

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Нүсіпбек Мұхит Ерланұлы

«Қапшағай объектілері үшін радиолакациялық параметрлерді екінші рет өңдеу әдістерін жобалау»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5B074600 – Ғарыштық техника және технология мамандығы

Алматы 2022ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И Сәтпаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыш технологиялар кафедрасы

БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі

 Е.Таштай

« 21 »  2022 ж

**Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Нүсіпбек Мұхит

Тақырыбы: «Қапшағай объектілері үшін радиолокациялық параметрлерді екінші рет өңдеу әдістерін жобалау».

Университет ректорының «24» желтоқсан 2021 ж. №489-П/Ө бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі “30” сәуір 2022 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы деректері:

- 1) Радиоөлшерудің нәтижелері негізінде лабораториялық қозғалыс параметрлерін бағалау әдістерін талдау
- 2) Радар өлшеруді өңдеу әдістерінің дәлдігін статистикалық бағалау алгоритмі
- 3) Математикалық модельдеу көмегімен Қапшағай аумағында радиолокациялық өлшеулерді өңдеу әдістерінің дәлдігін статистикалық бағалау

Графикалық материалдың тізімі: - дипломдық материалдарын графикалық материалдың 15 слайдында көрсету;

Ұсынылатын әдебиеттер тізімі:

1. Николаев А.И. Радиолокациялық жүйелер. Оқулық / А.И.Николаев, В.В. Ахияров, С.И.Нефедов. - М.: ММУ баспасы им. Н.Е.Бауман, 2018. -456б.
2. Огарков М.А. Кездейсоқ процестердің параметрлерін статистикалық бағалау әдістері. -М.: Энергоатимиздат, 1990. -208 б.
3. Гришин Ю.П., Казаринов Ю.М. Ақауларға төзімді динамикалық жүйелер, Мәскеу: Радио және байланыс, 1985. — 176 б.



КЕСТЕСІ

дипломдық жұмысты дайындау

Бөлімдердің атаулары, әзірленетін мәселелер тізбесі	Ғылыми жетекшіге және консультанттарға ұсыну мерзімдері	Ескертпе
1 Радиоөлшерудің нәтижелері негізінде лабораториялық қозғалыс параметрлерін бағалау әдістерін талдау	1.09.2021-31.12.2021	Орындалды
2.Радарөлшеруді өңдеу әдістерінің дәлдігін статистикалық бағалау алгоритмдері	1.01.2022-30.01.2022	Орындалды
3.Математикалық модельдеу көмегімен Қапшағай аумағында радиолокациялық өлшеулерді өңдеу әдістерінің дәлдігін статистикалық бағалау	1.02.2022-15.02.2022	Орындалды
4.Дипломдық жұмысты жазу	15.04.2022-30.04.2022	Орындалды

Қолтаңбалар

аяқталған дипломдық жұмысқа консультанттар мен нормобақылау, оларға қатысты жұмыстың бөлімдері көрсетіле отырып

Бөлімдердің атаулары	Кеңесшілер, Ф.И.О. (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Радио өлшеу нәтижелері негізінде лабораториялық қозғалыс параметрлері	Боранбаева А.Т. ЭТЖҒТ каф.лекторы, т.ғ.м	27.05.22	
Нормобақылау	Ибекеев С.Е ЭТЖҒТ Каф.лектор, т.ғ.м.	24.05.2022	

Ғылыми жетекші

Тапсырманы білім алушы

Орындауға қабылдады

 Боранбаева А

 Нүсіпбек М.Е

«28».....12.....2021ж

АҢДАТПА

Бұл дипломдық жұмыста мақсаттың қозғалыс динамикасының априорлық белгісіздігі жағдайында радиолокациялық өлшеулер деректері бойынша қозғалыс параметрлерін бағалаудың мүмкін әдістеріне талдау жасалды және математикалық модельдеу арқылы РЛЖ өлшеу деректері бойынша бағалау сапасының көрсеткішін есептеу әдістемесі жасалды.

АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе проведен анализ возможных методов оценки параметров движения по данным радиолокационных измерений в условиях априорной неопределенности динамики движения цели и разработана методика расчета показателя качества проведенного оценивания по данным измерений РЛС путем математического моделирования.

ANNOTATION

In this thesis, an analysis of possible methods for estimating motion parameters based on radar measurements under conditions of a priori uncertainty of the dynamics of the target movement was carried out and a method for calculating the quality indicator of the evaluation based on radar measurements by mathematical modeling was developed.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Радиоөлшерудің нәтижелері негізінде лабораториялық қозғалыс параметрлерін бағалау әдістерін талдау	10
1.1 Радиолокациялық суреттердің нәтижелері бойынша әуе кемесінің қозғалысының параметрлерін анықтау мәселесінің қойылуы	10
1.2 Радиолокациялық өлшеулерді өңдеудің қолданыстағы әдістерін талдау	12
2 Радар өлшеруді өңдеу әдістерінің дәлдігін статистикалық бағалау алгоритмі	27
2.1 Радиолокациялық өлшеу моделін құру	27
2.2 Радиолокациялық өлшеулерді өңдеу әдістерінің дәлдігін статистикалық бағалау алгоритмі	32
3 Математикалық модельдеу арқылы радар өлшемдерін өңдеу әдістерінің дәлдігін статистикалық бағалау	36
3.1 Қапшағай су қоймасы аймақтары үшін радиолокациялық өлшемдердің моделін құру	36
Қорытынды	43
Пайдаланылған Әдебиеттер Тізімі	44

КІРІСПЕ

Бүгінгі күні бақыланатын аумақтағы әуе жағдайы туралы ақпарат алудың негізгі көздерінің бірі радиолокациялық станциялар (РЛС) болып табылады. Бұл жүйелердегі мақсатты қозғалыс параметрлері туралы сенімді деректерді алу үшін радиолокациялық ақпаратты өңдеу жүйесі (RLL) маңызды рөл атқарады. Радиолокациялық кескінді өңдеу жүйесінің негізгі мәселесі нысана қозғалысының параметрлерін өлшеуде қателер болған жағдайда статистикалық өңдеу әдісін таңдау болып табылады. Бұл жағдайда нысананың қозғалысының параметрлерін бағалаудың дәлдігі қадағаланатын объектінің қозғалысының динамикасы туралы априорлық ақпаратқа байланысты. Сондықтан қадағаланатын объектінің қозғалысы динамикасының априорлық белгісіздігі жағдайында нысананың қозғалысының параметрлерін бағалаудың тиімділігін бағалау әдістемесін әзірлеу кезек күттірмейтін міндет болып табылады.

Зерттеудің мақсаты – нысана қозғалысының динамикасындағы априорлық белгісіздік жағдайында радиолокациялық кескіндерді статистикалық өңдеудің әртүрлі әдістерін қолдану мүмкіндігін бағалау әдістемесін әзірлеу.

Зерттеу объектісі радиолокациялық кескіндердің нәтижелері бойынша нысананың қозғалысының параметрлерін бағалауды алу процесі болып табылады.

Зерттеу пәні радиолокациялық мәліметтерді статистикалық өңдеу әдістерінің тиімділігін бағалау болып табылады.

Осы мақсатқа жету үшін жұмыста келесі ішінара міндеттер шешілді:

- радиолокациялық мәліметтерді статистикалық өңдеудің қолданыстағы әдістерін талдау;
- Қазақстан Республикасы, Қапшағай аудандарында радиолокациялық мәліметтерді статистикалық өңдеу әдістерінің тиімділігін бағалау әдістемесін әзірлеу;
- радар мәліметтерінің математикалық моделін жасау;
- математикалық модельдеу арқылы қолданылатын әдістің тиімділік көрсеткішін статистикалық бағалау.

Зерттеу нәтижесінде динамикалық сүзгілеу әдісін қолдану РІ нәтижелері бойынша бағалау дәлдігіне бағаланған параметрдің РІ дәлдігімен салыстырғанда 5%-ға дейін өсім беретіні көрсетілді.

1 РАДИО ӨЛШЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ НЕГІЗІНДЕ ЛАБОРАТОРИЯЛЫҚ ҚОЗҒАЛЫС ПАРАМЕТРЛЕРІН БАҒАЛАУ ӘДІСТЕРІН ТАЛДАУ

1.1 Радиолокациялық суреттердің нәтижелері бойынша әуе кемесінің қозғалысының параметрлерін анықтау мәселесінің мәлімдемесі

Әуе кемесінің ұшуы кезінде радиолокациялық өлшеулер (RL) жер бетінің әртүрлі нүктелерінде орналасқан радиолокаторлар арқылы жүзеге асырылады. Тәжірибеде жүргізілген радиолокациялық кескіндердің нәтижелері бойынша ұшақтың қозғалыс параметрлерін анықтау процесі дәстүрлі түрде үш сатылы схема бойынша құрастырылады.

Бірінші кезеңде – бастапқы (кеңістік-уақыттық) сигналды өңдеу сатысында – біртұтас радиолокациялық кескін қалыптасады. Бұл кезең электромагниттік толқынды кеңістіктік және уақытша өңдеу операциялары кезінде дәйекті түрде жүзеге асырылады. Кеңістіктік өңдеу барысында ұшақтың бұрыштық орналасуын және бұрыштық жылдамдығын сипаттайтын толқынның кеңістіктік параметрлерінің бағалары қалыптасады. Кеңістіктік өңдеуден кейін кідірістерді бағалауға әкелетін уақытша өңдеу операциялары жүреді және әуе кемесінің диапазонына және радиалды жылдамдығына байланысты FD сигналының жиілігінің доплерлік ығысуы.

Екінші реттік өңдеу кезеңі деп аталатын екінші кезеңде келесі міндеттер шешіледі :

- бірыңғай өлшемдердің нәтижелерін цифрлық түрге ауыстыру, статистикалық тегістеу, аномальды өлшемдерді іздеу және жою;
- өлшемдерді бір уақыт шкаласына байланыстыру;
- өңдеу орталығына байланыс желілері арқылы берілгенге дейін өлшемдерді шуға қарсы кодтау.

Үшінші реттік өңдеу сатысында әртүрлі радарлардан алынған өлшеулерді өңдеу нәтижелерін бағалаудан қалыптасқан деректер массивін статистикалық өңдеу барысында ӘК ағымдағы күй векторының бағалары алынады. Тартылатын қаражаттың құрамы, олардың жұмыс істеу ұзақтығы мен тәртібі әуе кеңістігін басқару жүйесінің құрылымымен белгіленеді.

Радиолокациялық суреттердің нәтижелерін өңдеу тапсырмасының түпкілікті мақсаты $q(t) = \|\text{векторымен сипатталған таңдалған координат жүйесінде ұшақтың траекториясын анықтау болып табылады. } X(t) Y(t) Z(t) VX(t) VY(t) VZ(t) \|T.$

Радиолокациялық кескіндердің нәтижелері бойынша әуе кемелерінің қозғалыс параметрлерін анықтау келесі тапсырманы қамтиды :
ұшақ қозғалысының математикалық моделі

$$dq(t)/dt = f(q,t,\Lambda) \quad (1,1)$$

мұндағы $\Lambda = \|\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 \dots \lambda_k\|T$ – ӘК басқару жүйесін және ұшу орындалатын ортаны сипаттайтын кейбір тұрақты параметрлердің векторы;

радиолокациялық сурет пен әуе кемесінің қозғалысының параметрлері арасындағы байланысты анықтайтын өлшемдер теңдеуі;

РИ қателерінің функционалдық түрі және статистикалық қасиеттері; қажетті параметрлерді бағалаудың оңтайлылық критерийі.

Әуе кемесінің қозғалысы өте күрделі, өйткені ол қозғалыс параметрлеріне, ұшу орындалатын ортаның қасиеттеріне, әуе кемесінің конструкциясына, оны басқару жүйесіне, және басқа факторлар. Сондықтан теориялық зерттеуде қозғалыстың нақты процесі қандай да бір жеңілдетілген модельмен ауыстырылады, ол қозғалыс процесінің негізгі заңдылықтарын білдіретін теңдеулер жүйесі ретінде ұсынылады. Егер әуе кемесінің қозғалысының координаталық немесе жылдамдық параметрлері өлшенсе және ұшақта әрекет ететін кейбір негізгі күштер туралы априорлық ақпарат болмаса, онда әуе кемесінің тәуелділігі болатын қозғалысты анықтау үшін кинематикалық модельді қолдануға болады. уақыт бойынша координаталар векторы ұшақтың массасы туралы ақпаратты пайдаланбай және оның күшіне әсер етпей жазылады.

Өлшемдер мен ұшақ қозғалысының ағымдағы параметрлері арасындағы функционалды сәйкестік өлшеу теңдеулерімен анықталады:

$$r = r(q), \quad (1,2)$$

мұндағы r - N физикалық түрде диапазонды, биіктікті, азимутты, радиалды жылдамдықтарды көрсететін өлшенетін параметрлердің өлшемдік векторы.

Кездейсоқ өлшеу қателіктерінің статистикалық қасиеттерінің толық сипаттамасы олардың таралу заңы болып табылады. Алайда, кездейсоқ өлшеу қателіктерінің таралу функциясын алудың күрделілігіне байланысты көбінесе алғашқы екі моментті қолданумен шектелу қажет: математикалық күту векторы мен өлшеу қателерінің корреляциялық матрицасы K .

Өлшеулерде кездейсоқ қателердің болуы ұшақтың қозғалысын анықтау мәселесін шешу үшін математикалық статистика әдістерін қолдану қажеттілігіне әкеледі. Мәселені практикалық шешуде өлшеу нәтижелерін статистикалық өңдеудің әртүрлі тәсілдері мүмкін. Бұл айырмашылық қажетті параметрлер туралы, өлшеу қателіктерін өлшенетін параметрлермен біріктіру әдісі туралы (өлшеу қателері қосымша болып табылады немесе кейбір сызықтық емес өлшеу функцияларын білдіреді) және өлшеу қателерінің статистикалық қасиеттері туралы априорлы белгілі ақпаратқа байланысты. Жоғарыда аталған ақпаратты пайдаланудың толықтық дәрежесі қажетті параметрлерді бағалаудың оңтайлылық критерийін таңдауды анықтайды: ең кіші квадраттар әдісімен, максималды ықтималдық әдісімен, максималды а

posteriori ықтималдық әдісімен және т.б.

Сонымен, радиолокациялық суреттердің нәтижелері бойынша ұшақтың қозғалыс параметрлерін анықтау мәселесі келесідей тұжырымдалады. Әуе кемесі қозғалысының математикалық моделі, өлшеу теңдеуі $r = r(q)$, үлестіру функциясы немесе математикалық күту және өлшеу қателерінің К корреляциялық матрицасы белгілі болсын. Алынған өлшем үлгісі негізінде таңдалған критерий мағынасында оңтайлы болып табылатын әуе кемесінің қозғалыс параметрлерінің векторының бағасын табу қажет. $\tilde{r}\tilde{q}(t)$

1.2 Радиолокациялық өлшемдерді өңдеудің қолданыстағы әдістерін талдау

Теориялық тұрғыдан қозғалыстың (траекторияның) параметрлерін анықтау мәселесін $s(t,\gamma)$ және шу $n(t)$. Шынында да, өлшенген сигнал параметрлері $\gamma=(\tau, F_D)$ D диапазоны, V_R радиалды жылдамдығы, бұрыштық координаттар және олардың туындылары сияқты ұшақ қозғалысының ағымдағы параметрлерімен ерекше байланысты. Атап айтқанда, диапазон және радиалды жылдамдық өлшемдері

$$\tau(t) = \frac{2D(t)}{c}, \quad F_D(t) = -f_0 \frac{2V_R(t)}{c} \quad (1.3)$$

мұндағы f_0 – сигналдың тасымалдаушы жиілігі.

Өз кезегінде, LA дейін ауқым

$$D(t) = \sqrt{(X(t) - X_{РЛС})^2 + (Y(t) - Y_{РЛС})^2 + (Z(t) - Z_{РЛС})^2} \quad (1.4)$$

ұшақтың ағымдағы координаталары $X(t)$, $Y(t)$, $Z(t)$ және радиолокациялық HRLS, YRLS, ZRLS координаталарына байланысты. Және ұшақтың радиалды жылдамдығы

$$V_R(t) = \frac{V_X(t)(X(t) - X_{РЛС}) + V_Y(t)(Y(t) - Y_{РЛС}) + V_Z(t)(Z(t) - Z_{РЛС})}{D(t)}$$

мұндағы $V_X(t)$, $V_Y(t)$, $V_Z(t)$ - ұшақ жылдамдығы векторының құрамдас бөліктері.

Осылайша, сигнал $s(t,\gamma)$ функция ретінде жазылуы мүмкін

$$c(t) = s(t, \gamma) = s(q(t)). \quad (1,5)$$

Өлшемдер кездейсоқ процесті жүзеге асыру болғандықтан, оларды өңдеу үшін статистикалық әдістерді қолдану қажет екені заңды. Өлшеу қателерінің статистикалық қасиеттеріне, сондай-ақ олар туралы априорлық деректердің көлеміне байланысты қайталама өңдеу сатысында қозғалыс параметрлерін статистикалық бағалаудың мұндай әдістері $q(t)$ максималды а posteriori ықтималдық тығыздығының әдісі ретінде, максималды ықтималдық (MLM) және ең кіші квадраттар (LSM) әдістерін қолдануға болады. ММП қолданғанда өлшеу қателіктерінің таралу заңы белгілі, ал оның кейбір параметрлері ғана белгісіз деп есептеледі. LSM пайдалану кезінде тарату функциясын білу қажет емес.

Өлшеу үлгісінде байланыс желілері арқылы өлшеу нәтижелерін берудегі үлкен бұрмалануларға немесе жабдықтың ақауларына немесе басқа себептерге байланысты өрескел қателері бар өлшемдер болуы мүмкін. Мұндай өлшемдерді анықтау және өңдеуден алып тастау қажет, өйткені өрескел қателердің болмауы әуе кемесінің траекториясын анықтау мәселесінде статистикалық бағалау әдістерін дұрыс қолданудың ең маңызды шарты болып табылады.

1.2.1 Максималды ықтималдық әдісімен радар кескіндерін полиномды тегістеу

Үлкен динамикалық қателерсіз үлкен өлшеу аралықтарында кездейсоқ өлшеу қателіктерін тегістеу үшін полиномды тегістеу қолданылады. Бұл жағдайда $[t_n, \dots, t_k]$ тегістеу интервалында өлшенетін $r(t)$ параметрі көпмүшелік функция ретінде көрсетіледі, оның дәрежесі ұшақ қозғалысы траекториясының қабылданған үлгісімен анықталады:

$$r(t) = r(t, \alpha) = \alpha_0 + \alpha_1(t - t_n) + \alpha_2 \frac{(t - t_n)^2}{2!} + \alpha_3 \frac{(t - t_n)^3}{3!} + \dots + \alpha_m \frac{(t - t_n)^m}{m!} = \sum_{j=0}^m \alpha_j \frac{s^j}{j!}, \quad (1,6)$$

мұндағы s – тегістеу интервалының басынан бастап есептелген салыстырмалы уақыт t_n , $s = t - t_n$;

α - сәйкесінше t_n уақытындағы $r(t_n)$ параметрінің бастапқы мәні, параметрдің өзгеру жылдамдығының бастапқы мәні, үдеудің бастапқы мәні және т.б. мәні бар коэффициенттердің бағандық векторы, $\alpha = \|\alpha_0 \alpha_1 \alpha_2 \dots \alpha_N\|^T$

Бұрынғыдай өлшемдер t_i дискретті уақытта жүргізіледі деп есептей отырып $\in [t_n, \dots, t_k]$ және кездейсоқ қосу қателерімен бірге жүреді $\delta r_{\text{меч}} = \delta r(t_i)$, параметрдің жалғыз өлшемдері (бағалары) үшін жазуға болады $\tilde{r}_i = \tilde{r}(t_i)$

$$\tilde{r}_i = r_i + \delta r_i = \sum_{j=0}^m \alpha_j \frac{s_i^j}{j!} + \delta r_i, \quad (1.7)$$

қайда

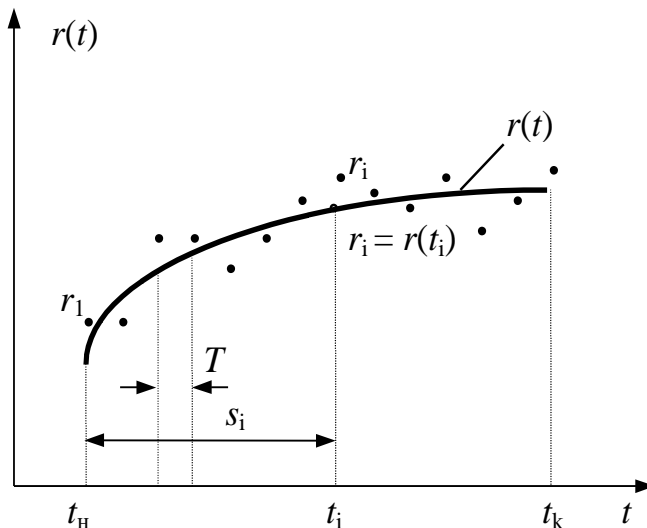
$$r_i = \sum_{j=0}^m \alpha_j \frac{s_i^j}{j!}, s_i = t_i - t_n \quad (1.8)$$

Тұрақты өлшеу кезеңімен $T = t_i - t_{i-1}$, ағымдағы уақыт $m_{\text{меч}} = t_n + (i - 1)T$, қайдан $s_i = (i-1)T$, мұндағы $i = 1, 2, \dots, N$. Содан кейін N өлшемдердің үлгісі $\tilde{r}_i [t_n, t_k]$ интервалында алынғанды [8] түрінде көрсетуге болады, мұндағы - өлшемдердің векторлық бағанасы; $\tilde{r} = \|\tilde{r}_1 \tilde{r}_2 \tilde{r}_3 \dots \tilde{r}_N\|^T$

БІРАҚ- өлшенетін α_i параметрінің ағымдағы мәнін көпмүшенің коэффициенттерімен байланыстыратын матрица $\alpha = \|\alpha_0 \alpha_1 \alpha_2 \dots \alpha_N\|^T$,

$\delta r = \|\delta r_1 \delta r_2 \delta r_3 \dots \delta r_N\|^T$ - өлшеу қателерінің бағандық векторы.

Қарастырылған шарттарда өлшемдерді өңдеу міндеті (1.1-сурет) коэффициенттер жиынтығын анықтау болып табылады. α , (1.1) көпмүшелік функциясы бойынша өлшемдердің ең жақсы жуықтауын қамтамасыз ету. $\tilde{r} = \|\tilde{r}_1 \tilde{r}_2 \tilde{r}_3 \dots \tilde{r}_N\|^T$



1.1-сурет – Радиолокациялық мәліметтер бойынша көпмүшені құру

Берілген есептің шешімін бағалаудың ең көп қолданылатын статистикалық әдісі – максималды ықтималдық әдісі. Коэффициенттерді бағалау үшін максималды ықтималдық әдісін қолданамыз α , TNP өлшеу қателіктері деп есептей отырып δr қалыпты заң бойынша бөлінген, нөлдік орташа мәнге және белгілі корреляциялық матрицаға ие.

$$W(\tilde{r}_1, \tilde{r}_2, \dots, \tilde{r}_N / \alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_m) = W(\tilde{r} / \alpha)$$

жазуға болады

$$W(\tilde{r}_1, \tilde{r}_2, \dots, \tilde{r}_N / \alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_m) = \frac{1}{(2\pi)^{N/2} |K_{\delta r}|^{1/2}} \exp \left[-\frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{l=1}^N K_{il} (\tilde{r}_i - r_i) (\tilde{r}_l - r_l) \right], \quad (1.7)$$

мұндағы корреляциялық матрицаның анықтаушысы ; $|K_{\delta r}|K_{\delta r}$

K_{il} - матрицаның i -ші жол мен l -ші бағанының қиылысында матрицаға кері мәні болып табылатын элементі. $K_{\delta r}^{-1}K_{\delta r}$

Векторлық-матрицалық формада (1.3) ықтималдық функциясын келесі түрде жазуға болады [8]:

$$W(\tilde{r} / \alpha) = c \exp \left[-\frac{1}{2} (\tilde{r} - A\alpha)^T K_{\delta r}^{-1} (\tilde{r} - A\alpha) \right], \quad (1.8)$$

кайда $c = 1 / (2\pi)^{N/2} |K_{\delta r}|^{1/2}$

Келесіде ықтималдық функциясының (1.4) натурал логарифмін қолдану ыңғайлырақ:

$$L(\alpha) = \ln W(\tilde{r} / \alpha) = \ln c - \frac{1}{2} (\tilde{r} - A\alpha)^T K_{\delta r}^{-1} (\tilde{r} - A\alpha). \quad (1.9)$$

Максималды ықтималдық әдісі бойынша бағалауларды табудың жалпы тәртібіне сәйкес векторлық параметрге қатысты (1.5) өрнекті дифференциялап, туындыны нөлге теңестіреміз. (1.5) функциясына қатысты дифференциалданғаннан кейін векторлық ықтималдық теңдеуін аламыз α

$$-\left[\frac{d}{d\alpha} (\tilde{r} - A\alpha)^T \right] K_{\delta r}^{-1} (\tilde{r} - A\alpha) = 0. \quad (1.10)$$

Өлшенетін мәндердің векторы қажетті параметрлерге емес, туындыға тәуелді болғандықтан, онда $\tilde{r} \alpha \frac{d}{d\alpha} (A\alpha)^T = \frac{d}{d\alpha} (\alpha^T A^T) = A^T$

$$\frac{d}{d\alpha} (\tilde{r} - A\alpha)^T = -A^T.$$

Нәтижесінде ықтималдық теңдеуі (1.6) пішінге келтіріледі

$$A^T K_{\delta r}^{-1} (\tilde{r} - A\alpha) = 0$$

немесе

$$A^T K_{\delta r}^{-1} \tilde{r} = A^T K_{\delta r}^{-1} A \alpha.$$

Сол жақтағы соңғы теңдіктің екі бөлігін де кері матрицаға көбейтіп, сәйкестік матрицасы қайда екенін ескере отырып, параметр векторының ең дұрыс бағасы үшін

$$\text{аламыз: } (A^T K_{\delta r}^{-1} A)^{-1} (A^T K_{\delta r}^{-1} A)^{-1} A^T K_{\delta r}^{-1} A = I - m \times m \alpha_{ММП}^* \alpha$$

$$\alpha_{ММП}^* = (A^T K_{\delta r}^{-1} A)^{-1} A^T K_{\delta r}^{-1} \tilde{r} = B \tilde{r}, \quad (1,11)$$

мұндағы $m + 1$ жолдар мен N бағандардан тұратын және пішіні бар матрица $B = (A^T K_{\delta r}^{-1} A)^{-1} A^T K_{\delta r}^{-1}$,

$$B = \begin{pmatrix} b_{01} & b_{02} & \dots & b_{0N} \\ b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1N} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ b_{m1} & b_{m2} & \dots & b_{mN} \end{pmatrix}. \quad (1,11)$$

Жеке коэффициенттердің MLM бағалауы үшін (1.7) теңдеуді кеңейтілген түрде көрсету $\alpha_j, j = 0, 1, 2, \dots, m$ Біз алып жатырмыз

$$\alpha_{0ММП}^* = \sum_{i=1}^N b_{0i} \tilde{r}_i, \alpha_{1ММП}^* = \sum_{i=1}^N b_{1i} \tilde{r}_i, \dots, \alpha_{mММП}^* = \sum_{i=1}^N b_{mi} \tilde{r}_i \quad (1,12)$$

Осылайша, параметрдің өлшенген мәндерінен көпмүшелік функцияның (1.1) (18) сәйкес коэффициенттерінің ММР-бағаларын құру өлшемдердің өлшенген қосындысына дейін қысқартылды. Сонымен қатар, әртүрлі коэффициенттердің бағасын алу үшін салмақ коэффициенттерінің мәндерінде ғана ерекшеленетін бірдей көбейту және қосу операцияларының бірдей N саны қажет. $\alpha_j \tilde{r}_i \alpha_j b_{ji}$

Тегістеу интервалында ұшақ қозғалысының динамикасына сәйкес (1.1) көпмүшелік функциясының m дәрежесін таңдау іс жүзінде өлшенетін параметрді жаңғыртудың динамикалық қателігінің ерікті шағын мәнін алуға мүмкіндік береді [9]. Әлбетте, бұл әуе кемесінің қозғалысының сипаты туралы жеткілікті толық априорлық деректерді қажет етеді. Егер мұндай деректер болмаса, динамикалық қатенің кепілдендірілген нөлдік мәні әуе кемесінің нақты қозғалысына қарағанда жуықтау функциясының (1.1) әдейі жоғары дәрежесін орнату арқылы қамтамасыз етілуі мүмкін. $r(t)$

Бұрын айтылғандай, қарастырылған әдісті өлшеу қателерінің таралу заңының нысаны туралы жеткілікті толық априорлы ақпаратпен пайдалануға болады. ММР арқылы полиномды тегістеудің негізгі қиындығы B салмақ коэффициенттерінің матрицасын есептеу процедурасы, сонымен қатар қателік

корреляциялық матрицаның диагональдан тыс коэффициенттерін анықтау болып табылады. Оларды анықтаудағы қате (априори) векторлық бағалаудың төмен дәлдігіне әкелуі мүмкін, ол өлшенетін параметрді бағалау мәселесін шешу шартын қанағаттандырмауы мүмкін.

1.2.1 Ең кіші квадраттар әдісімен радиолокациялық кескіндерді полиномды тегістеу

Ең кіші квадраттар әдісімен көпмүшені тегістеу алгоритмі TNP өлшемдерін өңдеу тәжірибесінде кеңінен қолданыла бастады. Бұл әдіс корреляцияланбаған және бірдей дәл өлшеулер үшін ХВҚ-ның ерекше жағдайы болып табылады, ол үшін $\sigma_{\delta r_i}^2 = \sigma_{\delta r}^2 = \text{const}$. Корреляцияланбаған өлшемдерді өлшеу кезеңінің T сәйкес таңдауымен қамтамасыз етуге болады. Өлшемдердің бірдей дәлдігі туралы болжам қысқа (бірнеше ондаған секунд ретті) өлшеу учаскелері бойынша ақпаратты өңдеу кезінде жарамды. Бұл жағдайда корреляция матрицасы пішінді алады

$$K_{\delta r} = \sigma_{\delta r}^2 \begin{vmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{vmatrix} = \sigma_{\delta r}^2 I. \quad (1,13)$$

сәйкестік матрицасы қайда. $I - N \times N$

Бұл жағдайда. Сонда ММР-бағасынан (1.7) біз ең кіші квадраттар бағасына келеміз [8]: $K_{\delta r}^{-1} = \frac{1}{\sigma_{\delta r}^2} I$

$$\alpha_{MНК}^* = \sigma_{\delta r}^2 (A^T A)^{-1} A^T \frac{1}{\sigma_{\delta r}^2} \tilde{r} = (A^T A)^{-1} A^T \tilde{r}. \quad (1,14)$$

Коэффициенттерді бағалаудың ең кіші квадраттарын алу өлшемдердің салмақты қосындысына дейін азайтатыны анық. α_j

Әдістің атауы OLS бағалауларын алу үшін қолданылатын оңтайлылық критерийімен байланысты. Бұл критерий ең кіші квадраттар критерийі деп аталады және корреляциясыз және бірдей дәл өлшемдер үшін максималды ықтималдық критерийінің ерекше жағдайы болып табылады. Бұл жағдайда функцияның максимумын іздеу функцияның минимумын табуға дейін қысқарады [9]: $W(\tilde{r}/\alpha)W(\tilde{r}/\alpha)$

$$\Phi = (r - A\alpha)^T (\tilde{r} - A\alpha) = \sum_{i=1}^N \left(\tilde{r}_i - \sum_{j=0}^m \alpha_j \frac{s^j}{j!} \right)^2, \quad (1,15)$$

ол параметрдің есептелген мәндерінің квадраттық ауытқуларының (қалдықтарының) сомасы болып табылады

$$r_i = \sum_{j=0}^m \alpha_j \frac{s^j}{j!} \quad (1.16)$$

оның өлшенген мәндерінен \tilde{r}_i

Функционалды (1.10) минимумын оны коэффициенттер векторына қатысты дифференциалдау және туындыны нөлге теңестіру арқылы тауып, (1.1) түрінің бағасына келеміз. $\alpha = \|\alpha_0 \alpha_1 \alpha_2 \dots \alpha_N\|^T \alpha_{MНК}^*$

Мысал ретінде сызықтық траекторияның параметрлерін бағалау жағдайы үшін көпмүшені тегістеу мәселесін қарастырыңыз. Бұл жағдай тәжірибе үшін маңызды, өйткені шектеулі бақылау интервалындағы кез келген параметр сызықтық көпмүше ретінде ұсынылуы мүмкін.

Қарастырылып отырған жағдайда (1.1) өрнекке сәйкес бағаланған параметрлер мәндер болып табылады α_0 өлшенетін параметр $r(t)$ және оның өзгеру жылдамдығы $\alpha_{\text{бip}}$ бастапқы уақытта. $r(t)$ параметрінің өзгеру заңы бұл жағдайда түрінде берілген

$$r(t) = \alpha_0 + \alpha_{\text{бip}}(t - t_n) = \alpha_0 + \alpha_{\text{бip}}s, \quad (1.17)$$

мұндағы $s = t - t_n$.

Демек, бағаланған параметрлердің векторы пішінге ие

$$\alpha = \|\alpha_0 \alpha_1\|^T, \quad (1.18)$$

және навигациялық параметрдің ағымдағы мәндерінің $r_i = r(t_i)$ коэффициенттерімен байланысының A матрицасы мынаған тең: $\alpha = \|\alpha_0 \alpha_1\|^T$

$$A = \begin{Bmatrix} 1 & s_1 \\ 1 & s_2 \\ \cdot & \cdot \\ 1 & s_N \end{Bmatrix}$$

және N жол мен екі бағаннан тұрады.

LSM (1.9) өрнегіне сәйкес – баға мынадай нысанда болады: $\alpha_{MНК}^*$

$$\begin{aligned}
\mathbf{\alpha}_{\text{МНК}}^* &= \begin{vmatrix} \alpha_{0\text{МНК}}^* \\ \alpha_{1\text{МНК}}^* \end{vmatrix} = \left(\begin{vmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ s_1 & s_2 & \dots & s_N \end{vmatrix} \begin{vmatrix} 1 & s_1 \\ 1 & s_2 \\ \dots & \dots \\ 1 & s_N \end{vmatrix}^{-1} \begin{vmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ s_1 & s_2 & \dots & s_N \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \tilde{r}_1 \\ \tilde{r}_2 \\ \dots \\ \tilde{r}_N \end{vmatrix} \right) = \\
&= \begin{vmatrix} N & \sum_{i=1}^N s_i \\ \sum_{i=1}^N s_i & \sum_{i=1}^N s_i^2 \end{vmatrix}^{-1} \begin{vmatrix} \sum_{i=1}^N \tilde{r}_i \\ \sum_{i=1}^N s_i \tilde{r}_i \end{vmatrix} = \frac{1}{N \sum_i s_i^2 - \left(\sum_i s_i \right)^2} \begin{vmatrix} \sum_i s_i^2 & -\sum_i s_i \\ -\sum_i s_i & N \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \sum_i \tilde{r}_i \\ \sum_i s_i \tilde{r}_i \end{vmatrix} = \\
&= \frac{1}{N \sum_i s_i^2 - \left(\sum_i s_i \right)^2} \begin{vmatrix} \sum_i s_i^2 \sum_i \tilde{r}_i - \sum_i s_i \sum_i s_i \tilde{r}_i \\ N \sum_i s_i \tilde{r}_i - \sum_i s_i \sum_i \tilde{r}_i \end{vmatrix}.
\end{aligned}$$

Осылайша, коэффициенттердің ең кіші квадраттарын бағалау мына өрнектермен анықталады: α_0 , α_1

$$\alpha_{0\text{МНК}}^* = \frac{\sum_i s_i^2 \sum_i \tilde{r}_i - \sum_i s_i \sum_i s_i \tilde{r}_i}{N \sum_i s_i^2 - \left(\sum_i s_i \right)^2}, \quad (1,19)$$

$$\alpha_{1\text{МНК}}^* = \frac{N \sum_i s_i \tilde{r}_i - \sum_i s_i \sum_i \tilde{r}_i}{N \sum_i s_i^2 - \left(\sum_i s_i \right)^2}. \quad (1,20)$$

Назар аударыңыз, бұрын қарастырылған сызықтық тегістеу өлшенетін параметрді нөлдік дәрежелі полиноммен сипаттау кезінде ең кіші квадраттар әдісімен полиномды тегістеудің ерекше жағдайы болып табылады, яғни. $r(t) = \alpha_0$. Бұл жағдайда бағалауға арналған өрнек бағалау параметрлерінің векторы бір элементпен көрсетілген кезде ең кіші квадраттардың жалпы өрнекінен оңай алынады. α_0 және баған векторы ретінде көрсетілген матрицалар Полиномды тегістеу алгоритмін пайдалану өлшеу деректерінің айтарлықтай қысылуын қамтамасыз етеді. Шынында да, [tn, tk] аралығы бойынша өлшеу нәтижелерін алдын ала өңдеу барысында саны бірнеше жүзге жетуі мүмкін өлшемдер массиві жуықтаушы көпмүшенің коэффициенттерінің бағалауларымен ауыстырылады, саны бұл әдетте бір өлшем N санынан

айтарлықтай аз. $\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_m$

Аномальды қателерді табу және жоюдың тиімді алгоритмдерінің бірі ең кіші квадраттар әдісіне негізделген алгоритм болып табылады. Оның жұмыс принципін қарастырыңыз. Навигация параметрінің N өлшемдерінің үлгісі алынсын. Өңдеу алдында барлық өлшемдер бірдей дәлдікпен орындалады және массивте аз мөлшерде аномальді эмиссиялар бар деп болжанады. Бастапқыда ең кіші квадраттарды пайдалана отырып, бастапқы үлгі үшін таңдалған дәрежелі көпмүшенің тегістелген бағалаулары табылады. Содан кейін барлық үлгі үшін стандартты ауытқудың үлгі мәндері есептеледі: $\alpha_{\text{МНК}}^* \tilde{r} = \|\tilde{r}_1 \tilde{r}_2 \tilde{r}_3 \dots \tilde{r}_N\|^T$

$$\Delta_i = \tilde{r}_i - r_{i\text{МНК}}^* \quad (1,21)$$

кайда $r_{i\text{МНК}}^*$ - i -ті уақытындағы параметрдің тегістелген мәндері; $i = 1, 2, \dots, N$. Осыдан кейін барлық өлшемдер жағдайға тексеріледі:

$$|\Delta_{\text{мен}}| \leq 3\sigma, \quad (1,22)$$

кайдас- өлшемдердің стандартты қателігі.

(1.11) шарты орындалмаған өлшемдердің жалпы санының ішінде мөлшері $\Delta_{\text{мен}}$ максимум болып табылады. Бұл өлшемге нөлдік салмақты тағайындау арқылы аномальді өлшем үлгіден жойылады. Аномальдық қателердің болуы коэффициенттердің бұрмалануына әкелетінін ескеріңіз, бұл өз кезегінде аномальдық өлшемдер үшін ғана емес салмақтардың нөлге тең болуы мүмкін. Бұл аномальды қателердің болуына байланысты жуықтау көпмүшесінің өлшемдерді «қалдыратынына» байланысты. Сондықтан ең кіші квадрат өлшемдерін жаңа салмақтармен тегістеуді қайталау қажет. Нәтижесінде біз коэффициенттердің жаңа мәндерін аламыз. Осыдан кейін (1.11) шартты тексеру процедурасы қайталанады, сәйкес өлшемдердің салмақтарын нөлге келтіру арқылы (егер шарт орындалмаса) орындалады. Итерациялық процесс барлық өлшемдер үшін теңсіздік (1.11) жарамды болғанша қайталанады. Бұл әдіс аномальды өлшемдер саны болған кезде қолданылады $\alpha_{\text{МНК}}^* \alpha_{\text{МНК}}^*$ аз (10 ... 25% артық емес).

1.2.2 Кальман сүзгісі

Радар нысананы анықтау және қадағалау, оның орналасқан жерін, жылдамдығы мен үдеуін анықтау міндетін орындайды, бұл ретте өлшеу нәтижелері бірте-бірте келеді және өте шулы болады. ДӨлшеу деректері бойынша объектінің күйін бағалау үшін ең қарапайым ең кіші квадраттар әдісі жиі пайдаланылады - өлшемдердің толық үлгісі үшін сүзгілеу алгоритмі немесе оны сырғымалы тегістеу алгоритмі түріндегі модификациясы. Бұл жағдайда

күйді бағалау өлшемдер үлгісі негізінде жүзеге асырылады, сондықтан осы әдіспен объектінің жай-күйінің алғашқы сапалық бағасын алу алдында өлшемдердің қажетті массивін алу үшін уақыт қажет. LSM объектінің қозғалысы туралы априорлы ақпаратты пайдаланбайды, сондықтан қозғалатын объектілердің күй векторын анықтау үшін нашар қолайлы. Сондықтан бірінші өлшемдерді алғаннан кейін қозғалатын объектінің күй векторын жеткілікті сапада бағалайтын Кальман сүзгісі деп аталатын радиолокациялық кескінді өңдеу әдісі кеңінен қолданылады.

Кальман сүзгісі мыналарға арналған рекурсивті априорлы белгілі динамикалық жүйенің күй векторын жете бағаламау және тек мемлекеттік бағалаулармен ғана емес, сонымен қатар, Шартты ықтималдықтың Байес формуласы. Алгоритм екі кезеңде жұмыс істейді. Болжау сатысында Кальман сүзгісі күй айнымалыларының мәндерін, сондай-ақ олардың белгісіздіктерін экстраполяциялайды. Екінші кезеңде өлшеу деректері бойынша (біраз қателікпен алынған) экстраполяция нәтижесі нақтыланады. Жұмыстың ағымдағы циклі үшін жүйенің күйін бағалауды есептеу үшін оған күйді бағалау қажет (жүйенің күйін бағалау және осы күйді анықтау кезіндегі қатені бағалау түрінде) алдыңғы жұмыс циклі және ағымдағы циклдегі өлшемдер. Алгоритмнің сатылы сипатына байланысты ол нақты уақыт режимінде объектінің күйін бақылай алады [10].

Сүзгі мүмкіндіктерінің айқын мысалы оның орналасқан жерін дәл емес өлшеудің уақыттық қатарының нәтижелеріне негізделген объектінің орны мен жылдамдығының оңтайлы, үздіксіз жаңартылып отыратын бағалауларын алу болып табылады. Кальман сүзгісі қозғалуы мүмкін нысанның түрін көрсететін ықтималдық мақсатты динамика моделін пайдаланады, ол шудың әсерін азайтады және қазіргі, болашақ немесе өткен уақыт нүктесіндегі нысанның орнын жақсы бағалауды береді. Бұл жағдайда өлшеу қателіктері гаусс таралымына ие болса, онда сүзгі жүйе күйінің шартты ықтималдық тығыздығының дәл бағасын береді.

Классикалық Кальман сүзгісі берілген шектеулер кезіндегі ықтималдықтың артқы тығыздығының бірінші және екінші моменттерін (математикалық күтулер векторы және дисперсиялар матрицасы мағынасында, оның ішінде өзара) есептеуге арналған теңдеу. Қалыпты ықтималдық тығыздығы үшін күту және дисперсия матрицасы ықтималдық тығыздығын толығымен анықтайтындықтан, Калман сүзгісі уақыттың әрбір нүктесінде күй векторының кейінгі ықтималдық тығыздығын есептейді деп айта аламыз. Бұл оның күй векторын кездейсоқ векторлық шама ретінде толығымен сипаттайтынын білдіреді. Бұл жағдайда математикалық күтулердің есептелген мәндері оның кең қолданылуын анықтайтын орташа квадраттық қателік критерийі бойынша оңтайлы бағалар болып табылады.

Кальман сүзгісі теорияға негізделген дискреттісіздік динамикалық жүйелер. Жүйе күйінің векторын шулы өлшемдер қатарынан бағалауды алу үшін Калман сүзгісін пайдаланған кезде сүзгі құрылымына сәйкес осы

процестің моделін – белгілі бір типті матрицалық теңдеу түрінде көрсету қажет. Сүзгі операциясының әрбір k қадамы үшін төмендегі сипаттамаға сәйкес келесі матрицаларды анықтау қажет: процестің эволюциясы F_k , бақылау матрицасы H_k , кездейсоқ бұзылу процесінің коварианттық матрицасы Q_k , өлшеу шуының ковариация матрицасы R_k . , және бақылау әрекеттері болған жағдайда B_k коэффициенттерінің матрицасы. Жүйелік модель [11] теңдеуіне сәйкес k уақытындағы шынайы күй $k-1$ уақытындағы ақиқат күйден алынғанын білдіреді:

$$\mathbf{x}_k = \mathbf{F}_k \mathbf{x}_{k-1} + \mathbf{B}_k \mathbf{u}_k + \mathbf{w}_k, \quad (1,23)$$

мұндағы F_k – x_{k-1} векторына әсер ететін жүйенің эволюциялық матрицасы ($k-1$ уақытындағы күй векторы);

$B_k u_k$ басқару әрекеттерінің векторына қолданылатын басқару матрицасы болып табылады;

w_k —қалыпты кездейсоқ процесснөлдік математикалық күтумен және коварианттық матрицасы Жүйе эволюциясының кездейсоқ сипатын сипаттайтын Q_k .

k моментінде x_k ақиқат күй векторының z_k бақылауы (өлшемі) орындалады, олар өзара теңдеумен байланысқан:

$$\mathbf{z}_k = \mathbf{H}_k \mathbf{x}_k + \mathbf{v}_k, \quad (1,24)$$

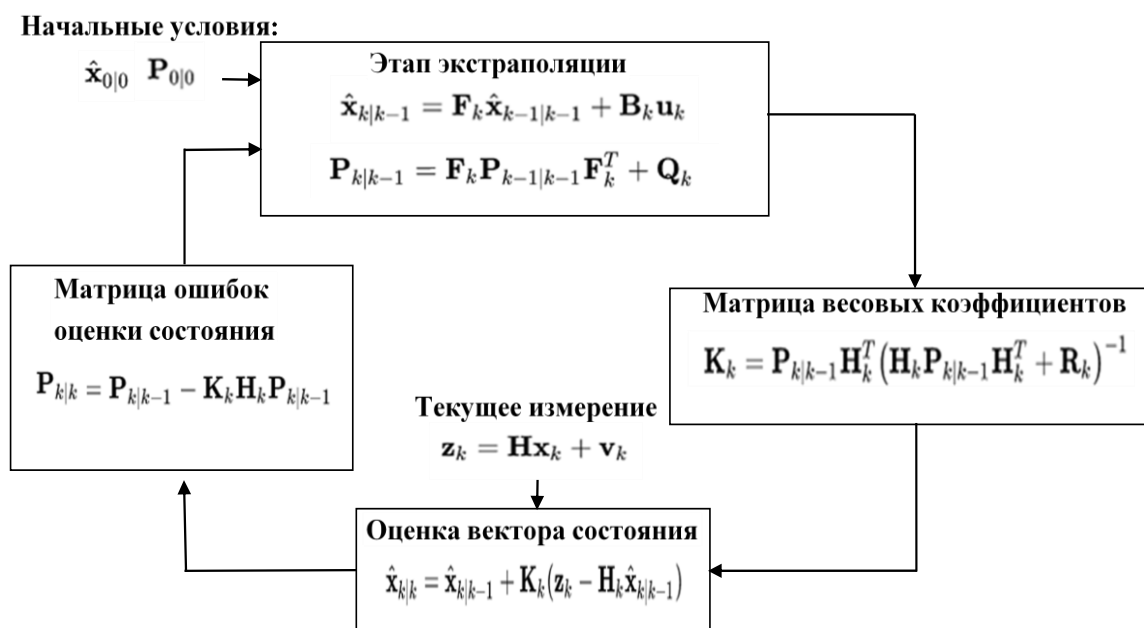
Мұндағы H_k – шынайы күй векторы мен жасалған өлшемдер векторын қосатын өлшем матрицасы,

v_k —ақ Гаусс шуынөлдік математикалық күтумен өлшемдер және коварианттық матрицасы R_k :

Кездейсоқ процестердің бастапқы күйі және әрбір циклдегі $\{x_0, w_1, \dots, w_k, v_1, \dots, v_k\}$ векторлары қарастырылады. тәуелсіз.

$P_{k|k}$ - а posteriori коварианттық матрицасы қателер, ол күй векторының алынған бағасының дәлдігін бағалауды көрсетеді және жүйе күйінің параметрлері арасындағы анықталған байланыстарды көрсететін есептелген күй мен ковариацияның қателік дисперсияларының бағасын қамтиды.

Классикалық оңтайлы Кальман фильтрінің жұмысын 1.2 суретте көрсетілген блок-схемамен көрсетуге болады.



Сурет 1.2 – Классикалық оңтайлы Кальман фильтрінің құрылымдық диаграммасы

Кальман сүзгісінің әрбір итерациясы екі фазаға бөлінеді: экстраполяция (болжау) және түзету. Экстраполяция кезінде сүзгі жүйе күйінің алдын ала бағасын алады $\hat{\mathbf{x}}_{k|k-1}$ алдыңғы қадамдағы жағдайдың қорытынды бағасына сәйкес ағымдағы қадамға. Бұл алдын ала бағалауды алдын ала мемлекеттік бағалау деп те атайды, өйткені оны алу үшін сәйкес қадамның бақылаулары пайдаланылмайды. Түзету кезеңінде априорлық экстраполяция бағалауды түзету үшін тиісті ағымдағы өлшемдермен толықтырылады. Түзетілген бағалауды кейінгі күй бағалауы немесе жай ғана күй векторлық бағалау деп те атайды. $\hat{\mathbf{x}}_k$. Әдетте бұл екі фаза кезектесіп отырады: экстраполяция келесі бақылауға дейін түзету нәтижелері бойынша жүргізіледі, ал түзету келесі қадамда бар бақылаулармен бірге жүргізіледі [12].экстраполяция қадамы(k-1) қадамнан k [11] қадамына дейінгі күй векторының және қолданылатын басқару векторының бағалауы бойынша жүйенің күй векторының:

$$\hat{\mathbf{x}}_{k|k-1} = \mathbf{F}_k \hat{\mathbf{x}}_{k-1|k-1} + \mathbf{B}_k \mathbf{u}_k \tag{1,25}$$

Коварианттық матрицасыэкстраполяцияға арналғанкүй векторы:

$$\mathbf{P}_{k|k-1} = \mathbf{F}_k \mathbf{P}_{k-1|k-1} \mathbf{F}_k^T + \mathbf{Q}_k \tag{1,26}$$

Біртуралы түзету қадамы есептеледік қадамында алынған бақылаудың экстраполяцияда күтілетін бақылаудан ауытқуы:

$$\tilde{\mathbf{y}}_k = \mathbf{z}_k - \mathbf{H}_k \hat{\mathbf{x}}_{k|k-1} \quad (1,27)$$

Коварианттық матрицасыауытқу векторы үшін (қателік векторы):

$$\mathbf{S}_k = \mathbf{H}_k \mathbf{P}_{k|k-1} \mathbf{H}_k^T + \mathbf{R}_k \quad (1,28)$$

Кальман-оңтайлы күшейту матрицасы күй векторының экстраполяциялық ковариация матрицалары мен алынған өлшемдер негізінде құрылады (ауытқу векторының ковариация матрицасы арқылы):

$$\mathbf{K}_k = \mathbf{P}_{k|k-1} \mathbf{H}_k^T \mathbf{S}_k^{-1} \quad (1,29)$$

Күй векторының бұрын алынған экстраполяциясын түзету – жүйенің күй векторының бағасын алу:

$$\hat{\mathbf{x}}_{k|k} = \hat{\mathbf{x}}_{k|k-1} + \mathbf{K}_k (\mathbf{z}_k - \mathbf{H}_k \hat{\mathbf{x}}_{k|k-1}) \quad (1,30)$$

Жүйе күйінің векторын бағалау үшін коварианттық матрицаны есептеу:

$$\mathbf{P}_{k|k} = (\mathbf{I} - \mathbf{K}_k \mathbf{H}_k) \mathbf{P}_{k|k-1} \quad (1,31)$$

Осылайша, өлшеулерде кездейсоқ қателердің болуы радиолокациялық кескіндерді өңдеу сатысында ұшақ қозғалысының параметрлерін анықтау мәселесін шешу үшін математикалық статистика әдістерін қолдануды қажет етеді. Радар кескінінің деректерінен ұшақ қозғалысының параметрлерін бағалауды алу мәселесін практикалық шешуде ең кіші квадраттар әдісі түріндегі толық өлшем үлгісін фильтрлеу алгоритмі және пішіндегі динамикалық сүзгілеу алгоритмі. Кальман сүзгісі. Сондықтан болашақта біз радиолокациялық кескіндерді қайталама өңдеу сатысында ұшақ қозғалысының параметрлерін анықтау мәселесін шешу үшін осы әдістерді қолдану мүмкіндігін бағалайтын боламыз.

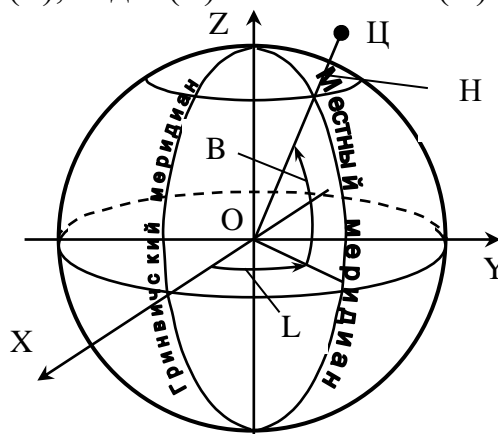
2 РАДАР ӨЛШЕРУДІ ӨНДЕУ ӘДІСТЕРІНІҢ ДӘЛДІГІН СТАТИСТИКАЛЫҚ БАҒАЛАУ АЛГОРИТМІ

2.1 Радиолокациялық өлшеу моделін құру

Дәлдік бағалауды зерттеу үшін бірінші бөлімде сипатталған өңдеу

алгоритмдерін енгізу сфералық координаттар жүйесінде станция өлшемдерін алады деп болжанады.

Географиялық СК мысалы салыстырмалы геоцентрлік полярлық СК (RPCS) болып табылады. Бұл СК центрі Жердің ортасында орналасқан, ал объектілердің орны бойлық (L), ендік (B) және биіктік (H) арқылы анықталады

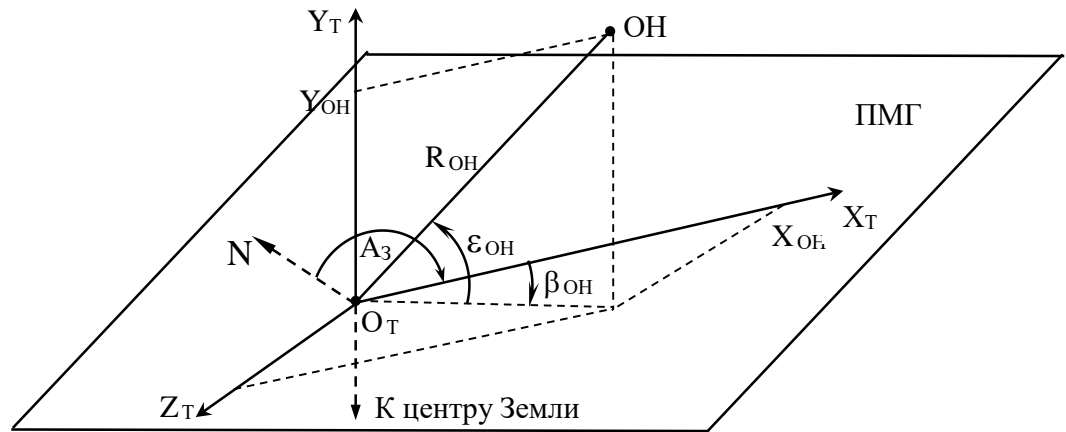


2.1-сурет – Геоцентрлік СК

Биіктік бақылау объектісінің радиус векторының ұзындығымен (ОН) анықталады. Нысанның жер бетіндегі нүктеге қатысты қозғалысын сипаттау үшін топоцентрлік тікбұрышты және сфералық координаталар жүйелері қолданылады. Топоцентрлік сфералық СК тікбұрыштыға бекітілген. Онда ОН жағдайы $\beta_{он}$ сфералық координаталарымен сипатталады, $\varepsilon_{он}$, $R_{он}$. Азимут $\beta_{он}$ – радиустың – ОН векторының жергілікті көкжиек жазықтығына (LHP) сағат тілімен проекциясы бағытында OXt осінен өлшенетін бұрыш. биіктік бұрышы $\varepsilon_{он}$ РМГ бойынша радиус – вектор ОН проекциясы мен радиус – вектор ОН арасындағы бұрыш ретінде анықталады. Көлбеу диапазон $R_{он}$ радиустың модулі – ОН векторы ретінде анықталады.

Тікбұрышты және сфералық координаталар жүйесіндегі ОН координаталары арасындағы байланысты [14] көрсетуге болады.

$$\left. \begin{aligned} X_{он} &= R_{он} \cos \varepsilon_{он} \cos \beta_{он} \\ Y_{он} &= R_{он} \sin \varepsilon_{он} \\ Z_{он} &= R_{он} \cos \varepsilon_{он} \sin \beta_{он}. \end{aligned} \right\} \quad (2.1)$$



Сурет. 2.2 - Топоцентрлік координаталар жүйесі

Жұмыс сфералық координаттар жүйесімен жүргізілуі керек болғандықтан, әуе нысаналы радары үшін өлшем үлгісін жасау қажет.

Біз радиолокациялық өлшемдер үш координаталы 80К6М радиолокаторының көмегімен алынған деп есептейміз. Радар - биіктікте қабылдауға және азимуттық жазықтықта электромеханикалық сканерлеуге арналған 12-сәулелік антенна үлгісінің цифрлық қалыптасуы бар S-диапазондық радар. 80К6М радиолокаторы зениттік-зымырандық жүйелерге нысаналы белгілерді беру үшін әуе қорғанысы радиотехникалық әскерлерінің құрамында пайдалануға арналған және үш координатты анықтауды, қадағалауды, өлшеуді және нысаналардың ұлтын анықтауды қамтамасыз етуі керек [15].

Радар 60-тан 4800 км/сағ жылдамдықпен ұшатын кемінде 150 әуе объектілері туралы ақпаратты бір уақытта анықтауды, қадағалауды және тұтынушыларға жеткізуді қамтамасыз етеді.

Радардағы зондтау сигналы ретінде 440 кГц жиілік ауытқуы бар импульстік сызықтық жиілік модуляциясы бар тікбұрышты радиоимпульстер қолданылады, радиоимпульстік конверттің ұзақтығы 43,3 мкс.

Координаталық өлшемдердің орташа квадраттық қателіктері аспайды: 100 м диапазонда, 20' азимутта, биіктікте [16]. $\sigma_R = \sigma_\varepsilon = \sigma_\beta = 15'$

Сфералық координаталар жүйесіндегі құрамдас бөліктердің шын мәніне ие бола отырып, радиолокациялық өлшеу моделін мына формула бойынша жүзеге асыруға болады: $R(t)\varepsilon(t)\beta(t)$

$$R'(t) = R(t) + \sigma_R * \xi_R \quad (2.2)$$

$$\varepsilon'(t) = \varepsilon(t) + \sigma_\varepsilon * \xi_\varepsilon \quad (2.3)$$

$$\beta'(t) = \beta(t) + \sigma_\beta * \xi_\beta \quad (2.4)$$

кайда. $\xi \in (0,1)$

$$\xi = \sqrt{-2 \ln n_1} * \cos 2\pi n_2 \quad (2.5)$$

мұндағы $n_1, n_2 \in [0,1]$ интервалында біркелкі үлестірілетін кездейсоқ шамалар.

Алынған өлшем үлгісін өлшеу қателіктерінің таралу заңының стационарлық және қалыптылық шарттарының орындалуын тексеру керек.

$y_1, y_2 \dots y_n$ өлшемдерінің үлгісі алынсын және өлшем моделі мына теңдеумен сипатталсын:

$$y(t) = x(t) + n(t). \quad (2.6)$$

Орташа нөлдік және дисперсиямен өлшеу қателіктерінің стационарлық шарттарын тексеру процестің статистикалық қасиеттерін талдау негізінде жүзеге асырылуы мүмкін [17]: σ_y^2

$$b(t) = y(t) - x(t). \hat{a} \quad (2.7)$$

Егер $y(t)$ бағалары сәйкес болса, онда $b(t)$ және $n(t)$ процестерінің статистикалық қасиеттері іріктеме көлемінің ұлғаюымен көбірек ұқсас болады. Сондықтан адекватты модель үшін $b(t)$ және $n(t)$ процестерінің статистикалық қасиеттері бірдей болуы керек деген гипотеза негізгі гипотеза ретінде қабылданады. Бұл жағдайда шешім қабылдау ережесі әдетте $n(t)$ стационарлық процестің математикалық күту және дисперсия қасиеттерінен туындайтын статистикалық гипотезаларды тексеру критерийлері негізінде синтезделеді [18].

Көбінесе тәжірибеде біз математикалық күтудің стационарлығын тексеру үшін Стюдент критерийін және дисперсияның стационарлығын тексеру үшін Фишер критерийін қолданамыз .

Егер өлшеу қателерінің дисперсиясы априорлы белгісіз болса, онда модельдің сәйкестігін тексерудің қарапайым критерийі $H_0: E\{b(t)\} = m_b$ және $H_0: E\{b^2(t)\} = n(t)$ өлшеу қателерінің стационарлығынан туындайтын const.

Өлшеу қателіктері қалыпты заң бойынша бөлінсе, онда H_0 гипотезасын тексеру үшін: $E\{b(t)\} = m_b$ барабар модель үшін статистиканы қолдануға болады

$$t_b = \frac{(b^* - m_b) \sqrt{n - 1}}{s_b} \quad (2.8)$$

Студенттің бөлуіне бағынады $(n - \text{бір})$ – және еркіндік дәрежесі. Егер a

$$t_b = \frac{(b^* - m_b) \sqrt{n - 1}}{s_b} > t(\alpha, n - 1), \quad (2.9)$$

онда H_0 гипотезасын жоққа шығару керек. сандық $t(\alpha, n - \text{бір})$ және маңыздылық деңгейінің әртүрлі мәндері үшін α кесте түрінде берілген, ал b^* және S_b мәні мына өрнектермен есептеледі:

$$b^* = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n b_i ; \quad (2.10)$$

Тест гипотезасы $H_0: E\{b_2(\tau)\} = \text{const}$ келесі реттілікпен Фишер критерийі арқылы орындалуы мүмкін:

Үлгі $b(\tau)$ шамамен бірдей екі топқа бөлінеді $b_1 \dots b_l$; қиылыспайтын $b_{l+1} \dots b_n$.

Әр топ үшін мәндер есептеледі

$$b_1^* = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n b_i ; \quad b_2^* = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n b_i ;$$

$$S_1^2 = \frac{1}{l-1} \sum_{i=1}^n (b_i - b_1^*)^2 ; \quad S_2^2 = \frac{1}{n-l-1} \sum_{i=1}^n (b_i - b_2^*)^2 .$$

Фишер статистикасының мәні табылды:

$$F = \max \left[\frac{S_1^2}{S_2^2} ; \frac{S_2^2}{S_1^2} \right] . \quad (2.12)$$

Еркіндік дәрежелері анықталады:

$$\begin{cases} k_1 = l - 1 \\ k_2 = n - l - 1 \end{cases}, \text{ кезінде; } S_1^2 > S_2^2 \quad (2.13a)$$

$$\begin{cases} k_2 = l - 1 \\ k_1 = n - l - 1 \end{cases}, \text{ сағ. } S_1^2 < S_2^2 \quad (2.13b)$$

Белгілі бір k_1, k_2 және берілген мәндік деңгейі үшін $\alpha F +$ критикалық мәнін анықтау α, k_1, k_2). Егер $F < F + (\alpha, k_1, k_2)$, онда $H_0: E\{b_2(\tau)\} = \text{const}$ сенімділік деңгейімен ақиқат деп есептелуі керек $(1-2\alpha)$. Әйтпесе, гипотезаны жоққа шығару керек.

Осылайша, егер екі гипотеза да $H_0: E\{b(\tau)\} = 0$ және $H_0: E\{b_2(\tau)\} = \text{const}$ ақиқат болса, онда модель өлшенетін параметрдің нақты әрекетіне адекватты деген қорытынды жасауға болады.

Алынған өлшемдердің қателіктерінің таралу заңының қалыптылығын тексеру χ^2 критерийі бойынша келесі реттілікпен жүргізіледі [7,17]:

1. Біз кездейсоқ шамалардың бүкіл үлгісін бөлеміз $\xi(t)$ k интервалына.
- 2.

$$k = 1 + 3,3 \lg n \quad (2.14)$$

3. Аралықтың ұзындығын анықтайық:

4.

$$h = \frac{\xi_{\max} - \xi_{\min}}{k} \quad (2.15)$$

5. Интервалдардың шекараларын анықтайық:

6.

$$\xi_j = \xi_{\min} + jh, \quad (2.16a)$$

$$\xi_{j-1} = \xi_{\min} + (j-1)h, \quad j = 1, \dots, k. \quad (2.16 б)$$

7. Кездейсоқ шамалардың сәйкес ξ санының j -ші интервалға түсу ықтималдығын анықтаймыз.

8.

$$Z_j = \frac{\xi_j - m\xi}{\sigma\xi}; \quad (2.17)$$

$$Z_{j-1} = \frac{\xi_{j-1} - m\xi}{\sigma\xi}; \quad (2.18)$$

$$m\xi = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \xi_i; \quad (2.19)$$

$$\sigma\xi = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\xi_i - m\xi)^2}; \quad (2.20)$$

$$P_j = \Phi_0(z_j) - \Phi_0(z_j - 1), \quad (2.21)$$

мұндағы Φ_0 – Лаплас ықтималдығының интегралы.

$$\Phi_0 = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{z_{j-1}}^{z_j} e^{-\left(\frac{t^2}{2}\right)} dt. \quad (2.22)$$

9. Алынған өлшемдердің қателерінің қалыпты таралуы туралы гипотезаны тексеру үшін критерий статистикасын есептейміз: $\chi_{\text{набл}}^2$

$$\chi_{\text{набл}}^2 = \sum_{j=1}^k \frac{(m_j - nP_j)^2}{nP_j} \leq \chi_{\text{табл}(v, 1-\alpha)}^2. \quad (2.23)$$

Егер болса, онда параметрдің өлшеу қателіктері қалыпты таралу заңына ие болады. $\chi_{\text{набл}}^2 \leq \chi_{\text{табл}(v, 1-\alpha)}^2$

2.2 Радиолокациялық өлшеулерді өңдеу әдістерінің дәлдігін статистикалық бағалау алгоритмі

Жұмыста бұдан әрі сәйкес радиолокациялық өлшемдердің бағасын алудың екі әдісін қарастыру ұсынылады:

1. Ең кіші квадраттар әдісі
2. Кальман сүзгісі

Ол үшін осы әдістерді бағалау дәлдігін алу үшін олардың жұмыс істеу алгоритмін жасау қажет.

2.2.1 Ең кіші квадраттар әдісі

Өлшемдердің барлық үлгісін бағалау үшін дәстүрлі түрде қолданылатын ең кіші квадраттар әдісін қарастырайық. Бақылау интервалындағы бағаланған параметрдің өзгеру динамикасына байланысты бірінші немесе екінші дәрежелі көпмүшелік қолданылуы мүмкін.

Мақсатқа көлбеу диапазонның уақыт бойынша өзгеру моделі екінші дәрежелі көпмүшемен сипатталсын

$$y(t_i) = y_i = a_0 + a_1 t_i + a_2 t_i^2, i = \overline{1, n}. \quad (2,24)$$

Өлшемдерге сәйкес қажет $y^*(t_i)$ шартын қанағаттандыратын көпмүшенің коэффициенттерінің бағасын табыңыз $\hat{a}_0, \hat{a}_1, \hat{a}_2$

$$S(\hat{a}) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y^*(t_i) - y(t_i))^2 \rightarrow \min.$$

(1.9) өрнекке сәйкес көпмүшелік коэффициенттердің бағасын келесі түрде табуға болады: $A = (\hat{a}_0, \hat{a}_1, \hat{a}_2)^T$

$$A = T^{-1}Y, \quad (2,25)$$

$$Y = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n y_i^* \\ \sum_{i=1}^n y_i^* t_i \\ \sum_{i=1}^n y_i^* t_i^2 \end{bmatrix}. \quad (2,26)$$

Әдістің кемшілігі - траекторияны құру кезінде уақыттың кешігуіне әкелетін полиномдық коэффициенттер бағаланатын өлшемдердің толық үлгісін алу қажеттілігі екенін ескеріңіз. Алайда, бұл жағдайда байланыс желісі арқылы берілетін ақпараттың қысылу түрі орын алады, өйткені өлшемдердің функционалдық тәуелділігін сипаттайтын полиномның алынған коэффициенттерінің мәндерін беру жеткілікті. бүкіл бақылау аралығы.

2.2.2 Кальман сүзгісі

Радиолокациялық өлшемдерді екінші реттік өңдеу сатысында динамикалық объектінің күй векторын бағалау алгоритмін орындау үшін есептелген қатынастарды алайық. Ол үшін [11] сипатталған әдіс бойынша мақсатты күй векторының бағалауын алу алгоритмін жүзеге асыру үшін Кальман сүзгісінің матрицалық өрнектерінің аралық түрлендірулерін орындау қажет:

$$X(k/k) = \begin{bmatrix} x(k/k) \\ \dot{x}(k/k) \end{bmatrix}, \quad (2,27)$$

орнымен сипатталады x және жылдамдық \dot{x} , әр сәт үшін k , егер радар тек орташа квадраттық қателікпен нысана позициясының өлшемдерін алған жағдайда σ_z .

Содан кейін Калман сүзгі алгоритмін жүзеге асыру үшін өрнектерді пайдалана отырып алуға болады Сүзгі матрицаларының сәйкес элементтерін есептеу үшін түрлендіру нәтижесінде алынған өрнектер матрицалардың жазылған соңғы формаларымен сәйкес келуі керек.

1. Алгоритм жұмыс істеуі үшін бастапқы шарттарды орнату қажет:
- алдыңғы өлшеу циклінде алынған күй векторының бағасының мәні:

$$\hat{X}(0/0) = \begin{bmatrix} \hat{x}(0/0) \\ \hat{\dot{x}}(0/0) \end{bmatrix} \quad (2,29)$$

- бағалау қателерінің корреляциялық матрицасыалдыңғы өлшеу циклі бойынша:

$$P(0/0) = \begin{bmatrix} P_{11}(0/0) & P_{12}(0/0) \\ P_{21}(0/0) & P_{22}(0/0) \end{bmatrix}. \quad (2,30)$$

2. Тұрақты жылдамдықпен қозғалатын нысана түріндегі жүйенің күй векторының ауысу матрицасы арқылы өзгеру моделі деп есептейміз.

3.

$$\Phi(k/k-1) = \begin{bmatrix} 1 & T \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (2,31)$$

және өлшеу матрицасы, егер радар тек нысананың орнын өлшейтін болса, келесі түрде жазылады:

$$H(k) = [1 \ 0].$$

Содан кейін алынған өлшем (1.12) өрнекпен сипатталады:

$$z(k) = H(k)X(k/k) + v(k) = [1 \ 0] \begin{bmatrix} x(k/k) \\ \dot{x}(k/k) \end{bmatrix} + v(k) = x(k/k) + v(k), \quad (2,32)$$

және алынған өлшемнің дәлдігі бақылау шуының коварианттық матрицасымен сипатталады

$$R(k) = E[v(k)v^T(k)] = \sigma_z^2. \quad (2,33)$$

4. Ағымдағы өлшеу кезіндегі күй векторының экстраполяцияланған мәнін (1.12) сәйкес анықтаймыз:

5.

$$\begin{aligned} \hat{X}(k/k-1) &= \Phi(k/k-1)\hat{X}(k-1/k-1) = \\ &= \begin{bmatrix} \hat{x}(k-1/k-1) + \hat{\dot{x}}(k-1/k-1)T \\ \hat{\dot{x}}(k-1/k-1) \end{bmatrix}. \end{aligned} \quad (2,34)$$

6. Экстраполяция қателерінің корреляциялық матрицасын есептейміз (1.13):

$$\begin{aligned}
P(k/k-1) &= \Phi(k/k-1)P(k-1/k-1)\Phi^T(k/k-1) = \\
&= \begin{bmatrix} P_{11}(k-1/k-1) + 2TP_{21}(k-1/k-1) + T^2P_{22}(k-1/k-1) & P_{12}(k-1/k-1) + TP_{22}(k-1/k-1) \\ P_{21}(k-1/k-1) + TP_{22}(k-1/k-1) & P_{22}(k-1/k-1) \end{bmatrix} = \\
&= \begin{bmatrix} P_{11}(k/k-1) & P_{12}(k/k-1) \\ P_{21}(k/k-1) & P_{22}(k/k-1) \end{bmatrix}.
\end{aligned} \tag{2,35}$$

7. Сүзгі салмақ коэффициенттерінің матрицасын есептейміз (1.14):

$$\begin{aligned}
W(k/k) &= \begin{bmatrix} W_1(k/k) \\ W_2(k/k) \end{bmatrix} = P(k/k-1)H^T(k) \left[H(k)P(k/k-1)H^T(k) + R(k) \right]^{-1} = \\
&= \begin{bmatrix} P_{11}(k/k-1) \\ P_{21}(k/k-1) \end{bmatrix} \left[P_{11}(k/k-1) + R(k) \right]^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{P_{11}(k/k-1)}{P_{11}(k/k-1) + \sigma_z^2} \\ \frac{P_{21}(k/k-1)}{P_{11}(k/k-1) + \sigma_z^2} \end{bmatrix}.
\end{aligned} \tag{2,36}$$

8. Ағымдағы өлшеу нәтижелері бойынша күй векторының бағасын табу $z(k)$ (1.15) сәйкес:

$$\begin{aligned}
\hat{X}(k/k) &= \Phi(k/k-1)\hat{X}(k-1/k-1) + W(k/k) \left[z(k) - H(k)\Phi(k/k-1)\hat{X}(k-1/k-1) \right] = \\
&= \begin{bmatrix} \hat{x}(k-1/k-1) + T\hat{\alpha}(k-1/k-1) + W_1(k/k)(z(k) - \hat{z}(k/k-1)) \\ \hat{x}(k-1/k-1) + W_2(k/k)(z(k) - \hat{z}(k/k-1)) \end{bmatrix}.
\end{aligned} \tag{2,37}$$

9. Күй векторын бағалау қателерінің корреляциялық матрицасын (1.16) бойынша есептейміз:

$$\begin{aligned}
P(k/k) &= P(k/k-1) - W(k/k)H(k)P(k/k-1) = \\
&= \begin{bmatrix} P_{11}(k/k-1) - W_1(k/k)P_{11}(k/k-1) & P_{12}(k/k-1) - W_1(k/k)P_{12}(k/k-1) \\ P_{21}(k/k-1) - W_2(k/k)P_{11}(k/k-1) & P_{22}(k/k-1) - W_2(k/k)P_{12}(k/k-1) \end{bmatrix} = \\
&= \begin{bmatrix} P_{11}(k/k) & P_{12}(k/k) \\ P_{21}(k/k) & P_{22}(k/k) \end{bmatrix}.
\end{aligned} \tag{2,38}$$

Осылайша, бұл бөлімде берілген өлшеу қателіктерінің таралу заңы бар радиолокациялық кескіндерді алу алгоритмі әзірленді және өлшеу деректерінен нысана қозғалысының параметрлерін бағалаудың статистикалық әдістерін жүзеге асыру үшін аналитикалық өрнектер алынды. Алынған радиолокациялық кескіндер негізінде нысананың қозғалысының параметрлерін бағалау тиімділігінің негізгі критерийі ретінде бағалаудың дәлдігін сипаттайтын сүзгі коэффициентін пайдалану ұсынылады.

3 МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ АРҚЫЛЫ РАДАР ӨЛШЕМДЕРІН ӨНДЕУ ӘДІСТЕРІНІҢ ДӘЛДІГІН СТАТИСТИКАЛЫҚ БАҒАЛАУ

3.1 Каспий теңізі аймақтары үшін радиолокациялық өлшемдердің моделін құру

Бұл бөлімнің мақсаты дипломдық жұмыстың тақырыбы бойынша, атап айтқанда, Қазақстан Республикасындағы, Қапшағай аймақтарындағы ғарышты, ауа мен жер үсті жағдайын жарықтандыру үшін кешенді көпфункционалды кешен құру тұжырымдамасын әзірлеуге бағытталған зерттеулер мен эксперименттер жүргізу, өз бетімен ғылыми-зерттеу жұмыстарын орындау дағдылары, тәжірибе есебі түрінде магистрлік жұмыс тақырыбы бойынша материалдар дайындау.

Практикалық дағдылар үшін Қапшағай су қоймасы қазақстандық секторындағы ғарыштық, ауа және жер үсті жағдайын жарықтандырудың кешенді көпфункционалды кешенін құру, Қапшағай су қоймасының қазақстандық секторында әуе жағдайын басқару жүйесін құру нұсқасын әзірлеу қажет, бұл жер үсті жағдайын және 1000-нан 10000 м биіктіктегі әуе нысаналарының ұшуын бақылау.

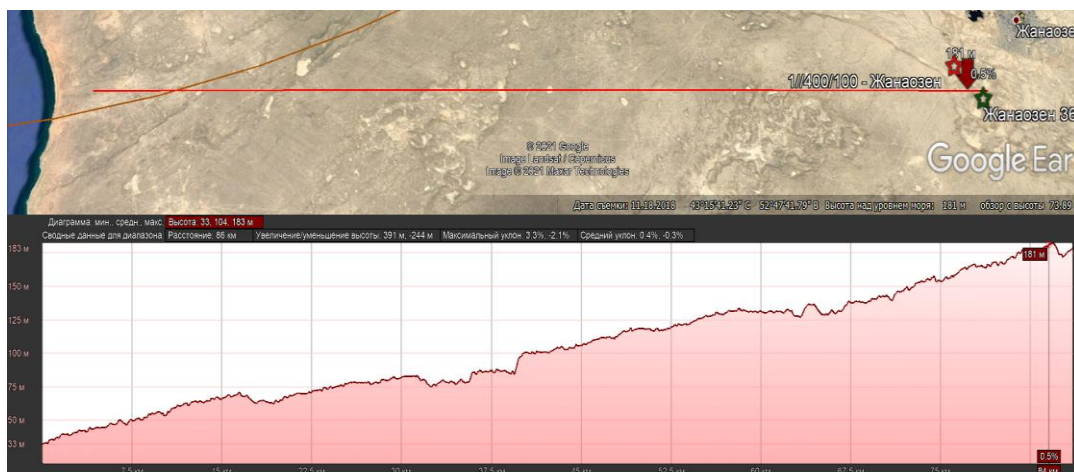
1. Бақыланатын аумақтың көлемі «Google Earth» ГАЖ жобасының көмегімен анықталды.

2. «Google Earth» GIS-жобасын пайдалана отырып, радардың жердегі орналасуы көрші станциялардың көру аймақтарының қажетті қабаттасуын және рельефті ескере отырып, радардың жабылу бұрыштарын ескере отырып таңдалды. мақсатты ұшу биіктігі 10 000 м.



3.1-сурет – Каспий су қоймасы аумағындағы радиолокациялық орындар

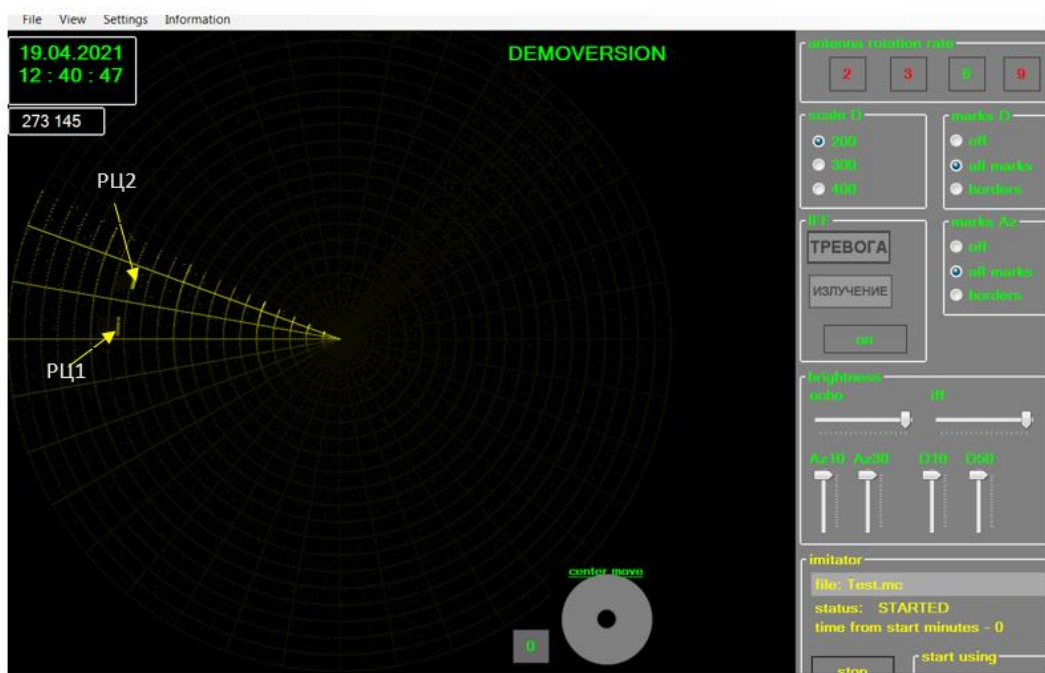
3. Әуе жағдайын бақылау жүйесінің схемасы рельефке сілтеме жасай отырып, іргелес станциялардың көру аймақтарының қажетті қабаттасуын және рельефті ескере отырып, радиолокаторды жабу бұрыштарын ескере отырып, бақылауды қамтамасыз ету үшін жетіспейтін радарлармен толықтырылды. нысананың 1000 м биіктікте ұшуы.



3.2-сурет – Су деңгейінен жоғары радарға шолу

4. Жан-жақты көріну радиолокаторының (РЛСКО) симуляторы арқылы радиолокациялық өлшемдерді практикалық алу.

RLSKO симуляторы компьютерде Setup_RTS302-187.exe модулі арқылы орнатылған. Барлығы тренажер радардан әртүрлі қашықтықта орналасқан және әртүрлі азимутальды бағыттар бойынша қозғалатын РЦ1-РЦ4 төрт радиолокациялық нысананың траекторияларын құрайды (3.3-3.4-сурет).



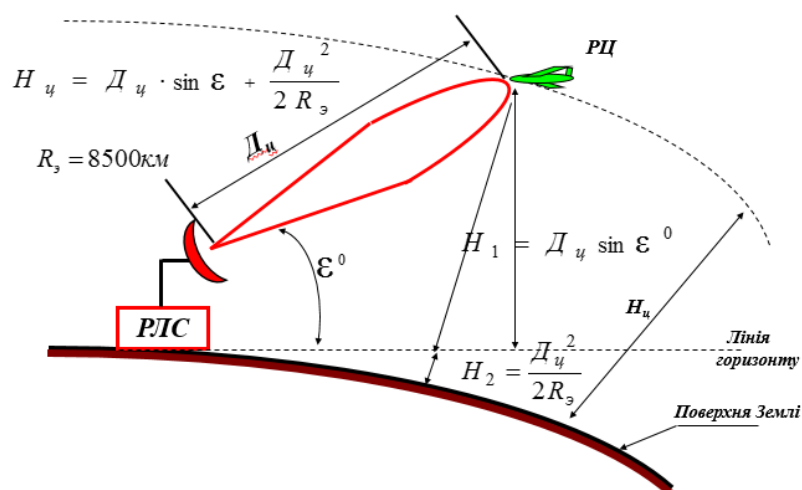
3.3-сурет – 4 тұрақты РЦ біреуінің бағыты

RLSKO симуляторының көмегімен радиолокациялық өлшемдердің массиві алынды (диапазон - $D_{\text{ч}}$, азимут - $\beta_{\text{в}}$) берілген нысананың қозғалыс биіктігі үшін 1 минут аралықпен 20 минут ішінде сфералық координаттар жүйесінде РС нысанасының траекториясын құру.

РҚ белгілерін алу үшін РҚ қашықтығын өлшеудің әрбір сәті үшін РҚ биіктігінің берілген мәндерінен РҚ көтерілу бұрышының мәнін есептеу қажет. $\epsilon_{\text{в}}$ суретте сипатталған әдіске сәйкес. 3, [2] өрнегі бойынша:

$$H_{\text{ч}} = D_{\text{ч}} \cdot \sin \epsilon + \frac{D_{\text{ч}}^2}{2 R_{\text{з}}} \quad (3,11)$$

Алынған РС белгілерінің массивін жасаңыз (t , $D_{\text{ч}}$, $\beta_{\text{в}}$, $\epsilon_{\text{в}}$) сфералық координаталар жүйесінде және алынған мәндердің уақыт бойынша өзгерістерінің графиктерін тұрғызу.



3.4-сурет - Радионавигациялық параметрлерді анықтау

R	$\beta_{\text{в}}$	$\epsilon_{\text{в}}$
196	11	1.462
192.528	11.2	1,488
172.992	12.47	1,656
154.238	14	1,858
134.398	16.1	2.132
114,93	18.9	2.493
95,958	22.8	2,987
76.6	29	3,743
57.22	40.4	5.013
38.087	76.4	7,543

38.048	103.6	7.551
56,94	139.6	5.038
75,79	150.9	3,783
94.616	157.1	3.029
112.9611	161	2.537
132.22	163,87	2.167
150.6	165.9	1,903
169.6	167,52	1,689
188,49	168.8	1.52
192	169	1,492

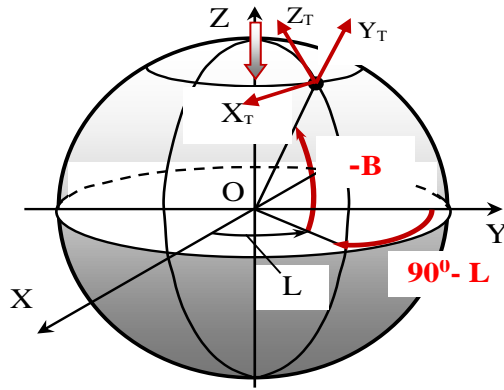
5. Кез келген радар қосулынысананы бақылаған әуе қозғалысын басқару жүйесінің диаграммасы.

Қапшағай қаласының маңындағы бұл Р18М радиолокациялық станциясы координаттары Н.Ш. - $43^{\circ}16'19,35''$ солтүстік, шығыс - $52^{\circ}46'48,47''$ шығыс



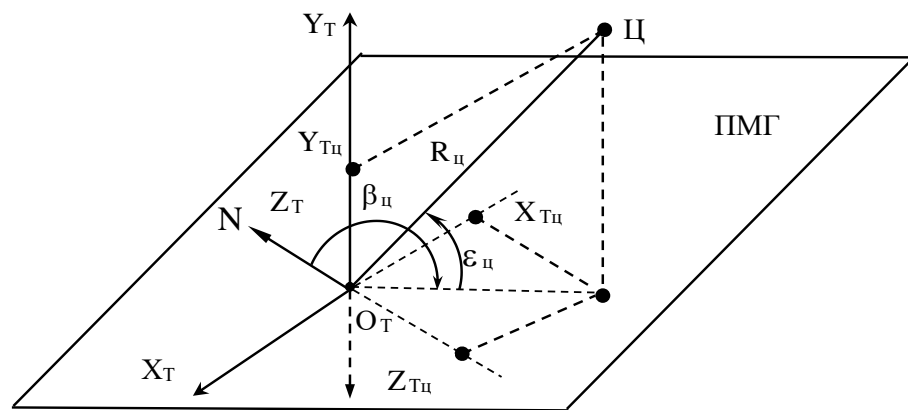
3.5-сурет – Қапшағай қ. маңындағы РЛС С. Е. - $43^{\circ}16'19.35''$ с, ш. ұ. - $52^{\circ}46'48.47''$ В

6. Географиялық координаталар жүйесіндегі (ГКЖ) ARLS радиолокаторының ені мен LRLS бойлығы анықталды (4-сурет) [3].



3.6-сурет - Географиялық координаталар жүйесіндегі (ГКЖ) ARLS радиолокаторының ені мен LRLS бойлығы анықталды

Нысанның жер бетіндегі нүктеге қатысты қозғалысын сипаттау үшін топоцентрлік жергілікті тікбұрышты координаталар жүйесі (LSCS) және сфералық КС қолданылады (5-сурет).



3.7-сурет - Нысанның жер бетіндегі нүктеге қатысты қозғалысын сипаттау үшін топоцентрлік жергілікті тікбұрышты координаталар жүйесі (LSCS) және сфералық КС қолданылады

$$B_{рлс1} := 43.27$$

$$L_{рлс1} := 52.78$$

Топоцентрлік MPSC орталығы жер бетінде орналасқан. OY_t осі жергілікті горизонт жазықтығына (LHP) перпендикуляр және Жердің орталығы арқылы өтеді. O_tX_t және OZ_t осьтері PMG-де орналасқан, осылайша векторлардың оң жақ триосы құрылады. OZ_t осі Жердің солтүстік полюсіне N бағытымен сәйкес болсын. Содан кейін OZ_t осі мен PMG радиусы - векторының O_tC проекциясы арасындағы бұрыш сағат тілімен есептелетін β_c азимуты деп аталады. Бұл СК-дағы нысананың орны X_T , Y_T , Z_T координаталарымен сипатталады [4].

7. Уақыттың әрбір сәті үшін қайта есептелетін, шар тәрізді CS-ден MPSC радарына дейінгі мақсат координаттарының алынған өлшемдер массиві

$$\left. \begin{aligned} X_T &= -R_y \cos \varepsilon_y \sin \beta_y \\ Y_T &= R_y \sin \varepsilon_y \\ Z_T &= R_y \cos \varepsilon_y \cos \beta_y. \end{aligned} \right\}$$

Xtc _i =	Ytc _i =	Ztc _i =
-37.386388602	5.000733172	192.336295626
-37.382940851	4.999486241	188.797647376
-37.33828429	4.999231549	168.840434358
-37.293931788	5.000786841	149.577790553
-37.244735075	4.999851982	129.037411604
-37.192594343	4.999148168	108.630678648
-37.134700198	5.000311219	88.339960906
-37.057201454	5.000541243	66.852961099
-36.943565201	4.999984874	43.408542264
-36.698738599	4.999689113	8.878359252
-36.660481962	4.999836058	-8.869103998
-36.761375229	5.000267232	-43.194469772
-36.779045192	5.000460784	-66.078902281
-36.765914779	4.99964203	-87.037110166
-36.74049015	5.000170612	-106.702131144
-36.706784133	4.999538158	-126.924170341
-36.668186325	5.001050921	-145.982168779
-36.634434817	4.998848373	-165.520662458
-36.598350342	4.99986556	-184.835175756
-36.622906646	4.999174955	-188.40852146

8. ГЦСК-дағы радардың орны анықталды. Географиялық координаталар жүйесіндегі жер бетіндегі радиолокацияның орны ARLS ендігі мен LRLS бойлығымен анықталады, сондықтан ГЦСК-дағы радардың орнын келесідей анықтауға болады[5]:

$$\left. \begin{aligned} X_1 &= R_3 \cos B_{рлс} \cos L_{рлс} \\ Y_1 &= R_3 \cos B_{рлс} \sin L_{рлс} \\ Z_1 &= R_3 \sin B_{рлс} \end{aligned} \right\} \quad (3.22)$$

$$\begin{aligned}
X_1 &:= R_z \cdot \cos\left(B_{рлс1} \cdot \frac{\pi}{180}\right) \cdot \cos\left(L_{рлс1} \cdot \frac{\pi}{180}\right) & X_1 &= 2806.029483558 \\
Y_1 &:= R_z \cdot \cos\left(B_{рлс1} \cdot \frac{\pi}{180}\right) \cdot \sin\left(L_{рлс1} \cdot \frac{\pi}{180}\right) & Y_1 &= 3694.128986545 \\
Z_1 &:= R_z \cdot \sin\left(B_{рлс1} \cdot \frac{\pi}{180}\right) & Z_1 &= 4366.99578661
\end{aligned}$$

9. MCCS-тен GCCS-ге дейінгі мақсатты координаталар массивін қайта есептейміз:

$$\begin{bmatrix} X_u \\ Y_u \\ Z_u \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sin L_{рлс} & \cos B_{рлс} \cos L_{рлс} & -\cos L_{рлс} \sin B_{рлс} \\ -\cos L_{рлс} & \cos B_{рлс} \sin L_{рлс} & -\sin B_{рлс} \sin L_{рлс} \\ 0 & \sin B_{рлс} & \cos B_{рлс} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_T \\ Y_T \\ Z_T \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{bmatrix} \quad (3.22)$$

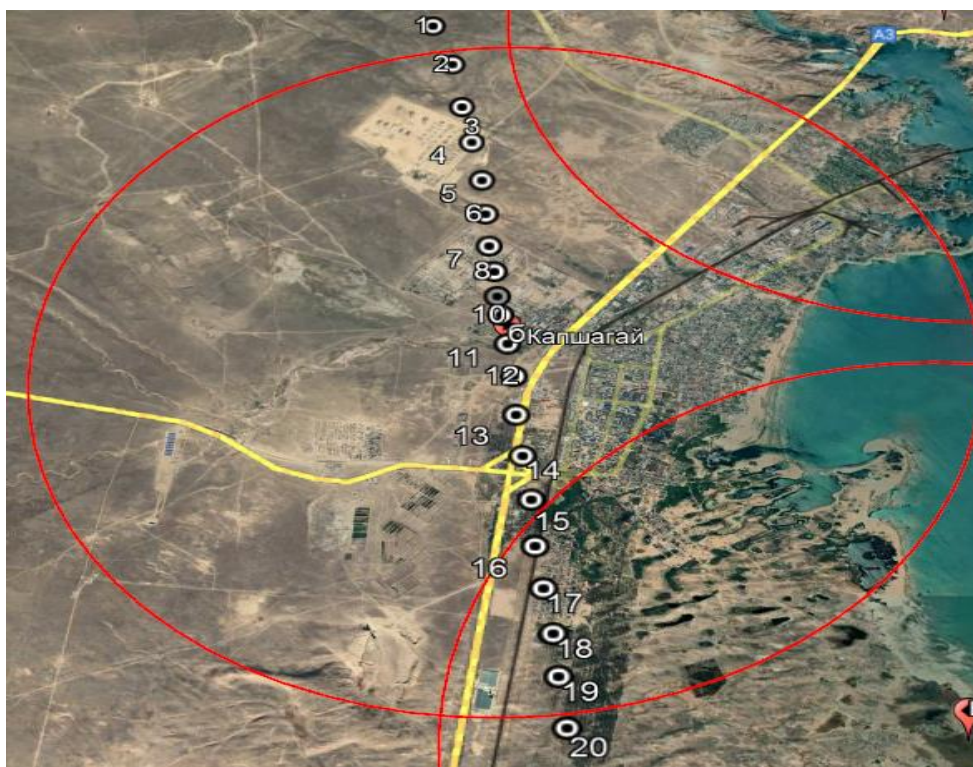
$X_{сқj} =$	$Y_{сқj} =$	$Z_{сқj} =$
2698.716829331	3614.660452303	4510.46963896
2700.186167895	3616.58913198	4507.892182119
2708.49598243	3627.455149177	4493.360527074
2716.518379947	3637.943285455	4479.335850556
2725.073293998	3649.124469485	4464.379107667
2733.57524385	3660.231059181	4449.519835037
2742.034496958	3671.27192704	4434.746316386
2751.004935503	3682.95335804	4419.101107248
2760.815360934	3695.680885579	4402.030100143
2775.326586826	3714.380114532	4376.88737478
2782.715307957	3724.044095697	4363.964984
2796.866632466	3742.841069499	4338.97189084
2806.340653288	3755.342800586	4322.309141582
2815.040132283	3766.773929741	4307.048243761
2823.213832684	3777.492547884	4292.729879902
2831.624559048	3788.509518939	4278.005137575
2839.557508214	3798.889410565	4264.129440695
2847.684177708	3809.532346435	4249.901333362
2855.721259607	3820.053483592	4235.838520183
2857.182928786	3822.018363644	4233.23618035

10. Нысананың географиялық координаталар жүйесінде уақыт бойынша қозғалысы V_c ендік пен L_c бойлығын есептеу арқылы анықталды, оны ГКС-дегі нысананың орнын келесідей білуге болады[6]:

$$\left. \begin{aligned} R_u &= \sqrt{X_u^2 + Y_u^2 + Z_u^2} \\ L_u &= \arctg(Y_u / X_u) \\ B_u &= \arcsin(Z_u / R_u) \end{aligned} \right\} \quad (3.22)$$

$R_{u_j} =$	$B_{u_j} =$	$L_{u_j} =$
6379.120556498	44.996827544	53.254866205
6379.013577071	44.965059174	53.254567341
6378.453587853	44.785872908	53.252568215
6377.974060691	44.612894282	53.250634178
6377.524180152	44.428415277	53.24856047
6377.142916916	44.245112792	53.246471957
6376.83037531	44.062832566	53.244332177
6376.568684547	43.8697891	53.241878631
6376.364769033	43.659145804	53.23885836
6376.221482217	43.34888511	53.233490919
6376.221396204	43.189413188	53.23183278
6376.362544651	42.880975793	53.230794743
6376.558925283	42.675356984	53.229502381
6376.809653598	42.487060046	53.227969287
6377.108758378	42.31039765	53.226379986
6377.478339878	42.128750419	53.224663602
6377.887384014	41.957580947	53.222972526
6378.362110904	41.78211914	53.221318813
6378.89336007	41.608696955	53.219660296
6378.997352186	41.576613989	53.219729514

11. Нысаналы координаттардың уақыт бойынша өзгеруі GIS-жобасының «Google Earth» көмегімен әуе жағдайын басқару жүйесінің схемасы бойынша B_c ендік және L_c бойлық белгілері түрінде кескінделеді.



3.7- сурет Математикалық модель

Әуе жағдайын басқару жүйесінің схемасын рельефке сілтеме жасай отырып, жетіспейтін радарлармен толықтыру қажет емес, өйткені бәрі ешқандай маңызды кемшіліктерсіз жасалған.

Осылайша, нысананың радионавигациялық параметрлері Қапшағай су қоймасы аймағында Google-Earth бағдарламалық құралының көмегімен табылды. Ең кіші квадраттар әдістері, Кальман сүзгісі де қатысты.

ҚОРЫТЫНДЫ

Бүгінгі таңда бақыланатын аумақтағы әуе жағдайы туралы ақпарат алудың негізгі көздерінің бірі радиолокациялық болып табылады. Бұл жүйелердегі мақсатты қозғалыс параметрлері туралы сенімді деректерді алу үшін радиолокациялық кескінді өңдеу жүйесі маңызды рөл атқарады. Радиолокациялық кескінді өңдеу жүйесінің негізгі мәселесі нысана қозғалысының параметрлерін өлшеуде қателер болған жағдайда статистикалық өңдеу әдісін таңдау болып табылады.

Алынған радиолокациялық суреттердің нәтижелері бойынша нысананың қозғалысының параметрлерін бағалаудың дәлдігі қадағаланатын объектінің қозғалыс динамикасы туралы априорлық ақпаратқа байланысты. Сондықтан қадағаланатын объектінің қозғалысы динамикасының априорлы белгісіздігі жағдайында нысананың қозғалысының параметрлерін бағалау әдістерінің тиімділігін бағалау әдістемесін әзірлеу біліктілік сараптамасында қарастырылған өзекті мәселе болып табылады.

Осылайша, нысананың радионавигациялық параметрлері Қапшағай аймағында Google-Earth бағдарламалық құралының көмегімен табылды. Сондай-ақ, ең кіші квадраттар әдістері, Кальман сүзгісі қолданылып, әртүрлі координаталар жүйелері арқылы алынған нәтижелерге талдау жүргізілді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Радиотехникалық жүйелердегі радиолокациялық ақпаратты өңдеу: оқу құралы / Ю.Н.Панасюк, А.П.Пудовкин. - Тамбов: FGBOU VPO баспасы «TSTU», 2016. - 84 б.
2. Самат И.М., Орумбаев Н.Е. Өлшенетін параметрдің әрекет динамикасының априорлы белгісіздігі жағдайында радиотехникалық өлшемдердің моделін құру. Қол жеткізу режимі: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/01/95-2.pdf>
3. Николаев А.И. Радиолокациялық жүйелер. Оқулық / А.И.Николаев, В.В. Ахияров, С.И.Нефедов. - М.: ММУ баспасы им. Н.Е.Бауман, 2018. -456б.
4. Огарков М.А. Кездейсоқ процестердің параметрлерін статистикалық бағалау әдістері. -М.: Энергоатимиздат, 1990. -208 б.
5. Гришин Ю.П., Казаринов Ю.М. Ақауларға төзімді динамикалық жүйелер, Мәскеу: Радио және байланыс, 1985. — 176 б.
6. Рикер Г.Г., Уильямс Дж.Р. Нысаналарды маневрлеуге арналған адаптивті бақылау сүзгісі. -IEEE Транс., AES-14, 1978. - No 1. - 185-193 б.
7. Радиолокациялық жүйелерді жобалау. Д.М.Пиза, Д.С.Семенов, Т.И.Бугрова; астында. жалпы ред. Д.М.Пиза. – Электрон. деректер. - Запорожье: ЗУТУ, 2017 ж.
8. радар симуляторы. Қол жеткізу режимі:<http://batonnsoft.eu5.org/rts.php>
9. В.Е. Гмурманның ықтималдық теориясы және математикалық статистика. – М.: Жоғары мектеп, 2003. – 479 б. Қол жеткізу режимі: http://lib.maupfib.kg/wpcontent/uploads/2015/12/Teoria_veroatnosty_mat_stat.pdf
10. Вентцел Е.С., Овчаров Л.А. Кездейсоқ процестер теориясы және оның инженерлік қолданулары. – ВТУ-ға арналған оқулық. – 2-ші басылым. Стер. - М.: Жоғары мектеп, 2000. -383 б.
11. Казаринов Ю.М. Радиотехникалық жүйелер: студенттерге арналған оқулық. жоғарырақ оқулық мекемелер / Ю.М. Казаринов және т.б. – М.: «Академия» баспа орталығы, 2008 ж. – 592 б.
12. Ширман Я.Д., Манжос В.Н. Кедергі фонында радиолокациялық ақпаратты өңдеудің теориясы мен техникасы. - М.: Радио және байланыс, 1981. - 416 б.
13. Широков Ю.Ф. Радиолокациялық жүйелер теориясының негіздері [Электрондық ресурс]: электрон, оқулық. жәрдемақы / Ю.Ф.Широков; Самар ханым аэроғарыш, un-t im. С.П. Королева - Самара, 2012 ж.
14. Кузьмин С.З. Сандық радар. Теорияға кіріспе.–Қ.: КВІТС баспасы, 2000. - 428 б.
15. Андреев О.В., Топольницкий П.П., Фриз С.П., Мукомел О.М. Тәжірибе мәліметтері үшін математикалық модельдерді әзірлеудің сәйкестігін қайта тексеру әдісі. ЖДТУ хабаршысы. - Житомир: ЖДТУ. - 2007. - No 1 (40)). - С.65-69.

16. Железнов И.Г. Күрделі техникалық жүйелер (сипаттамаларды бағалау): Прок. техникалық жәрдемақы. университеттер. - М.: Жоғары. мектеп, 1984. - 119б.

17. Львовский Е.Н. Эмпирикалық формулаларды құрудың статистикалық әдістері: ВТУ үшін оқулық. – 2-ші басылым. қайта қаралған және қосымша -М.: Жоғары мектеп, 1988. -239 б.

18. Жовинский А.Н., Жовинский В.Н. Инженерлік экспресс–кездейсоқ процестерді талдау. - М.: Энергетика, 1979 ж.–112с.

19. Корн Г., Корн Т. Ғалымдар мен инженерлерге арналған математика анықтамалығы. / Ред. Араманұлы И.Г. -М.: Наука, 1984. - 832 б.

20. Friz S.P. Радиолокациялық және радионавигация теориясы мен технологиясы: оқу құралы. жәрдемақы / С.П. Фриз, А.В. Андреев, А.Р. Рыхальский, А.Ф. Дубина - Житомир: Мемлекеттік университеті «Житомир политехникалық», 2020. - 180 б.

21. Жданюк Б.Ф.Траекториялық өлшемдерді статистикалық өңдеудің негіздері / Б.Ф.Жданюк -М.: Сов. радио, 1978. -384 б.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

**ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ
ПІКІРІ**

дипломдық жұмыс

Нүсіпбек Мұхит Ерланұлы

5B074600 – Ғарыштық техника және технологиялар

Тақырыбына: «Қапшағай объектілері үшін радиолокациялық параметрлерді екінші рет өңдеу әдістерін жобалау»


Дипломдық жұмыста Нүсіпбек Мұхит Ерланұлы Қапшағай объектілері үшін радиолокациялық параметрлерді екінші рет өңдеу әдістерін жобалау жұмысын талдады.

Бұл дипломдық жұмыста мақсаттың қозғалыс динамикасының априорлық белгісіздігі жағдайында радиолокациялық өлшеулер деректері бойынша қозғалыс параметрлерін бағалаудың мүмкін әдістеріне талдау жасалды және математикалық модельдеу арқылы РЛЖ өлшеу деректері бойынша бағалау сапасының көрсеткішін есептеу әдістемесі жасалды.

Жұмыстың мақсатын толықтай түсіндіре білген және тақырыпты жеткілікті дәрежеде ашқан.

Студент дипломдық жұмысты жасауда өздігінен жұмыс істеу қабілетін көрсете алды. Дипломант Нүсіпбек Мұхит Ерланұлы алдына қойған техникалық тапсырмаларды орындай алатынын, әдебиеттермен жұмыс істей алатынын көрсетті. Жалпы дипломдық жұмысты «91/А/жақсы» деп бағалап, ал студент Нүсіпбек Мұхит 5B074600 – «Ғарыштық техника және технологиялар» мамандығы бойынша техника және технологиялар бакалавры біліктілігіне ұсынамын.

Ғылыми жетекші
т.ғ.м., ЭТЖҒТ каф.лекторы

 Боранбаева А.
“ 27 ” 05 2022 ж.

СЫН-ШҚІР

Нүсіпбек Мұхит Ерланұлының «Қапшағай объектілері үшін радиолокациялық параметрлерді екінші рет өңдеу әдістерін жобалау» атты дипломдық жұмысы

Дипломдық жобада Нүсіпбек Мұхит Ерланұлының басты мақсаты Қапшағай объектілері үшін радиолокациялық параметрлерді екінші рет өңдеу әдістерін жобалау.

Бүгінгі таңда бақыланатын аумақтағы әуе жағдайы туралы ақпарат алудың негізгі көздерінің бірі радиолокациялық болып табылады. Бұл жүйелердегі мақсатты қозғалыс параметрлері туралы сенімді деректерді алу үшін радиолокациялық кескінді өңдеу жүйесі маңызды рөл атқарады. Радиолокациялық кескінді өңдеу жүйесінің негізгі мәселесі нысана қозғалысының параметрлерін өлшеуде қателер болған жағдайда статистикалық өңдеу әдісін таңдау болып табылады. Алынған радиолокациялық суреттердің нәтижелері бойынша нысананың қозғалысының параметрлерін бағалаудың дәлдігі қадағаланатын объектінің қозғалыс динамикасы туралы априорлық ақпаратқа байланысты. Сондықтан қадағаланатын объектінің қозғалыс динамикасының априорлы белгісіздігі жағдайында нысананың қозғалысының параметрлерін бағалау әдістерінің тиімділігін бағалау әдістемесін әзірлеу біліктілік сараптамасында қарастырылған өзекті мәселе болып табылады.

Осы дипломдық жұмысында қарастырылған объектінің қозғалыс динамикасының априорлы белгісіздігі жағдайында нысана қозғалысының параметрлерін бағалау әдістерінің тиімділігін бағалау әдістемесін әзірлеу біліктілік сараптамасы қарастырылған. Нысаналы координаттардың уақыт бойынша өзгеруі GIS-жобасының «Google Earth» көмегімен әуе жағдайын басқару жүйесінің схемасы бойынша Вc ендік және Lc бойлық белгілері түрінде кескінделген. Дипломдық жұмыста нысананың қозғалыс динамикасының априорлық белгісіздігі жағдайында радиолокациялық өлшеулер деректері бойынша қозғалыс параметрлерін бағалаудың мүмкін әдістеріне талдау жасалған. Осы алынған радиолокациялық суреттердің нәтижелері бойынша нысананың қозғалысының параметрлерін бағалаудың дәлдігі қадағаланатын объектінің қозғалыс динамикасы туралы априорлық ақпаратқа байланысты. Осылайша, нысананың радионавигациялық параметрлері Қапшағай су қоймасы аймағында Google-Earth бағдарламалық құралының көмегімен табылды. Ең кіші квадраттар әдістері, Кальман сүзгісі де қатысты.

Бұл жұмыста Қапшағай объектілері үшін радиолокациялық параметрлерді екінші рет өңдеу әдістерін жобалау жайындағы ақпараттардың маңызы қазіргі заманда үлкен сұранысты талап етеді.

Жалпы алғанда, дипломдық жұмыс айтарлықтай жоғары деңгейде орындалды, ақпараттық қауіпсіздік жүйесін әзірлеуге және жұмысты жобалауға қойылатын барлық талаптар орындалды. Жұмыс мәтінінде аяқталған жобаның сапасына әсер етпейтін орфографиялық және стилистикалық қателер бар.

Жоғарыда айтылғандарды ескере отырып, дипломдық жұмыс 90 балл жоғары балл алуға лайық деп есептеймін және қорғауға ұсынылады.

«Ғарыштық техника және
технологиялар институты» ЖШС
Ғарыштық жүйелерді әзірлеу
зертханасының меңгерушісі

«30» 03 2022 ж.



С.А. Елубаев

**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагиаттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

Автор: Нүсіпбек Мұхит Ерланұлы

Тақырыбы: Қапшағай объектілері үшін радиолакациялық параметрлерді екінші рет өңдеу әдістерін жобалау

Жетекшісі: Ерлан Таштай

1-ұқсастық коэффициенті (30): 1.2

2-ұқсастық коэффициенті (5): 0

Дәйексөз (35): 1

Әріптерді ауыстыру: 39

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 4

Ақ белгілер: 0

Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :

Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

Негіздеме:

27.05.2012
Күні

Кафедра меңгерушісі



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Нүсіпбек Мұхит Ерланұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Қапшағай объектілері үшін радиолакациялық параметрлерді екінші рет өңдеу әдістерін жобалау

Научный руководитель: Ерлан Таштай

Коэффициент Подобия 1: 1.2

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 4

Знаки из здругих алфавитов: 39

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

27 05 2022

Дата

Заведующий кафедрой



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Нүсіпбек Мұхит Ерланұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Қапшағай объектілері үшін радиолакациялық параметрлерді екінші рет өңдеу әдістерін жобалау

Научный руководитель: Ерлан Таштай

Коэффициент Подобия 1: 1.2

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 4

Знаки из других алфавитов: 39

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

27.05.2022

Дата


проверяющий эксперт