И. АРАБАЕВ АТЫНДАГЫ КЫРГЫЗ МАМЛЕКЕТТИК УНИВЕРСИТЕТИ

И. РАЗЗАКОВ АТЫНДАГЫ КЫРГЫЗ МАМЛЕКЕТТИК ТЕХНИКАЛЫК УНИВЕРСИТЕТИ

Д.05.18.584 Диссертациялык Кеңеши

Кол жазма укугунда

УДК: 681.5.013: 625.031 (043.3)

Кадыркулова Кыял Кудайбердиевна

БЕРИЛГЕН ТРАЕКТОРИЯ БОЮНЧА ОБЪЕКТИНИН БАШКАРУУ СИСТЕМИН СИНТЕЗДӨӨ

техника илимдеринин кандидаттык даражасына диссертациянын

Авторефераты

05.13.06 – “Технологиялык жана ёндүрүштүк процесстерди автоматташтыруу жана башкаруу” адистиги

Бишкек 2019

Иш И. Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университетинде аткарылган

Илимий жетекчи:	**Батырканов Ж.И.,** И. Раззаков атындагы «Автоматикалык башкаруу» кафедрасынын башчысы, техника илимдеринин доктору, профессор
Официалдык оппоненттер:	**Айтчанов Б.Х.,** Сулейман Демирель атындагы университетинин «Компьютердик илимдер» кафедрасынын профессору, техника илимдеринин доктору
	Жолдошов Т.М., Ош мамлекеттик университетини «Информатика» кафедрасынын доценти, техникалык илимдердин кандидаты
Баштоочу организация:	К.И Скрябин атындагы Кыргыз мамлекеттик агрардык университети, 720005, Бишкек шаары, Медеров кёчёсщ, 68

Кандидаттык диссертацияны коргоо 2019 жылдын 28-июнунда, саат 16.00, Д.05.18.584 Диссертациялык кенештин отурумунда, төмөнкү адресте өтөт: 720026, Бишкек шаары, И. Раззаков 51 кёчёсщ, И. Арабаев атындагы университети, №2 корпус, конференц залында, веб-сайт: www.arabaev.kg.

Диссертация менен И. Арабаев атындагы КМУ жана И. Раззаков атындагы КМТУ китепканаларынан төмөнкү адресте таанышса болот: 720026, Бишкек шаары, И.Раззаков 51 кёчёсщ жана 720044, Бишкек шаары, Айтматов проспектиси 66

28 - майда 2019 ж. Автореферат таркатылган

Диссертациялык кенештин
окумуштуу катчысы,
т.и.к., доцент Н.А. Исраилова

ИШТИН ЖАЛПЫ МҮНӨЗДӨМӨСҮ

Диссертациялык иштин темасынын актуалдуулугу. Бүгүнкү күндө көпчүлүк технологиялык процесстерди автоматташтыруу тармактарында кыймылдын берилген программасы боюнча, ар кандай аткаруучу механизмдердин башкаруу маселеси коюлууда.

Бул биринчи кезекте, ёнёр-жайлык манипуляторлордун иштёёчщ органдарды, берилген траекторияларынын негизинде кыймылга келтирщщ.

Экинчиден, бул берилген траекториялар боюнча 3D-принтердин басуучу органдарын кыймылга келтирщщ.

Базардык экономика шарттарында, иштеп чыгарылуучу буюмдун бир номенклатурасын чыгаруудан, экинчисине тездик менен ётщщ, ошондой эле майда сериялуу жана дагы бир сандагы ёндщрщщ иш жщзщнё ашырылып жатат. Мындай ёндщрщштщн технологиясы роботтук техникалык комплекстеринин, кийинки убактарда 3D-технологиясын колдонуунун жана пайдалануунун негизинде жщргщзщлщп жатат. Мындай ёндщрщштщ уюштуруу технологиясы Кыргызстандын экономикасы щчщн абдан пайдалуу жана актуалдуу.

Бщгщнкщ кщндё, берилген траекториялар боюнча башкарылуучу объектилердин кыймылын иш жщзщнё ашыруу боюнча, башкаруунун закондорун синтездёёнщн универсалдык, ошол эле убакытта эффективдщщ методдору жокко эсе. Азыркы убакытка аздыр, кёптщр тапшырылган кыймылдарды иш жщзщнё ашыруу маселелери чечилген, ошондо да башкаруунун сызыктуу обьектиси каралып жатканда жана кыймылдын берилген траекториясы аналитикалык формада жазылып жатканда.

Кёпчщлщк учурларда практика жщзщндё, ёндщрщштщк роботторду башкаруунун системасын тщзщщ учурларында да, 3D-принтерлерин колдонгон учурларда дагы, кыймылдын берилген траекторияларын аналитикалык жактан жазып чыгуу абдан татаал.

Бул 3D-технологиясы менен даярдалып жаткан деталдын формасын кёпчщлщк убакта аналитикалык жактан жазып чыгуу мщмкщн болбогондугу менен байланыштуу. Роботтук техникада кийинки муундагы роботторду (контурдук адаптивдик, интеллектуалдык) пайдаланганда, манипулятордун кыймылынын тракториясын аналитикалык жазып чыгуу дагы абдан оор.

Ошондуктан, практикалык жана ошондой эле теориялык аспектисинде дагы кыймылдын алдын ала берилген траекториясы боюнча, обьектилердин кыймылын иш жщзщнё ашырууда, башкаруунун закондорун синтездёёнщн жаъы эффективдщщ методдорун иштеп чыгуу, абдан **актуалдуу** болуп турат.

Жогорку айтылгандарга байланыштуу бул диссертациялык изилдёёдё кыймылдын берилген траекториялары боюнча обьектилердин кыймылын иш жщзщнё ашыруу боюнча, башкаруунун закондорунун синтездёёнщн жаъы ыкмалары иштеп чыгарылды.

Диссертациянын темасынын илимий программалар жана илимий – изилдёё иштери менен байланышы.

Иш И. Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университетинде университеттин мамбюджеттик ИИИ жана 2011-2017-жж КР ББ ж ИМ гранттык проектилеринин негизинде жщргщзщлдщ.

Изилдёёнщн максаты жана милдети.

Диссертациялык иштин максаты болуп, динамиканын тескери маселелер концепциясын пайдалуунун негизинде, обьектинин берилген траектория боюнча иш жщзщнё ашыруучу башкаруу закондорун синтездёё болуп эсептелет.

Изилдёёнщн милдеттери:

- Обьектини траектордук кыймыл боюнча, башкаруу кёйгёйщнщн заманбап абалынын анализи;
- Берилген траектория, аналитикалык формада берилип калган учурда, траектордук кыймылды башкаруу закондорун синтездёё методдорун иштеп чыгуу;
- Ёндщрщш манипуляторлорунун жана 3D-принтерлеринин кыймылга келтиргичтердин математикалык моделдерин иштеп чыгуу;

Илимий жыйынтыктардын жаъылыктары:

- Тапшырылган траектория аналитикалык формада берилип, калган учурда траектордук кыймылды башкаруу закондорунун синтезинин мурдагы белгилщщ методикаларын кеъейтщщ жана ёркщндётщщ;
- Биринчи жолу илимий жетекчи Ж.И. Батырканов менен бирдикте, кыймылдын тапшырылган траекториясы таблица формасында берилгенде, башкаруу закондорунун синтезинин жаъы методикасы сунушталды.

Алынган илимий жыйынтыктардын практикалык маанилщщлщгщ тёмёндёгщщлёрдё турат:

- Берилген траектория боюнча, обьектинин кыймылын камсыз кылуучу башкаруу закондорунун синтезинин иштелип чыккан методикалары, жетишээрлик деъгээлде формалдашкан жана башкаруунун закондорун эффективдщщ, конструктивдщщ аныктоого мщмкщнчщлщк тщзщлёт;
- Синтездин иштелип чыккан методикалары, берилген траекторияны аналитикалык жазып чыгуу мщмкщн эмес болгондо, кыймылдын берилген

траекториясы таблицалык тщрдё берилип, синтез процедурасы иштелип чыгарылды;

- Синтездин иштелип чыккан методикалары, буга чейнки иштелип чыккан синтездердин методикаларына караганда ёндщрщштщк манипулятордун, 3D – принтерлердин кыймылга келтиргичтеринин башкаруу закондорунун тапканда, эч кандай кыйынчылык жаралбайт. Ушул себептен иштелип чыккан методикалар, практикалык жактан абдан маанилщщ.

Коргоого чыгып жаткан диссертациянын негизги жоболору:

- Кыймылдын тапшырылган траекториясы боюнча, обьектинен кыймылын камсыз кылуучу, башкаруу закондорунун синтездёё ыкмасы;
- Кыймылдын тапшырылган траекториясы таблица формасында болуп калган учурда, башкаруунун закондорунун синтездёё ыкмасы;
- Кадамдык кыймылга келтиргич 3D-принтеринин иштелип чыккан математикалык модели, траектордук кыймылга келтирщщчщ обьект катары каралат;
- Эксперименталдык 3D-принтердин башкаруу системасын программалык жана техникалык камсыздоосу.

Изилдёёчщнщн жеке салымы.

Бардык илимий-техникалык жыйынтыктары, диссертант ёзщ, илимий жетекчинин жетекчилигин астында алды.

Илимий жетекчи менен бирдикте, жарык кёргён иштердеги милдеттердин коюлушу жана изилдёёгё болгон жалпы мамиле илимий жетекчиге тиешелщщ, синтездин конкреттщщ процедурасы жана моделдёё диссертантка тиешелщщ.

Диссертациянын апробациясынын жыйынтыктары.

Диссертациялык иштин жыйынтыктары боюнча тёмёнкщ эл аралык симпозиумдарда, Республикалык, ЖОЖ аралык конференцияларда баяндама жасалган:

- КСТУнун илимий – техникалык конференциясы, 2014-ж;
- “Жаштар инновациясын изилдөөлөрдө” аттуу жаш окумуштуулардын, аспиранттардын жана студенттердин эл аралык илимий-техникалык конфереציясы (Бишкек, 2016-жыл);
- Эл аралык телеконференция, 2018-ж. (Н.И Огарев атындагы ММУ, МЭИ жана И. Раззаков атындагы КМТУ);
- И. Раззаков атындагы КМТУнун жаш окумуштууларынын, аспиранттарынын жана студенттеринин жыл сайын өтүүчү илимий-техникалык конференцияларында, 2007-2017 жж.

Басылып чыгарылган эмгектер.

Диссертациянын негизги мазмуну боюнча 24 иш жарыяланган.

Диссертациянын структурасы жана көлөмү.

Диссертация киришүүдөн, үч бөлүмдөн, тиркемелерден жана адабияттардын тизмесинен турат. Диссертациянын көлөмү 175 бет, анын ичинде 37 сүрөт жана 4 таблица, печаттык түрдө басылып чыккан 115 аталышты жана маалыматтын электрондук булактарынын 15 аталышын камтыган адабияттардын тизмеси бар.

Иштин негизги мазмуну

Биринчи бөлүмдө, объектинин троектордук кыймылын иш жүзүнө ашыруу боюнча, башкаруу законлорунун синтездёё ыкмалары жана методикаларга анализ жщргщзщлгён.

Каралып жаткан методдордун, максатка ылайыктуу колдонушунун татыктуу жактары жана жетишкендиктери белгиленет.

Бул бөлүмдө, белгилүү Е.А. Барбашин, Н.П. Еругин, А.С. Галиулин, В.Д. Фурасов, Л.М. Бойчук, С.В. Емельянов, П.Д. Крутько, А.П. Крищенко, И.В. Мирошник, А.Н. Шалаев сыяктуу окумуштуулардын иштерине сын көз менен анализ берилет. Жогоруда аталган окумуштуулардын иштерин анализдёёдён тышкары, Кыргызстандын жана Казакстандын белгилщщ Ж.Ш. Шаршеналиев, В.П. Живоглядов, Т.Т. Оморов, У.Н. Бримкулов, Ж.И. Батырканов, Р.О. Оморов, Е.Л. Миркин, М.Ф. Баймухамедов, Б.Х. Айтчанов, Д.Ж. Сыздыков, М.А. Бейсенби сыяктуу окумуштууларынын иштерине да анализ жщргщзщлгён.

Берилген траектория боюнча, объектинин кыймылын иш жщзщнё ашырууда, башкаруу законлорунун синтезинин кёйгёйлёрщнщн заманбап абалын анализдёёдё, тёмёнкщдёй жыйынтыкка келсе болот:

Синтездин көйгөйлөрүнүн чечүү, азыркы убакта аягына чейин чыгарылган эмес, бул бейсызыктуу жана көп өлчөмдүү кошуундарды карап чыгуудагы кыйнчылыктар менен байланыштуу.

- Динамиканын тескери маселелер концепцияларын пайдалануунун негизиндеги синтездик процедура каалаган жараянды, кыймылдын түз формалдык эмес түрүн көрсөтүүгө мүмкүндүк берет.
- динамиканын тескери маселелер концепцияларына негизделген, синтездин анча көп эмес методдорун кароо, негизинен бир өлчөмдүү системалар классы менен чектелген.
- көпчүлүк учурларда синтездин болгон методдору, кыймылдын тапшырылган траекториялары аналитикалык формада берилгенде гана иштейт.

• Бщгщнкщ кщнгё, кёпчщлщк прикладдык милдеттерге, мисалы, ёндщрщштщк манипуляторлордун жумушчу органдарын башкарууда, канаттуу ракеталардын кыймылын башкарууда, жана башкаларда тапшырылган траектория боюнча кыймылды иш жщзщнё ашыруу милдеттери турат.

Жогоруда айтылып кеткен синтездин кёйгёйлёру, ошондой эле ёндщрщштщк роботторду жана 3D-принтерлерди практиканын ар кандай чёйрёлёрщндё пайдалануунун кеъейтщщ, динамиканын тескери маселелер позициясынын негизинде берилген траектория боюнча, кыймылды иш жщзщнё ашыруу теоретикалык дагы аспектилерде актуалдуу болуп эсептелинет.

Экинчи бёлщмдё (главада) объектинин траектордук кыймылын башкаруу закондорунун синтездёё ыкмалары иштелип чыгарылган: кыймылдын тапшырылган траекториясы аналитикалык формада жазылганда; тапшырылган траектория таблица формасында берилгенде. Ошондой эле, параметрикалык козголуулар учурларында башкаруунун адаптивдик ыкмалары иштелип чыгарылган.

Обьектинин математикалык модели

$$\dot{x} = F(x) + G(x)u, \qquad (1)$$

бул жерде,

$x = (x_1, x_2, \ldots, x_n)^T$ – абал вектору

$u = (u_1, u_2, \ldots, u_m)^T$ – башкаруу вектору

$F(x)$ – тщс сызыксыз вектор функциясы

$G(x)$ – элементтери “ x ” тщзщлгён матрица.

Кыймылдын берилген траекториясы аналитикалык тщрщндё берилет

$$\Psi_r(x,t) = 0, \quad r = \overline{I,s} \qquad (2)$$

Берилген траекторияны аткаруудагы каталар тщшщнщгщ киргизилет

$$\delta_r = \Psi_r(x,t) \neq 0, \ \ r = \overline{I,s} \qquad (3)$$

Андан кийин, каталарды оъдоодогу талаптар тёмёнкщчё берилет

$$\frac{d\delta_r}{dt} = R_r(\delta, x, t), \ \ R_r(0,x,t) = 0, \ r = \overline{I,s}, \quad \delta_r = \Psi_r(x,t) \neq 0, \qquad (4)$$

Башкаруу законунан (4) туундусу табылат. Ар кандай R_r функциясын тандоо, талап кылынган каталарды оъдоо динамикасы жана физикалык ишке киргизщщ шарттардан жщзёгё ашырылат.

Векторлордун сызыктуу кёз карандылыгына, же сызыксыз кёз карандысыздыгына байланыштуу синтез процедурасы ар кандай жолдор менен иш жщзщнё ашырылат.

Эгерде $G^T\frac{\partial\Psi_r}{\partial x},\ r=\overline{I,s}$ векторлору сызыктуу кёз карандысыздыкта болсо, анда синтездин процедурасы

$$\left(G^T(x)\frac{\partial\Psi_r}{\partial x},U\right)=R_r(\Psi,x,t)-\left(\frac{\partial\Psi_r}{\partial x},\ F(x)\right)-\frac{\partial\Psi_r}{\partial t},\ r=\overline{I,s} \qquad (5)$$

негизинде иш жщзщнё ашырылат.

2 - тиркемеде келтирилген жыйынтыктарга ылайык, башкаруу вектору тёмёнкщ тщрдё табылат

$$U=\sum_{i=1}^{s}C_iG^T(x)\frac{\partial\Psi_i}{\partial x}, \qquad (6)$$

C_i - коэффициентттери , $r=\overline{I,s}$ болсо, кийинки системадан аныкталынат

$$\sum_{j=1}^{s}C_j(G^T(x)\frac{\partial\Psi_i}{\partial x},G^T(x)\frac{\partial\Psi_j}{\partial x})=R_i-\left(\frac{\partial\Psi_i}{\partial x},F(x)\right)-\frac{\partial\Psi_i}{\partial t},i=\overline{I,s} \qquad (7)$$

Эгерде векторлордун системасы $G^T(x)\frac{\partial\Psi_r}{\partial x}$, $r=\overline{I,s}$, сызыктуу кёз карандысыздыкты тщзбёсё, синтездин процедурасы кийинки системанын колдонулушунун негизинде жщргщзщлёт

$$(\frac{\partial\Psi_r}{\partial x},GU)=R_r-\left(\frac{\partial\Psi_r}{\partial x},F(x)\right)-\frac{\partial\Psi_r}{\partial t},\ r=\overline{I,s} \qquad (8)$$

Бул системада 2 - тиркемеге ылайык алгач

$$G(x)U=\sum_{i=1}^{s}C_i\frac{\partial\Psi_i}{\partial x}, \qquad (9)$$

аныкталат, C_i - коэффициентттери (10) системанын

$$\sum_{j=1}^{s}C_j\left(\frac{\partial\Psi_l}{\partial x},\frac{\partial\Psi_j}{\partial x}\right)=R_i-\left(\frac{\partial\Psi_i}{\partial x},F(x)\right)-\frac{\partial\Psi_i}{\partial t},i=\overline{I,s} \qquad (10)$$

негизинде табылат

Андан ары, баштапкы башкаруунун закону (9) туюнтмадан аныкталат. Бул жерде, талап кылынган берилген траекторинын башкаруу вектору, тёмёнкщ гана шартта аткарылат

$$rank\left(G(x)\ \vdots\ \sum_{i=1}^{s}C_i\frac{\partial\Psi_i}{\partial x}\right)=rank\ G(x) \qquad (11)$$

Эгерде бул шарт аткарылбаса, анда башкарылуучу системи, берилген траектория боюнча кыймылга келбейт дегенди тщшщндщрёт.

Жеке учурларда, качан $F(x)=Ax,\ G(x)=B$ болгондо, тёмёнкщ сызыктуу объектиге ээ болобуз

$$\dot{x}=Ax+Bu, \qquad (12)$$

Бул жерде $A, B -$ коэффиценттердин сандык матрицалары.

Берилген траектория таблица формасында берилгенде, башкаруу законунун синтездёё ыкмасы. Бул ыкмада системанын траекториясы, дискреттик убакыттарда контролдук чекиттер аркылуу ётщщсу боюнча чагылдырылат.

Объект тёмёнкщ системи менен жазылсын дейли

$$\dot{x} = f(x,u,t) \tag{13}$$

Таблицалык формада, берилген траектория боюнча, кыймылды башкаруу законун синтездёё тёмёнкщчё жщргщзщлёт.

Таблица 1. Таблица формасындагы берилген траекториянын кыймылы контролдук чекиттерден турат

t_k	t_0	t_1	t_2	t_3	...
x_1	x_{10}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	...
x_2	x_{20}	x_{21}	x_{22}	x_{23}	...
...	...	...	...	...	...
x_n	x_{n0}	x_{n1}	x_{n2}	x_{n2}	...

Ыъгайлуулук щчщн $t_k = k$, $k = 0,1,2,...,$ деп белгилеп алабыз, мындайча айтканда, булар абстрактуу дискреттик убакыт моменттери.

Объектинин математикалык моделин дискреттик формада жазабыз

$$\frac{x(k+1)-x(k)}{t_{k+1}-t_k} = f(x(k),u(k),k), \tag{14}$$

же, тёмёнкщ тщрдё

$$x(k+1) = x(k) + f(x(k),u(k),k)\Delta, \tag{15}$$

Бул жерде x(k) – учурдагы абал, x(k+1) - кийинки учурдагы абал. Бул туюнтма учурдук абалды - x(k), учурдагы башкаруу -u(k) жана убакыттын кийинки учурундагы абалдарды- x(k+1) менен байланыштырат.

(15) туюнтмадан u(k) аныктап алсак болот:

$$u(k) = U(x(k), x(k+1), k, \Delta);$$

Бирок, талап кылынган берилген дискреттик кыймылдын берилген чекиттер боюнча, туруктуу кыймылдын ишке ашуусун, мындай ыкма кепилдик бере албайт.

Ошондуктан, изделщщчщ башкаруунун законун талап кылынган жана учурдагы башкарылган объектинин абалынын дискреттик маанилеринин айырмасын (квадраттык) минимизациялоо жолу менен табабыз.

Мындайча айтканда, башкарууну тёмёнкщчё табабыз:

$$\left\| x_{табл}(k+1) - x_{текущ}(k+1) \right\|^2 \Rightarrow \min_{u(k)} \qquad (16)$$

$x_{табл}(k+1)$ - таблицалык маани, $x_{текущ}(k+1)$ - учурдук маани.

(16) туюнтманы кененирээк кийинки тщрдё жазалы

$$\begin{aligned}&(x_{табл}(k+1) - x_{текущ}(k+1), x_{табл}(k+1) - x_{текущ}(k+1)) = \\ &(x_{табл}(k+1) - x(k) - f(x(k),u(k),k)\Delta, x_{табл}(k+1) - x(k) - f(x(k),u(k),k)\Delta \Rightarrow \min_{u(k)}\end{aligned}$$

Андан кийин u(k) боюнча, жеке туундуну ушул туюнтмадан алып, башкарууну табабыз

$$\frac{\partial(,)}{\partial u(k)} = 0 \Rightarrow u(k) = ?$$

Сызыктуу объект

$$x(k+1) = x(k) + Ax(k)\Delta + Bu(k)\Delta$$

же

$$x(k+1) = (A\Delta + E)x(k) + Bu(k)\Delta \qquad (17)$$

Башкаруу законун табуу процедурасы, тёмёнкщчё жщргщзщлёт. Керектщщ туюнтмаларды скалярдык кёбёйтщщ тщрщндё жаздык

$$\begin{aligned}&x_{табл}(k+1) = (A\Delta + E)x(k) + B\Delta u(k), x_{табл}(k+1) = (A\Delta + E)x(k) + B\Delta u(k)) = x^T{}_{табл}(k+1) = \\ &x^T(k)(A^T\Delta + E) - u^T(k)B^T\Delta, x_{табл}(k+1) - (A\Delta + E)x(k) + B\Delta u(k) = \\ &(x^T{}_{табл}(k+1)(x_{табл}(k+1) - (x^T{}_{табл}(k+1)(A\Delta + E)x(k) - (x^T{}_{табл}(k+1)B\Delta u(k) - \\ &x^T(k)(A^T\Delta + E)(x^T{}_{табл}(k+1) + (x^T(k)(A^T\Delta + E)(A\Delta + E(x(k) + \\ &x^T(k)(A^T\Delta + E)B\Delta u(k) - u^T(k)B^T\Delta x_{табл}(k+1) + u^T(k)B^T\Delta(A\Delta + E)x(k) + u^T(k)B^T\Delta B\Delta u(k)\end{aligned}$$

u(k) боюнча жеке туундуну алабыз

$$-B^T\Delta x_{табл}(k+1)+B^T(A\Delta+E)\Delta x(k)-B^T\Delta x_{табл}(k+1)+$$
$$B^T(A\Delta+E)\Delta x(k)+B^TB\Delta^2u(k)+B^TB\Delta^2u(k)=0$$

Бул туюнтмадан, башкаруу закону тёмёнкщ тщрдё аныкталат

$$u(k)=-\frac{1}{2\Delta^2}(B^TB)^{-1}[2B^T\Delta x_{табл}(k+1)-2B^T(A\Delta+E)\Delta x(k)]=$$
$$-\frac{1}{\Delta^2}(B^TB)^{-1}[-B^T\Delta x_{табл}(k+1)-B^T(A\Delta+E)\Delta x(k)]= \qquad (18)$$
$$\frac{1}{\Delta^2}(B^TB)^{-1}[B^T\Delta x_{табл}(k+1)-B^T(A\Delta+E)\Delta x(k)]$$

Берилген траектордук кыймылды адаптивдик (ылайыктантып) башкаруу

Объектиде параметрдик козголуу учурунда, траектордук кыймылдын башкаруу синтезин карап кёрёбщз.

Объект тёмёнкщ система менен кёрсётщлёт

$$\dot{x}=Ax+Bu+\Delta Ax, \qquad (19)$$

A,B – сандык матрицалар; ΔA – параметрдик козголуу матрицасы.

Объектинин белгисиз параметрлеринин матрицасы квазистационардык шартты канааттандырат. Бул учурда объектинин параметрлери, башкаруудан пайда болгон жараяндан жайыраак ёзгёрёт. Буга ылайык

$$\frac{d(\Delta\mathrm{A})}{dt}\approx 0 \qquad (20)$$

шарты кабыл алынат.

Кыймылдын берилген программасы тёмёнкщ теъдеме менен берилет

$$\Psi_\eta(x,t)=0, \quad r=I,s \quad s\le n. \qquad (21)$$

Бул учурда, $\frac{\partial\Psi}{\partial x}$ матрицанын рангы “**s**” ке барабар.

Программалык кыймылдын адаптивдик башкаруусунун синтез маселеси тёмёнкщчё чечилет.

Башкаруунун адаптивдщщ законун синтездёёдё закондор тёмёнкщ тщрдё изделет

$$\begin{cases}\mathrm{U}=U_{пр}(x,t)-C\cdot x,\\ \dot{C}=\Psi(x,c,t).\end{cases} \qquad (22)$$

С – регулятордун тщзётщщчщ параметрикалык матрицасы, бул учурда (19) системанын кыймылы берилген программа боюнча (21) ишке ашат.

Берилген маселени чечщщ щчщн, кыймылдын берилген программасын аткаруудагы каталар тщшщнщгщ киргизилет

$$\begin{cases} \delta_r = \Psi_r(x,t) \neq 0, \\ \delta_r \to 0, \quad r = \overline{I,s} \end{cases} . \qquad (23)$$

Андан ары Ляпунов функциясынын методу тёмёнкщ аспектиде колдонулат.

Ляпунов функциясы тёмёндёгщчё тщзщлёт

$$V(\delta,\gamma) = \sum_{r=1}^{s} \delta_r^2 + \sum_{i=1}^{n} (\gamma_i, \gamma_i), \qquad (24)$$

Бул жерде $\gamma_i = (\Delta A - BC)_i$; $(\Delta A - BC)$ матрицасынын "i" - сабы

Изделген законду табуу щчщн, Ляпунов функциясынын толук туундусун системанын кыймылына карата чыгарабыз, андан кийин аны $\delta_1, \dots, \delta_n$ ёзгёрмёлёргё салыштармалуу каалагандай белги аныктоочу функцияга барабарлайбыз.

Изделщщчщ законунун тургузуу схемасын карап кёрёлщ. Ляпунов функциясынын толук туундусун, системанын кыймылына карата чыгарабыз

$$\dot{V} = \sum_{r=1}^{n} 2\Psi_r \left(\frac{\partial \Psi_r}{\partial x}, Ax + Bu_{\text{пр}} \right) + \sum_{r=1}^{n} 2\Psi_r \left(\frac{\partial \Psi_r}{\partial x}, (\Delta A + \text{BC})\text{x} \right) +$$

$$+ \sum_{r=1}^{n} 2(\gamma_i \cdot \dot{\gamma_\iota}) + \ + \sum_{r=1}^{n} \ \frac{\partial \Psi_r^2}{\partial t} \qquad (25)$$

$$\sum_{r=1}^{n} 2\Psi_r \left(\frac{\partial \Psi_r}{\partial \text{x}}, (\Delta A - \text{BC})x \right) = \sum_{r=1}^{n} 2\Psi_r \sum_{r=1}^{n} \frac{\partial \Psi_r}{\partial x} (\gamma_i, x) \qquad (26)$$

Ёзгёртщщ жщргщзщп, тёмёнкщнщ алабыз

$$\dot{V} = \sum_{r=1}^{n} 2\Psi_r \left(\frac{\partial \Psi_r}{\partial x}, Ax + Bu_{\text{пр}} \right) + \sum_{r=1}^{n} \left[2(\gamma_i \cdot \dot{\gamma_\iota}) + \sum_{r=1}^{n} \ \Psi \frac{\partial \Psi_r}{\partial \text{x}_1} \text{x} \right] + \sum_{r=1}^{n} \frac{\partial (\Psi_r^2)}{\partial t} \qquad (27)$$

Тёмёнкщ шарттын аткарылышын талап кылабыз

$$\dot{V} = a(x) \cdot R(\delta_1 \dots, \delta_n, x) \qquad (28)$$

Бул жерде a(x) – башкаруу законун физикалык тщрдё ишке ашыруу шартына ылайык келщщчщ, терс маанидеги функция; $R(\delta_1, \dots, \delta_n, x)$ – эркин, оъ маанидеги функция.

Эгерде, башкаруу законун (27), (28) системалардан аныктасак, В. Румянцевдин белгилщщ теоремасына ылайык (20) тщрщндё берилген башкаруунун максаты ишке ашырылат. Ошентип, (27), (28) системаларынын, биринчиден, регулятордун параметрлеринин жёндёё законун аныктайбыз

$$\dot{\gamma}_{i=} - \sum_{r=1}^{n} \Psi_r \frac{\partial \Psi_r}{\partial x_1} x^T, \qquad (29)$$

экинчиден, башкаруу законунун программалык бёлщгщн аныктайбыз.

$$\sum_{r=1}^{n} 2\Psi_r \left(\frac{\partial \Psi_r}{\partial x}, Ax + Bu_{\text{пр}}\right) + \sum_{r=1}^{n} \frac{\partial(\Psi_r^2)}{\partial t} = a(x) \cdot R(\delta_1 \ldots, \delta_n, x), \qquad (30)$$

Ал щчщн ёёдё жактагы математикалык берилишти, тёмёнкщ тщрдё жазабыз

$$\sum_{r=1}^{n} 2\Psi_r \left(\frac{\partial \Psi_r}{\partial x}, Bu_{\text{пр}}\right) = a(x \cdot R(.,.,.) - \sum_{r=1}^{n} \frac{\partial(\Psi_r^2)}{\partial t} - \left(\sum_{r=1}^{n} 2\Psi_r \frac{\partial \Psi_r}{\partial x}, Ax\right) \qquad (31)$$

(31) теъдемеден башкаруу законун программалык бёлщгщн табабыз

$$U_{\text{пр}} = \left[a(x) \cdot R(.,.,.) - \sum_{r=1}^{n} \frac{\partial(\Psi_r^2)}{\partial t} - \left(\sum_{r=1}^{n} 2\Psi_r \frac{\partial \Psi_r}{\partial x}, Ax\right)\right] \cdot$$

$$\cdot \left(B^T \sum_{r=1}^{n} 2\Psi_r \frac{\partial \Psi_r}{\partial x}, B^T \sum_{r=1}^{n} 2\Psi_r \frac{\partial \Psi_r}{\partial x},\right)^{-1} \cdot B^T \sum_{r=1}^{n} 2\Psi_r \frac{\partial \Psi_r}{\partial x} \qquad (32)$$

γ_i белгиленишин жана квазистационардык шарттарды эске алуу менен, жёндёёнщн алгоритми тёмёнкщдёй жазылат

$$(B\dot{C})_i = \sum_{r=1}^{n} \varphi_r \frac{\delta \psi_r}{\delta X_1} x^T, \; i = 1, n \qquad (33)$$

бул жерде $(B\dot{C})_i$, BC матрицасынын i- чи сабы белгиленет.

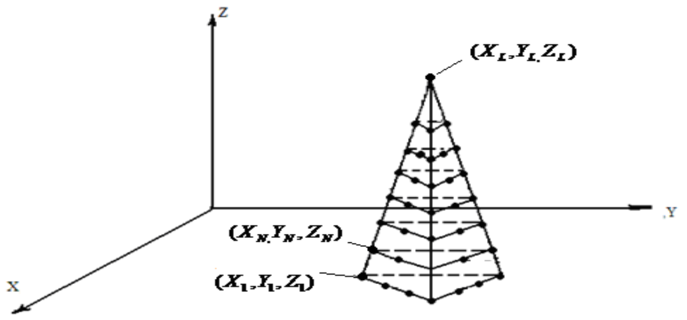
Щчщнчщ бёлщмдё (главада) практикадан алынган кээ бир маселелерге, иштеп табылган синтездин ыкмаларынын колдонуусу каралат.

Биринчиден 3 звенолуу манипулятордун кадамдык кыймылга келтиргичи щчщн башкаруу законунун синтези каралат. Ар бир кинематикалык звенодо, ёзщнщн кадамдык кыймылга келтиргичи бар манипулятордун жумушчу органына берилген траекториясы, таблица тщрщндё берилет. Диссертациянын экинчи бёлщмщндё, иштелип чыккан синтездин теорясынын жана кадамдык кыймылга келтиргичтин математикалык моделинин негизинде, кыймылдын берилген траекториясы таблица формасында берилип, кыймылга келтиргичтин башкаруу законду анык талган. Башкаруунун синтезделген системасы жщргщзщлгён компьютердик моделдёёдё, манипулятордун жумушчу органындары, таблицада берилген контролдук точкаларды басып ётёт.

Щчщнчщ бёлщмдё (главада), 3D-принтердин прототибинин башкаруу системасын тщзщщ маселеси да чечилет. FDM технологиясы боюнча иштеген 3D-принтери каралат.

Даярдалып жаткан деталдын цифралык образы таблица формасында каралат. Таблица формасындагы даярдалып жаткан деталдын контролдук точкаларын, 3D-принтеринин экструдери басып ётёт.

Талап кылынган даярдалуучу деталдын мейкиндик модели боюнча, 3D-принтеринин жумушчу органынын кыймылы таблица тщрщндё чагылдырылат.



1 – сщрёт. Контролдук точка менен белгиленген деталдын мейкиндик модели

2 - таблица траекториянын контролдук точкаларынын табышталган координаталары

t_s	t_1	t_2	$\cdots$	t_k	t_{k+1}	$\cdots$	t_L	t_{L+1}
x_s	x_1	x_2	$\cdots$	x_k	x_{k+1}	$\cdots$	x_L	x_{L+1}
y_s	y_1	y_2	$\cdots$	y_k	y_{k+1}	$\cdots$	y_L	y_{L+1}
z_s	z_1	z_2	$\cdots$	z_k	z_{k+1}	$\cdots$	z_L	z_{L+1}

Экструдердин кыймылынын башталышы башталгыч абал (X_1,Y_1,Z_1) жана t_1 учурунан ишке ашырылат. Андан кийин t_2 убакыт моментине туура келген кийинки (X_2,Y_2,Z_2) абалына ётщщ аткарылат. Андан ары кыймыл окшош аткарылат да, биринчи циклдын аягында экструдер баштапкы абалга келет (X_1,Y_1,Z_1). Баштапкы абалдан кийинки (X_N,Y_N,Z_N) абалына ётщщ иш жщзщнё аткарылат анан кыймыл 3D-принтери менен объектинин экинчи катмары боюнча аткарылат, ж.б. Иштин аягында акыркы абалга ётщщ иши жщргщзщлёт(X_L,Y_L,Z_L).

3D-принтеринин жумушчу органынын кыймылынын тракториясын, таблица тщрщндё кёрсётщщ щчщн (экструдердин) кадамдык кыймылга келтиргичтин математикалык модели, башкаруунун объектиси катарында иштелип чыккан

$$\begin{cases} X_{k+1} = \mathrm{X}_k + n_{kx} \cdot l_{шx}, \\ \mathrm{Y}_{k+1} = \mathrm{Y}_k + n_{ky} \cdot l_{шy}, \\ Z_{k+1} = Z_k + n_{kz} \cdot l_{шz} \end{cases} \quad (34)$$

Бул жерде, $\mathrm{X}_k, \mathrm{Y}_k, \mathrm{Z}_k$ - бул $\mathrm{X}, \mathrm{Y}, \mathrm{Z}$ огу боюнча κ - убакыт моментиндегие принтердин жумушчу органынын учурдагы координаттары; $(k+1)$ убакыт учурундагы $\mathrm{X}, \mathrm{Y}, \mathrm{Z}$ огу боюнча жумушчу органдардын $\mathrm{X}_{k+1}, \mathrm{Y}_{k+1}, \mathrm{Z}_{k+1}$ координаттары; n_{kx}, n_{ky}, n_{kz} - кадамдык кыймылдаткычтарга берилген импульстардын саны;

$l_{шx}, l_{шy}, l_{шz}$ бул $\mathrm{X}, \mathrm{Y}, \mathrm{Z}$ боюнча жумушчу органынын сызыктуу кадамынын чондугу, бир импульстун аракетинин чыккан, кадамдык кыймылынын чондуктары. $l_{шx}, l_{шy}, l_{шz}$ - параметирлери кадамдык кыймылдаткычтардын конструктивдик маалыматтарынан жана валга отурузулган ёткёзмё механизмдердин конструктивдик параметрлеринен аныкталат.

Берилген кыймылдын таблицасынан (2 таблица) жана (34) системадан $[t_k,\ t_{k+1}]$ убакыт ченеминин, кадамдык кыймылдаткычтын оромосуна берилген импульстун саны аныкталат

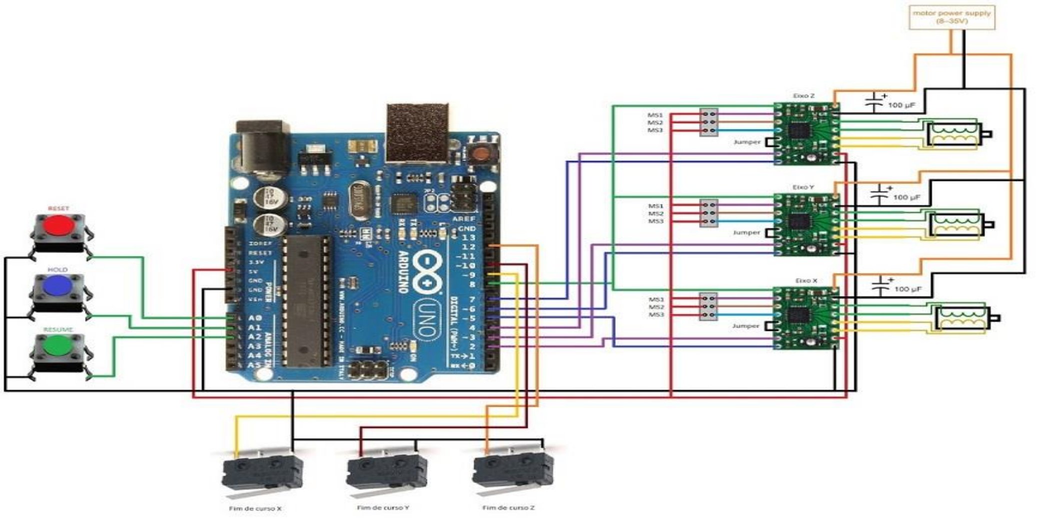
$$\begin{cases} n_{kx} = \frac{X_{k+1} - X_k}{L_{шx}}, \\ n_{ky} = \frac{Y_{k+1} - Y_k}{L_{шy}}, \\ n_{kz} = \frac{Z_{k+1} - Z_k}{L_{шz}}. \end{cases} \quad (35)$$

Кадамдык кыймылга келтиргичтер менен башкаруунун синтезделген закондорун техникалык иш жщзщнё ашыруу щчщн Arduino микроконтроллери жана тийиштщщ микросхемалар пайдаланылган.

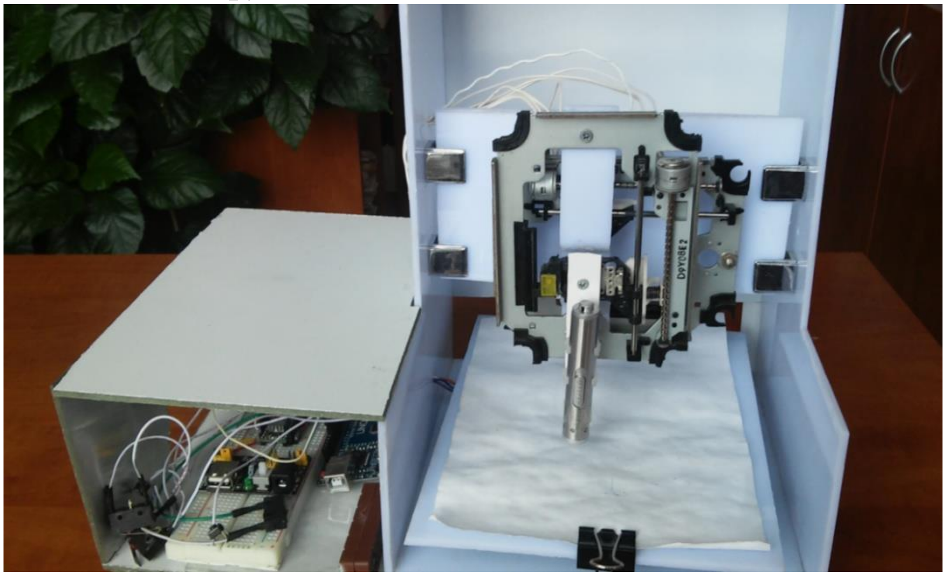
Кадамдык кыймылга келтиргичтер менен башкаруунун синтезделген закондорун апробациялоо щчщн эксперименталдык 3D-принтери иштелип чыккан жана даярдалган.

Пайдаланылган 3D-принтеринин башкаруу системасынын структуралык-функционалдык схемасы 2-сщрёттё кёрсётщлгён. Макеттин сырткы кёрщнщшщ 3-сщрёттё берилет. 3D-принтеринин иштелип чыккан прототиб

сыноонун жыйынтыгы, чындыгында эле 3D-принтеринин жумушчу органы берилген таблицалык маалыматтарга ылайык кыймылды иш жщзщнё ашырат.



2-сщрёт. Пайдаланылган 3D-принтеринин башкаруу системасынын функционалдык схемасы.



3- сщрёт. 3D-принтердин прототибинин макетинин сырткы кёрщнщшщ.

<u>Корутундулар:</u>

Диссертациялык изилдёёнщн жыйынтыгында, берилген траектория боюнча объектинин кыймылын иш жузунё ашыруу, башкаруунун

закондорунун синтезинин теориясы жана конструктивдик процедуралары иштелип чыкты.

1. Берилген кыймылдык траекториясы аналитикалык формада болгондо, синтездин жаъы ыкмасы иштелип чыкты.

2. Берилген кыймылдык траекториясы таблица формада болгондо, синтездин жаъы ыкмасы иштелип чыкты.

3. Параметрикалык козголууга дуушар болгон сызыктуу кёп ёлчёмдщщ объект щчщн, траекториялык кыймылдагы адаптивдик башкаруунун синтезинин ыкмасы иштелип чыкты.

4. Каралып жаткан башкарылуучу объектилердин классына туура келген матрицанын ранг тилинде, кыймылдын траекториясынын аткарылыш критерийлери иштелип чыкты.

5. Башкаруу объектилери катары, 3D-принтеринде колдонулган кадамдык кыймылдаткычтардын математикалык модели иштелип чыкты.

6. Иштелип чыккан теориялык абалдар, көптёгөн моделдик маселелерде сыналды (апробацияланды), ошондой эле конкреттүү прикладдык маселелерди чечщщдё колдонулду. ПЭВМ моделдеринин жыйынтыктары, ошондой эле, иштеп курулган 3D-принтеринин прототибинин сынагы, иштелип чыккан теорияны толугу менен тастыктайт.

Аягында төмөнкүлөрдү белгилеп кеткибиз келет: таблица формасындагы кыймылдын берилген траекториясынын берилген учурундагы синтезине иштелип чыккан ыкмасы, 3D-принтеринде даярдалуучу каалаган формадагы деталдар үчүн, 3D-принтердин кыймылга келтиргичтери менен башкаруунун закондорун синтездөөгө мүмкүнчүлүк берет.

Жарык көргөн иштердин тизмеси

1. **Батырканов, Ж.И.** Задача управления по заданной программе [текст] / Ж.И. Батырканов, А.Д. Мадраимова, К.К. Кадыркулова // Известия КГТУ им. И. Раззакова, №11. – Бишкек, 2007. – С. 144 -147.

2. **Батырканов, Ж.И.** Синтез управления по таблично заданным программам [текст] / Ж.И. Батырканов, К.К. Кадыркулова // Материалы 50-юбилейной научной конференции молодых учёных и студентов. «Новая генерация учёных - будущее Кыргызстана». КГТУ им. И. Раззакова. – Бишкек, 2008. – С. 177-180.

3. **Батырканов, Ж.И.** Синтез управления по таблично заданным программам движения [текст] / Ж.И. Батырканов, К.К. Кадыркулова //

Материалы международной конференции. КГТУ им. И. Раззакова. – Бишкек, 2008. – С. 203-207.

4. **Батырканов, Ж.И.** Адаптивное управление траекторным движением [текст] / Ж.И. Батырканов, К.К. Кадыркулова // Известия КГТУ им. И. Раззакова, №19. – Бишкек, 2009. – С. 130-132.

5. **Батырканов, Ж.И.** Траекторное управление объектом по таблично заданным программам [текст] / Ж.И. Батырканов, К.К. Кадыркулова // Материалы международной конференции, посвященный 70-летию академика А. Жайнакова. Известия КГТУ им. И. Раззакова, № 24. – Бишкек, 2011. – С. 290-295.

6. **Кадыркулова, К.К.** Создание аппаратно-программных средств контроля и управления электромеханическими объектами [текст] / К.К. Кадыркулова // Известия КГТУ им. И. Раззакова, №27. Бишкек, 2012. – С. 121-123.

7. **Кадыркулова, К.К.** Адаптивное управление при таблично заданных предписанных траекториях движения [текст] / К.К. Кадыркулова // Известия КГТУ им. И. Раззакова, №29. – Бишкек, 2013. – С. 255-257.

8. **Батырканов, Ж.И.** Синтез законов управления по осуществлению движения управляемого объекта по предписанной программе [текст] / Ж.И. Батырканов, К.К. Кадыркулова // Вестник науки КСТУ им. З. Алдамжар, №3 – Костанай, 2013. – С. 29-34.

9. **Кадыркулова, К.К.** Программное управление многомерных систем на основе решения обратных задач динамики [текст] / К.К. Кадыркулова // Известия КГТУ им. И. Раззакова, №30. – Бишкек, 2013. – С. 141-144.

10. **Батырканов, Ж.И.** Синтез законов управления по осуществлению движения управляемого объекта по предписанной программе [текст] / Ж.И. Батырканов, К.К. Кадыркулова // Актуальные проблемы теории управления, топологии и операторных уравнений (тезисы докладов). КРСУ им. Б. Ельцина. – Бишкек, 2013. – С. 40-41.

11. **Батырканов, Ж.И.** Стабилизатор угловой скорости [текст] / Ж.И. Батырканов, А.М. Мамышов, К.К. Кадыркулова // Известия КГТУ им. И. Раззакова, №31. – Бишкек, 2014. – С. 112-114.

12. **Батырканов, Ж.И.** Синтез законов управления по осуществлению движения по предписанной программе [текст] / Ж.И. Батырканов, К.К. Кадыркулова // Вестник науки КСТУ им. З. Алдамжар, №3. – Костанай, 2014. – С. 40-47.

13. **Батырканов, Ж.И.** Синтез законов управления для осуществлению движения объекта по предписанной программе [текст] / Ж.И. Батырканов, К.К. Кадыркулова // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. Научно-технический журнал, №1 (29). – Астрахань, 2015. – С. 181 – 192.

14. **Кадыркулова, К.К.** Компьютерное управление прототипом 3D-принтера [текст] / К.К. Кадыркулова, В.З. Шакиров // Известия КГТУ им. И. Раззакова, № 35(2), – Бишкек, 2015. – С. 74-78.

15. **Батырканов, Ж.И.** Управление шаговым приводом 3d – принтера [текст] / Ж.И. Батырканов, К.К. Кадыркулова, Ш.А. Белялов // Известия КГТУ им. И. Раззакова, №3(36). – Бишкек, 2015. – С. 35-42.

16. **Батырканов, Ж.И.** Управление шаговым приводом 3d – принтера: математическая модель и вопросы технической реализации [Электронный ресурс] / Ж.И. Батырканов, К.К. Кадыркулова, Ш.А. Белялов // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. Научно-технический журнал, № 1 (33), – Астрахань, 2016. – С. 128-138.

17. **Кадыркулова, К.К.** Разработка системы управление движением робота по предписанной траектории [текст] / К.К. Кадыркулова, И.Э. Сокенов, В.А. Шинкарева // “Молодёжь – движущая сила науки”. КГТУ им. И. Раззакова. Часть I, – Бишкек, 2016. – С. 122-128.

18. **Батырканов, Ж.И.** Управление шаговым приводом 3d – принтера [текст] / Ж.И. Батырканов, К.К. Кадыркулова // Вестник науки КСТУ им. З. Алдамжар, №3. – Костанай, 2016. – С. 9-19.

19. **Batyrkanov, Zh.** Management stepper of 3d – printer [electronic resource] / Zh. Batyrkanov, K. Kadyrkulova, Sh. Belialov // The international Journal of Engineering and Science, V.5, Iss. 11. India, 2016. – P. 16-21.

20. **Батырканов, Ж.И.** Синтез законов управления на основе компенсации внутренних и внешних сил [текст] / Ж.И. Батырканов, К.К. Кадыркулова // Вестник науки КСТУ им. З. Алдамжар, №4. – Костанай, 2016. – С. 26-30.

21. **Батырканов, Ж.И.** Об одном подходе адаптивного управления траекторным движением [текст] / Ж.И. Батырканов, М.Ф. Баймухамедов, К.К. Кадыркулова // Известия КГТУ им. И. Раззакова, № 1(41). Часть 2. – Бишкек, 2017. – С. 110 – 117.

22. **Батырканов, Ж.И.** Синтез алгоритмов управления шаговыми приводами 3d-принтера по осуществлению предписанных движений [Электронный ресурс] / Ж.И. Батырканов, К.К. Кадыркулова, Ш.А. Белялов // Вестник Мордовского университета, № 15. – Саранск, 2017.

23. **Батырканов, Ж.И.** Синтез законов управления шаговыми электроприводами 3-х звенного манипулятора [текст] / Ж.И. Батырканов, К.К. Кадыркулова, И.М. Маматбеков // Известия КГТУ им. И. Раззакова, № 1(45). – Бишкек, 2018. – С. 19-24.

24. **Батырканов, Ж.И.** Разработка системы управления шаговыми приводами 3-х звенного манипулятора [Электронный ресурс] / Ж.И. Батырканов, К.К. Кадыркулова, И.М. Маматбеков // Вестник Мордовского университета, №13. – Саранск, 2019.

Кадыркулова Кыял Кудайбердиевнанын

05.13.06 – “Технологиялык жана ёндүрүштүк процесстерди автоматташтыруу жана башкаруу” адистиги боюнча “Объектини траектордук кыймылынын башкаруу системин синтездөө” аттуу темасындагы аткарылган диссертациясынын

Кыскача мазмуну

Негизги сөздөр: өндүрүштүк робот, 3D-принтер, 3D-технология, синтез, кадамдык кыймылдаткыч, берилген траектория.

Изилдөөнүн объектиси: объектинин траектордук кыймылынын башкаруу системи.

Изилдөөнүн максаты: берилген траектория боюнча объектинин кыймылын ишке ашыруунун башкаруу законун синтездөө.

Изилдөө ыкмалары: алдыга коюлган маселени чечүүдө динамиканын тескери маселелер түшүнүк идеасы колдонулду. Туруктуулук теориясынын элементтери колдонулду.

Иштин негизги натыйжалары: Берилген траектория боюнча объектинин кыймылынын ишке ашыруусунда, башкаруунун синтезинин жаңы ыкмасы иштелип чыкты. Мында берилген траектория аналитикалык көрүнүштө жана берилген траектория таблица формасында синтездөө ыкмалары иштелип чыкты. Объект параметрикалык таасирине дуушар болгондо, ылайыктануучу башкаруунун синтездөө ыкмасы иштелип чыкты. 3D-принтерди башкаруулуучу объект катарында каралганда жана берилген траектория таблица формасында болгон учурга 3D-принтеринин приводунун математикалык модели иштелип чыгарылды.

Изилдөөнүн натыйжаларын колдонуу: Изилдөөнүн натыйжалары 3D-принтерде жана өндүрүштүк роботтордун кыймыл органдарын башкаруу системин иштеп чыгууда кеңири колдонулат.

Изилдөөнүн натыйжалары «Робототехниканын жана электрприводдун негиздери» сабагы боюнча лабораториялык базасын түзүүдө жана КМТУнун окуу процессиндеги лекцияларда колдонулган.

Изилдөөлөрдүн натыйжалары Билим берүү жана илим министерлигинин гранттык проектилеринде 2012 жылдан 2017 га чейин колдонулган.

Колдонуу тармагы: Изилдөөнүн натыйжалары өндүрүштүк роботторду ишке киргизүүдө жана 3D- технологияларынын ар кандай өндүрүштүкө киргизүүдө колдонулат.

РЕЗЮМЕ

диссертации Кадыркуловой Кыял Кудайбердиевны на тему: «Синтез системы управления траекторным движением объекта» на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами».

Ключевые слова: промышленный робот, автоматизированная система, 3D-принтер, 3D- технология, синтез, шаговый двигатель, предписанная траектория.

Объект исследования: системы управления траекторным движением объекта.

Цель исследования: синтез законов управления по осуществлению движений объекта по предписанной траектории.

Методы исследования: при решении поставленных задач применялись идеи концепции обратных задач динамики. Применялись элементы теории устойчивости.

Основные результаты работы и их новизна: разработан новый подход к синтезу управления по осуществлению движения объекта по предписанной траектории. При этом, разработаны подходы к синтезу, когда предписанная траектория задаётся в аналитическом виде и когда предписанная траектория задана в табличной форме. В случае действия параметрических возмущений на объект разработана методика синтеза адаптивного управления.

Разработана математическая модель привода 3D-принтера, как объекта управления в случае задания предписанной траектории в табличной форме.

Использование результатов исследований: результаты исследований могут широко использоваться при разработке систем управления рабочими органами 3D-принтеров и промышленных роботов.

Результаты исследований использовались при создании лабораторной базы по курсу «Основы робототехники и электропривода», а также в лекционных курсах учебного процесса в КГТУ им. И. Раззакова.

Результаты исследований, также использовались при выполнении грантовых проектов МО и Н КР в 2012-2017гг.

Область применения: Результаты исследований могут широко использоваться при внедрении промышленных роботов и 3D- технологий в различные сферы производства.

RESUME

of Kadyrkulova Kyial on the theme: "Synthesis control system of the object by trajectory movement " for the degree of candidate technical sciences in the specialty 05.13.06 - "Automation and management of technological processes and production."

Keywords: industrial robot, automated system, 3D-printer, 3D-technology, synthesis, stepping motor, prescribed trajectory.

Object of the study: control system of the object by trajectory movement.

The purpose of the research: the synthesis of control laws for the implementation movements of the object along a prescribed trajectory.

Research methods: when solving the tasks were used, the ideas concept of the inverse problems of dynamics. Elements of the theory of sustainability were used.

The main results of the work: a new approach has been developed for the management of the movement of an object along a prescribed trajectory. At the same time, synthesis approaches have been developed, when the prescribed trajectory is specified in an analytical form and when the prescribed trajectory is specified in tabular form. In the case of the action of parametric perturbations on an object, a method of adaptive control synthesis has been developed.

A mathematical model of a 3D-printer drive has been developed as a control object in the case of specifying a prescribed trajectory in tabular form.

Using the results of the study: research results can be widely used in the development of control systems for working bodies of 3D-printers and industrial robots.

The research results were used to create a laboratory base for the course "Fundamentals of Robotics and Electric Drive", as well as in lecture courses of the educational process at KSTU
I. Razzakov.

The research results were also used in the implementation of the grant projects of the Ministry of Education and Science 2012-2017.

Scope: The research results can be widely used in the implementation of industrial robots and 3D-technologies in various areas of production.