

АҢДАТПА

6D070200 – «Автоматтандыру және басқару» мамандығы бойынша «философия докторы» (PhD) ғылыми дәрежесін алу үшін диссертациясы

ҚҰСАЙЫН-МҰРАТ ӘСЕЛ ТҮГЕЛБАЙҚЫЗЫ

«КҮРДЕЛІ ГЕОМЕТРИЯЛЫҚ ФОРМАЛЫ ОБЪЕКТІЛЕРДІ 3D СКАНЕРЛЕУ ҮШІН РОБОТ-МАНИПУЛЯТОР ҚОЗҒАЛЫСЫН АВТОМАТТЫ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІН СИНТЕЗДЕУ»

Бұл зерттеудің негізгі идеясы: диссертациялық жұмыс күрделі геометриялық пішіндегі нысандарды 3D сканерлеу үшін робот-манипулятордың қозғалысын автоматты басқару жүйесін синтездеуге арналған, содан кейін сол робот-манипулятордың көмегімен жабындарды плазмалық бүрку жүргізіледі. Қаптамаларды плазмалық бүрудің технологиялық операциясын орындайтын роботты басқару үшін робот траекториясының дайын моделін пайдалану немесе жаңа нақты үлгісін жасау және оны роботқа түсінікті пішінде орнату қажет. Диссертациялық жұмыста роботқа бекітілген қашықтық датчиктерінің көмегімен объектіні роботты сканерлеуді алдын-ала жүргізу және сканерлеу деректері бойынша объектінің 3D моделін алу ұсынылады, содан кейін роботтың қолы оған бекітілген плазмотронмен қозғалады. Нысанды сканерлеу процедурасын жүйелі түрде жүргізетін робот-манипулятордың жұмыс құралының траекториясын жоспарлау, содан кейін оны плазмалық ағынмен өңдеу, сонымен қатар осы екі процесте де манипулятор байланыстарының үйлесімді қозғалысын қамтамасыз ету, оның ішінде әртүрлі сілтемелердің жылдамдығы мен үдеуін үйлестіру осы зерттеудегі негізгі басқару міндеттері болып табылады. Басқарудың бұл міндеттері екі деңгейде шешіледі. Бірінші деңгейде басқару автоматты басқару теориясының әдістерін қолдана отырып, байланысты басқару жүйесін синтездеу арқылы жүзеге асырылады. Екінші деңгейде басқару робот контроллерін бағдарламалау арқылы жүзеге асырылады, ол үшін 3D сканерлеу процедурасын орындайтын роботты басқару алгоритмдері жасалады, содан кейін траекторияны жоспарлау және сканерлеу нәтижесінде салынған 3D моделі бойынша роботты жылжыту бағдарламасын автоматты түрде құру.

Түйін сөздер: басқару жүйесін синтездеу, 3D сканерлеу, 3 D модельдік нысандар, робот-манипулятордың жұмыс құралы, байланыссыз қашықтық сенсорлары, траекторияны жоспарлау, жабындарды плазмалық бүрку.

Өзектілігі. Робот-манипулятордың қозғалысын басқару және оның траекториясын жоспарлау мәселесін шешуге жақында көптеген зерттеулер арналды, ең өзекті бағыттардың бірі - робот-манипуляторды роботпен өңделетін бұйымның моделін қайта жасау үшін 3D-сканерлеу жүйесінің негізгі компоненті ретінде пайдалану. Өнеркәсіптік роботтарға негізделген

3D сканерлер сапаны бақылау жүйелерінде, автоматты орау желілерінде, құрастыру жүйелерінде және т.б. қолданылады, оларды қолдану саласы уақыт өте келе тұрақты түрде кеңеюде. Қазіргі уақытта робот - манипуляторлар плазмалық тозаңдату операциялары үшін тәжірибелі өндірістік учаскелер мен зертханаларда қолдана бастады, бірақ роботты плазмалық тозаңдандыру технологияларын өнеркәсіптік енгізу бүрку процесінің ерекшелігіне байланысты қиындықтарға байланысты қиын (мысалы, медицинаға термиялық плазмалық бүрку технологияларын қолдану-бұл процестердің дәл дәлдігін қамтамасыз етуді қажет ететін инновациялық міндет био-үйлесімді материалдарға қатысты), сондай-ақ робот-манипуляторларды басқару мәселелерімен байланысты.

Жаңа 3D қайта құру алгоритмдерін қолдана отырып, күрделі геометриялық пішіндегі нысандарды 3D сканерлеу міндеттері үшін робот-манипулятордың қозғалысын автоматты басқару жүйесін синтездеудің жаңа әдісін әзірлеу және сынақтан өткізу – сканерленген нысандардың модельдері мен роботтың траекториясын жоспарлау күрделі геометриялық пішіндегі объектілерді 3D сканерлеудің роботты жүйесін құруға мүмкіндік береді, кейіннен плазматронды объектінің қайта жаңартылған 3D моделі бойымен жылжыту арқылы плазматронды технологиялық операцияларды орындау үшін, сызықтық қозғалыс жылдамдығы және объектінің бетіне дейінгі қашықтық сияқты негізгі параметрлерді дәл сақтай отырып, қолданыстағы шешімдермен салыстырғанда артықшылықтар береді.

Диссертация тақырыбы АКТ саласындағы ғылымның басым бағытына және «Цифрлық Қазақстан» Мемлекеттік бағдарламасына сәйкес келеді. Диссертациялық жұмыс Ақпараттық, телекоммуникациялық және ғарыштық технологиялар, жаратылыстану ғылымдары саласындағы ғылыми зерттеулер» басымдығы бойынша ҚР БжҒМ Ғылым комитетінің 2018-2020 жылдарға арналған гранттық қаржыландыруымен № AP05130525 «Күрделі нысандағы ірі габаритті бұйымдарды плазмалық өндеуге және кесуге арналған зияткерлік роботтандырылған жүйе» жобасының шеңберінде орындалған, жоба жетекшісі ф.-м. ғ. д., профессор д. л. Алонцева.

Зерттеу объектісі болып диссертациялық жұмыстың сканерленген объектілердің бетіне жабындарды 3D сканерлеу және плазмалық бүрку операцияларын дәйекті түрде орындайтын өнеркәсіптік робот-манипулятордың қозғалысын автоматты басқару жүйесі табылады.

Зерттеу пәні күрделі геометриялық пішіндегі объектілерді 3D сканерлеу міндеттеріне арналған робот-манипулятордың қозғалысын автоматты басқару жүйесін синтездеу және сканерленген объектілердің бетіне жабындарды 3D сканерлеу және плазмалық бүрку операцияларын дәйекті орындайтын өнеркәсіптік робот-манипуляторды басқару алгоритмдері болып табылады.

Зерттеу мақсаты: робот-манипулятор және роботқа орнатылған жанаспайтын датчиктер негізінде 3D сканерлеу жүйесін синтездеу, модельдік және нақты объектілерде роботталған 3D-сканерлеу жүйесін апробациялау.

Зерттеу міндеттері:

1) 3D-сканерлеу алдындағы өнеркәсіптік бұйымдарды плазмалық өңдеу процестерінің ерекшелігін ескере отырып, ашық әдеби көздерді шолу негізінде роботтандырылған сканерлеу жүйелерін әзірлеу, пайдалану және оларды басқару жүйелерін синтездеу проблемаларының қазіргі жай-күйін талдау.

2) Нысанның динамикасы мен бұзылыстарын өтеу алгоритміне негізделген робот-манипуляторды автоматты басқару жүйесін синтездеу әдістемесін жасау және автоматты басқару жүйесінің таңдалған параметрлеріне сәйкес роботты басқаруға арналған бағдарламалық жасақтаманы әзірлеу.

3) Өнеркәсіптік өнімнің бетін 3D сканерлеу процедурасын орындайтын робот-манипуляторды басқару алгоритмдерін жасау.

4) Робот-манипулятор базасында, модельдік және нақты объектілерде роботқа орнатылған жанаспайтын датчиктер негізінде әзірленген 3D сканерлеу жүйесін апробациялау.

Негізгі зерттеу әдістері: автоматты басқару теориясы мен сызықтық алгебра әдістері, математикалық компьютерлік модельдеу, симулятор бағдарламасындағы басқару алгоритмдерін тестілеу және модельдік объектілерде сканерлеу әдістемесі, заттай эксперимент: соңғы өнімге (жабынға) қойылатын талаптар тұрғысынан нәтижені бағалай отырып, тәжірибелі өндірістік учаскеде нақты сканерлеу объектілерін 3D - сканерлеу және плазмалық өңдеу.

Қорғауға ұсынылған ғылыми ережелер:

1) құрал мен робот-манипулятор байланысының осы бағыттағы қозғалысты автоматты басқару жүйесін объектінің динамикасы мен бұзылыстарын өтеу алгоритміне негізделген синтездеу;

2) робот-манипулятор базасында жаңа 3D сканерлеу жүйесінің модельдік, нақты объектілерінде және роботқа орнатылған жанаспайтын қашықтық датчиктерін әзірлеу және тестілеу нәтижелері.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы алғаш рет жасалуында:

1) құрал мен робот-манипулятор байланысының осы бағыттағы қозғалысты автоматты басқару жүйесінің синтезі объектінің динамикасы мен бұзылыстарын өтеу алгоритмі негізінде жүзеге асырылады;

2) Kawasaki өнеркәсіптік робот-манипуляторының жылжу бағдарламасын құруды қамтамасыз ететін басқару алгоритмі әзірленді, ол 3D сканерлеу процедурасын сканерлеу процесінің берілген параметрлері бар байланыссыз лазерлік қашықтық сенсорымен (қадам, жылдамдық, траекторияның өту) орындайды.;

3) қолданыстағы шешімдермен салыстырғанда технологиялық процестерді дәл орындаудың артықшылықтары бар, күрделі геометриялық пішіндегі объектілерді кейіннен плазмалық бұркумен 3D сканерлеу міндеттерін орындайтын робот-манипулятордың қозғалысын автоматты басқару жүйесінің модельдік және нақты объектілерінде апробациялау нәтижелерінің жиынтығы алынды.

Басылымдар. Диссертациялық жұмыс тақырыбына барлығы **14** жұмыс жарияланды, оның ішінде: **4**-Комитет ұсынған басылымдарда; 4-Scopus базасында индекстелетін және CiteScore бойынша процентилі бар және (немесе) Web of Science Core Collection, Clarivate Analytics ақпараттық компаниясының деректерінде индекстелетін және (немесе) нөлдік емес импакт-факторы бар халықаралық рецензияланатын журналдарда, **5** халықаралық конференциялардың еңбектерінде және 1 авторлық құқық объектісіне мемлекеттік тіркеу туралы куәлік.

Әрбір жарияланымды дайындауға қосқан үлесі зерттеу тақырыбы бойынша ашық әдеби дереккөздердің деректерін талдауда, модельдерді әзірлеу мен апробациялауда, эксперименттік нәтижелерді алу мен сипаттауда, қорытындыларды дайындау мен талқылауда, сондай-ақ семинарлар мен конференцияларда ғылыми нәтижелерді ұсыну мен талқылауда болды.

Диссертациялық жұмыстың негізгі нәтижелері 5 халықаралық конференцияларда баяндалып, талқыланды:

1) 11th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS), 22 - 24 қыркүйек 2021 ж., Краков қ., Польша (онлайн);

2) 14th International Symposium on Applied Informatics and Related Areas, 14 қараша 2019 ж., Секешфехервар қ., Венгрия;

3) Студенттердің, магистранттардың және жас ғалымдардың «Қазақстанның инновациялық дамуының жас шығармашылығы» VII Халықаралық ғылыми-техникалық конференциясы, 8, 9 сәуір 2021 ж., Өскемен қ., Қазақстан;

4) Communications in Computer and Information Science (CITech-2018), 12 -13 қыркүйек 2018 ж., Өскемен қ., Қазақстан;

5) Global Science and Innovations 2018: Central Asia», 7 желтоқсан 2018 ж. Астана қ., Қазақстан.

Диссертацияда, сондай-ақ зерттеу тақырыбы бойынша мақалаларда дәлелденген негізгі ғылыми нәтижелер жатады:

1) Реттелетін айнымалылардың саны басқару әсерінің санына тең болатын бір және көп өлшемді басқару объектілері үшін қолданылатын объект пен бұзылулардың динамикасын өтеу әдісімен басқару жүйесін синтездеудің әмбебап алгоритмі. Алгоритмнің негізіндегі әдіс барлық сыртқы аддитивті әсерлерді және басқару объектісінің динамикасын осы объектінің кері математикалық моделі арқылы анықтамалық сүзгілерге дәлдікпен өтеуге негізделген. Алгоритмнің дәйекті қадамдарын талдау объектінің құрылымы мен параметрлері олардың есептелген мәндеріне тең болған жағдайда алынған жүйенің динамикалық қасиеттерін және сигналдардың өтемақы сапасын анықтауға мүмкіндік береді.

2) 3D сканерлеу процедурасын орындау үшін Kawasaki өнеркәсіптік робот-манипулятордың қозғалу бағдарламасын құруды қамтамасыз ететін басқару алгоритмі, жұмыс робот құралын (байланыссыз қашықтық датчигі) жылжыту бағдарламасын құру манипулятордың жұмыс құралын (лазерлік

кашықтық датчигі) берілген қисық сызықты траектория бойынша жазықтықта берілген сканерлеу процесінің параметрлері бар (қадам, жылдамдық, траекторияның өту) қозғалысын қамтамасыз етеді;

3) Қолданыстағы шешімдермен салыстырғанда технологиялық процестерді дәл орындаудың артықшылықтарына ие, күрделі геометриялық пішіндегі объектілерді кейіннен плазмалық бұркумен 3D сканерлеу міндеттерін орындайтын робот-манипулятордың қозғалысын автоматты басқару жүйесінің модельдік және нақты объектілеріндегі апробациялау нәтижелерінің жиынтығы.

Диссертацияның практикалық маңызы бар:

- диссертация нәтижелері Д. Серікбаева атындағы ШҚТУ-дың оқу процесіне енгізілді. «Автоматтандыру және басқару» білім беру бағдарламасына пәндерді оқыту үшін қолданылады: «Автоматты реттеудің сызықты емес жүйелері» және «Математикалық модельдерді құрудың эксперименттік-статистикалық әдістері» (АКТ 30.11.21 оқу процесіне ҒЗЖ енгізу туралы);

- ЖК «Абакумов С.А.» өнеркәсіптік бұйымға (щектік ұсатқышқа) өндірістік сынақтар жүргізілді, оның бетіне алдын ала 3D-сканерлеу нәтижесінде алынған бұйымның 3D-моделі бойынша жылжитын робот - манипуляторды пайдалана отырып жабын жағылды, тозған бетінің плазмалық жабыны бар щектік ұсатқыштың плитасының қызмет ету мерзімінің ұлғаюын растайды (ЖК «Абакумов С.А.», 01.10.2020 № 1 өндірістік сынақтар актісі).

Практикаға енгізу үшін мыналар ұсынылады: авторлық құқық объектісіне мемлекеттік тіркеу туралы 2019 ж. 15 қазандағы № 5803 куәлік. Объектінің түрі: ЭЕМ-ге арналған бағдарлама. Нысанның атауы: «Бір буынды робот-манипуляторды басқару алгоритмінің коэффициенттерін есептеу» авторлары: Д.Л. Алонцева, Г. К. Шадрин, **Құсайын-Мұрат Ә. Т.**

Диссертацияның құрылымы мен көлемі. Диссертация кіріспеден, 4 бөлімнен, қорытындыдан, қорытындыдан, 171 атаудан құралған әдебиеттер тізімінен тұрады, диссертация компьютерлік мәтіннің 119 бетінде баяндалған, 44 сурет, 3 кесте және 4 қосымшадан тұрады.