650500 – Теориялык жана колдонмо механика багыты боюнча философия илимдеринин доктору (PhD) илимий даражасын алуу үчүн У Гуйцзюндун «Иновациялык электр кыймылдаткычына негизделген бут үчүн реабилитациялык роботтун башкаруу алгоритми жана динамикасы» аттуу диссертациясына

АННОТАЦИЯ

1. Диссертациялык иш И.Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университетинин «Механика жана өнөр жай инженериясы» кафедрасында аткарылган.

2. Темасы жана илимий кеңешчилери И.Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университетинин Окумуштуулар кеңеши тарабынан бекитилген (2021-жылдын 24-ноябрындагы №3-протокол).

3. Илимий кеңешчилер:

Дүйшеналиев Туратбек Болотбекович, техникалык илимдердин доктору, профессор, И.Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университети.

Меркурьев Игорь Владимирович, техникалык илимдердин доктору, профессор, Улуттук изилдөө университети «Москва энергетика институту», Москва шаары, Россия.

4. Изилдөөнүн актуалдуулугу.

Инсульттан жана жүлүндүн жаракатынан улам пайда болгон төмөнкү буттардын кыймыл функцияларынын бузулушу бейтаптын кыймыл-аракетин калыбына келтирүүгө жана өз алдынчалуулугуна олуттуу тоскоолдук кылат. Салттуу реабилитация ыкмалары көп эмгекти талап кылат жана баасы жогору. Колдоо көрсөтө алган, багытталган кыймылды камсыз кылган жана жекече башкарууга жөндөмдүү роботту иштеп чыгуу медициналык реабилитациянын сапатын жана жеткиликтүүлүгүн жогорулатуу үчүн маанилүү.

5. Изилдөөнүн максаты

төмөнкү буттар менен белдин кыймылын колдоо жана машыктыруу үчүн адаптивдүү жана интеллектуалдык башкаруу ыкмаларын колдонгон роботтук системаны иштеп чыгуу.

6. Изилдөөнүн милдеттери:

Коюлган максатка жетүү үчүн диссертациялык иште төмөнкү милдеттер аткарылган:

Төмөнкү буттар үчүн реабилитациялык роботтордун азыркы абалы жана өнүгүү тенденциялары боюнча обзор жүргүзүлүп, негизги техникалык талаптар жана көйгөйлөр аныкталды.

Вертикалдуу көтөрүлүү, горизонталдуу жылуу жана белди колдоо модулдары бар көп-эркиндик даражалуу роботтун конструкциясы иштелип чыкты.

Система үчүн кинематикалык жана динамикалык моделдер түзүлдү, бул үчүн Денавит–Хартенберг ыкмасы жана Лагранж теңдемелери колдонулду; нано-смазка колдонуу аркылуу үйкөлүүнү азайтуу эске алынды.

Адмитанс ыкмасына, ПИД жөнгө салууга жана скользящий режимге негизделген бириктирилген башкаруу алгоритмдери ишке ашырылды, бул туруктуу жана жумшак башкарууну камсыз кылат.

Басым жана момент сигналдарынын негизинде бейтаптын ниетин таануучу модуль иштелип чыгып, өзгөртүлгөн бүдөмүк башкаруу методу колдонулду.

Kalman, FIR жана IIR чыпкалары салыштырылып, реалдуу убакыт режиминде сенсордук сигналдарды фильтрациялоо үчүн оптималдуу чечим тандалды.

Эксперименттик үлгү түзүлүп, сыноодон өткөрүлдү, системанын клиникалык шарттарга жакын жагдайларда натыйжалуу иштөөсү ырасталды..

7. Изилдөөнүн илимий жаңылыгы төмөнкүлөрдө чагылдырылган:

Изилдөөнүн алкагында Денавит–Хартенберг ыкмасы жана Лагранж теңдемелери негизинде үйкөлүүнү азайтуучу нано-смазка колдонулган көп звенолуу реабилитациялык роботтун математикалык модели иштелип чыкты. Роботтун туруктуулугун жогорулатуу максатында импеданстык башкаруу, ПИД жөнгө салуу жана скользящий режимди айкалыштырган адаптивдүү бирдиктүү башкаруу алгоритми сунушталды. Алгач ирет көтөрүү колоннасына байланышсыз жумшак тормоздоону камсыз кылган гибриддик вихреток тормозу интеграцияланды. Конструкциянын ишенимдүүлүгүн жогорулатуу үчүн эскирүүгө туруктуу композиттик материалдар (жогорку хромдуу чоюн жана жогорку марганецтүү болот) жана нанотехнологиялар колдонулду. Башкаруу системасы басым жана момент сенсорлорунун сигналдарынын негизинде өзгөртүлгөн бүдөмүк башкаруу ыкмасы менен ишке ашырылды. Kalman, FIR жана IIR чыпкаларын салыштыруу жолу менен реалдуу убакыттагы милдеттер үчүн Калман чыпкасынын артыкчылыгы аныкталды.

8. Практикалык мааниси:

Төмөнкү буттар үчүн иштелип чыккан реабилитациялык робот системасы толук функционалдуу эксперименттик үлгү түрүндө ишке ашырылып, клиникалык реалдуу шарттарга жакын кырдаалда ийгиликтүү сыноодон өттү. Сунушталган техникалык чечимде

көп эркиндик даражалуу конструкция, жумшак тормоздоосу бар гибриддик вихреток тормозу жана бейтап менен ийкемдүү өз ара аракеттенүүнү камсыздаган импеданс, скользящий жана ПИД башкаруу алгоритмдери колдонулган.

Бул система бел омуртка бөлүгүн натыйжалуу жеңилдетүүгө, машыгуу учурунда бейтаптын кыймылын коштоп турууга жана анын реабилитация процессине активдүү катышуусуна шарт түзөт. Сигналдарды фильтрациялоо жана бейтаптын кыймылдык ниетин таануу алгоритмдеринин киргизилиши адам менен машинанын интеллектуалдык өз ара аракеттешүүсүнүн мүмкүнчүлүктөрүн кеңейтет. Алынган натыйжалар медициналык реабилитациялык шаймандарды сериялык түрдө чыгаруу үчүн колдонмолук мааниге ээ болуп, жогорку коммерциялаштыруу мүмкүнчүлүгүнө ээ жана клиникалык практикага киргизүүгө ылайыктуу.

9. Коргоого чыгарылган негизги жоболор:

Вертикалдуу жана горизонталдуу кыймылдаткычтар, белди колдоо механизми жана кыймылдуу платформа менен жабдылган көп эркиндик даражалуу реабилитациялык роботтун конструкциясы сунушталды;

Тышкы бузулуулардын шартында да берилген ылдамдыкты туруктуу жана жылмакай көзөмөлдөөнү камсыз кылган «адмитанс + PID + адаптивдүү скользящий башкаруу» бириккен башкаруу алгоритми иштелип чыкты;

Реалдуу убакыт режиминде бейтаптын ниетин (мисалы, алдыга жылуу, бурулуш ж.б.) таанууга мүмкүндүк берген басым жана момент сенсорлорунун негизинде бүдөмүк башкаруу модулу ишке ашырылды;

Көтөрүү модулунда биринчи жолу авариялык абалдарда коопсуз жана жөнгө салынуучу тормоздоону камсыз кылуучу гибриддик вихреток тормозу колдонулду;

Сколжение багыттоочулары жогорку хромдуу чоюн жана Хэдфилд болотунан жасалган композиттик материалдан даярдалган, бул конструкциянын бекемдигин, ийкемдүүлүгүн жана эскирүүгө туруктуулугун камсыз кылат;

Үйкөлүү коэффициентин азайтып жана динамикалык моделди жөнөкөйлөтүүгө шарт түзгөн наносмазка технологиясы колдонулду;

D-H параметрлери жана Лагранж теңдемелери негизинде түзүлгөн роботтун толук динамикалык модели калыптанып, эксперименталдык түрдө ырасталды.

10. Изилдөөнүн натыйжаларын апробациялоо жана жарыялоо:

Диссертациялык ишти аткаруу маалында автор төмөнкү буттарды реабилитациялоо үчүн роботтун динамикасын моделдөөнүн, башкаруу алгоритмдерин иштеп чыгуунун жана прототип түзүүнүн аралыгында аралык илимий жыйынтыктарга жетишкен. Бул жыйынтыктар бир катар илимий макалаларда жана ойлоп табууга берилген патенттик арыздарда чагылдырылган:

Меркурьев И.В., Дуйшеналиев Т.Б., У Гуйцзюнь, Журавлёв О.В. "Төмөнкү буттар үчүн реабилитациялык роботту скользящий жана адмитанс башкаруу режимдеринин негизинде башкаруу" // *Мехатроника, автоматика и робототехника*. – 2025. – №15. – Б. 33–44. – DOI: 10.26160/2541-8637-2025-15-33-44. *(РИНЦ)*— Иш төмөнкү буттар үчүн реабилитациялык роботту башкаруу ыкмаларын иштеп чыгууга арналган.

Wang F., Guo W., Wu G., Li S. "Hybrid Excitation Rotary Eddy Current Retarderнин тормоздук өзгөчөлүктөрүн изилдөө" // *World Electric Vehicle Journal*. – 2024. – Т.15, №10. – Б. 443. *(Scopus индексациясы)*— Бул макалада көтөрүү колоннасынын төмөнкү бөлүгүнө орнотулган, бейтаптын күтүүсүз кулашында жумшак тормоздоону камсыз кылган гибриддик вихреток тормозунун конструкциясы сунушталган.

Wu G., Merkuryev I.V., Liang Z., Duishenaliev T.B., Yuan G., Guo X. "Ысык прокат ыкмасы менен алынган жогорку хромдуу чоюн/Хэдфилд болот композити: микроструктурасы жана созулуу мүнөздөмөсү" // *Materials Research Express*. – 2025. – Т.12, №2. – Б. 026510. *(Web of Science индексациясы)*— Макалада көтөрүү колоннасы менен белди колдоо модулу ортосундагы скользящий бириктиргичтерде колдонулган композиттик материалдын иштелип чыгышы көрсөтүлгөн.

Yang K., Xiong Y., Wu G., Lin H., Tang J., Wu C., Chen H., Wang Y. "Супермайлоочу касиетке ээ көп өлчөмдүү нано-кошулмалар: трибологиялык жүрүм-турум жана майлоо механизмдери" // *Advanced Materials Interfaces*. – 2024. – 23-декабрь. – Макала №2400796. – DOI: 10.1002/admi.202400796. *(Web of Science индексациясы)*— Бул макалада роботтун көтөрүү модулунда колдонулган супермайлоочу нано-материалдар аркылуу үйкөлүү коэффициентин кескин азайтуунун натыйжалары баяндалган.

Wu Y., Du S., Wu G., Guo X., Wu J., Zhao R., Ma C. "Minimum maximum regularized multiscale convolutional neural network жана анын айлануучу механизмдерди акылдуу бузулуу диагностикасында колдонулушу" // *ISA Transactions*. – 2025. *(Web of Science индексациясы)*

— Бул изилдөөдө бейтап реабилитация учурунда колдонулган көтөрүү модулунун ишенимдүүлүгүн камсыз кылган көп масштабдуу нейротармакка негизделген бузулуу алдын алуу алгоритми сунушталган.

Мындан тышкары, автор Санкт-Петербург шаарында (Россия) өткөн IX Эл аралык илимий-практикалык конференцияга "Мехатроника, автоматизация жана робототехника" катышкан.

Жалпысынан 6 илимий макала жарыяланган, алардын ичинен:3 – *Web of Science* базасында индекстелген,2 – *Scopus* базасында,1 – *РИНЦ* базасында.Мындан сырткары, Кытай Эл Республикасында 2 ойлоп табууга патенттик арыз берилген.Жогоруда көрсөтүлгөн жыйынтыктар бул диссертациянын негизги жоболорунун жана илимий жаңылыгынын өзөгүн түзөт.

11. Негизги сөздөр:

Төмөнкү буттар үчүн реабилитациялык робот; адмитанс башкаруу; скользящий башкаруу; бүдөмүк башкаруу; Калман чыпкасы; наносмазка; вихреток тормозу; электромотордун диагностикасы; композиттик материалдар.