ДОСЖАН НҰРСҰЛТАН САҒЫНАЙҰЛЫ

ТОПТАМАДАҒЫ ЖЕРСЕРІКТЕР ҚОЗҒАЛЫСЫН БАСҚАРУ АЛГОРИТМДЕРІН ӘЗІРЛЕУ

«6D074600 – Ғарыштық техника және технологиялар» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін диссертациясына

АННОТАЦИЯ

Жалпы жұмыс сипаттамасы. Диссертациялық жұмыс Жер бетін үздіксіз бақылауға арналған синтетикалық саңылауы бар телескоптың оптикалық элементтері болып табылатын жерсеріктер топтамасының тетраэдрлік конфигурациясын сақтау мәселесін зерттеуге арналған. Диссертациялық жұмыста әртүрлі ұйытқушы күштерді ескере отырып, жерсеріктер топтамасының конфигурациясын басқару алгоритмдері қарастырылған.

Жұмыстың өзектілігі. Қазіргі уақытта ғарышты игеру міндеттерінде зерттеушілер санының артуы жалғыз жерсеріктердің орнына ғарыш аппараттарының топтамасы қарастыруды жөн көреді. Бұл топтамалар, әдетте, әзірлеуге аз уақыт пен қаражатты қажет ететін шағын құрылғыларды пайдаланады. Сонымен қатар, топтамалардың көмегімен бір жерсерік арқылы шешілмейтін жаңа есептердің тұтас класын шешуге болады. Мысалы, магниттік немесе гравитациялық өрістерді, ионосфераны, атмосфераны және т.б. зерттеу кезінде маңызды болып табылатын әртүрлі кеңістік нүктелеріндегі кез келген көрсеткіштерді бір уақытта өлшеуге болады. Астрономиялық бақылаулар, Жер бетін стереографиялық бейнелеу және нақты уақыт режимінде Жерді қашықтықтан зондтау тапсырмалары үшін жерсеріктік топтамалар мүмкіндіктері қызығушылық тудырады. Зерттеушілер үшін жаңа мүмкіндіктермен қатар жаңа міндеттер де туындайды. Топтама миссиясын орындау кезіндегі негізгі міндеттердің бірі спутниктік конфигурацияны сақтау немесе қайта реттеу үшін басқару жүйесін құру болып табылады. Миссияға байланысты әртүрлі конфигурациялар таңдалады және әр жағдайда тағайындалған тапсырмалар үшін басқару алгоритмі әзірленеді.

Сондықтан Жердің гравитациялық өрісінің біртекті еместігі, үшінші аспан денелерінің тартылуынан туындайтын ұйытқулар немесе күн радиациясынан туындайтын ұйытқулар сияқты әртүрлі ұйытқушы факторларды ескере отырып, жерсеріктер топтамасы арқылы құрылған интерферометрлерді басқару алгоритмдерін әзірлеу үлкен қолданбалы маңызы бар өзекті ғылыми-техникалық мәселе болып табылады.

Осы дипломдық жұмыста сипатталған әзірленген басқару алгоритмдері жерсеріктер топтамасының тетраэдрлік конфигурациясының жоғары дәлдікпен сақталуын қамтамасыз етеді.

Жұмыс мақсаты. Ұйытқуларды ескере отырып, геостационарлық орбитадағы шағын кластерлі жерсеріктер топтамасының қозғалысының

математикалық моделін құру, сондай-ақ оның конфигурациясын сақтау үшін топтаманың қозғалысын басқару алгоритмдерін әзірлеу.

Жұмыстың есептері.

– Жердің сфералық еместігінен, сондай-ақ ай-күн әсерінен туындайтын ұйытқуларды ескере отырып, топтама қозғалысының математикалық моделін құру;

– сызықтық және сызықты емес әдістер негізінде геостационарлық орбитадағы топтама қозғалысын басқару алгоритмдерін келесі әдістерге негізделе отырып жасау:

1) түбірлік әдіске (RLM) және сызықтық квадраттық реттегішке (LQR) негізделген;

2) LMI аймақтарында тіректерді орналастыру әдісіне негізделген, LQR және сызықтық H_2 басқару;

3) as H_2 және H_∞ сияқты сенімді басқару алгоритмдеріне негізделген;

Зерттеу әдістері. Теориялық және аспан механикасының негізгі заңдары; сызықтық дифференциалдық және алгебралық матрицалық теңдеулер теориясының дәлелденген аналитикалық және сандық әдістері; басқару теориясының белгілі дәлелденген әдістері; тербеліс және қозғалыс орнықтылық теориясын, жоғары алгебра теориясын қолдану; сызықтық және сызықтық емес дифференциалдық теңдеулерді шешуге арналған жоғары дәлдіктегі сандық әдістер.

Мәселенің ғылыми жаңалығы Жерді нақты уақыт режимінде қашықтықтан зондтау үшін геостационарлық орбитада белгілі бір конфигурациядағы жерсерік топтамасын пайдалану ұсынылады. Конфигурация төрт жерсеріктік жүйе болып табылады, оның негізгі жерсерігі және тетраэдрді құрайтын үш қосалқы жерсерігі бар. Бұл жағдайда негізгі жерсерік тірек орбитасы деп аталатын орбитада қозғалады. Уақыт өте келе тірек орбитасы сыртқы ұйытқулардың әсерінен күшейе береді, сәйкесінше осы ұйытқулар топтамадағы жерсеріктердің салыстырмалы орналасуына әсер етеді, бұл конфигурацияның тұрақсыздығына және тағайындалған миссияны орындалмауына әкеледі.

Осыған байланысты мәселенің ғылыми жаңалығы Жердің фигурасын, Ай мен Күннің гравитациялық өрістері және анықталмағандықтарды ескере отырып, жетекші жерсеріктің тірек орбиталарының ұйытқыған және ұйытқымаған жағдайында тетраэдрлік конфигурация топтамасының басқару жүйесін әзірлеу қажеттілігінде жатыр.

Қорғауға ұсынылған ғылыми ережелер.

– жоғары орбиталардың бұзылуын ескере отырып, геостационарлық орбитада жерсеріктер топтамасының қозғалысының математикалық моделі;

– түбірлік әдіс (RLM) және сызықтық квадраттық реттегіш (LQR) негізіндегі ұйытқымаған тірек орбита жағдайындағы топтама конфигурациясын басқару алгоритмдері;

– LMI аймақтарында полюстерді орналастыру әдісін қолдану, сызықтық-квадраттық реттегіш (LQR) және сызықтық H_2 басқару тәсілі негізінде

ұйытқымаған тірек орбитасы жағдайында негізгі ұйытқушы күштерді ескере отырып, жерсеріктер топтамасының конфигурациясын басқару алгоритмдері;

– H_2 және H_∞ сияқты сенімді басқару алгоритмдеріне негізделген, ұйытқыған тірек орбита және әртүрлі анықталмағандықтар жағдайында топтама конфигурациясының сақталуын қамтамасыз ететін басқару алгоритмі.

Зерттеудің негізгі нәтижелерінің сипаттамасы.

– Жерсеріктер топтамасының ұйытқымаған тірек орбита жағдайындағы қозғалысының математикалық моделі жасалды. Топтамадағы жерсеріктердің басқарылмаған қозғалысына зерттеу жүргізілді. Зерттеу нәтижесінде топтама конфигурациясын сақтау үшін белгілі бір басқару алгоритмдерін қолдану қажеттілігі көрсетілді. Ұйытқымаған тірек орбитасы жағдайында топтама конфигурациясын басқару алгоритмдері түбірлік әдіс (RLM) және сызықтық квадраттық реттегіш (LQR) негізінде құрастырылған;

– Жердің, Айдың және Күннің гравитациялық әсерінен туындайтын негізгі ұйытқушы күштерді ескере отырып, ұйытқымаған тірек орбитасы жағдайындағы жерсеріктер топтамасы қозғалысының математикалық моделі жасалды. Басқарылмаған қозғалысты зерттеу барысында ұшудың бастапқы кезеңінде басқаруды енгізу қажеттілігі анықталды. Жерсеріктер топтамасының конфигурациясын басқару алгоритмдері негізгі ұйытқушы күштерді ескере отырып, LMI аймақтарында полюстерді орналастыру әдісін, сызықты-квадраттық реттегіш (LQR) және сызықтық H_2 басқаруды қолдану негізінде құрастырылды;

– Лоуден-Седвик-Швайгард моделінің модификациясы негізінде жерсерік топтамасының ұйытқыған тірек орбитасына қатысты қозғалысының математикалық моделі жасалды. Жердің тартылыс өрісінің біртекті еместігіне байланысты ұйытқуларды, Ай мен Күннің тартылыс күштерінің, сондай-ақ Күн сәулелері қысымының әсерінен болатын ұйытқуларды ескере отырып, жерсеріктер топтамасының ұйытқыған қозғалысының теңдеулері ұйытқымаған тірек орбитасы жағдайында құрастырылды. Ұйытқыған орбитаға қатысты жерсеріктер топтамасының сызықты емес қозғалыс теңдеулері үшін сандық шешім алынды. Сондай-ақ, H_2 және H_∞ сияқты сенімді басқару алгоритмдері негізінде ұйытқыған тірек орбитасы және әртүрлі типтегі анықталмағандық жағдайында топтама тұрақтылығының жеткілікті деңгейін қамтамасыз ететін басқару алгоритмі әзірленді.

Алынған нәтижелердің ғылыми жаңалығы. Бұл жұмыста дифференциалдық теңдеулер теориясының дәлелденген аналитикалық және сандық әдістерін пайдалана отырып, жерсеріктердің өзара байланысқан қозғалыстарының динамикасын зерттеуге мүмкіндік беретін жерсеріктер топтамасының салыстырмалы қозғалысының математикалық моделінің шешімі жоғары және геостационарлық орбиталарға тән ұйытқуларды ескере отырып алынды. Хилл-Клохесси-Уильтшер және Лоуден модельдеріне сәйкес келетін математикалық модель ұйытқымаған орбиталарға қатысты құрылды. Седвик-Швейгард моделі бойынша Жердің біртекті емес гравитациялық өрісі, Ай мен Күннің тартылыс күші, күн сәулелерінің қысымы сияқты бұзылулар есепке

алынды. Басқару жүйесі және басқару коэффициенттерін таңдау сызықтық-квадраттық реттегіш, түбірлік орналастыру әдісі, сызықтық H_2 басқару, H_2 және H_∞ сияқты сенімді басқару алгоритмдері негізінде құрылды. Жұмыс аясында Scopus және Web of Science деректер базасында индекстелген шетелдік ғылыми журналдарда 3 мақала және Қазақстан Республикасының ғылым және жоғары білім беру сапасын қамтамасыз ету комитеті негізгі ғылыми мақалаларды жариялау үшін ұсынған ғылыми басылымдарда 5 мақала жарияланды.

Жұмыстың практикалық маңыздылығы. Практикалық маңыздылығы геостационарлық орбитадан Жерді үздіксіз қашықтықтан зондтау үшін пайдаланылуы мүмкін жерсеріктер топтамасының конфигурациясын басқарудың әзірленген алгоритмдерін пайдалану мүмкіндігімен сипатталады.

Осы диссертациялық жұмыста берілген математикалық модельдер, алгоритмдер және нәтижелер Жерді қашықтықтан зондтау үшін жерсеріктер топтамасының қозғалысын басқару жүйесін жобалау бойынша ғылыми жобалардың бөлігі болып табылады және ғарыш саласында қолданылуы мүмкін.

Жұмыстың мемлекеттік ғылыми бағдарламалармен байланысы. Бұл диссертациялық жұмыс келесі жобалар аясында орындалды:

– AP05132939 «Жерді қашықтықтан бақылауға арналған серіктер топтамасының қозғалысын басқару жүйесін жобалау» ғылыми зерттеулерді гранттық қаржыландыру ҚР БҒМ ҒК, 2018 – 2020 жж., МТ № 0118РК00524;

– AP09260469 «Анықталмағандылықтарды ескергендегі ғарыш аппараттары топтамасының конфигурациясын сақтауға арналған басқару жүйесін жасау » ғылыми зерттеулерді гранттық қаржыландыру ҚР БҒМ ҒК, 2021 – 2023 жж., МТ № 0121РК00371.

Докторанттың мақалалар дайындаудағы жеке үлесі.

– N.Kaliyeva, Z.Rakisheva, N.Doszhan*, A.Sukhenko, G.-G.A.Ibrayev, Sh.Nakasuka, and Y.Shabdan. Relative Dynamics and Control of Satellite Formation Flying Representing the Synthetic Aperture Telescope on Geostationary Orbit // Engineered Science. DOI: 10.30919/es1131 (Published Online). 2024, (Scopus, SJR 1.386, Q1, Процентиль 98). Диссертация авторы мәселені қоюға, алгоритмді құруға, есептеулерді жүргізуге және мақаланы дайындауға қатысты. Жауапты автор;

– Z.Rakisheva, A. Sukhenko, N. Doszhan, G.-G.A. Ibrayev, N. Kaliyeva, Sh. Nakasuka, and Y. Shabdan. Evaluation of Applicability of Some Algorithms for Controlling the Motion of Satellites in a Formation // Engineered Science. №27(1025), 2024, DOI:10.30919/es1025 (Scopus, SJR 1.386, Q1, Процентиль 98). Диссертация авторы мәселені қоюға, алгоритмді құруға, есептеулерді жүргізуге және мақаланы дайындауға қатысты;

– Z.B. Rakisheva, Sh. Nakasuka, N.S. Doszhan, G.E. Ibrayev. Stabilization of the movement of a small spacecraft in a geostationary orbit. News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences. № 6 (438), 2019, 112-120 б., DOI: 10.32014/2019.2518-170X.162 (WoS: Q4, Scopus, SJR: 0.265, Процентиль 40, Q3). Диссертация авторы мәселені қоюға,

алгоритмді құруға, есептеулерді жүргізуге және мақаланы дайындауға қатысты. Жауапты автор;

– N.Doszhan, G.-G.A.Ibrayev, R.Pilpani. Ultra-High Accurate Attitude Determination and Control of Microsatellite Formation Flight // Balkan Journal of Electrical and Computer Engineering, Vol. 6, No. 4, 2018. - P.47-51. DOI: 10.17694/bajece.475540. Диссертация авторы мәселені қоюға, математикалық аппаратты жасауға, есептеулерді жүргізуге және мақаланы дайындауға қатысты. Бірінші автор;

– З.Б.Ракишева, Н.С.Досжан, А.Мухамедгали, Ж.Т.Лязат. Расчет параметров электромагнитного исполнительного органа и разработка программы управления. Д.Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан мемлекеттік техникалық университетінің хабаршысы. (Ғылыми журнал). №1(75), 2017. 79-83 б. Диссертация авторы мәселені қоюға, модельді жасауға, есептеулерді жүргізуге және мақаланы дайындауға қатысты;

– Ракишева З.Б., Мухамедгали А., Досжан Н.С., Лязат Ж.Т. Разработка имитатора магнитного поля Земли. ПМУ Хабаршысы. №1,2017. 262-266 б. Диссертация авторы мәселені қоюға, модельді жасауға, есептеулерді жүргізуге және мақаланы дайындауға қатысты;

– О.К. Туенбаев, Ж.Лязат, Н.Досжан, А. Мухамедгали, Н.Узбеков, Б.Ханиев. Детальное проектирование наземного комплекса управления наноспутника. Д.Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан мемлекеттік техникалық университетінің хабаршысы. (Ғылыми журнал). №4(78), 2017. 98-106 с. Диссертация авторы мәселені қоюға, есептеулерді жүргізуге және мақаланы дайындауға қатысты;

– Zhilisbayeva K., Doszhan N., Saspayeva A. Changing the magnetic field intensity during the motion of spacecraft. International Journal of Mathematics and Physics. Vol (7) №1, 2016. 56-64 б. Диссертация авторы мәселені қоюға, математикалық модельді жасауға, есептеулерді жүргізуге және мақаланы дайындауға қатысты;

– Досжан Н.С., А. Мухамедгали, Е. Шабдан. Обзор испытаний в термо-вакуумной камере малого космического аппарата. ҚазҰТУ хабаршысы. №5(111),2015. 523-529 б. Диссертация авторы мәселені қоюға, математикалық аппаратты жасауға, есептеулерді жүргізуге және мақаланы дайындауға қатысты. Бірінші автор.

Сонымен қатар, диссертация авторы халықаралық ғылыми конференциялар мен симпозиумдарда 3 тезис жариялады. Сондай-ақ диссертациялық жұмыс аясында 1 монография жарық көрді.