультиплексор қолданылады. Кіріс/шығыс саны бойынша ең жақсы нұсқа-74hc4051 мультиплексоры, оны мультиплексор және демультимплексор ретінде пайдалануға мүмкіндік береді [7].

Одан әрі өңдеу үшін TD1-td5 кернеу мәндері adc121c021 [8, 9] чипінде енгізілген аналогты-цифрлық түрлендіргіштің көмегімен сандық кодқа түрлендіріледі, бұл 12 биттік ADC, оның жұмысы дәйекті жуықтау регистріне негізделген. Өз кезегінде, ADC121C021 микросхемасы төмен қуат тұтынуына және корпусының кіші өлшемдеріне байланысты бұл түрлендіргішті қуаты аз қуат көздерімен жұмыс істейтін жабдықтың бөлігі ретінде пайдалану үшін өте сәтті.

Біздің жағдайда техникалық шарттар микроконтроллерге ерекше талаптар қоймайтындығына байланысты, соңғысын таңдау негізінен әзірленіп жатқан құрылғының өлшемдерімен ғана анықталады, яғни ADC қосу үшін қолданылатын I2C интерфейсі бар контроллерде басқа периферияны қосу үшін жеткілікті түйреуіштер болуы қажет. Бұл жағдайда attiny85 8-биттік AVR микроконтроллері артықшылық береді, сонымен қатар төмен қуат тұтынуы бар [9].

Жекелеген тораптардың тұрақтандырылатын кернеумен қоректенуі желілік типтегі кернеу тұрақтандырғышымен қамтамасыз етіледі, оның негізгі таңдау талабы кернеудің «аз» төмендеуі және оның шығыс кернеуінің бекітілген деңгейі болып табылады. Ол сондай-ақ тұтынылатын токтың беріктігін шектеуді және қызып кеткен кезде оны өшіру түріндегі жылу қорғанысын қамтамасыз етуі керек. Көрсетілген талаптарға lm1117-ADJ [10] чипіндегі тұрақтандырғыш сәйкес келеді, ол шығыс кернеуі 3,3 В, жүктеме тогы 800 мА дейін 1,2 в кернеудің төмендеуі бар сызықтық тұрақтандырғыш болып табылады.

Зарядтағыш ретінде tp4056 [11] қолданылады, ол бір ұялы литий-ионды аккумуляторларға арналған тұрақты ток кернеуінің желілік зарядтағышы болып табылады.

Қабылдау және тарату құрылғылары ретінде барлық параметрлерге сәйкес келетін HC-05 [12] Bluetooth модулі қолданылады. Модульді ұқсас Bluetooth модулімен деректерді беру үшін де пайдалануға болады.

Тарату бөлігінде қолданылатын микроконтроллерден айырмашылығы, қабылдау бөлімінде қосылатын перифериялық құрылғылардың үлкен жиынтығы, сондай-ақ көптеген түйреуіштер мен жады бар функционалды микроконтроллерді пайдалану қажет. Бұл микроконтроллер сонымен қатар Atmel компаниясының AVR желісінен алынған және жетілдірілген архитектураға негізделген төмен қуатты 8 биттік CMOS микроконтроллері болып табылатын atmega328p [13] моделі қолданылады.

Қабылдау бөлігінің микроконтроллерінің шығысынан сервоға берілетін шығыс параметрлерінің мәнін реттеу үшін қоректендіру кернеуі 3,3-5 В, сағат жиілігі 25 МГц болатын PWM контроллері [14] пайдаланылады. Сонымен қатар, I2C интерфейсінің түрі бар кем дегенде бес сервоны қосу мүмкіндігі бар, бұл олардың микроконтроллермен үйлесімді жұмыс істеуін қамтамасыз етеді, бұл рса9685 PWM контроллеріне артықшылық береді [15].

Роботты щетканың қозғалғыштығын қамтамасыз ету үшін импульстің ені модуляцияланған сигнал болып табылатын PWM контроллерінің шығысымен басқарылатын MG995 [16] типті сервомоторлар қолданылады. Соңғыларын таңдау олардың салмағы мен мөлшерін ескере отырып жүргізілді.

Бастапқы басқару сигналдарын қалыптастыру үшін тензорезистивті датчиктері бар қолғап және датчиктердің сигналдарын шығаратын сервостармен жабдықталған адамның роботты қолының дизайны жасалды, нәтижесінде роботты щеткамен датчиктері бар қолғаптың қозғалысы қайталаанады. Соңғысы қолайсыздықты тудырмайды, қолдың қозғалысын шектемейді және оның табиғи қозғалысын бұзбайды.

Дайын тензорезистивтік датчиктер адам-оператордың қолының сыртқы бетіне жабысқақ таспамен бекітіледі. Жүйенің тарату бөлігінің электронды тақтасының өлшемдері оның корпусын қолғаптың сыртқы бетіне тікелей бекітуге мүмкіндік береді.

Датчиктері бар қолғаптың сыртқы түрі және таратқыш бөлігінің корпусы 2.5-Суретте көрсетілген.



2.5-Сурет – Датчиктері бар қолғаптың сыртқы түрі

Роботты қол мен қолды дайындау 3D-принтерде жүзеге асырылады, содан кейін құрастырылады. Басып шығару cube rx17 маркалы 3D принтерде жүзеге асырылды] «Компас 3D» және АDEM CAD модельдеу бағдарламаларында жасалған аддитивті технологияларда қолданылатын объектілердің үш өлшемді модельдерін сақтауға арналған stl форматындағы файлдарды қолдана отырып, элементтік түрде [18]. Элементтер бір-біріне топсалармен бекітіледі. Құрылымды құрастыру стандартты құралдардың көмегімен жүзеге асырылды: бұрағыш, кілттер, артикуляциялық түйіндер минималды үйкелісті қамтамасыз етеді. Механикалық қолдың қол элементтерінің (саусақтардың фалангтарының) қозғалысын сервомоторлар элементтердің ішінде өткізілген Нейлон жіптің ұзындығын өзгерту арқылы жүзеге асырады, оның ұзындығын адам операторының қолғабындағы датчиктердің орналасуына қатаң сәйкес кезектесіп ұлғайтады немесе қысқартады. Тиісінше, серво микроконтроллерге және қуат көзіне қосылады.

Жұмыс алгоритмі жоғарыда сипатталған роботты құрылғының түрі 2.6-Суретте көрсетілген.



2.6-Сурет – Роботты қолдың сыртқы түрі

2.3 Роботты қолмен басқарудың технологиялық процесі

Робот-бұл манипулятор мен оның қозғалысын басқарудың бағдарламалық құралынан тұратын автоматты машина, роботтар адамның орнына негізгі немесе қосымша жұмысты орындау үшін қолданылады.

Манипулятор-бағдарламаланатын Автоматты құрылғыны немесе адам операторын басқара отырып, адам қолының әрекеттеріне ұқсас әрекеттерді (манипуляцияларды) жүзеге асыратын кеңістіктік тетік механизмі мен жетек жүйесінің жиынтығы.

2.7-суретте өнеркәсіптік Робот манипуляторы көрсетілген. Роботтар негізгі және көмекші тапсырмаларды орындау кезінде адамды ауыстыруға арналған. Бұл ретте адам босатылады ауыр және монотонды жұмыстарды жүргізу қажет, сондай-ақ роботтарды пайдалану жарақат алу қаупін азайтады.



2.7-Сурет – Өнеркәсіптік робот манипуляторы

Әр робот өз міндеттерін орындайды. Робот композицияларды бетіне жағуды жүзеге асырады, ал қозғалу міндеттерін Робот манипулятор жүзеге асырады. Мұндай «міндеттерді бөлу», біріншіден, дизайнды жеңілдетеді, екіншіден, жүйенің сенімділігін арттырады, өйткені роботқа берілген бағдарлама неғұрлым қарапайым болса, ақаулардың пайда болу қаупі соғұрлым аз болады. Төменде орындалатын Робот тапсырмаларының әртүрлі түрлері берілген:

1) Бөлшектерді дайындау. Соғу, кесу және құю қондырғылары барлық жерде қолданылады. Дайындама өнеркәсіптік қондырғыға жүктеледі, онда алдын-ала белгіленген алгоритм бойынша оны өңдеу жүзеге асырылады. Дайын дайындаманы жұмысшылар шығарады немесе егер өлшемдер бөлшекті қолмен алуға мүмкіндік бермесе, оны дайындаманы алуға және оны келесі өндірістік кезеңге жылжытуға бағдарламаланған робот жасайды.

2) жылжыту. Қоймаларда сақталған ауыр контейнерлер мен жай ғана ауыр заттарды тасымалдау керек. Не өндірістік үй-жайға, не тасымалдау үшін логистика бөліміне. Тағы да, қозғалатын объектілердің үлкен көлеміне байланысты, осы операция үшін адам күшін қолдану жарақатқа қауіпті және тиімсіз.

3) ауыр заттарды тиеу және түсіру. Ауыр заттарды тиеу міндеті әсіресе ауыр өнеркәсіп зауыттары үшін үлкен масса объектілерін бір конвейерден екіншісіне жылжыту үшін өте маңызды. Мұндай роботтарда, әдетте, қажет емес, жылжымалы шасси жоқ және робот екі өндірістік желі арасында бекітілген стационарлық қондырғы болып табылады.

4) қаптама. Дайын өнімді сыртқы әсерлерден қорғау үшін орау керек. Мұндай роботтар өнімдерді, әдетте, ылғал мен шаңнан қорғайтын пластикалық пленкаға орайды, содан кейін оларды тасымалдау кезінде механикалық зақымданудан қорғайтын контейнерлерге (қорап, қорап, корпус) салады.

5) бөлшектер мен дайындамаларды өңдеу. Мұндай роботтар бастапқы бөлікті өңдеу арқылы металл және ағаш дайындамаларды өндіруде өзін дәлелдеді.

6) әрлеу. Дайындамадан кедір-бұдырларды, кедір-бұдырларды және әртүрлі бөртпелерді алып тастау. Бұл операция автоматтандыру тұрғысынан мүмкін болатын операциялардың бірі болып табылады. Мәселе мынада, роботтарда, адамнан айырмашылығы, олардың жұмысын бағалау мүмкіндігі жоқ. Робот бөліктің жеткілікті түрде тазаланғанын немесе тазаланбағанын өздігінен түсіне алмайды.

7) бұрғылау. Мұндай жұмыстар үшін робот қолданылады, оның жетегі-бұрғылау немесе балғамен бұрғылау. Мұндай роботтарды пайдалану көптеген тесіктерді жүзеге асыру қажет болғанда немесе қажетті тесіктердің өлшемдері үлкен құралдарды қолдануға мәжбүр болған кезде ақталады. Бұл әсіресе ұшақ жасауда өте маңызды, өйткені ұшақтардың үлкен бөліктерінде олар қосылатын көптеген тесіктер жасалуы керек.

8) әр түрлі құрамдарды бетіне жағу. Басқа бөлікке одан әрі қосылу үшін бөлікке желім жағу, бояу, бөліктің сипаттамаларын арттыратын арнайы композициямен өңдеу. Бояушы роботтардың тиімділігі адамдарға қарағанда жоғары, өйткені композиция дайындаманың бүкіл бетіне біркелкі қолданылады. Көбінесе мұндай роботтар жоғарыда аталған құрамдардан қорғаныс құралдарымен жабдықталған. Бұл қорғаныс экранын орнату немесе роботты оған түсуі мүмкін композициялардан мезгіл-мезгіл өзін-өзі тазарту үшін бағдарламалау арқылы жүзеге асырылады.

10) дәнекерлеу. Машина жасауда жиі қолданылатын дәнекерлеуші Роботтар болашақ машинаның бөлшектерін нүктелік немесе доғалық дәнекерлеуді жүзеге асырады.

11) сапаны бақылау және сынау. Өндірілген немесе өңделген бөлік сапаны мұқият бақылауға алынады. Жартылай өткізгіш жарыққа сезімтал құрылғыларға қосылған жарық диодтары болып табылатын арнайы датчиктермен жабдықталған Роботтар бағалаушы рөлін атқара отырып, сапаны бақылауды жеңілдетуге қабілетті.

12) баспа платаларын монтаждау. Тақталарды орнатудың әдеттегі процесі келесідей: дайындама арнайы құрылғыға орналастырылған, онда

оған жабысқақ композиция қолданылады. Осыдан кейін, желіммен дайындама компоненттерді (Резисторларды) орнататын келесі құрылғыға ауыстырылады. Әрі қарай, дайындама Желімді тез кептіру үшін пешке салынуы керек, содан кейін дәнекерлеу жүзеге асырылады. Берілген тізбекте әр операцияны белгілі бір робот орындайды, ол бір әрекетті қатаң орындайды және екіншісін орындай алмайды [3].

2.4 Роботты жобалау

Тапсырма қою. Робот манипуляторын үш доңғалақты шассиде қолмен жасау керек. Бұл робот үшін оны бір нүктеден екінші нүктеге ауыстыру жүзеге асырылатын басқаруды синтездеу қажет. Сондай-ақ, бұл робот үшін роботтың қолын басқаруды синтездеу керек, заттарды түсіруді жүзеге асыру.

Тапсырманы шешу. Тапсырмалар аясында Makeblock ultimate 2.0 конструкторы негізінде жылжымалы робот манипуляторының жұмыс прототипі жиналды.

Жиналған прототиптің басты ерекшелігі-кең таралған төрт және екі доңғалақты дөңгелектерді алмастыратын үш доңғалақты шассиді пайдалану. Төрт доңғалақты шассимен салыстырғанда бұл орналасудың артықшылығы-өлшемдерді азайту арқылы үлкен ұтқырлық, сондай-ақ қозғалыс кезінде жақсы бұрылу қабілетіне байланысты үлкен маневрлік.

Екі доңғалақты-тепе-теңдік шассиімен салыстырғанда, бұл дизайн құрылымның тұрақтылығында артықшылыққа ие: қосымша тірек нүктесінің болуы роботтың аударылуына жол бермейді. Сонымен қатар, екі доңғалақты теңдестіру шассиінің өлшемдері айтарлықтай шектеулерге ие және мұқият калибрленген теңдестіруді қажет етеді.

Сондай-ақ, осы типтегі бірқатар Роботтар тепе-теңдікті сақтау үшін бірқатар қосымша элементтерді пайдаланады: гироскоптар, жарық және жаңғырық датчиктері. Мұның бәрі құрастыру шығындарына және соның салдарынан өзіндік құнның өсуіне ықпал етеді.

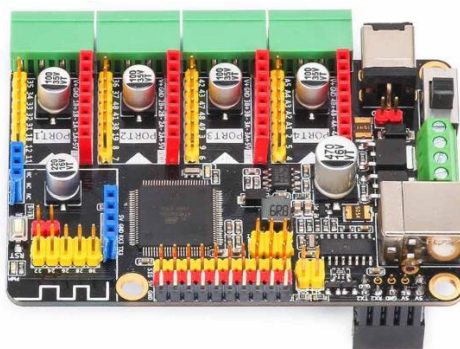
Жоғарыда айтылғандай, жұмыс прототипі Makeblock ultimate 2.0 конструкторы негізінде құрастырылды.

2.1-кестеде берілген роботтың сипаттамасы көрсетілген [4].

Кесте 2.1-роботтың сипаттамасы

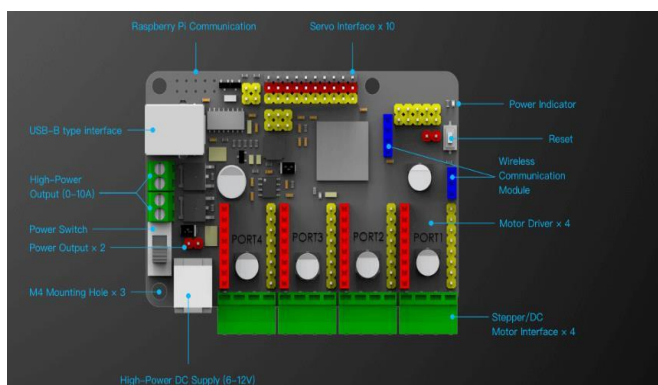
Материал	Анодталған алюминий
Негізгі бақылау тақтасы	ATMEGA2560-16AU
Қозғалыс модульдері	2 тұрақты ток қозғалтқыштары
Қолдау көрсетілетін бағдарламалық жасақтама	mBlock 3 (ДК), Makeblock App (IOS / Android)
Мүмкін бағдарламалау тілдері	Scratch, Arduino, Python
Қуаттану	6 AA өлшемді батареялар
Байланыс түрі	USB, Bluetooth
Басқару	Смартфоннан немесе берілген бағдарламадан басқару

Бұл роботтың негізгі элементтері-контроллер (2.8-Суретте көрсетілген) және үш қозғалтқыш, олардың екеуі роботтың қозғалуына жауап береді, ал үшіншісі роботтың қолын көтеретін және түсіретін айналмалы механизмді басқарады.



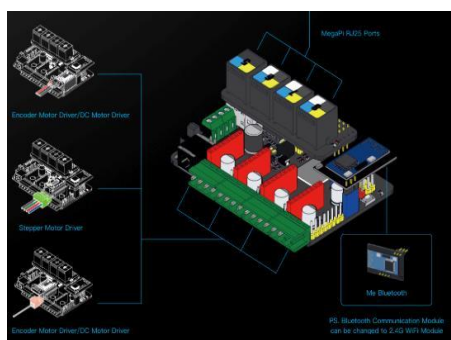
2.8-Сурет – Мегарі контроллері

2.9-Суретте контроллер құрылғысының егжей-тегжейлі талдауы көрсетілген. Онда қуат индикаторы, қосқыш, серво интерфейсi, сондай-ақ жоғары қуатты кірістер мен шығыстар бар.



2.9-Сурет – Контроллер құрылғысын егжей-тегжейлі талдау

2.10-Суретте қосымша модульдерді орнату көрсетілген. Bluetooth модульдері мен MegaPi RJ25 порттары ерекше назар аударуға тұрарлық. Bluetooth модулі роботты Bluetooth байланысы арқылы тиісті бағдарламалық жасақтамасы бар кез-келген смартфон арқылы басқару мүмкіндігі үшін қажет. MegaPi RJ25 порттары қозғалтқыштарды қосу үшін қажет.



2.10-Сурет – Контроллерге орнатылған Қосымша модульдер

Сонымен қатар, бұл контроллер гироскоп, жарық сенсоры, жаңғырық сенсоры, камера және т.б. сияқты қосымша жабдықты қосуды қарастырады.

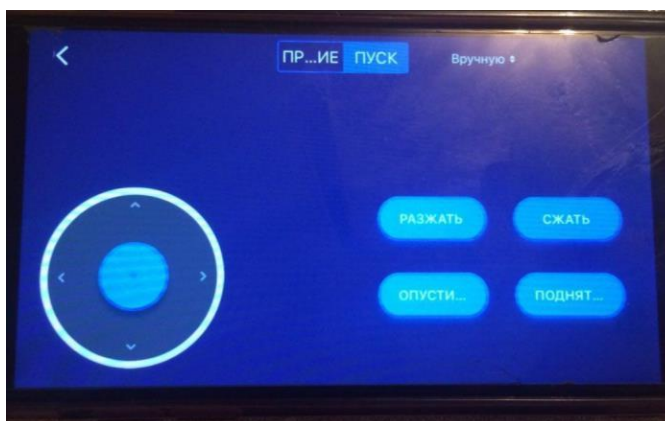
2.11-Суретте тұрақты ток қозғалтқышы көрсетілген. Жиналған прототипте 3 қозғалтқыш қолданылады: шассиге бекітілген және роботтың қозғалысы мен бұрылысына жауап беретін 187 айн / мин екі қозғалтқыш және қолды көтеруге және түсіруге жауап беретін 89 айн / мин бір қозғалтқыш. Бұл қозғалтқыштар кернеуі 6-дан 12 Вольтқа дейін қуат көзін қажет етеді, момент см-ге 3 кг құрайды [5]



2.11-Сурет – 25mm DC Encoder Motor тұрақты ток қозғалтқышы.

2.5 Бағдарламалау жұмысы

Роботты құрастырғаннан кейін оны әртүрлі қозғалыстарды орындау үшін бағдарламалау керек. Arduino және Python тілдерінде бағдарламалау мүмкіндігінен басқа, Makeblock роботтары Bluetooth және бағдарламалық жасақтаманы қолдайтын кез-келген смартфон немесе планшет арқылы қолмен басқаруды қолдайды. 2.12-суретте Iphone смартфонында іске асырылған басқару пультінің интерфейсі көрсетілген.



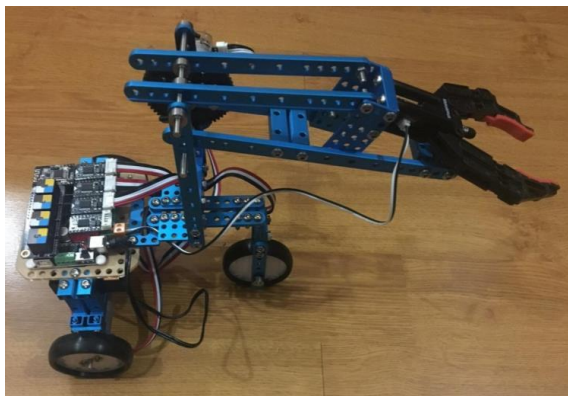
2.12-Сурет – Басқару интерфейсі

Ол қолды қысу және қысу, сондай-ақ қолды көтеру және түсіру түймелерін қамтиды. Сондай-ақ, роботты жылжытуға арналған батырма бар. Басқаруды жүзеге асыруға болатын максималды қашықтық шамамен 12.5 метрді құрайды.

Жұмыс прототипінің сипаттамасы. 2.13-суретте жылжымалы робот манипуляторының жұмыс прототипі көрсетілген. Оның минутына 185 айналым жиілігімен екі қозғалтқышпен басқарылатын үш доңғалақты негізі бар. Бұл дизайн ептілікпен және бұрылыстарға жақсы енуімен ерекшеленеді. Бұл робот салмақты 2.5 килограмға дейін көтеріп, сағатына 8 км жылдамдықпен жүре алады.

Егер біз осы роботтың практикалық қолданылуын қарастыратын болсақ, онда оны массасы мен өлшемдері бойынша кішігірім объектілерді бір нүктеден екінші нүктеге тасымалдау міндеттері үшін пайдалануға болады.

Бұл дизайнның объективті кемшілігі-шаң мен ылғалдан қорғаудың болмауы (IP 00), бұл роботты қатты жел немесе жаңбыр кезінде қолдануға кедергі келтіреді. Алайда, қажетті қорғаныс құралдарын орнату арқылы бұл кемшілікті жоюға болады.

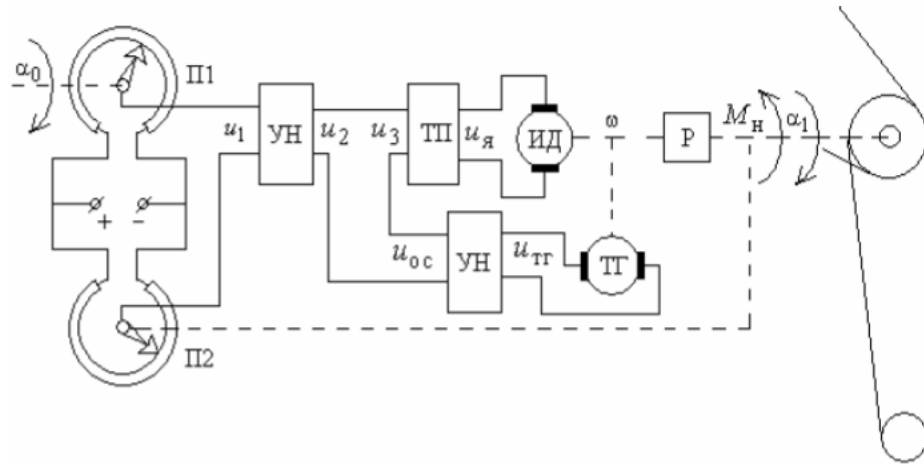


2.13-Сурет – Жұмыс прототипі

3 Роботты қолмен басқару жүйесін дамыту және жобалау

3.1 Роботтың қолды басқару жүйесінің математикалық моделі және схемасы

3.1-суретте роботтың қолмен басқару жүйесінің схемасы көрсетілген.



3.1-Сурет – Роботты қолмен басқару жүйесінің диаграммасы

Мұнда:

P1-потенциометрді орнату,

P2 - кері байланыс потенциометрі,

Ун-кернеу күшейткіші,

ТП-тиристорлық түрлендіргіш,

ТГ-тахогенератор,

ИД - атқарушы қозғалтқыш

Р-төмендету редукторы

Жүйе элементтерінің сызықтық теңдеулері келесідей: зонд және күшейткіштер

$$u = (\alpha_0 - \alpha_1)kn, u_2 = ku_1 \times u, \quad (3.1)$$

$$u_3 = u_2 - u_{oc}, u_{oc} = ku_2 \times u_{ТГ}, \quad (3.2)$$

Түрлендіргіш және қозғалтқыш

$$T_{пр} \frac{\partial u_я}{\partial t} + u_я = k_{пр} \times u_3 \quad (3.3)$$

$$T_{дв} \frac{\partial \omega}{\partial t} + \omega = k_{дв} \times u_я \quad (3.4)$$

Тахогенератор және редуктор

$$u_{\text{тг}} = k_{\text{тг}} \times \omega, \frac{\partial \alpha_1}{\partial t} = k_p \times \omega \quad (3.5)$$

Берілген теңдеулерде:

α_1 , α_0 -айналу бұрышы, сәйкесінше, осьтерді орнату және шығару, u_1 , u_2 , u_3 , иос-тұрақты ток кернеуі,

ω -атқарушы қозғалтқыштың бұрыштық жылдамдығы,

MNP-жүктеме моменті.

3.1-кестеде есептеулерге қажетті сандық мәндер көрсетілген.

Кесте 3.1-схеманы есептеуге арналған мәліметтер

№	кп	Ku1	Ku2	ктг	кпр	Тпр	кдв	Тдв	кp	α_0
3	2	2	1	0.05	2	0.005	50	0.05	0.02	$3\sin 0.1t$

Кіріс сигналы-бұл қуат көзінен келетін энергия, яғни электр тогы. Кернеу күшейткіші арқылы өту кіріс сигналының күшеюіне әкеледі. Тиристорлық түрлендіргіште айнымалы ток тұрақты токқа айналады. Қозғалтқыш, шын мәнінде, алынған сигналды жиілікке түрлендіретін жетек болып табылады. Шығу сигналы-роботтың қолының қозғалысы.

Робот қолының басқару жүйесі келесі негізгі элементтерден тұрады: потенциометрді орнату, кері байланыс потенциометрі, кернеу күшейткіші, тұрақты ток тиристор түрлендіргіші, тахогенератор және атқарушы қозғалтқыш.

Орнату потенциометрі-сырғытпалары бір оське бекітілген жұптасқан қарсылық айнымалылары. Алдын ала орнатылған потенциометрдің кедергісі ауыспалы орам қадамымен орындалады және айналу жылдамдығы минималды болған кезде токтың кері байланысы максималды болады, ал айналу жылдамдығы жоғарылаған сайын токтың кері байланысы әлсірейді [6].

Кері байланыс потенциометрі қатты кері байланыс реттегіштері қолданылған жағдайда демпферлерді тегіс басқару үшін қолданылады [6].

Кернеу күшейткіші төмен айнымалыны түрлендіруге қызмет етеді кернеу жоғары вольтты тұрақты кернеуге [6].

Тұрақты токтың тиристорлық түрлендіргіші айнымалы токты тұрақты токқа түрлендіреді, берілген заңға сәйкес Шығыс параметрлері реттеледі. Тиристорлық түрлендіргіш қозғалтқыштардың якорь тізбектерін және кернеу орамасын қуаттандыруға арналған [6].

Тахогенератор-генератор режимінде жұмыс істейтін төмен қуатты электр машинасы, оның шығыс кернеуі ток біліктің айналу жиілігінің сызықтық функциясы болып табылады [6].

Атқарушы қозғалтқыш-бұл сау-да қолданылатын машина, онда ол атқарушы органның электрлік сигналын – басқару кернеуін түрлендіреді. Әдетте атқарушы қозғалтқыштар жиі іске қосу, кері қайтару және тоқтату жағдайында жұмыс істейді [6].

Төмендету редукторы-айналу моментін арттыра отырып, кіріс білігінің жоғары бұрыштық айналу жылдамдығын Шығыс білігінде төмен жылдамдыққа түрлендіретін құрылғы [6].

Теңдеулер және беріліс функциялары.

Потенциометр

$$Gn = \frac{u_1}{\alpha_1 - \alpha_0} = kn \quad (3.6)$$

Кері байланыс

$$G_{oc} = ku_2 \quad (3.7)$$

Кернеу күшейткіші

$$Gy = \frac{u_2}{u_1} = ku_1 \quad (3.8)$$

Тиристорлық түрлендіргіш

$$G_m = \frac{u_я}{u_3} = \frac{k_{пр}}{T_{пр} \times S + 1} \quad (3.9)$$

Түрлендіргіш және қозғалтқыш

$$T_{дв} \times S + \omega(S) = k_{дв} \times u_я(S), G_{дв} = \frac{k_{дв}}{T_{дв} \times S + 1} \quad (3.10)$$

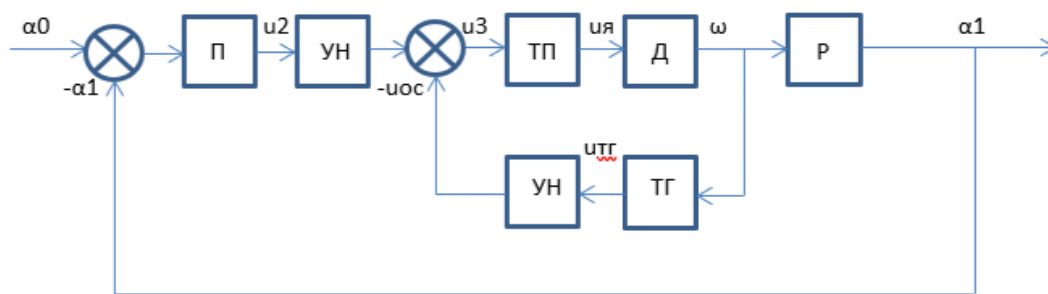
Тахогенератор және редуктор

$$G_{тг} = k_{тг} \quad (3.11)$$

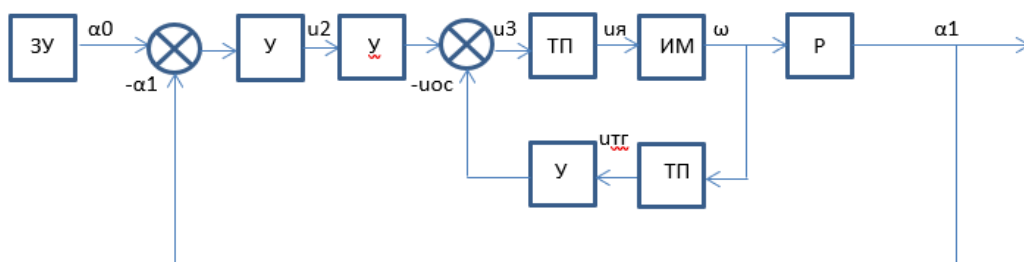
$$G_p = k_p \quad (3.12)$$

Алынған теңдеулер мен беріліс функцияларының көмегімен ашық, содан кейін жабық жүйелердің беріліс функциясының эквивалентті мәнін есептеу жүзеге асырылады,

Функционалды схема. Кез-келген есептеулерді бастамас бұрын, осы жүйенің функционалды және әмбебап схемаларын жасау керек (3.2, 3.3-сурет). Берілген схемаға, сондай-ақ есептелген теңдеулер мен бағыныңқы функцияларға сүйене отырып, нәтижесінде келесі схемалар алынды.



3.2-Сурет – Робот-манипуляторды басқару жүйесінің функционалды схемасы



3.3-Сурет – Робот-манипуляторды басқару жүйесінің әмбебап схемасы

Әр буынның беріліс функциялары бар тізбектер мен теңдеулер салынғандықтан, беріліс функциясының эквивалентті мәнін қарастыруға болады.

3.2 Роботты басқару жүйесін модельдеу нәтижелерін алу

Өтпелі кезең. 3.3-суреттің схемасына сүйене отырып, эквивалентті есептеу керек беру функциясының мәні ашық, содан кейін жабық жүйе үшін.

Жабық жүйе-жалпы кері байланысы бар жүйе. Ашық жүйе-кері байланыссыз жүйе.

Алдымен сіз бүкіл сайт үшін G баламасын табуыңыз керек

3.1 - теңдеулерді қолдана отырып, 3.3-сурет схемасына негізделген ашық тізбек.

$$G_{\text{экв}} = G_n \times G_{\text{ун}} \times \frac{G_{\text{тп}} \times G_{\text{ид}}}{1 + (G_{\text{тп}} \times G_{\text{ид}}) \times (G_{\text{тг}} \times G_{\text{ун}})} \times G_p \quad (3.13)$$

$$2 \times 2 \times \frac{\frac{2}{0.005S + 1} \times \frac{50}{0.05 + 1}}{1 + \frac{2 \times 50}{(0.005S + 1)(0.05S + 1)}} \times 0.02$$

$$0.08 \times \frac{\frac{100}{0.00025S^2 + 0.005S + 0.05S + 1}}{1 + \frac{100}{0.00025S^2 + 0.005S + 0.05S + 1} \times (0.05)}$$

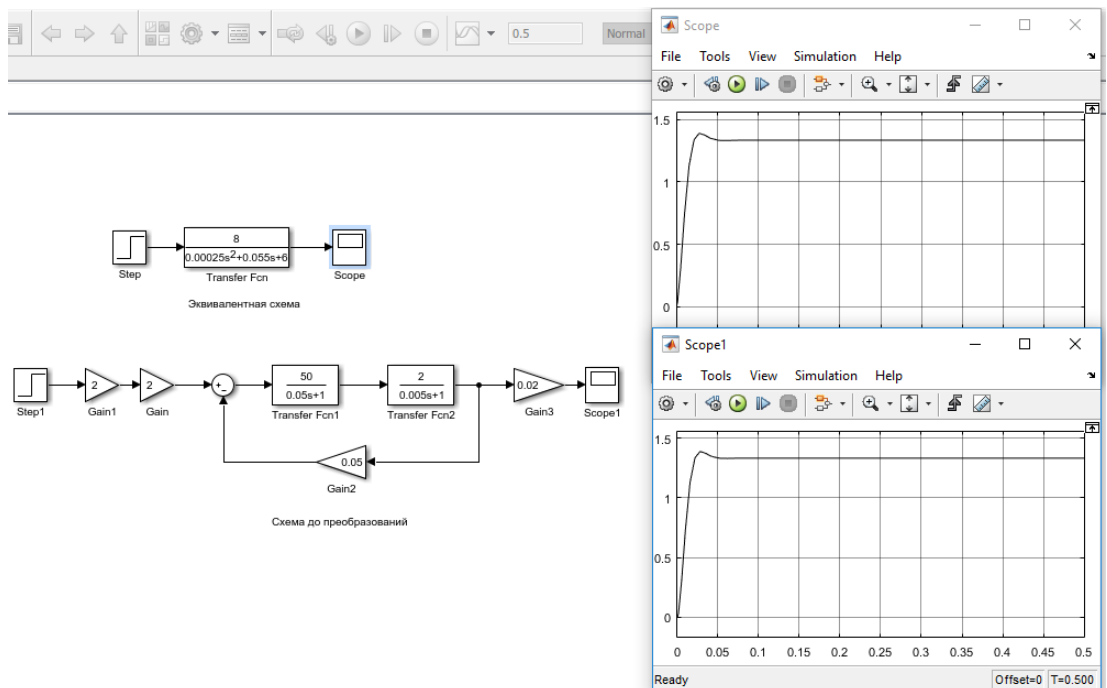
$$= \frac{\frac{8}{0.00025S^2 + 0.055S + 1}}{1 + \frac{5}{0.00025S^2 + 0.055S + 1}} = \frac{\frac{8}{0.0025S^2 + 0.055S + 1}}{\frac{0.0025S^2 + 0.055S + 1}{0.0025S^2 + 0.055S + 1} + \frac{5}{0.0025S^2 + 0.055S + 1}}$$

$$= \frac{\frac{8}{0.0025S^2 + 0.055S + 1}}{\frac{0.0025S^2 + 0.055S + 6}{0.0025S^2 + 0.055S + 1}}$$

$$G_{\text{ЭКВ}} = \frac{8}{0.0025S^2 + 0.055S + 6} \quad (3.14)$$

Нәтижесінде екінші ретті апериодтық буын пайда болды. Есептеулердің дұрыстығын тексерейік. Ол үшін Simulink-тегі эквивалентті мәннің өтпелі сипаттамаларын есептеулерге дейін және кейін салыстырыңыз.

3.4-суретте көрсетілгендей, графиктер бірдей, бұл есептеулердің дұрыстығын білдіреді. Енді өтпелі байланысты ескере отырып, өтпелі процесті алу қажет.



3.4-Сурет – Түрлендірулерге дейінгі және кейінгі графиктерді салыстыру

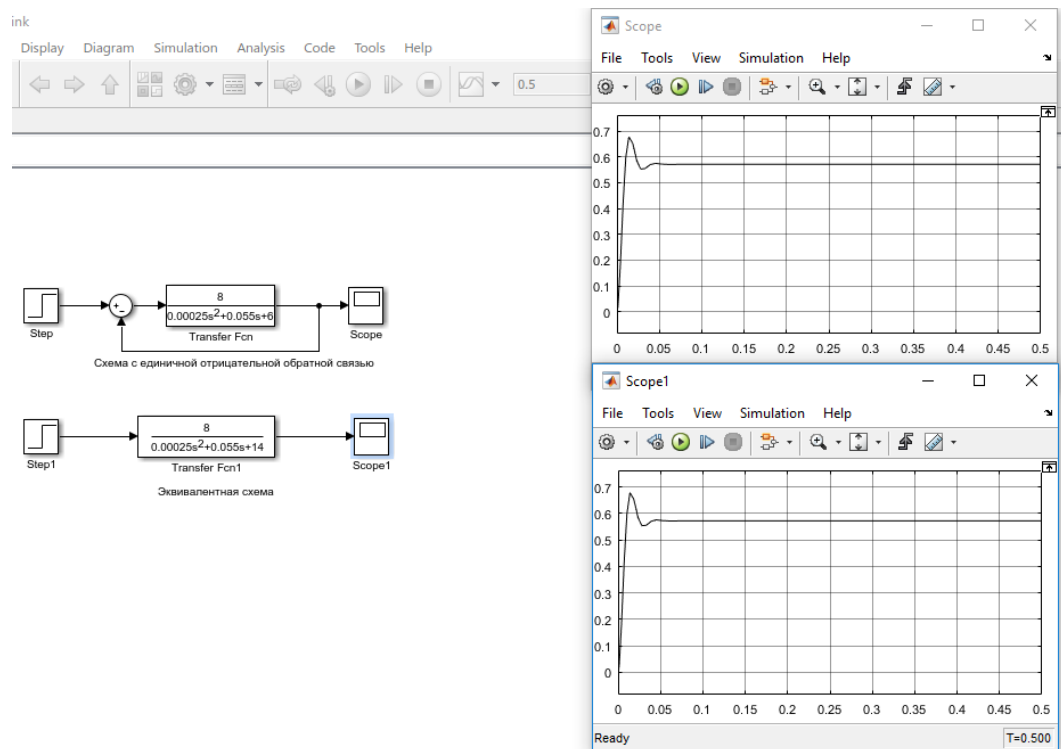
Тұйық схема-бұл жалпы кері байланыс схемасы. Бұл схемада бірлік кері байланыс қолданылады. Осы себепті біз кері байланысы бар эквивалентті G

мәнін нумератордың сандық коэффициентін ашық тізбектің бөлгішіне қосу арқылы таба аламыз (3.5-сурет).

$$G_{\text{ЭКВ}} = \frac{8}{0.0025S^2 + 0.055S + 14} \quad (3.15)$$

Осы графикке қарап (3.5-сурет), жүйенің шамалы тербеліс секірісі бар деп айтуға болады, бұл осы схемада қолданылатын құрылғылардың компенсацияланған әрекетінің салдары. Шамамен 0.04 секундқа тең өте аз уақыт кезеңінен кейін жүйе тепе-теңдік күйіне келеді.

Амплитудалы-жиіліктік сипаттама және фазалы қатынас пен айырмашылық сәйкесінше қарастырылып отырған буынның (немесе жүйенің) амплитудалық-жиілік және фазалық-жиілік сипаттамалары деп аталады. Амплитудалы-жиіліктік сипаттама сілтеменің әртүрлі жиіліктегі сигналдарды қалай өткізетінін көрсетеді. Әр түрлі жиіліктерде қандай артта қалушылық немесе фазалық шығу сигналының алда екенін көрсетеді [6].



3.5-Сурет – Simulink - те тексеру

Нақты және ойдан шығарылған бөліктерді табу. Нақты және ойдан шығарылған бөліктерді табу Фурье операторының көмегімен түрлендірілген беріліс функциясын бөлу арқылы жүзеге асырылады:

$$G_{\text{ЭКВ}} = \frac{8}{0.0025S^2 + 0.055S + 6}$$

$$S = j\omega \quad (3.16)$$

$$G_{\text{ЭКВ}} = \frac{8}{0.0025(j\omega)^2 + 0.055j\omega + 8}$$

Оны квадраттау арқылы бөлгіштегі j -ден құтылайық. Ол үшін бөлшектің алымы мен бөлгішін көбейту керек (0.00025 ω^2 сөз 6 сөз 0.055 $j\omega$):

$$G_{\text{ЭКВ}} = \frac{8(0.0025\omega^2 + 6 - 0.055j\omega)}{(0.0025\omega^2 + 6)^2 + (0.055\omega)^2}$$

$$G_{\text{ЭКВ}} = \frac{0.002\omega^2 + 48 - 0.44j\omega}{(0.0025\omega^2 + 6)^2 + 0.003025\omega^2}$$

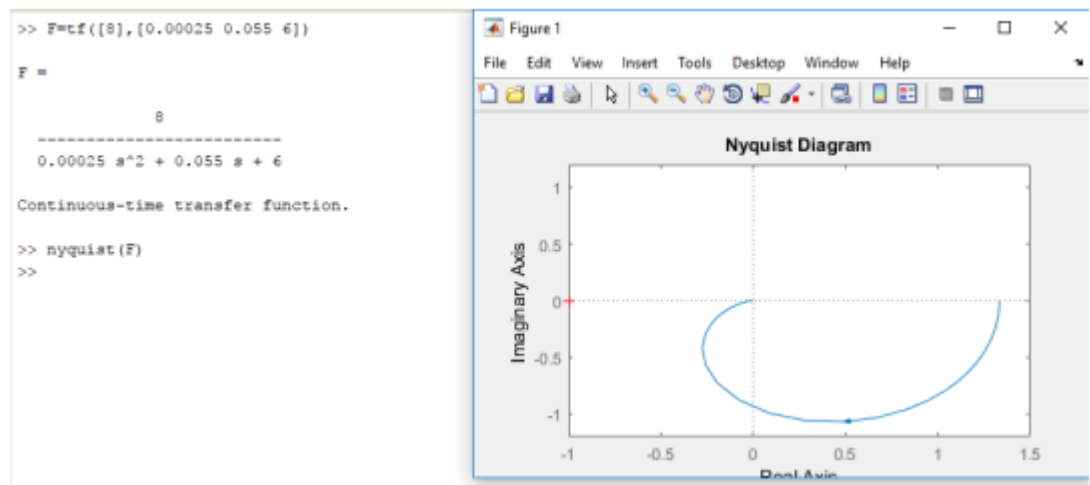
$$G_{\text{ЭКВ}} = \frac{0.002\omega^2 + 48 - 0.44j\omega}{0.0000000625\omega^4 + 0.006\omega^4 + 0.003025\omega^2}$$

$$G_{\text{ЭКВ}} = \frac{0.002\omega^2 + 48 - 0.44j\omega}{0.0000000625\omega^4 + 36 + 0.009025\omega^2}$$

$$Re = \frac{0.002\omega^2 + 48}{0.0000000625\omega^4 + 36 + 0.009025\omega^2}$$

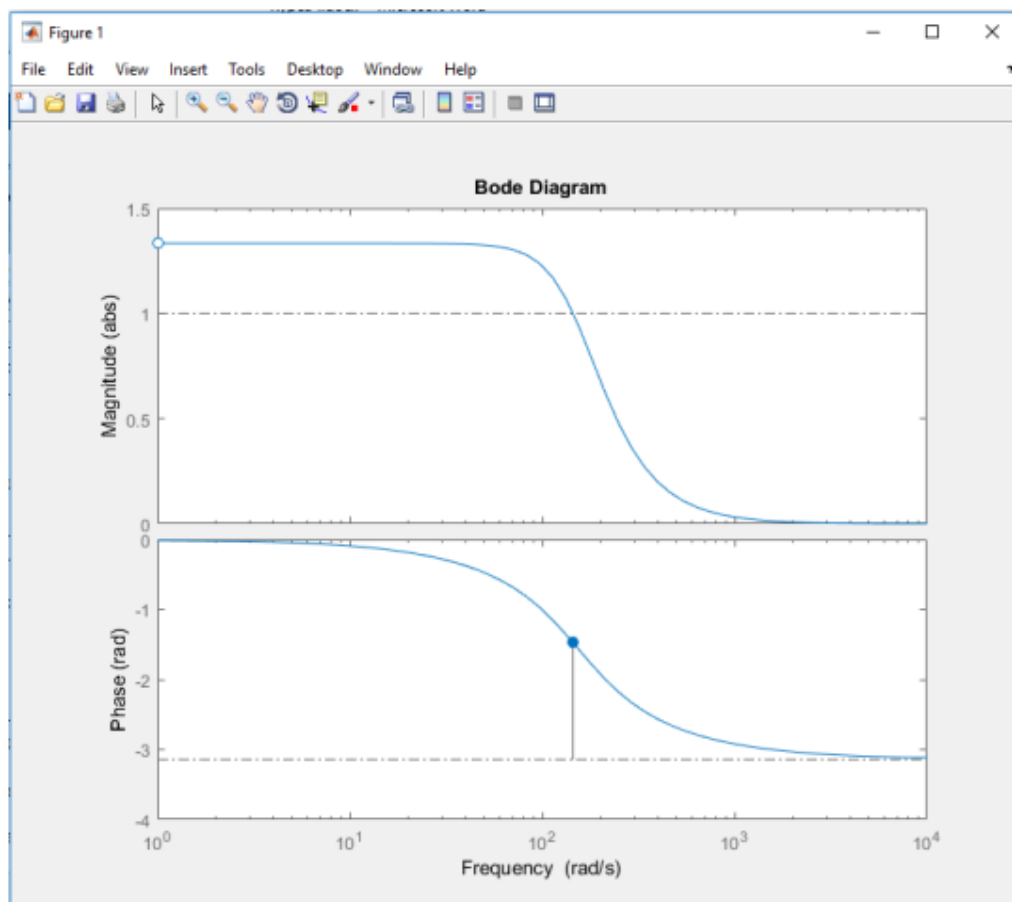
$$M = \sqrt{(Re^2 + Im^2)}$$

$$M = \frac{\sqrt{0.000004\omega^4 + 9.216\omega^2 + 2304 + 0.1936\omega^2}}{0.0000000625\omega^2 + 36 + 0.009025\omega^2}$$



3.6-Сурет-MATLAB-тағы амплитудалы-жиіліктік сипаттама кестесі

3.7-суретте беріліс функциясының сызықтық Амплитудалы-жиіліктік сипаттама және сызықтық фазалы-жиіліктік сипаттама көрсетілген.



3.7-Сурет – MATLAB сызықтық амплитудалы-жиіліктік сипаттама графигі

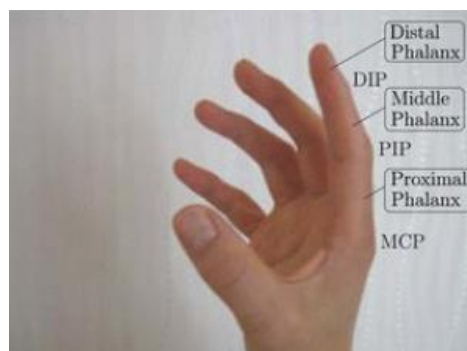
3.7-суретке қарағанда, бірінші ретті апериодтық буынның сызықтық амплитудалы-жиіліктік сипаттама 1.33-ші нүктеден басталады және уақыт өте келе нөлге ұмтылады. сызықтық амплитудалы-жиіліктік сипаттама нөлден басталады және -180 градусқа ұмтылады

3.3 Қолды басқарудың саусақ құрылымы

Робототехника саласында түрлі-түсті сенсорлық экрандар, 3D джойстик сияқты пайдаланушы интерфейстерін енгізу арқылы пайдаланушыға ыңғайлы роботтарды жасау бойынша бірнеше зерттеулер жүргізілді. Бірақ бұл әдістер роботтарды басқару үшін тиімді емес, өйткені олар дәл нәтиже бермейді және баяу жауап беру уақытын қамтамасыз етеді. Соңғы жылдары robot өндірушілері g-ишараны тану тұжырымдамасын қолдана отырып, «адам машинасының интерфейс құрылғысын» жасауға күш салды. Роботтарды басқару үшін жарық негізіндегі тану, көру негізіндегі қимылды тану, саусақ қимылын тану және

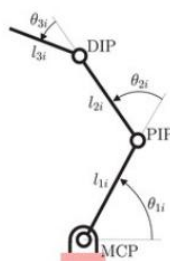
акселерометр негізіндегі қимылды тану сияқты әртүрлі технологиялар әзірленді.[2] Light - жарыққа негізделген тану: роботтарды жарық датчиктерімен Басқару көптеген жағдайларда жүзеге асырылады. Датчиктер кейбір жарық сәулелерін жібереді және олардың бетіне сіңуіне немесе кері шағылысуына қарай оларды бақылайды. Осыған сәйкес робот сызық болуы мүмкін-роботтарды сезуонда қара немесе ақ жолмен жүру керек.Саусақ қимылдарын тану: ол саусақ қимылдарын тану арқылы портативті құрылғымен немесе компьютермен өзара әрекеттесу мүмкіндігін жасауға бағытталған.Алтыншы Сезім Технологиясы: Алтыншы сезім технологиясын 1990 жылы Стив Манн бастаған, ол асамера-мен біріктірілген мойын проекторы немесе басына орнатылған проектор арқылы киілетін есептеу құрылғысын енгізген. Бұл технология қосылыммен интуитивті нәтиже беретін қолданбаларды жобалауды пайдаланадыинтернет.Кейбір мақалалар Икемді Сенсорды, ZigBee және aurdino Uno-ға қосылған 3 Сервоқозғалтқышты пайдалану арқылы роботты қаруды әзірлеуге бағытталған, ол басқарылатын айналмалы өңдеу бағдарламалық құралы мен компьютер тінтуірі болып табылады. Бұл сероботикалық қарулар арзан және оңай қол жетімді, олар қажетсіз сым қосылымын болдырмайды, бұл оның күрделілігін азайтады. Бірақ әлі де жаңа идеялар мен функционалдылықты қосу талабы бар. Мақаланың негізгі мақсаты-пайдаланушы саусақ қимылын пайдаланып роботқа пәрмендер бере алатын жүйені енгізу. Пайдаланушы саусақ пен білек қимылын пайдаланып роботты басқарады немесе шарлайды. Осылайша, робот әскери, өнеркәсіптік,құрылыс алаңдары, медициналық және т. б. сияқты әртүрлі салалардағы жұмыс күшін азайту үшін жасалған.

Роботты қолдың саусақтары мен білектерін жасау үшін біз биомиметикалық оңтайландыруды қолдана отырып, гуманоидты робот саусақтарының тиімді ұзындық дизайнын ұстануымыз керек. Әрбір фаланганың арасындағы бұрыштық қашықтық бірдей болуы керек. Бізбұл бұрышты икемді сенсордың мәніне сәйкес өзгерттік. Тегіс оқу үшін әрбір икемді сенсор үшін жылжымалы орташа мән алынады. Гуманоидты Роботты Биомиметикалық Оңтайландыру қолды жобалау жобасы үшін саусақтың фалангалық параметрлерін тағайындаудың негізгі қадамы болып табылады. Көптеген зерттеушілер саусақтың механикалық қалпына келтіру механизмін қарастыра отырып, фалангальды параметрлерді дұрыс орнатқан сияқты. Параметрлерді орнату оңай болмайтын шығар systematically.In бұл бөлімде біз гуманоидты роботтар мен протездік қолданбалар үшін саусақтың фалангальды ұзындығының параметрлерін анықтау үшін тиімді биомиметикалық оңтайландыру әдісін ұсынамыз. Ол үшін біз қарастырамызадам саусағының құрылымдық ерекшелігі 3.8-суретте көрсетілгендей.



3.8-Сурет – Адам саусағының үлгісі

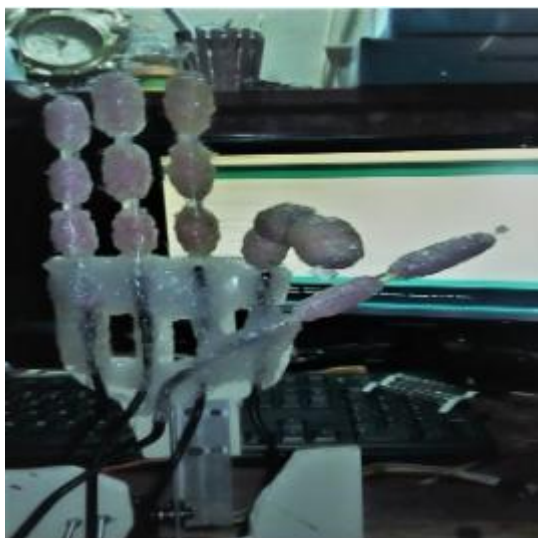
Мұндай адамның қолында әдетте бас бармақ пен төрт саусақ, бес метакарпаль және он төрт фаланг бар. Бас бармақтан басқа әрбір саусақ бір метакарпальды және үш фалангтан тұрады, атап айтқанда проксимальды, ортаңғы және дистальды фалангтар. Бұл фалангтардың ұзындығы проксимальды фалангтан дистальды фалангқа дейін біртіндеп кішірейеді. Метакарпофалангиальды буын (MCP) әрбір саусақ әрекеті үшін негізгі бұрылыс ретінде маңызды рөл атқарады.[4] мұндай саусақтың екі фалангааралық буыны бар, проксимальды фалангааралық (PIP) және дисталинтерфалангальды (DIP). Осылайша, Бас бармақты Қоспағанда, Адам саусақтарын Суретте көрсетілгендей жазық кеңістікте үш буынды роботты саусақ ретінде модельдеуге болады. 2, humanoidrobot қолдары үшін. Іс жүзінде, Суретте көрсетілгендей гуманоидты робот саусағын жасау үшін. 2, жалпы өлшемі және қалаған саусақтың әрбір фалангасының сәйкес ұзындығын оның рөлін ескере отырып анықтау керек.



3.9-Сурет – Роботтың сұқ саусағының үлгісі

Саусақ дизайны саусақ дизайны механикалық құрылым, сенсорлар, электроника, іске қосу және жұмсақ тақталар арасындағы максималды қол жеткізуге болатын интеграцияға бағытталған және құрылымды жеңілдету аясында әрбір саусақ буынының бір сатылы монолитті өндірісіне мүмкіндік береді және соның салдарынан құрастыру күрделілігінің төмендеуі. Саусақтар дистальды, медиальды және проксимальды фалангтардан тұрады, олар дисталинтерфалангальды (DIP) және проксимальды фалангааралық (PIP) буындармен және қызметі екі еселенген негізмен байланысқан: ол 2-DOF метакарпальды (MC) буынды нығайтады және саусақтың алақанмен оңай қосылуына мүмкіндік береді. Бас бармақтың құрылымы басқа саусақтарға

қатысты мүлдем басқаша. Ол басқа саусақтарға қарағанда қысқа және күштірек (адам қолындағыдай) және 2 буыннан, дистальды фалангтан, проксимальды фалангтан және фалангааралық (IP) және метакарпофалангальды (МП) буынмен байланысқан метакарпальды (мп) буыннан және негізден тұрады. алақанның өзімен бірге 2-Дофкарпометакарпальды (СМС) буын. Атап айтқанда, МС, МР және СМС қосылыстарын енгізу жалпы роботтық қолды өндіруді және құрастыруды жеңілдету үшін биологиялық қарсы бөлімнің функционалдығын көрсетуге бағытталған техникалық шешімді білдіреді. [3]



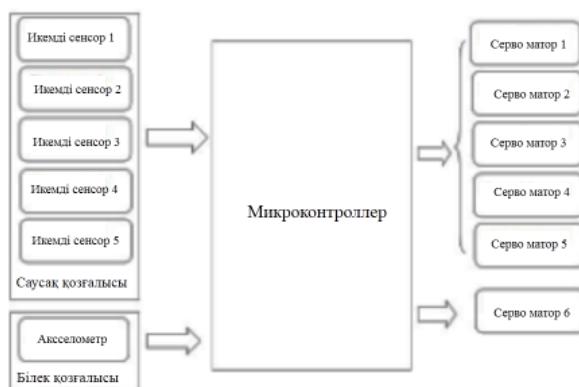
3.10-Сурет – Саусақ жасаудың бірінші кезеңі.

Бүкіл роботтық жүйенің негізгі құрамдас бөлігі ретінде саусақ буындарының дизайнын жеңілдетуге, мойынтіректер немесе басқа ұқсас құрылғылар сияқты механикалық бөлшектерді пайдаланудан аулақ болуға ерекше назар аударылды, бұл сенсорлар мен сіңір желісін біріктіруде қиындықтар тудыруы мүмкін. түйіннің өзіне жақын. жылдамдық реттегіші және дронның басқа элементі жоқ. Дронның барлық элементтерін қосқаннан кейін, біз сымды ілу арқылы ауырлық нүктесіндегі ауырлық центрін өлшедік. Біз орталыққа кәдімгі сымды жалғап, дронды іліп қойдық, содан кейін ауырлық центрін тексердік. Бұл қызықты процесс екені анық дронды теңестіру. [4]

Білек механизмін жүзеге асыру үшін бұрандалар немесе басқа жабдықтар қажет. It 2 DOF, иілу/ұзарту және аддукция/ұрлау қозғалыстарын жүзеге асырады (пронация/супинация қозғалысы содан бері жүзеге асырылмаған, білегі біріктірілген роботты қолдарда ол әдетте шынтак деңгейінде болады), сондай-ақ бұл жағдайда буындар жылжымалы профильдерден тұрады. қолдың механикалық құрылымына зақым келтірмеу үшін шамадан тыс жүктеме кезінде орналасуы мүмкін. Сіңірлер жетектер орналасқан білектен білек арқылы өтетін саусақтарға өтетіндіктен, білек пен сіңір қозғалыстары арасындағы ажырауға қол жеткізу үшін ерекше назар аударылды. Білек пен саусақ қозғалысын ажыратуға мүмкіндік беретін бірнеше техникалық шешімдерді әдебиеттерден табуға

болады, бірақ біздің жағдайда бұл мақсатқа білектің екі ортогональды осі арасында белгілі бір қашықтықты (20 мм) енгізу арқылы қол жеткізілді (бұладамдарда шамамен 5 мм қашықтық) сiңiрдiң екі айналмалы ось арқылы өтуiне мүмкiндiк беру. Сiңiрлерге әсер ететiн үйкелiстi азайту мақсатында жазушының дизайны кезiнде әртүрлi сiңiрлер арасындағы кез келген жанасуды болдырмауға және сiңiрдiң қисаюын азайтуға ерекше назар аударылды. Саусақтар ғана емес, сонымен қатар бiлек сiңiрлер арқылы қозғалады, ал оның актуаторлары бiлекте орналасқан.

3.4 Қолды басқарудың блок схемасы



3.11-Сурет – Жүйенің блок схемасы

Роботтың саусақтарын басқару үшін бес икемді сенсор қолданылады. Датчиктердің бастапқы мәні шулы болды, сондықтан 15 үлгіні ескере отырып, икемді сенсор мәнінің жылжымалы орташа мәнін өлшеді. Роботтың білегінің қозғалысы үшін анакселерометр қолданылады. Ол басқару қолғапының X осі бойынша қозғалысын сезеді. Қол мен қолғаптың негізгі құрамдас бөліктері- қолдың өзі, серволар, Arduino, қолғап және икемді сенсорлар. Қолғап икемді сенсорлармен орнатылған: иілу кезінде қарсылық мәнін өзгертетін айнымалы резисторлар. Олар кернеу бөлгіштің бір жағына, екінші жағында тұрақты мәні бар резисторлармен бекітіледі. Arduino сенсорлар майысқан кезде кернеудің өзгеруін оқиды және пропорционалды мөлшерді жылжыту үшін серверлерді іске қосады. Сервостар саусақтардың қозғалуына мүмкіндік беретін сiңiр қызметiн атқаратын жiптiрдi тартады.

3.5 Қолды басқарудың негізгі аспаптары

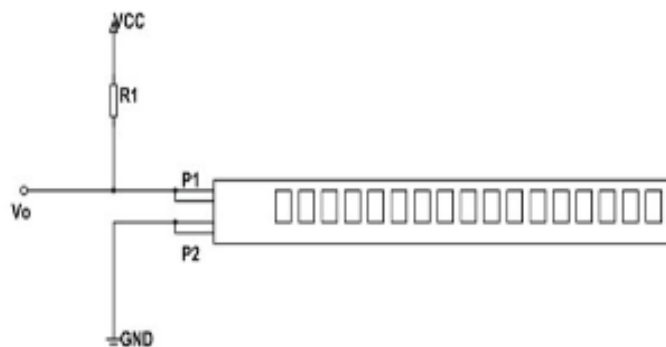
Жабдықтардың тізімі ұшқышсыз ұшуға қажетті аппараттардың қысқаша тізімі берілген.

Кесте 3.2 – Жабдықтар тізімі

№	Жабдықтың атауы	Нөмірі
1	Сервомотор (mg996 металл беріліс қорабы)	6
2	Икемді сенсор	5
3	Ардуино (ATMEGA-2560)	1
4	Акселерометр (MPU6050)	1
5	Қуат Көзі (5В,6А)	1
6	Резистор	(10к)

3.5.1 Икемді Сенсор

Иілгіш сенсор негізінен айнымалы резистор болып табылады, оның терминалдық кедергісі сенсор бүгілген кезде артады. Сондықтан бұл сенсордың кедергісінің жоғарылауы бетіне байланысты linearity. Со әдетте бұл сызықтық өзгерістерді сезіну үшін қолданылады. иілгіш сенсордың беті толығымен сызықты болған кезде оның номиналды кедергісі болады. Ол 45о бұрышпен бүгілгенде, икемді сенсордың кедергісі бұрынғыға қарағанда екі есеге дейін артады. Ал ең жақсысы 90о болғанда, қарсылық номиналды кедергіден төрт есе жоғары болуы мүмкін. Ыңғайлы болу үшін біз осы қарсылық параметрін түрлендіреміз кернеу параметрі.



3.12-Сурет – Кернеу бөлгіш конфигурациясы бар икемді сенсор

3.5.2 Акселерометр

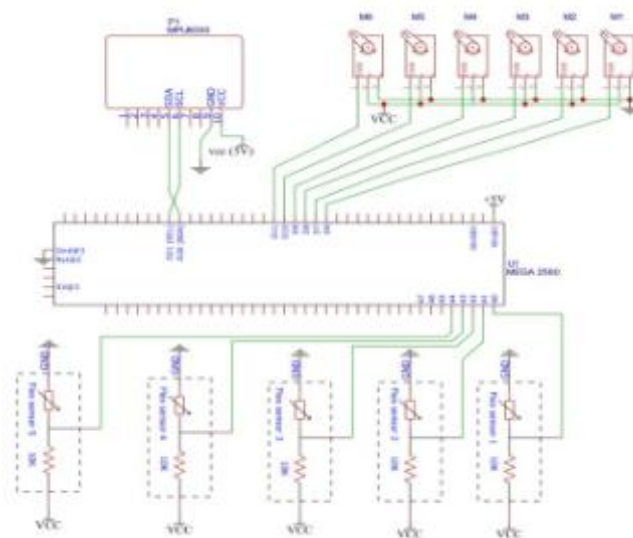
Акселерометрлер-статикалық немесе динамикалық үдеу күштерін сезетін электромеханикалық құрылғылар. Статикалық күштерге ауырлық күші, ал динамикалық күштерге тербелістер мен қозғалыстар кіруі мүмкін. MPU6050, акселерометрдің ішінде сыйымдылық пластиналары бар. Олардың кейбіреулері бекітілген, ал басқалары үдеу күштері әсер еткенде ішке қарай жылжитын шағын серіппелерге бекітілген. Ас бұл пластиналар бір-біріне қатысты қозғалады, олардың арасындағы сыйымдылық өзгереді. Сыйымдылықтың осы өзгерістерінен үдеуді анықтауға болады.



3.13-Сурет – MPU 6050 акселерометрі

3.6 Жобаланған роботты қолдың электрлік сұлбасы

3.14 суретте роботты қолдың электрлік сұлбасы көрсетілген.



3.14-Сурет – Тізбек диаграммасы



3.15-Сурет – Қолғапты басқару.



3.16-Сурет – Роботты қолдың алдыңғы көрінісі

Кесте 3.13 – Нәтижесі

Саусақтардың атауы	Жауап беру уақыты сек.	Проксимальды фалангтан саусақ бұрышы (градус)	Дәлдігі %
Бас бармақ	1	0-110	92,3
Индекс	1,2	0-112	89,8
Ортасы	1	0-115	93,6
Сақина	1	0-120	96,4
Қызғылт	1	0-115	92,1
Білек	1,2	0-60	87,7

Қимылмен басқарылатын робот қолының нәтижесі өте әсерлі. Жауап беру уақыты тез аяқталатындықтан. Біз роботтан көптеген көрсеткіштерді алып, жақсы дәлдікке қол жеткіздік, бұл қанағаттанарлық болды.

ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл жұмыстың мақсатына қол жеткізілді, ол қимылға негізделген роботты қолға арналған аппараттық және бағдарламалық құралды әзірлеу болды. Жүргізілген бақылаулардан ол оның қозғалысының дәл, дәл және басқаруға оңай екенін және пайдаланушыларға ыңғайлы екенін анық көрсетеді. Терботикалық қол сәтті әзірленді, өйткені роботтың қозғалысын дәл басқаруға болады. Қолды басқарудың бұл роботтық әдісі пайдаланушыдан алыс объектілерді орналастыру немесе жинау, қауіпті нысандарды өте жылдам және оңай таңдау және орналастыру немесе осындай тапсырмаларды орындау үшін қабілеттерімізді арттыру сияқты мәселелерді шешеді деп күтілуде.

ПАЙДАЛЫНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Dalibor Petković, Nenad D. Pavlović, (2013)"Compliant multi-fingered passively adaptive robotic gripper", Multidiscipline Modeling in Materials and Structures, Vol. 9 Issue: 4, pp.538-547,
2. Literature review of gesture controlled robot: <https://www.google.com/search?q=litarature+review+of+hand+gesture+controlled+robotic+hand&oq=litarature+review+of+hand+gesture+controlled+robotic+hand>
3. From 3 fingers to 5 fingers dexterous hands. Daniel R. Ramírez Rebollo Icon, Pedro Ponce & Arturo Molina, Special Issue on Advanced Manipulation– Survey Papers 2017.
4. Effective Length Design of Humanoid Robot Fingers Using Biomimetic Optimization. Byoung-Ho Kim. International Journal of Advanced Robotic Systems 12(10):1Follow journal. 2020
5. D. Bright, A. Nair, D. Salvekar and S. Bhisikar, "EEG-based brain controlled prosthetic arm", Proceedings of the Conference on Advances in Signal Processing (CASP), June 2016.
6. D. Đumić, M. Đug and J. Kevrić, "Brainiac's Arm—Robotic arm controlled by human brain", Proceedings of the International Symposium on Innovative and Interdisciplinary Applications of Advanced Technologies (IAT), May 2017.
7. K. Banumalar, "Neural-based control of a prosthetic arm using Matlab" in International Journal of Pure and Applied Mathematics, India, vol. 118, pp. 411-417, 2018.
8. T. Beyrouthy, S. Kork, J. Korbane and M. Abouelela, "EEG mind controlled smart prosthetic arm – A comprehensive study", Advances in Science Technology and Engineering Systems, vol. 2, pp. 891-899, 2017.
9. L. Boyan, "Controlling a 3D printed bionic hand by using brain waves", Master Thesis, August 2018.
10. O. Chinbat and J. Lin, "Prosthetic arm control by human brain", Proceedings of the International Symposium on Computer Consumer and Control (IS3C), 6 – 8 Dec. 2018.
11. S. B. Kalpande, A. R. Thakre, A. Harde, S. Yadav and H. Tembhekar, "Brainwave controlled robotic arm", International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), vol. 4, pp. 1148-1152, 2017.
12. A. Prakash, B. Kumari and S. Sharma, "A low-cost wearable sEMG sensor for upper limb prosthetic application", J. Med. Eng. Technol., vol. 43, pp. 1-13, 2019.
13. D.-C. Oh and Y.-U. Jo, "Classification of hand gestures based on multi-channel EMG by scale average wavelet transform and convolutional neural network", Int. J. Control Automat. Syst., vol. 19, pp. 1443-1450, 2021.
14. M. Laffranchi et al., "The hannes hand prosthesis replicates the key biological properties of the human hand", Sci. Robot., vol. 5, no. 46, 2020.
15. E. Nsugbe, C. Phillips, M. Fraser and J. McIntosh, "Gesture recognition for transhumeral prosthesis control using EMG and NIR", IET Cyber-Syst. Robot., vol. 2, no. 3, pp. 122-131, 2020.

16. A. Krasoulis, S. Vijayakumar and K. Nazarpour, "Multi-grip classification-based prosthesis control with two EMG-IMU sensors", *IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng.*, vol. 28, no. 2, pp. 508-518, Feb. 2020.

Дипломдық жұмысқа

СЫН – ПІКІР

Саинова Зере Амангелдиевна

6B06201 – Телекоммуникация білім беру бағдарламасы

Тақырыбына: «Қол қимылдары арқылы басқарылатын құрылғыны дайындау»

- а) графикалық бөлім 23 бет;
- б) түсініктеме 55 бет.

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Берілген дипломдық жұмыста нәтижелі сенсорды қолдана отырып, қимылмен басқарылатын роботты жобалау және енгізу ұсынылды. Роботты машинаны басқару браслет тәрізді нұсқа қолданылды. Роботты қол қолғаптың көмегімен адамның қол қимылдарын басқару үшін жасалды. Роботты қолдың прототипі құрастырылып, қолдың әр түрлі бағытына орай қол қимылдарына сыналды. Адамның жүйке-бұлшықет жүйесіне және қозғалысты басқарудағы жүйесі мен қозғалыс механизмдеріне жалпылама шолу жасалды. Роботты қолмен басқару жүйесінің сипаттамасы мен принциптері, сонымен қатар технологиялық процесіне жете мән берілген. Қол көмегімен басқарылатын роботтың бағдарламалау жұмысы жасалды. Қол қимылдары арқылы басқарылатын құрылғы жобаланды. Роботтың қолды басқару жүйесінің математикалық моделі және схемасы құрылды. Математикалық модельдің, модальды реттегіштің және бақылау жүйесінің MATLAB ортасында модельдеу де жасалды.

Графикалық және мәтіндік материалдар МСТҚ талабына сәйкес жазылған. Студент Саинова Зере дипломдық жобаны жоғарғы оқу орындарының талаптарына сай және жеткілікті жоғарғы дәрежеде жазылған, алынған нәтижелер – қол қимылдары арқылы берілген роботқа әсер ете отырып, қозғалысқа келтіруге негізделген.

ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ

Жалпы, дипломдық жұмысқа "өте жақсы" (96/А) деп бағалап, ал студент Саинова Зере Амангелдиевнаны 6B06201 – Телекоммуникация білім беру бағдарламасының «техника және технологиялар бакалавры» дәрежесіне лайықты деп санаймын.

Сын-пікір беруші:

Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ доценті м.а.,

Омаров Б.С.

PhD докторы

«28» 05 2024 ж.

Ф КазНУТУ 706-17. Сын-пікір

Тақырыбы: «Қол қимылдары арқылы басқарылатын құрылғыны дайындау»

Саинова Зере Амангелдиевна

6B06201 – Телекоммуникация білім беру бағдарламасы

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ІШКІРІ

Дипломдық жұмыста иілгіш сенсорды қолдана отырып, қимылмен басқарылатын роботты жобалауға арналады.

Роботты машинаны басқару браслет тәрізді нұсқа қолданылды. Роботты қол қолғаптың көмегімен адамның қол қимылдарын басқару үшін жасалды. Роботты қолдың прототипі құрастырылып, қолдың әр түрлі бағытына орай қол қимылдарына сыналды. Роботты қолмен басқару жүйесінің сипаттамасы мен принциптері, сонымен қатар технологиялық процесіне көп мән берілген. Қол көмегімен басқарылатын роботтың бағдарламалау жұмысы жасалды.

Қол қимылдары арқылы басқарылатын құрылғы робот жобаланды. Роботтың қолды басқару жүйесінің математикалық моделі және схемасы құрылды. Математикалық модельдің, модальды реттегіштің және бақылау жүйесінің MATLAB қолданбасында модельдеу жасалды.

Дипломдық жоба бойынша алынған нәтижелер – қол қимылдары арқылы берілген роботқа әсер ете отырып, қозғалысқа келтіруге негізделген.

Студент Саинова Зере өздігінен жұмыс істей алу қабілетін көрсете білді. Жалпы, дипломдық жұмысқа "өте жақсы" (98/А) деп бағалан, ал студент Саинова Зере Амангелдиевнаны 6B06201 – Телекоммуникация білім беру бағдарламасының «техника және технологиялар бакалавры» дәрежесіне лайықты деп санаймын.

Ғылыми жетекші
ҚазҰТЗУ, ЭТЖҒТ
Кафедрасының аға оқытушысы,
PhD докторы

 Досбаев Ж.М.

« 28 » 05 2024 ж.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Саинова Зере Амангелдиевна

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Қол қимылдары арқылы басқарылатын құрылғыны дайындау

Научный руководитель: Сунғат Марқсұлы

Коэффициент Подобия 1: 9.4

Коэффициент Подобия 2: 2.9

Микропробелы: 4

Знаки из других алфавитов: 7

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

28.05.2024
Дата

Заведующий кафедрой



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Саинова Зере Амангелдиевна

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Қол қимылдары арқылы басқарылатын құрылғыны дайындау

Научный руководитель: Сүңғат Марқсұлы

Коэффициент Подобия 1: 9.4

Коэффициент Подобия 2: 2.9

Микропробелы: 4

Знаки из других алфавитов: 7

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

28.05.2024
Дата


проверяющий эксперт

**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагияттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

Автор: Саинова Зере Амангелдиевна

Тақырыбы: Қол қимылдары арқылы басқарылатын құрылғыны дайындау

Жетекшісі: Сұңғат Марқсұлы

1-ұқсастық коэффициенті (30): 9.4

2-ұқсастық коэффициенті (5): 2.9

Дәйексөз (35): 3.9

Әріптерді ауыстыру: 7

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 4

Ақ белгілер: 0

Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :

Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

Негіздеме:

28.05.2024
Күні

Кафедра меңгерушісі

