

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

ФИЗИКА-ТЕХНИКА ФАКУЛЬТЕТІ

**«ФИЗИКАДАҒЫ ЗАМАНАУИ ТЕНДЕНЦИЯЛАР: ҒЫЛЫМ МЕН БІЛІМ
ИНТЕГРАЦИЯСЫ»**

Халықаралық ғылыми конференциясының материалдары

**«СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ФИЗИКЕ: ИНТЕГРАЦИЯ НАУКИ И
ОБРАЗОВАНИЯ»**

Материалы международной научной конференции

«MODERN TRENDS IN PHYSICS: INTEGRATION OF SCIENCE AND EDUCATION»

Materials of the international scientific conference

Астана, 2024 ж

ОӘЖ 53.(075)
Н90

Редакциялық кеңес:

Е.Б. Сыдықов, С.Б.Мақыш, Ж.М.Құрманғалиева, Д.Р.Айтмағамбетов,
Л.Т.Нуркатова, Н.Г.Айдарғалиева

Ә43 Физикадағы заманауи тенденциялар: ғылым мен білім интеграциясы:
Халықаралық ғылыми конференциясының материалдары (2024 жылдың 23 ақпаны, Астана, Қазақстан). – Астана: Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ баспасы, 2024. – 555 б.

ISBN 978-601-337-957-9

«ФИЗИКАДАҒЫ ЗАМАНАУИ ТЕНДЕНЦИЯЛАР: ҒЫЛЫМ МЕН БІЛІМ ИНТЕГРАЦИЯСЫ» атты Халықаралық ғылыми-теориялық конференция материалдар жинағына кәсіптік-техникалық білім беруді жетілдіруде «Космологияның қазіргі мәселелері», «Техниканың дамуындағы физиканың рөлі», «Ядролық физика, жаңа материалдар мен технологиялар», «Радиоэлектроника мен телекоммуникацияның қазіргі даму тенденциялары», «Ғарыштық техника мен технологияларды дамытудың озық бағыттары», жоғары оқу орындарындағы кәсіби педагогика проблемалары «Университетте физика және астрономия білімінің даму тенденциялары», «Орта мектепте физиканы оқытудың тиімді педагогикалық технологиялары», «Жаратылыстану пәндері бойынша мұғалімдерді даярлау жүйесіндегі инновациялар», «Қазіргі ақпараттық және коммуникациялық технологиялар» және оларды шешу әдістері мен жолдары қарастырылған мақалалар жарияланған.

ОӘЖ53.(075)

КБЖ 22.3я73

ISBN 978-601-337-957-9

© Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, 2024

Алтынбек Жандаулет., Шабаев Юрий Николаевич., Хуралай Молдамурат
Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Ғарыштық техника және технологиялар мамандығы бойынша 1 курс магистранты, Астана қ, Қазақстан Республикасы¹

PhD Докторант, Қазақстан Республикасының тұңғыш президенті-Елбасы атындағы ұлттық қорғаныс университеті, Астана қ., Қазақстан Республикасы²
Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Ғарыштық техника және технологиялар кафедрасының доценті м.а., т.ғ.к, Астана қ, Қазақстан Республикасы¹

ТОППЕН БАСҚАРЫЛАТЫН ҰШҚЫШСЫЗ ҰШУ АППАРАТЫ НЕГІЗІНДЕ ЖЕРГІЛІКТІ БАЙЛАНЫС ЖЕЛІСІН КОМПЬЮТТЕРЛІК МОДЕЛДЕУ ЖОБАЛАУ

Аңдатпа. Бұл мақалада топпен басқарылатын ұшқышсыз ұшу аппараттың (ҰҰА) көмегімен байланыс жоқ аймақтарды жергілікті байланыспен қамтамасыз ету жазылған. Сонымен қатар бақылауларға сүйене отырып, бұл мақалада бірнеше жерүсті станция арасындағы байланысқа қызмет ететін байланыс релесі ретінде ҰҰА-ны пайдалануды зерттелген. Автономды ҰҰА ұтқырлығын жергілікті байланысты жобалауға қатысатын негізгі элементтер мен әдістер жазылған. ҰҰА 21 ғасырда байланыс саласында қолданудың өзектілігі мен құпия зерттеу операцияларын атқарудағы рөлі берілген.

Кілттік сөздер: жерүсті станция, топпен басқару, ҰҰА, байланыс релесі, IP байланысы, радиожілік, жергілікті байланыс

Кіріспе

Ұшқышсыз ұшу аппараттарын базалық станциялардың көмегімен жергілікті радиобайланысты ұйымдастыру мақсатында іске асырылады. Ұшқышсыз ұшу аппараттын арнайы антенелар мен датчиктер және ақпараттық - өлшеу құрылғылар, сонымен қатар микроконтроллерлік басқару жүйесімен ұйымдастырылды. Ұшқышсыз ұшу аппараттарын базалық станциялардың көмегімен жергілікті радиобайланысты ұйымдастыру компьютерлік бағдарлама ортасында жобаланады. ҰҰА басқаруда өздігінен шешімдерді қабылдау процестерін интеллектуалдандыру іске асырады. Ақпараттық-өлшеу жүйесіндегі ҰҰА да құрылымдық құрамы шешілетін міндеттерге, олардың ауқымына, іс-әрекет түрлеріне және қолдану жағдайларына байланысты ЭЕМ-дағы бағдарламалық орта Matlab editor R2020a кешенде C++ бағдарламалық тілде модельдеуге және параметрлерін бере отырып өзгеруіге мүмкіндік береді.

Зерттеу объектілері мен әдістері

Ұшқышсыз ұшу аппараттары архитектураларына қарай көптеген түрлері бар. Олар ауада арнайы көрсетілген биіктікте жерді бетінде ұшырылады. Қолдану аясы өте кең, әскери сала, ауылшаруашылыс, төтенше жағдайларда және байланысты орнатуда, сонымен қатар Жерді қашықтықтан зерттеуде көптеп қолданылады. Өртүрлі типтерінің дизайнында айырмашылықтар болғанымен, олардың басқару жүйесі әдетте ұқсас элементтерден тұрады. 1-суретте архитектураны жалпылау үшін қажетті абстракцияның жоғары деңгейіндегі оның архитектурасы көрсетілген. Әрине, осы жалпы элементтердің әрқайсысы өртүрлі құрылғылар мехатронды және робототехникалық құрылғылар мен жетектерден тұрады. Оларды іске асыру үшін арнайы компьютерлік бағдарламаларда іске асырылады. Архитектураларды, физикалық қосылымдарды, байланыс хаттамаларын, логикалық хабарлама пішімдерін және т.б. қолдану арқылы жүзеге асырылуы мүмкін [1,82].

ҰҰА басқару жүйесінің архитектурасы мен байланысына қойылатын жалпы талаптар



Сурет 1. Ұшқышсыз ұшу аппарат құралының басқару жүйесінің жалпы архитектурасы.

Ұшқышсыз ұшақтың басқару элементтері электр қуатымен қамтамасыз етілуі керек және көптеген жағдайларда оның электр станциясы да электр болып табылады. Электр жүйесі көбінесе әртүрлі ішкі жүйелерге электр энергиясын беруді және сыртқы немесе борттық көздерден (мысалы, күн панельдері) жинақталған энергияны толықтыруды қамтамасыз ететін тиісті басқару құрылғылары бар аккумуляторлық батареяларды пайдаланады [3,4].

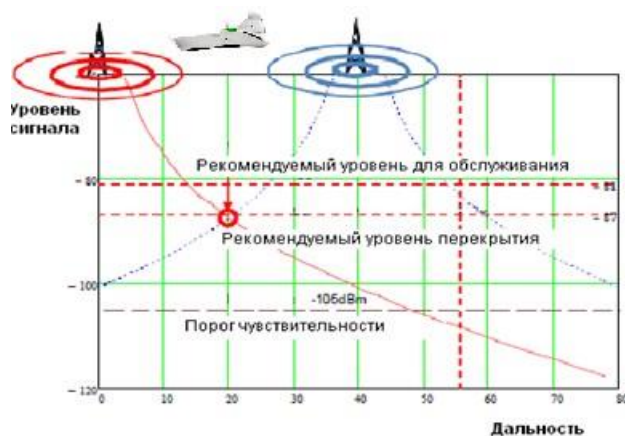
Ұшқышсыз ұшу аппараты өзінің сыртқы ортасы туралы ақпаратты қарапайым қашықтық өлшегіштерден бастап GNSS қабылдағыштары, бейнекамералар арқылы 3D LiDAR мен тереңдік камераларына дейінгі әртүрлі типтегі Сенсорлардан ала алады. Бұл ақпарат оның операторына ҰҰА қауіпсіз және тиімді басқару үшін қажетті ақпаратты беріп қана қоймай, сонымен қатар қолдау көрсетілетін болса, автономды басқару функцияларын орындауға қажетті ақпаратты беруге мүмкіндік береді.

Басқарудың орталық бөлігі-ұшқышсыз ұшу аппаратын басқару (көбінесе ұшуды басқару жүйесі (ҰБЖ) деп аталады), ол басқа басқару элементтерін басқаруға жауап береді, осылайша ҰҰА қажетті жолмен қозғалады және болжанбайтын оқиғаларға жауап береді. Басқару пульті ҰҰА мен сыртқы ортаның басқа компоненттерінің күйін бақылайды (әр түрлі датчиктер арқылы), сонымен қатар қозғалтқыш жүйесі мен рульдік жүйелерді басқарады. Ол сондай-ақ кейде фотографиялық жабдықтар немесе әртүрлі ғылыми құрылғылар сияқты белгілі бір миссияның пайдалы жүктемесіне қатысты тапсырмаларға жауап береді.

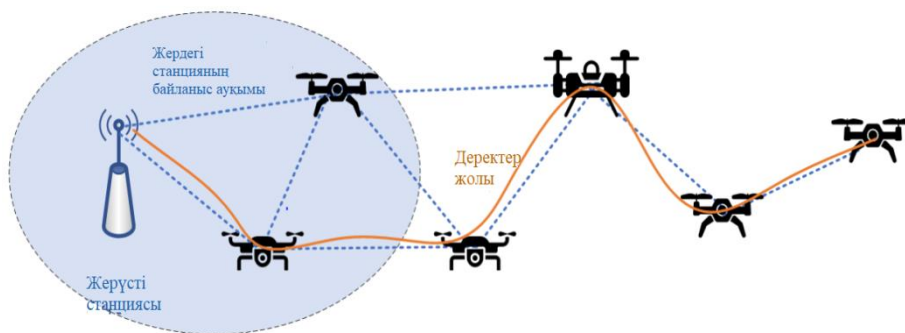
ҰҰА 21 ғасырдағы заманауи технологиясы бар ұшу аппаратты, қолдану аясы кең қолданыста. Мәселен – қорғаныс саласы, киноиндустрия саласы, қашықтықтан барлау, жергілікті радиобайланысты ұйымдастыру және күрделі объектілерді зерттеу және т.б саласында қолданылады. Ұшқышсыз ұшу аппараттарын базалық станциялардың көмегімен жергілікті радиобайланысты ұйымдастыру мақсатында іске асырылады, олар байланыс орнатуда қиындық тудыратын және құпия әскери операцияларын іске асыруда, сонымен қатар спутниктік байланыс үзілгенде жергілікті радиобайланысты қамтамасыз етеді. Бұл бағдарламада интеллектуалды басқару жүйесі бар ұшқышсыз ұшу аппараттар арқылы жергілікті базалық станцияларды іздеу және радиобайланыс жүйесін қамтамасыз етудің компьютерлік моделдеу берілген.

Ұшқышсыз ұшу аппараттарының ақпараттық-өлшеу құрылғыларының мен қабылдаушы-жіберуші антеналардың көмегімен базалық станцияларға жергілікті радиобайланыс сигналдарын қамтамасыз етеді. Ұшқышсыз ұшу аппаратты көмегімен базалық станциялар санын есептеу және жергілікті радиобайланысты ұйымдастыруды компьютерлік моделдеу TETRA жүйелерінде басқарушы арнаның тұрақты қатысуы қажет. Егер базалық станциядан сигнал деңгейі кейбір табалдырыққа дейін құлдыраса, мобильдік терминал анағұрлым күшті сигналы бар басқа базалық станцияларды іздестіре бастайды. Табалдырық

деңгейі көптеген факторларға байланысты болуы мүмкін: талап етілетін сервис, қоршаған ландшафт сипаты, көлік құралының күтілетін жылдамдығы және т.б.



Сурет 2. Суретте күрделі аймақтардағы базалық стандарттардың қашықтықтары мен интеллектуалды басқару жүйесі бар ұшқышсыз ұшу аппараттар арқылы жергілікті радиобайланыс жүйесін іске асыру процесінің схемасы берілген [5,6].



Сурет 3. ҰҰА негізделген тораптарды пайдаланатын өзін-өзі ұйымдастыратын көп операциялық желі.

Практикалық зерттеу бөлімі

Mathcad қосымшасы арқылы интеллектуалды басқару жүйесі бар ұшқышсыз ұшу аппаратпен базалық станциялардың саны мен жергілікті радиобайланыс жүйесін іске асыру процесі жобаланды және күрделі аймақтарын есептеу мен берілген параметрлері:

1- DMR стандартының жердегі базалық станциялары

Аймақ №	$F = 440\text{MHz}$ Эстафетасыз беру		Эстафеталық беру	
	H_{srd}	R	H_{srd}	R
1	73	17,644	20	2,582
2	22	8,5	47	3,913
3	20	8,068	13	2,137
4	76,6	18,13	31.5	3,198
5	22,2	8,543	16	2,357
6			30	3,123
7			20	2,582
8			13	2,137
9			13	2,137

10			31	3,173
11			13	2,137
12			13	2,137
13			13	2,137
14			29.5	3,098
15			29.2	3,083
16			70.9	4,886
17			13	2,137
18			13	2,137
19			13	2,137
20			13	2,137
21			13	2,137
22			13	2,137
23			25.7	2,9

2. DMRc стандартының базалық станциялары:

Биіктік-көтергіш антеннаның ең жоғары тиімді биіктігі 1000 м құрайды, бұл бізге елді мекендерде базалық станцияларды орнатуға мүмкіндік бермеуге мүмкіндік береді. Сондықтан 100 км қашықтықтағы күрделі аймақтардың радиусы бірдей алынды (2-кесте).

Кесте 2. Базалық станциялар күрделі аймақтардағы үздіксіз байланысты ұйымдастырудағы кесте.

F= 440MHz	Эстафетасыз беру		Эстафеталық беру	
	Hsrд	R	Hsrд	R
Аймақ №1	1000	57,683	1000	11,173
Аймақ №2			1000	11,173
Аймақ №3			1000	11,173
Аймақ №4			1000	11,173
Аймақ №5			1000	11,173

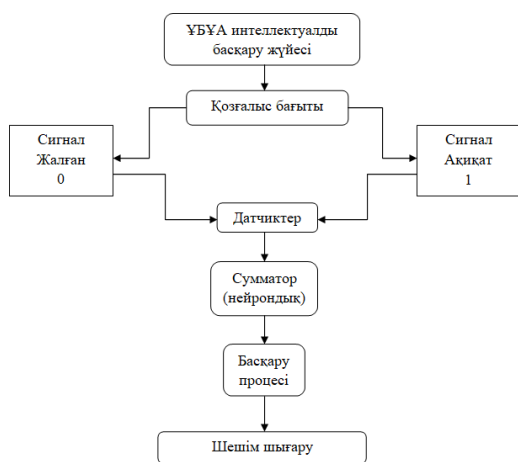
Базалық станцияларды қолданумен байланысты ұйымдастырудың әртүрлі тәсілдері кезінде радиожабдықтарды күрделі аймақтардың радиустарының жиынтық нәтижелері.

Базалық станцияларды (3-кесте) қолданумен байланысты ұйымдастырудың әртүрлі тәсілдері кезінде радиожабдықтарды жабу аймақтарының радиустарын есептеу нәтижелері бойынша эстафетсыз берілісті үнемділік және аз күштер мен құралдар тұрғысынан пайдалану тиімді екені көрінеді. Кестелік деректерге сәйкес 100 шақырымға базалық станциялардың қажетті саны көрінеді. Эстафеталық беріліссіз және эстафеталық беріліссіз жердегі радиобелсенді базалық станциялар арасында талдау жасай отырып, үздіксіз байланысты ұйымдастыру үшін тиімді қолдану қажет [7,8].

Кесте 3. Эстафеталық беріліссіз және эстафеталық беріліссіз жердегі радиобелсенді базалық станциялар арасында талдау кестесі.

Байланыс құралдарының түрі	Әртүрлі тәсілдерді пайдалану кезінде жабу аймағына арналған базалық станциялар саны	
	эстафеталық берілістері бар	эстафеталық хабарсыз
DMR	23	5
ВПА Бастау - 1P	5	1

Биіктік-көтергіш антеннаны пайдалану, сондай-ақ биіктік-көтергіш антеннаның ең тиімді биіктігі 1000 м болғандықтан, радиоға қол жеткізу станциясының үстем биіктікте орналасу қажеттілігінен арылтады, сондай-ақ бұл бізге жергілікті жерді қайта жанартуды жүргізбеуге мүмкіндік береді және елді мекендерде базалық станцияларды орнатуға мүмкіндік береді, бұл өз кезегінде маршрутты өрістету негіне дейін салуды жеңілдетеді, оның күзеті мен қорғанысын қамтиды. Бұл кешен қатты қиылысқан және таулы жерлерде пайдаланылған кезде ерекше маңызға ие болады.



Сурет 4. Базалық станцияларды ҰҰА көмегімен жергілікті радиобайланысты интеллектуалды басқаруын ұйымдастыру және іске асыру алгоритімі.

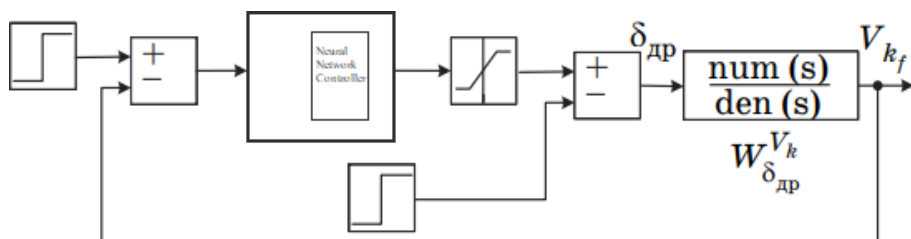
Базалық станцияларды ҰҰА көмегімен жергілікті радиобайланысты интеллектуалды басқаруын ұйымдастыру және іске асыру алгоритімі 2 суретте көрсетілген. ҰҰА кірісіне сандық өлшемдерді ақпараттық-өлшем жүйесіне енгізу арқылы ақпараттық және бағдарламалық қамтамасыз етуді жетілдіру үшін қосымша ақпараттық жүйелер құрылды – мәліметтер базасы және модельдік қатардың білім базасы арқылы өңделеді[9].

$$\{A_1, A_2, \dots, A_\mu, \dots, A_N\} \quad (1)$$

Өлшенген жетекші параметірілік көрсеткіштер мен ҰҰА функционалдық тиімділігін бағалаудың теориялық әдістерін құрудың жүйелі қағидаларын қалыптастыра отырып ұшуды басқарудың математикалық моделіне құрылады. Математикалық моделді бағдарламалық ортаға енгізе отырып есептеу экспериментінде (сынақтарда) мен салыстырмалы графиктер алынады.

Базалық станцияларды арақашықтықтарымен жергілікті байланыстарды орнату мен іздеу қателіктерін өлшенген жетекші көрсеткіштерін және АӨЖ бар ҰҰА функционалдық тиімділігін бағалаудың теориялық әдістері оны құрудың жүйелі қағидаттары негізінде қалыптастырылған ҰҰА биіктікте ұшуды тұрақтандыра отырып басқарудың математикалық моделі әзірленген. Есептеу экспериментінде (сынақтарда) АӨЖ-де ұшқышсыз ұшу аппаратының биіктіктен ұшу арақашықтықтарының мәндер бере отырып жүзеге асыруға болады[1]

ҰҰА бағыттау үшін инерциялық координаттар жүйесінде ақпараттық-өлшеу жүйесін модель қолданылады, оны келесі түрде ұсынамыз



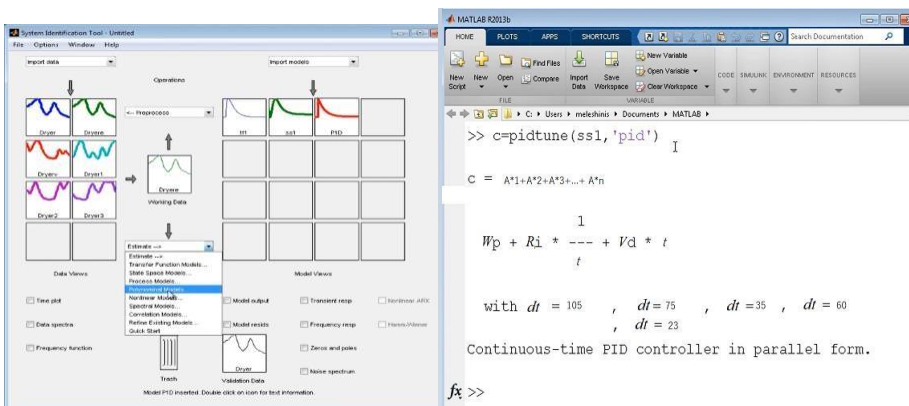
Сурет 5.

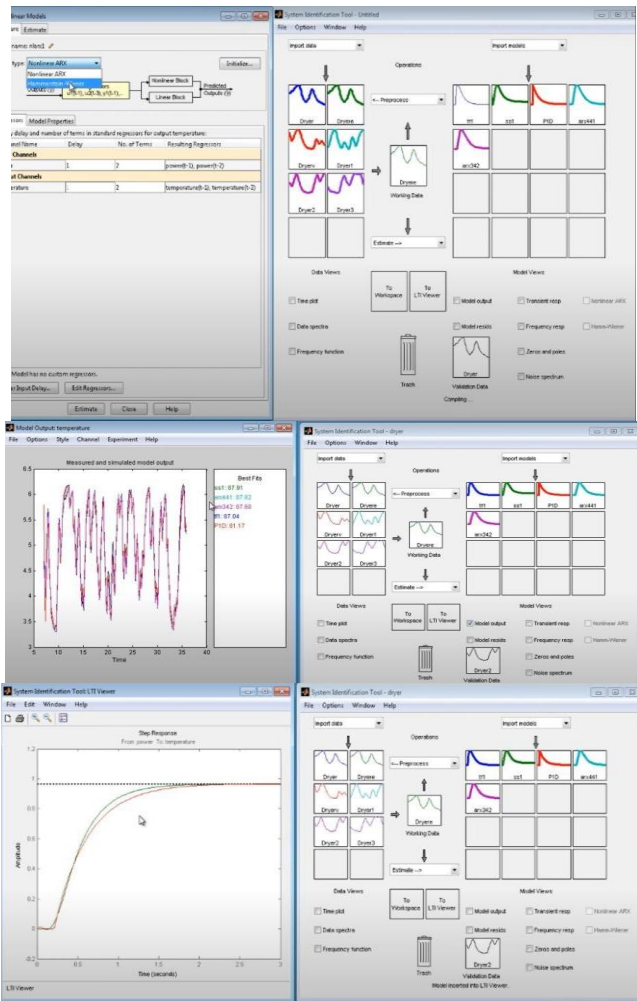
Базалық станцияларды арақашықтықтарымен жергілікті байланыстарды орнату мен іздеу ҰҰА басқаруда білім базасын пайдалану схемасы.

Ұшқышсыз ұшу аппараттың басқаруда білім базасын пайдалану отырып базалық станциялар санын есептейміз және жергілікті радиобайланыстың ұйымдастыруын іске асырамыз.

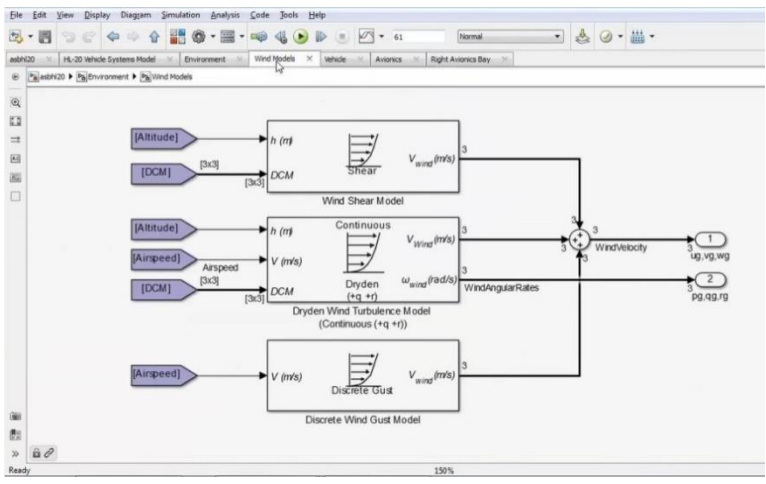
Бағдарламалық кодтың қысқаша нұсқасы:

```
A = [rand(1,20) - 0.7; rand(1,20) + 35];
B = [rand(1,20) + 0.7; rand(1,20) + 0.7];
C = [rand(1,20) + 0.2; rand(1,20) - 0.7];
plot(A(1,:),A(2:,:),'bs')
hold on plot(B(1,:),B(2:,:),'r+')
plot(C(1,:),C(2:,:),'go')
grid on
xlim([-1.00 2.00])
ylim([-1.00 2.00]) P = [A, B, C]
ncl = 23;
net = newc(P, ncl, 0.1, 0.03); net.train Param.epochs=75; net.train Param.show=18; net = train(net,P);
w = net.IW{1}; plot(w(:,11),w(:,17),'kp');
```

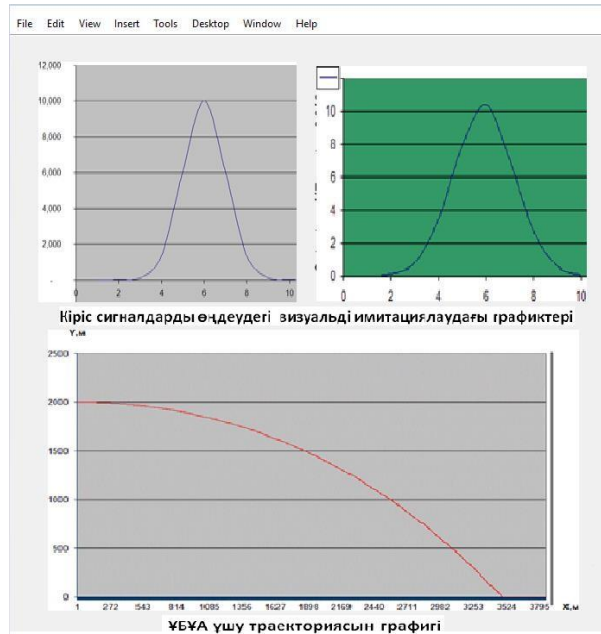




Сурет 7. Бағдарламалық кешенде ҰҰА мен базалық станциялар 4 түрлі кіріс параметрлерінің сандық өлшемдерін қабылдауға және базалық станциялар санын есептеуге болады.



Сурет 8. Бағдарламалық ортадан арнайы базалық станциялар тандап алып кіріс параметрлерін беру арқылы іске асады.



Сурет 9. ҰҰА кіріс сигналдарды өңдеудегі базалық станциялардан алынатын параметрлері - датчиктерге келген сигналдардың санын болжау мәндерінің визуальді имитациясы

Зерттеу нәтижелері.

Жергілікті радиобайланысты ҰҰА көмегімен ұйымдасытырудағы компьютерлік моделдеу виртуальды зерттеу нәтижелері алынған. Нақты күрделі аймақтарды офлайн зерттеуде айтарлықтай кемшіліктер байқалады. Базалық станциялардан сигналдарын алуда сыртқы факторлар түрлері әсер етеді, олар сигналдардың тұтылады және жоғалады, оларды шешу үшін ұшу аппараттарна қосымша сигналдарды күшейтетін күшейткіштер мен датчиктер орнатылады [12,13]. Салыстырмалы биіктіктерге көтергенде антенналар базалық станция арасында сигнал ауытқуы байқалады. Сондықтан радиобелсенді станция орналасқан жердің демаскивті белгісі болып табылады. Ұшу-көтеру құралдарын және берудің бір өткізгіш желісін қолдану жел күшімен, атмосфералық жауын- шашынмен және одан кейінгі адгезия әсерімен және қоршаған ортаның температурасымен шектеледі. Ал жоғарыдан ұшқышсыз ұшу аппараттарымен сигнал тарату және радиобайланыс сигналын сапалы қамтамасыз етуді. Дегенмен, есептеу нәтижелері штаттық антенналармен салыстырғанда жылжымалы объектілермен байланыс желісінде радиобелсенді-көтергіш антенналарды пайдалану күрделі аймақтардың радиустарын 6-12 есеге (жиілікке байланысты) ұлғайтуға мүмкіндік беретінін дәлелдейді, бірақ оны 1ГГц жоғары жиіліктерде жұмыс істейтін станциялармен пайдалану кезінде ұтымды болып табылмайды 1Гц, олардың жергілікті радиобайланыс жүйесін іске асыру үшін кезектесіп ұшырылған ұшу аппараттары іске асырады және солар арқылы базалық станциялардың санын анықтап аппарат алмасу тәртібін іске асырылады. Соңғы он жылдықтарда мақсатқа жету үшін топпен басқарылатын ұшқышсыз ұшу ұппараты (ҰҰА) үйлестірілген әрекеттерін пайдалану өте алуан түрлі және бейбіт тұрғындарды іздестіру және құтқару [11], қоршаған ортаны анықтау және бақылау [14] сияқты миссияларды қамтитын әртүрлі тапсырмаларда үлкен артықшылық көрсетті. Бақылау және барлау [13,14], орман өрттерімен күресу [15] және басқа да ғылыми зерттеулер. Мұндай ҰҰА жұмыс миссияның тиімділігі аппарат алмасу сапасына өте тәуелді. Мұндай қолданбалар жиі сұраныс бойынша және тіркелген коммуникациялық инфрақұрылымы жоқ орталарда пайда болады, сондықтан желі сымсыз болуы және тең дәрежелі формада жұмыс істеуі керек. Дегенмен, рельефке немесе айналаға (мысалы, ағаштар, ғимараттар және т.б.) байланысты қашықтық пен кедергілердің ұлғаюы сымсыз байланыстың сапасына айтарлықтай теріс әсер етеді, өйткені

сигнал күші экспоненциалды түрде төмендейді [17,18]. Осы мәселелерді шешу үшін ақпарат алмасуды қолдау үшін байланыс релелері орналастырылды [9]. Спутниктік платформалармен және жерүсті көліктермен салыстырғанда [10,19,20] ұшқышсыз ұшатын аппараттар жоғары ықтималдықпен көру сызығын немесе жақын арадағы байланыстарды [16,20] қамтамасыз ету үшін жоғары биіктікте ұша алады. Бұл ҰҰА байланыс релесі ретінде пайдалануды неғұрлым қолайлы және идеалды етеді. Ең бастысы, мұндай әуе және ұшқышсыз платформалар олардың қатал ортада жоғары бейімделу және өмір сүру қабілетін көрсетеді, бұл оларды әмбебап және кеңінен қолдануға мүмкіндік береді. Әдеттегі қолданбалардың бірі - байланыс релесі ретінде ҰҰА пайдалану, сымсыз сенсорлар және Internet of Things(IoT) түйіндері сияқты бірнеше жердегі сигнал қабылдаушы аппараттардың үстінен ұшып, осы жерүсті ҰҰА-дан хабарларды қабылдау және оларды басқа ҰҰА-ға жіберу. Әдетте, ҰҰА жіберу қуаты шектеулі және төмен, реленің жіберу қуатына қарағанда әлдеқайда аз және сигнал күші экспоненциалды түрде төмендейді және қоршаған орта кедергілерінен әсер етуі мүмкін, сондықтан ҰҰА-дан ауаға жер үсті байланысының сапасы төмендейді. релелік ҰҰА оңтайландырылған болуы керек.

Қорытынды

Топпен басқарылатын ұшқышсыз ұшу аппараттар арқылы жергілікті базалық станцияларды іздеу және радиобайланыс жүйесін қамтамасыз етуде байланыс жоқ айтақтарда жергілікті байланыс жүйесімен қамтамасыз ету түсіндірілген. Топпен басқарылатын ұшқышсыз ұшу аппараттарының (ҰҰА) көмегімен байланыс жоқ аймақтарда жергілікті байланыс жүйесін қамтамасыз ету зерттелді. ҰҰА байланысты орнатуға арналған антеналар мен станциялар және ҰҰА жергілікті байланыс жүйесін толық тұрақтандырудағы биіктік пен жергілікті байланысты қамтамасыз етудегі уақыт кестесі берілген. Сонымен қатар бақылауларға сүйене отырып, бұл мақалада бірнеше жерүсті станция арасындағы байланысқа қызмет ететін байланыс релесі ретінде ҰҰА-ны пайдалануды зерттелген. Автономды ҰҰА ұтқырлығын жергілікті байланысты жобалауға қатысатын негізгі элементтер мен әдістер жазылған. ҰҰА арқылы жергілікті байланыс жүйесін моделдеу компьютерлік бағдарлама ортасы Matlab editor R2020a кешенде мен C++ бағдарламалық тілде іске асырылды. Сонымен қатар зерттеу әдістері мен қолдану орталары және тиімділіктері көрсетілді. ҰҰА 21 ғасырда байланыс саласында қолданудың өзектілігі мен құпия зерттеу операцияларын атқарудағы рөлі берілген [11].

Жаңа технология ұшқышсыз ұшу аппараттарының маневрлік мүмкіндіктерін пайдаланады, атап айтқанда, ұшқышсыз ұшу аппаратының релелік ұтқырлығын басқару арқылы жер-әуе байланыс арналарын оңтайландырады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Aljehani, M.; Inoue, M. Communication and autonomous control of multi-UAV system in disaster response tasks. In Proceedings of the 11th International Conference on Agent and Multi-agent Systems-Technologies and Application, Vilamoura, Portugal, 21–23 June 2017. [Google Scholar]
2. Curry, J.A.; Masklanik, J.; Holland, G.; Pinto, J. Applications of aerosondes in arctic. Bull. Am. Meteorol. Soc. 2004, 85, 1855–1861. [Google Scholar] [CrossRef] [Green Version]
3. Wagner, A.; Arkin, R. Multi-robot communication-sensitive reconnaissance. In Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation, Paris, France, 31 May–4 June 2020. [Google Scholar]
4. Yang, W.L.; Luo, L.; Deng, J.S. Optimization and improvement for multi-UAV cooperative reconnaissance mission planning problem. In Proceedings of the 11th International Computer Conference on Wavelet Active Media Technology and Information Processing (ICCWAMTIP), Chengdu, China, 19–21 December 2014. [Google Scholar]
5. Casbeer, D.W.; Beard, R.W.; McLain, T.W. Forest fire monitoring with multiple small UAVs. In Proceedings of the American Control Conference, Portland, OR, USA, 8–10 June 2005. [Google Scholar]
6. Jiang, F.; Swindlehurst, A.L. Optimization of UAV heading for the ground-to-air uplink. IEEE J. Sel.

- Areas Commun. 2012, 30, 993–1005. [Google Scholar] [CrossRef] [Green Version]
7. Andrea, G. *Wireless Communication*; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2005. [Google Scholar]
 8. Kopeikin, A.; Ponda, S.S.; How, J.P. Control of communication networks for teams of UAVs. In *Handbook of Unmanned Aerial Vehicles*; Valavanis, K.P., Vachtsevanos, G.J., Eds.; Springer Science + Business Media Dordrecht: Dordrecht, The Netherlands, 2015; pp. 1619–1654. [Google Scholar]
 9. Mohamed, Y.; Kemal, A. Strategies and techniques for node placement in wireless sensor networks: A survey. *Ad Hoc Netw.* 2008, 6, 621–655. [Google Scholar]
 10. Rubin, I.; Zhang, R. Placement of UAVs as communication relays aiding mobile ad hoc wireless networks. In *Proceedings of the IEEE Military Communication Conference, Atlantic City, NJ, USA, 17–20 October 2005*. [Google Scholar]
 11. Mozaffari, M.; Saad, W.; Bennis, M.; Debbah, M. Mobile unmanned aerial vehicles (UAVs) for energy-efficient Internet of Things communications. *IEEE Trans. Wirel. Commun.* 2017, 16, 7574–7589. [Google Scholar] [CrossRef]
 12. Zolanvari, M.; Jain, R.; Salman, T. Potential Data Link Candidates for Civilian Unmanned Aircraft Systems: A Survey. *IEEE Commun. Surv. Tutor.* 2020, 22, 292–319. <https://doi.org/10.1109/COMST.2019.2960366>
 13. Zhang, J.; Liu, K. Survey of Ad-Hoc Network Technology for UAV. In *Proceedings of the 2018 IEEE 18th International Conference on Communication Technology (ICCT), Chongqing, China, 8–11 October 2018*; pp.260–265. <https://doi.org/10.1109/ICCT.2018.8600107>.
 14. Nazib, R.A.; Moh, S. Routing Protocols for Unmanned Aerial Vehicle-Aided Vehicular Ad Hoc Networks: A Survey. *IEEE Access* 2020, 8, 77535–77560. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2989790>.
 15. He, Y.; Zhai, D.; Jiang, Y.; Zhang, R. Relay Selection for UAV-Assisted Urban Vehicular Ad Hoc Networks. *IEEE Wirel. Commun.Lett.* 2020, 9, 1379–1383. <https://doi.org/10.1109/LWC.2020.2991037>.
 16. Guillen-Perez, A.; Cano, M.D. Flying Ad Hoc Networks: A New Domain for Network Communications. *Sensors* 2018, 18, 3571. <https://doi.org/10.3390/s18103571>.
 17. Sharma, V.; Sabatini, R.; Ramasamy, S. UAVs Assisted Delay Optimization in Heterogeneous Wireless Networks. *IEEE Commun.Lett.* 2016, 20, 2526–2529. <https://doi.org/10.1109/LCOMM.2016.2609900>.
 18. Namvar, N.; Homaifar, A.; Karimodini, A.; Maham, B. Heterogeneous UAV Cells: An Effective Resource Allocation Scheme for Maximum Coverage Performance. *IEEE Access* 2019, 7, 164708–164719. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2948822>.
 19. Gupta, L.; Jain, R.; Vaszkun, G. Survey of Important Issues in UAV Communication Networks. *IEEE Commun. Surv. Tutor.* 2016, 18, 1123–1152. <https://doi.org/10.1109/COMST.2015.2495297>.
 20. Kent, S.; Seo, K. Security Architecture for the Internet Protocol. RFC 4301, RFC Editor, 2005. Available online: <http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc4301.txt> (accessed on 1 December 2021)