

**«D060300 – Механика» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесіне іздену үшін ұсынылған
Аманов Бекзат Ондасынұлының «Гуманоид тәріздес робот қолының динамикасы және басқаруы» тақырыбындағы
диссертациялық жұмысына ресми**

РЕЦЕНЗЕНТТІҢ ЖАЗБАША ПІКІРІ

р/н №	Өлшемшарттар	Өлшемшарттарға сәйкестігі (жауап нұсқаларының бірін сызу)	Ресми рецензенттің ұстанымына негіздеме (ескертуді курсивпен көрсету)
1.	Диссертация тақырыбының (бекіту күніне) ғылымның даму бағыттарына және/немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкес болуы	1.1 Ғылымды дамытудың басым бағыттарына және/немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкестігі: 1) диссертация мемлекет бюджетінен қаржыландырылатын жобаның немесе нысаналы бағдарламаның аясында орындалған (жобаның немесе бағдарламаның атауы мен нөмірін көрсету); 2) диссертация басқа мемлекеттік бағдарлама аясында орындалған (бағдарламаның атауын көрсету); 3) диссертация Қазақстан Республикасының Үкіметі жанындағы Жоғары ғылыми-техникалық комиссия бекіткен ғылым дамуының басым бағытына сәйкес (бағытын көрсету) келеді.	Докторанттың диссертациялық жұмысының тақырыбы Қазақстан Республикасы Үкіметінің 2023 жылғы 28 наурыздағы № 248 қаулысы бойынша Қазақстан Республикасының Білім және ғылымды дамытудың 2023 - 2029 жылдарға арналған мемлекеттік бағдарламасының «Энергетика және машина жасау» бағытына сәйкес келеді.
2.	Ғылым үшін маңыздылығы	Жұмыс ғылымға елеулі үлесін қосады/қоспайды, ал оның маңыздылығы ашылған/ашылмаған.	Жұмыстың ғылыми маңызы – екі мақсатты б-еркіндік дәрежесі (DOF) гуманоид робот қолын біртұтас кинематикалық, динамикалық және басқару жүйесі ретінде қарастыруынан көрінеді. Автор қашықтан басқарылатын робот-қол мен консульттен кейінгі оңалту жүйесіне ортақ ғылыми-инженерлік платформа ұсынады. Бұл тәсіл

		робототехникадағы дәл траекториялық қозғалыс пен адаммен қауіпсіз физикалық өзара әрекеттесуді біріктіру мәселесіне нақты үлес қосады.
3.	Өзі жазу принципі	Диссертацияда модельдерді шығару, траекторияны жоспарлау әдістерін салыстыру, SolidWorks және MATLAB орталарындағы сандық/3D модельдеу нәтижелері жүйелі түрде берілген. Мәтіннің құрылымы, есептеулер логикасы және жарияланымдармен байланысы жұмыстың авторлық сипатта орындалғанын көрсетеді. Өзектілік – қашықтан басқарылатын сервистік роботтар мен инсульттен кейінгі оңалтудың әлеуметтік, медициналық және инженерлік сұраныстарымен дәлелденген. Автор мәселені бір ғана техникалық құрылғы шеңберінде емес, адамға бағытталған роботтық жүйелерді дамыту контекстінде қарастырады.
4.	Ішкі бірлік принципі	4.1 Диссертация өзектілігінің негіздемесі: 1) негізделген; 2) ішінара негізделген; 3) негізделмеген. 4.2 Диссертация мазмұны диссертация тақырыбын айқындайды: 1) айқындайды; 2) ішінара айқындайды; 3) айқындамайды. 4.3. Мақсаты мен міндеттері диссертация тақырыбына сәйкес келеді: 1) сәйкес келеді; 2) ішінара сәйкес келеді; 3) сәйкес келмейді.

		қолының ерекше жағдайлары мен Якобиан матрицасын талдау, Эйлер–Лагранж динамикасы, траекторияны жоспарлау, есептелген моментті және импеданстық басқару алгоритмдерін негіздеуге дейін жүйелі құрылған. Жұмыстың ішкі логикасы сақталған: алдымен ғылыми-техникалық контекст айқындалып, содан кейін модельдеу аппараты, траекторияны жоспарлау әдістері және басқару заңдары ұсынылады. Қорытындыда алынған нәтижелер диссертация мақсаты мен қорғауға шығарылатын ережелермен үйлестірілген.
	4.4. Диссертацияның барлық бөлімдері мен ережелері логикалық байланысқан: 1) толық байланысқан; 2) ішінара байланысқан; 3) байланыс жоқ.	
	4.5 Автор ұсынған жаңа шешімдер (қағидаттар, әдістер) дәлелденіп, бұрыннан белгілі шешімдермен салыстырылып бағаланған: 1) сыни талдау бар; 2) талдау ішінара жүргізілген; 3) талдау өз пікіріне емес, басқа авторлардың сілтемелеріне негізделген; 4) талдау жоқ.	Автор сызықтық интерполяция, кубтық және бесінші дәрежелі полиномдар, RTP, LTN, адаптивті траектория, есептелген моментті басқару және импеданстық басқару әдістерін қолдану аймағы бойынша салыстырады. Әдістердің артықшылықтары мен шектеулері нақты қолданбаларға – қашықтан басқару мен оңалтуға – қатысты бағаланған.
5.	Ғылыми жаңашылдық принципі	Жаңалық екі мақсатты 6-DOF гуманоид робот қолының тұжырымдамасын, кинематикалық және динамикалық модельдерін, траекторияны жоспарлау әдістерінің қолданбаға тәуелді тандауын және қауіпсіз өзара әрекеттесу үшін импеданстық басқаруды бір жүйеге біріктірумен сипатталады.
	5.2 Диссертацияның қорытындылары жаңа ма?	Қорытындылар робот қолының жұмыс кеңістігі, сингулярлықтары, динамикалық

		1) толығымен жаңа; 2) ішінара жаңа (25-75% жаңа); 3) жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем).	параметрлері, траектория тегістігі және басқару дәлдігі жөніндегі есептеу-модельдеу нәтижелеріне сүйенеді. Олар қашықтан басқару мен реабилитацияға арналған нақты инженерлік сценарийлермен байланыстырылғандықтан, диссертация шеңберінде жаңа ғылыми тұжырым ретінде бағаланады.
		5.3 Техникалық, технологиялық, экономикалық немесе басқару шешімдері жаңа және негізделген бе? 1) толығымен жаңа; 2) ішінара жаңа (25-75% жаңа); 3) жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем).	Басқару шешімдері – есептелген моментті басқару мен импеданстық басқаруды мақсатқа сай үйлестіру, оналту режимдері үшін виртуалды масса, бәсеңдету және қатандық параметрлерін бейімдеп таңдау – ғылыми тұрғыдан негізделген және қолданбалық мәні бар.
6.	Негізгі қорытындылардың негізділігі	Барлық негізгі қорытындылар ғылыми тұрғыдан қарағанда ауқымды дәлелдемелерде негізделген/негізделмеген (qualitative research (күолитатив ресеч) және өнер және гуманитарлық ғылымдар бойынша даярлық бағыттары үшін).	Негізгі қорытындылар классикалық робототехника әдістеріне – Денавит–Хартенберг параметрлеуіне, Якобиан талдауына, Эйлер–Лагранж динамикасына, траекторияны полиномдық жоспарлауға және тұйықталған басқару теориясына сүйенеді. Алынған нәтижелер MATLAB сандық модельдеуімен, SolidWorks инженерлік параметрлерімен және диссертацияда берілген модельдік сценарийлермен расталған.
7.	Қорғауға шығарылған негізгі ережелер	Әрбір ереже бойынша келесі сұрақтарға жеке жауап беру қажет: 7.1 Ереже дәлелденді ме? 1) дәлелденді; 2) шамамен дәлелденді; 3) шамамен дәлелденбеді; 4) дәлелденбеді;	Қорғауға шығарылған ережелердің жиынтық бағасы оң, олар диссертацияның тиісті бөлімдерінде аналитикалық есептеулермен, салыстырмалы талдаумен және MATLAB/SolidWorks модельдеу нәтижелерімен дәлелденген. Ережелер тривиалды емес, өйткені қашықтан басқару

		5) бұл тұжырымда ереженің дәлелденгенін тексеру мүмкін емес.	мен медициналық оңалтуды бір 6-DOF роботтық платформада біріктіруге, траекторияны жоспарлау әдістерін қолданбаға қарай тандауға және дәл позициялық басқаруды қауіпсіз күштік өзара әрекеттесумен үйлестіруге бағытталған. Қолдану деңгейі кең: сервистік робототехника, телеоперация, оңалту робототехникасы және робот қолдарын инженерлік жобалау салаларына таралады. Негізгі нәтижелер автор қатысқан жарияланымдарда, соның ішінде “Ai-Geim” робот қолының кинематикасы мен әлеуметтік гуманоид робот тақырыбындағы еңбектерде көрініс тапқан.
		7.2 Тривиалды ма?	
		1) ия;	
		2) жоқ;	
		3) бұл тұжырымда ереженің тривиалды екенін тексеру мүмкін емес.	
		7.3 Жаңа ма?	
		1) ия;	
		2) жоқ;	
		3) бұл тұжырымда ереженің жаңашылдығын тексеру мүмкін емес.	
		7.4 Қолдану деңгейі:	
		1) тар;	
		2) орташа;	
		3) кең	
		4) бұл тұжырымда ереженің қолдану деңгейін тексеру мүмкін емес.	
		7.5 Мақалада дәлелденген бе?	
		1) ия;	
		2) жоқ	
		3) бұл тұжырымда мақаладағы ереженің дәлелденгенін тексеру мүмкін емес.	
8.	Дәйектілік қағидаты.	8.1 Әдіснаманы тандау – негізделген немесе әдіснама нақты жазылған:	Әдіснама нақты жазылған және зерттеу мақсатына сәйкес таңдалған. Кинематикалық модельдеу, динамикалық теңдеулерді шығару, траекторияны жоспарлау және басқару алгоритмдерін талдау ғылыми аппараттың бірізді жүйесін құрайды.
	Дереккөздер мен ұсынылған аппараттың дәйектілігі	1) ия;	
		2) жоқ.	

	8.2 Диссертация жұмысының нәтижелері компьютерлік технологияларды қолдану арқылы ғылыми зерттеулердің қазіргі заманғы әдістері мен деректерді өңдеу және интерпретациялау әдістемелерін пайдалана отырып алынған:	Нәтижелер қазіргі заманғы компьютерлік технологиялар мен есептеу орталарын қолдану арқылы алынған: SolidWorks ортасында 3D прототип пен инерциялық параметрлер, MATLAB ортасында кинематика, динамика, траектория және басқару модельдері тексерілген.
	1) ия;	
	2) жоқ.	
	8.3 Теориялық қорытындылар, модельдер, анықталған өзара байланыстар және заңдылықтар эксперименттік зерттеулермен дәлелденген және расталған (педагогикалық ғылымдар бойынша даярлау бағыттары үшін нәтижелер педагогикалық эксперимент негізінде дәлелденеді):	Теориялық қорытындылар сандық модельдеу және прототип параметрлеріне сүйенген инженерлік есептермен расталған. Нақты клиникалық сынақтар жұмыстың келесі кезеңіне жатқызылғанымен, диссертация деңгейінде модельдік және есептік растау жеткілікті ұсынылған.
	1) ия;	
	2) жоқ.	Әдеби шолуда гуманоид роботтар, реабилитациялық робототехника, телеоперация, манипуляторлар кинематикасы мен динамикасы, траекторияны жоспарлау және адам–робот өзара әрекеттесуі бойынша кең ауқымды дереккөздер қамтылған.
	8.4 Маңызды мәлімдемелер нақты және сенімді ғылыми әдебиеттерге сілтемелермен расталған / ішінара расталған / расталмаған.	
9	8.5 Пайдаланылған әдебиеттер тізімі әдеби шолуға жеткілікті /жеткіліксіз.	Әдебиеттер тізімі зерттеу тақырыбының пәнаралық сипатын ашуға жеткілікті: робототехника, басқару теориясы, оңалту технологиялары және есептеу модельдеуі бағыттары қамтылған.
	9.1 Диссертацияның теориялық маңызы:	Теориялық маңыздылық 6-DOF гуманоид робот қолының кинематикасын, динамикасын, траекториясын және басқаруын кешенді сипаттайтын
	1) бар;	
	2) жоқ.	

			математикалық аппараттың қалыптастырылуымен анықталады.
		9.2 Диссертацияның практикалық маңызы бар және алынған нәтижелерді практикада қолдану мүмкіндігі жоғары:	Практикалық мәні жоғары – ұсынылған модельдер мен алгоритмдер қашықтан басқарылатын робот-қолды, әлеуметтік сервистік роботтарды және инсульттен кейінгі жоғарғы аяқ-қолды оңалтуға арналған роботтық құрылғыларды әзірлеуде қолданылуы мүмкін.
		1) ия;	
		2) жоқ.	
		9.3 Практикалық ұсыныстар жаңа ма?	Практикалық ұсыныстар нақты қолданбаға бағдарланған: қашықтан басқару үшін RTP/LIN үйлесімі, оңалту үшін адаптивті траектория мен импеданстық басқаруды қолдану, сондай-ақ робот қолының 3D-прототипін жобалау бойынша инженерлік шешімдер ұсынылған.
		1) толығымен жаңа;	
		2) ішінара жаңа (25-75% жаңа);	
		3) жаңа емес (жаңасы 25%-дан кем).	
10.	Жазу және ресімдеу сапасы	Академиялық жазу сапасы:	Жұмыс ғылыми стильде жазылған, құрылымы дәстүрлі диссертациялық талаптарға сәйкес келеді. Терминологиялық аппарат, глоссарий, формулалық аппарат, модельдеу нәтижелері және қорытындылар жүйелі берілген. Жекелеген техникалық-редакциялық түзетулер қажет болғанымен, олар жұмыстың ғылыми мазмұны мен негізгі нәтижелеріне әсер етпейді.
		1) жоғары;	
		2) орташа;	
		3) орташадан төмен;	
		4) төмен.	
11.	Диссертацияға ескертулер	Ескертулер бар, бірақ олар диссертацияның ғылыми нәтижелерінің мәнін төмендетпейді	1. Кіріспеде зерттеу тақырыбының мемлекеттік ғылыми-техникалық басымдықтармен байланысын нақты құжат атауларымен қысқаша күшейту ұсынылады. 2. Мәтінде “реабилитация” және “оңалту”, “робот қол” және “робот-қол” сияқты терминдерді біріздендіріп, кейбір

			техникалық-редакциялық тұстарды қайта қараған жөн. 3. Болашақ зерттеулерде күш-момент датчиктерімен нақты эксперименттерді, клиникалық-оңалту сценарийлерін және импеданс параметрлерін онлайн бейімдеу әдістерін кеңейту пайдалы болады. Көрсетілген ескертулер ұсыныстық сипатта және тұтастай алғанда жұмыстың құндылығын төмендетпейді, сондай-ақ оң қорытынды беруге кедергі келтірмейді.
12.	Докторант мақалаларының зерттеу тақырыбы бойынша ғылыми деңгейі (диссертация мақалалар сериясы нысанында қорғалған жағдайда ресми рецензенттер докторанттың зерттеу тақырыбы бойынша әр мақаласының ғылыми деңгейін зерделейді)	Докторанттың жарияланымдары зерттеу тақырыбына сәйкес және ғылыми деңгейі жеткілікті	Диссертация нәтижелері Халықаралық және Республикалық ғылыми ортада апробацияланған. Атап айтқанда, “Social Humanoid Robot Ai-Gerim” (IEEE ICIEA 2025), “Kinematics of the Ai-Gerim Robot Arm” (Mechanisms and Machine Science Conference, 2022), сондай-ақ реабилитациялық робототехника және басқару мәселелеріне жақын 2024 жылғы Retos және Engineered Science басылымдарындағы еңбектер жұмыстың негізгі ғылыми бағытымен мазмұндық байланыста. Жарияланымдар докторанттың робототехника, кинематика, басқару және оңалту технологиялары салаларындағы ғылыми даярлығын көрсетеді.
13.	Ресми рецензенттің шешімі (осы Үлгі ереженің 28-тармағына сәйкес)	1) философия докторы (PhD) дәрежесін беру	Аманов Бекзат Ондасынұлының «Гуманоид тәріздес робот қолының динамикасы және басқаруы» тақырыбындағы диссертациялық жұмысы өзектілігі, ғылыми жаңалығы, теориялық және практикалық маңызы, алынған нәтижелерінің негізділігі және жарияланымдармен апробациялануы

		бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін беру талаптарына сәйкес келеді. Сондықтан докторант Аманов Бекзат Ондасынұлына «6D060300 – Механика» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін беруді ұсынамын.
--	--	---

Ресми рецензенттер пікірлерінде келесі шешімдердің бірін көрсетеді:

- 1) философия докторы (PhD) немесе бейіні бойынша доктор дәрежесін беру;
- 2) диссертацияны пысықтауға жіберу (диссертация мақалалар сериясы нысанында қорғалған жағдайлардан басқа);
- 3) философия докторы (PhD) немесе бейіні бойынша доктор ғылыми дәрежесін беруден бас тарту

Ресми рецензенттер пікірлерінің көшірмелері докторантка диссертация қорғауға дейін кемінде 5 (бес) жұмыс күнінен кешіктірілмей беріледі.

Ресми рецензент:
Satbayev University
 қауымдастығырылған профессоры, PhD



Рахметова Перизат Маратқызы