

АНДАТПА

8D6102 – «Machine Learning & Data Science» философия докторы (PhD)
дәрежесін алу үшін диссертациясына

Асанов Ильяс Болатович

"Дәл егіншілік мәселелерін шешу үшін техникалық жағынан гетерогенді
ұшқышсыз ұшу аппараттарының ұшуын жоспарлау моделін әзірлеу"

Диссертациялық жұмыста нақты егіншілік контекстінде техникалық жағынан әртүрлі ұшқышсыз ұшу аппараттары үшін ұшуды жоспарлау моделі ұсынылды. Бұл жұмыстың айырмашылығы жылжымалы жер станциясын пайдаланумен біріктірілген көптеген ұшқышсыз ұшу аппараттары үшін қозғалыс траекториясын оңтайландырудың бастапқы тәсілінде жатыр, мұнда берілген өлшем мен конфигурация өрісінің жалпы ұшу құнын азайтуға бағытталған генетикалық алгоритмді қолдану шешуші рөл атқарады. Бұл тәсіл жоспарлау процесін автоматтандыруға мүмкіндік береді, оны икемді және әртүрлі агротехникалық тапсырмалардың ерекшеліктеріне бейімдейді. Модельдің артықшылығы: әртүрлі нысандағы ауыл шаруашылығы алқаптарын жабу міндетін шешу үшін көптеген гетерогенді ҰҰА ұшу жолын жоспарлау мүмкіндігі; оператордың ең аз араласуымен миссияның орындалу уақытын шектей отырып, ұшудың жалпы құнын барынша азайту; әрбір қолжетімді аппараттың жеке ерекшеліктерін ескере отырып, ҰҰА-ның қажетті санын автоматтандырылған іріктеу; жерүсті жылжымалы станциясын ұшыру және жанармай құю нүктесі ретінде пайдалану. Ұшқышсыз ұшу аппараттары.

Жұмыстың мақсаты. Жердегі жылжымалы платформаны қолдана отырып, дәл егіншілікте көптеген гетерогенді ұшқышсыз ұшу аппараттарының ұшуын жоспарлау моделін жасау.

Зерттеу міндеттері.

Жұмыста мақсатқа жету үшін келесі міндеттер қойылады:

- 1) Нақты егіншілікте ҰҰА жолын жоспарлау әдістері мен модельдерін талдау;
- 2) ұшуды жоспарлау моделін әзірлеу, онда мыналар ескеріледі:
 1. Ұшу мәселесін шешу үшін ұшқышсыз ұшу тобын таңдауға болатын гетерогенді ұшқышсыз ұшу паркінің параметрлері;

2. Миссияны орындағаннан кейін ҰҰА-ға жанармай құюға және жинауға арналған жердегі жылжымалы платформаның болуы;

3. Ұшуды орындайтын персоналдың еңбегі;

4. Жабдықтың тозуына байланысты шығындар;

5. Ұшу уақытының ұлғаюы (шегінен асуы) үшін айыппұл.

3) Құны функциясы әзірленген модельге негізделген генетикалық алгоритм негізінде ұшуды жоспарлау әдісін әзірлеу;

4) Бағдарламалық қамтамасыз етуді, ұшқышсыз ұшу жолы мен жердегі жылжымалы платформа үшін екі өлшемді симулятормен ұшу процесінің жалпы құнын оңтайландыру жүйесін әзірлеу;

5) Әзірленген әдістің сапасын бағалау үшін есептеу эксперименттерін жүргізу.

Зерттеудің өзектілігі. Қазіргі заманғы ауылшаруашылық өндірісі қоршаған ортаға әсерді азайта отырып, өнімділікті арттыру және ресурстарды пайдалануды оңтайландыру қажеттілігімен байланысты бірқатар қиындықтарға тап болады. Бұл тұрғыда дәл егіншілік озық технологияларды қолдана отырып, агроөнеркәсіптік процестерді басқарудың қарқынды әдістерін ұсынатын перспективалық бағыт ретінде әрекет етеді.

Ұшқышсыз ұшу аппараттары (ұшқышсыз ұшу аппараттары) соңғы жылдары топырақ пен өсімдіктердің денсаулығын бақылаудан бастап тыңайтқыштар мен гербицидтерге дейін көптеген ауылшаруашылық операцияларын төңкеріс жасау құралы ретінде өзінің жоғары әлеуетін көрсетті. Ұшқышсыз ұшу аппараттары бұрын қол жетімді емес немесе экономикалық тұрғыдан мүмкін емес мүмкіндіктерді ұсынады.

Дегенмен, көптеген артықшылықтарға қарамастан, ауыл шаруашылығында ұшқышсыз ұшу аппараттарын пайдалану бірқатар техникалық және практикалық мәселелерге тап болады. Осыған байланысты қол жетімді жабдықтың гетерогенділігін және ұшу процесінде ұшқышсыз ұшу міндеттерінің ерекшелігін ескере отырып, ұшуды жоспарлауды оңтайландыру қажет.

Зерттеу нысандары. Нақты егіншілік саласында ҰҰА қолдану процесі.

Зерттеу пәні. Гетерогенді ұшқышсыз ұшу тобының ұшу жоспарларын оңтайландыру әдістері мен модельдері және миссияны орындаған ұшқышсыз ұшу аппараттарына жанармай құю және жинау станциясы.

Зерттеу әдістері.

Диссертацияда зерттеудің келесі әдістері қолданылады: ғылыми әдебиеттерді талдау, генетикалық алгоритмді бейімдеу, модельдер құру және

бағдарламалық жасақтаманы прототиптеу, виртуалды ортада есептеу эксперименттері.

Ғылыми жаңалық:

1) Ұшуды жоспарлау моделі ұсынылды, онда:

1. Ұшу мәселесін шешу үшін ұшқышсыз ұшу тобын таңдауға болатын гетерогенді ұшқышсыз ұшу паркінің параметрлері;

2. Миссияны орындағаннан кейін ҰҰА-ға жанармай құюға және жинауға арналған жердегі жылжымалы платформаның болуы;

3. Ұшуды орындайтын персоналдың еңбегі;

4. Жабдықтың тозуына байланысты шығындар;

5. Ұшу уақытының ұлғаюы (шегінен асуы) үшін айыппұл.

2) ҰҰА-ны басқару және аралық қызмет көрсету үшін жылжымалы жерүсті станциясын пайдалана отырып, жабу мәселесін шешудің жаңа әдісі ұсынылды.

3) Ұшудың кешенді бағасын ескеретін модель әзірленді. Есептеу эксперименттері жағдайында ұсынылған модель (өрістің мөлшері мен формасына байланысты) ұшудың кешенді құнын 10-нан 30% - ға дейін азайтуға мүмкіндік берді.

Зерттеудің негізгі нәтижелері: қамту жолдарын жоспарлау моделі әзірленді, ол мыналарды ескереді: шектеулермен ұшудың кешенді бағасы; қол жетімді ұшқышсыз ұшу паркінің гетерогенділігі; ұшыру, басқару және қайта зарядтау нүктесі ретінде жер үсті платформасының қозғалысы.

Жүргізілген зерттеу негізінде келесі практикалық тұжырымдар мен ұсыныстарды бөліп көрсетуге болады:

1. Ауылшаруашылық процестеріне ПҰА-ның ықтимал үлесін бағалау. Ұшқышсыз ұшу аппараттарын қолданудың негізгі бағыттары және олардың аграрлық процестерді жақсартудағы рөлі талданды;

2. Ауыл шаруашылығында ПҰА-ны қолдана отырып, қамту мәселесінің қолданыстағы шешімдерін талдау. Мәселені шешудің кең таралған әдістері анықталды және олардың кемшіліктері анықталды;

3. Көптеген UAV үшін маршрутты жоспарлау әдістері мен модельдерін зерттеу. Қолданыстағы әдістердің модельдері қарастырылып, ұшудың жалпы құнын оңтайландыруды қамтамасыз ететін жердегі жылжымалы платформаны және гетерогенді ұшқышсыз ұшу топтарын қолдана отырып, жаңа тәсіл ұсынылды;

4. Open source шешімдері негізінде миссияны орындаған дрондарға жанармай құюды және жинауды қамтамасыз ететін UAV тобы мен жердегі

жылжымалы платформаның жолын жоспарлау және визуализациялау үшін бағдарламалық кешеннің прототипі әзірленді;

5. Ұсынылған әдістерді тексеру: кездейсоқ іздеу алгоритмімен салыстырғанда ұсынылған модельдің тиімділігін тексеру үшін бірқатар есептеу эксперименттері жүргізілді.

Диссертация барысында алынған ғылыми нәтижелер дәл егіншілік контекстінде техникалық жағынан гетерогенді ұшқышсыз ұшу аппараттарының ұшуын жоспарлауды оңтайландырудың жаңа әдісін ұсынуға мүмкіндік берді. Өріс параметрлерін, қол жетімді ұшқышсыз ұшу аппараттарының конфигурациясын, қызметкерлердің болуын ескеретін модель жасалды. Модель негізінде генетикалық алгоритм негізінде жердегі платформаның миссиясы мен қозғалысын орындау үшін оңтайлы ұшқышсыз ұшу аппараттарын анықтау әдісі жасалды. Әдіс берілген өлшем мен конфигурация өрісінің жалпы ұшу құнын оңтайландыруды қамтамасыз етеді.

Зерттеу барысында open source шешімдеріне негізделген миссияны орындаған дрондарға жанармай құю мен жинауды қамтамасыз ететін UAV тобы мен жердегі жылжымалы платформаның жолын жоспарлау және визуализациялау үшін бағдарламалық кешеннің прототипі әзірленді.

Зерттеу нәтижелерін қолдану бойынша ұсыныстар:

– Ғылыми зерттеушілерге арналған мақала: әзірленген жүйе ұшқышсыз ұшу аппараттарын қолдана отырып, ауылшаруашылық процестерін автоматтандыру саласындағы Қосымша зерттеулерге негіз бола алады;

– Аграрлық кәсіпорындар мен мемлекеттік органдарға арналған сенім: жүйені ауыл шаруашылығы өндірісінің тиімділігі мен үнемділігін арттыру үшін қолданыстағы Агротехнологиялық шешімдерге біріктіруге болады;

– ҰҰА өндірушілеріне арналған құрал: зерттеу нәтижелерін ауыл шаруашылығында жұмыс істеуге арналған ұшқышсыз ұшу аппараттарының дизайны мен бағдарламалық құралын оңтайландыру үшін пайдалануға болады;

– Фермерлер мен ауылшаруашылық кәсіпорындарының иелеріне арналған шешім: ұсынылған шешімдер ұшқышсыз ұшуды жоспарлау мен бақылау процесін жеңілдетеді, бұл өз кезегінде шығындардың төмендеуіне және өнімділіктің жоғарылауына әкелуі мүмкін.

Қорытындылай келе, әзірленген жүйе жылжымалы жерүсті станциясы мен қол жетімді ҰҰА гетерогенді паркін қолдана отырып, әртүрлі нысандағы өрістерді жабу мәселесін кешенді шешу болып табылады, бұл оны дәл егіншілік саласындағы тұтынушылардың кең ауқымы үшін өзекті етеді. Бұл

жүйе ұшу маршруттарын жоспарлау процесін автоматтандыруға мүмкіндік береді, бұл оны заманауи аграрлық кәсіпорындар үшін ажырамас құралға айналдырады.

Қорғауға шығарылатын ережелер:

1. Берілген өлшем мен конфигурация өрістерін жабу мәселесін шешу үшін гетерогенді ұшқыштар тобының ұшуын және жердегі жылжымалы кешеннің қозғалысын жоспарлау моделі;

2. Генетикалық алгоритм негізінде әртүрлі пішіндегі өрістерді жабу мәселесін шешу үшін гетерогенді ұшқышсыз ұшу аппараттары тобының ұшуын және жердегі жылжымалы кешеннің қозғалысын жоспарлау әдісі;

3. Есептеу эксперименттерінің нәтижелері әзірленген әдістің артықшылықтарын көрсетеді;

4. Дәл егіншілік мәселелерін шешуде техникалық жағынан әр түрлі ұшқышсыз ұшу аппараттары тобының және жылжымалы жер үсті платформасының ұшуын жоспарлау әдісінің жұмысын орындауды және визуализациялауды қамтамасыз ететін модельдеу ортасын бағдарламалық қамтамасыз ету.

Тақырыптың ғылыми–зерттеу бағдарламаларының жоспарларымен байланысы. Ұсынылған нәтижелер ҚР БҒМ ҒК АКТ жобасын орындау кезінде алынды (қаржыландыру көзі ҚР БҒМ Ғылым комитеті): ЖТН: AP08856412, Мемлекеттік тіркеу нөмірі: 0120PK00298 «Разработка интеллектуальных моделей обработки данных и планирования полетов для решения задач точного земледелия с применением БПЛА» 2020-2023-да жылдар.

Зерттеу нәтижелерін сынақтан өткізу. Негізгі зерттеудің ережелері мен нәтижелері журналда жарияланған IEEE Access импакт-факторы бар 4.82 (Q1). Сондай-ақ журналда шолу мақаласы жарияланды Applied Sciences (Switzerland). Әзірленген ақпараттық жүйе енгізілген Жилин университетіндегі академиялық процесс, Словакия «Күрделі жүйелердің сенімділігін талдаудың жаңа әдістерін әзірлеу» жобасы аясында грант №APVV-18-0027 (Диссертацияның А қосымшасы).

Барлығы бойынша диссертация тақырыбы бойынша 5 мақала жарияланды жұмыстардың, оның ішінде 4 мақалалар базаларға кіретін журналдарда жарияланған Scopus (1 бап - Q1, 1 бап - Q2, 2 мақалалар - Берілген квартильсіз Scopus конференциясындағы баяндама). 2022 жылғы 21 маусымдағы N 27918 авторлық құқықпен қорғалатын объектілерге құқықтардың мемлекеттік тізіліміне мәліметтерді енгізу туралы куәлік

(бірлескен авторлар тобы) «Информационная система для оптимизации плана облёта поля произвольной формы группой разнородных беспилотных летательных аппаратов с помощью генетического алгоритма», авторлық құқық объектісінің түрі - ЭЕМ-ге арналған бағдарлама ресімделді.

Зерттеудің негізгі ережелері мен нәтижелері туралы баяндалды: Information Technologies and Management 2021, IDT (IEEE Czechoslovakia 2021,2023), Communications in Computer and Information Science 2020 және басқа конференцияларда.

Жарияланымдар.

1. Mukhamediev R.I., Symagulov A., Kuchin Y., Zaitseva E., Bekbotayeva A., Yakunin K., Assanov I., Levashenko V., Popova Y., Akzhalova A., Bastaubayeva S., Tabynbaeva L. (2021). Review of some applications of unmanned aerial vehicle's technology in resource rich country // *Applied Sciences*. Switzerland. - Vol. 11, № 21.

2. Mukhamediev R.I., Yakunin K., Aubakirov M., Assanov I., Kuchin Y., Symagulov A., Levashenko V., Zaitseva Y., Sokolov D., Amirgaliyev Y. (2023). Coverage Path Planning Optimization of Heterogeneous UAVs Group for Precision Agriculture // *IEEE Access*. – Vol 11. PP. 5789-5803.

3. Mukhamediev R., Kuchin Y., Yakunin K., Symagulov A., Ospanova M., Assanov I., Yelis M. (2020). Intelligent unmanned aerial vehicle technology in urban environments // *Communications in Computer and Information Science*. – Vol 1242. PP. 345-359.

4. Mukhamediev R.I., Assanov I., Yelis M., Symagulov A., Kuchin Y., Yakunin K., Aubakirov M., Tabynbayeva L., Sedlacek P. (2021). Rapid bibliometric analysis in deep learning domain // *International Conference o Information and Digital Technologies*. -PP. 206-211.

5. Mukhamediev R.I., Yakunin K., Kuchin Y., Symagulov A., Murzakhmetov S., Ospanova M., Assanov I., Yelis M. (2020) Intelligent unmanned aerial vehicle technologies // *THE 18th INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE INFORMATION TECHNOLOGIES AND MANAGEMENT 2021*. 22-23.04.,2020.ISMA University of Applied Science. Riga, Latvia.-PP. 21-22.

6. Assanov I. (2021) Multi UAV simulator in Unity // *The 19h INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE INFORMATION TECHNOLOGIES AND MANAGEMENT 2022*. 22-23.04.2021. ISMA University of Applied Science. Riga, Latvia.-PP. 46-47.

Диссертацияның құрылымы мен көлемі. Жұмыс кіріспеден тұрады, төрт бөлімдердің, қорытындылардың, әдебиеттер тізімінің 167-ден атаулары мен 5 қосымшасы. Диссертацияның жалпы көлемі 113 беттердің және 20-дан тұрады суреттер, 9 кесте.