

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті
коммерциялық емес акционерлік қоғам

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Утовлинова Мөлдір Серікқызы

«Жерсеріктік навигациялық жүйелерді салыстырмалы талдау»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

6В06201 Телекоммуникация

Алматы 2024

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті
коммерциялық емес акционерлік қоғам

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы



ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

техн. ғылымдар

 Е.Таштай

« 05 » 2024 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы «Жерсеріктік навигациялық жүйелерді салыстырмалы талдау»

6B06201 Телекоммуникация

Орындаған:




Утовлинова Мөлдір Серікқызы

Пікір беруші:

Халықаралық IT университеті

Компьютерлік және технологиялар және
киберқауіпсіздік факультетінің деканы т.ғ.к.,

 Сейлова Н.А.

« 30 » 05 2024 ж.

Ғылыми жетекші:

ЭТЖҒТ каф.

қауымдастырылған профессор,
ф-м.ғ.к.

 Жунусов К.Х.

« 30 » 05 2024 ж.

Алматы 2024

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

6B06201 Телекоммуникация



БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі

Е. Таштай

« 9 / 12 » 2023 ж.

**Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы *Утовлинова Мәлдір Серікқызы*

Тақырыбы *«Жерсеріктік навигациялық жүйелерді салыстырмалы талдау»*

Университет ректорының *«04» желтоқсан 2023 ж. №548-П/Ө* бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі *«30» сәуір 2024 ж.*

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері:

1) Жерсеріктік навигациялық жүйелердің жалпы сипаттамасы, 2) Жерсеріктік навигациялық жүйелердің даму болжамы; 3) Жерсеріктік навигациялық жүйелердің тұжырымдамасын талдау; 4) Математикалық модель және жерсеріктік навигациялық жүйелердің құрылымдарын таңдау әдісі; 5) Жерсеріктік навигациялық жүйелердің жиіліктік диапазоны (1100-1610 МГц); 6) Жерсеріктік навигациялық жүйелердің объектіні анықтау дәлдігін талдау.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) Жерсеріктік навигациялық жүйелердің теориялық негіздерін талдау; ә) Жерсеріктік навигациялық жүйелердің артықшылықтарын талдау; б) Жерсеріктік навигациялық жүйелердің кемшіліктерін талдау; в) Жерсеріктік навигациялық жүйелердің интеграциялау мәселелерін қарастыру; г) Жерсеріктік навигациялық жүйелердің ғаламдық және өңірлік қолданысқа ендіру мәселелерін қарастыру.

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс):

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: *1) ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования /Подред. А.И.Перова, В.Н.Харисова. М.: Радиотехника. 2014. 300с. 2) Перов А.И. Методы и алгоритмы оптимального приема сигналов в*

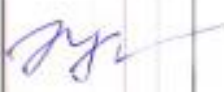
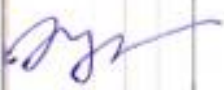

аппаратуре потребителей спутниковых радионавигационных систем:
учеб.пособие для вузов. М.:Радиотехника.2016. 240с.

дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау

КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
Диплом жұмысының тақырыбын талдау	04.01.2024 - 01.02.2024	орындалады
Теориялық ақпарат	01.02.2024 - 01.03.2024	орындалады
Жабдықтар жұмысының есебі және жұмысты рәсімдеу	01.03.2024 - 30.05.2024	орындалады

Дипломдық жұмыс (жоба) бөлімдерінің кеңесшілері мен
норма бақылаушының аяқталған жұмысқа(жобаға) қойған
қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер (аты, әкесінің аты, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Диплом жұмысының тақырыбын талдау	ЭТЖҒТ кафедрасының қауымдастырылған профессор, ф-м.ғ.к. Жунусов К.Х.	29.01.2024	
Теориялық ақпарат	ЭТЖҒТ кафедрасының қауымдастырылған профессор, ф-м.ғ.к. Жунусов К.Х.	28.02.2024	
Норма бақылау	ЭТЖҒТ каф.аға оқытушысы, PhD, Досбаев Ж. М.	30.05.2024	

Ғылыми жетекшісі

 Жунусов К.Х.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы

 Утовлинова М.

Күні «01» желтоқсан 2023 ж.

АНДАТПА

Бұл тезис спутниктік навигациялық жүйелерді зерттеуге және салыстырмалы талдауға арналған. Жұмыста спутниктік навигациялық жүйелерді ойлап табу мен дамытудың маңыздылығы, олардың даму тарихы, заманауи жетістіктері мен техникалық сипаттамалары қарастырылады. GPS, ГЛОНАСС, Galileo және BEIDOU жаһандық навигациялық жүйелеріне ерекше назар аударылады. Координаттарды анықтаудың техникалық сипаттамаларына, дәлдігі мен сенімділігіне, сондай-ақ осы жүйелердің сигналдарын кодтау және модуляциялау әдістеріне салыстырмалы талдау жүргізілді. Жұмыс орбиталық параметрлерді және олардың навигациялық жүйелердің жұмысына әсерін егжей-тегжейлі зерттеуді қамтиды.

АННОТАЦИЯ

Данная дипломная работа посвящена исследованию и сравнительному анализу спутниковых навигационных систем. В работе рассматривается важность изобретения и разработки спутниковых навигационных систем, история их развития, современные достижения и технические характеристики. Особое внимание уделяется глобальным навигационным системам GPS, ГЛОНАСС, Galileo и BEIDOU . Проведен сравнительный анализ технических характеристик, точности и надежности определения координат, а также методов кодирования и модуляции сигналов этих систем. Работа включает детальное исследование орбитальных параметров и их влияния на функционирование навигационных систем.

ANNOTATION

This thesis is devoted to the research and comparative analysis of satellite navigation systems. The paper examines the importance of the invention and development of satellite navigation systems, the history of their development, modern achievements and technical characteristics. Special attention is paid to the global navigation systems GPS, GLONASS, Galileo and BEIDOU . A comparative analysis of the technical characteristics, accuracy and reliability of coordinate determination, as well as methods of encoding and modulation of signals of these systems is carried out. The work includes a detailed study of the orbital parameters and their impact on the functioning of navigation systems.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1 Спутниктік навигациялық жүйелерді ойлап табудың және дамытудың маңыздылығы	9
1.1 Спутниктік навигациялық жүйелердің даму тарихы	9
1.2 Спутниктік навигация саласындағы заманауи жетістіктер	11
1.3 Жерсеріктік навигациялық жүйелердің техникалық сипаттамалары	12
2. Ғаламдық навигациялық спутниктік жүйелер	15
2.1 Жаһандық навигациялық спутниктік жүйе GPS	15
2.2 ГЛОНАСС ғаламдық навигациялық спутниктік жүйесі	19
2.3 Galileo жаһандық навигациялық спутниктік жүйесі	20
2.4 BEIDOU жаһандық навигациялық спутниктік жүйесі	21
3 Спутниктік навигациялық жүйелерді салыстырмалы талдау	24
3.1 Орбиталардың техникалық сипаттамалары мен параметрлері	24
3.2 Координаттарды анықтаудың дәлдігі мен сенімділігі	29
3.3 GPS, ГЛОНАСС, Galileo және BEIDOU жүйелерінің ерекшеліктері мен айырмашылықтары	38
3.4 Сигналдарды кодтау және модуляциялау әдістерін салыстыру	48
Қорытынды	50
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	52

КІРІСПЕ

Қазіргі қоғам объектілердің жер бетінде дәл және тиімді орналасуын қамтамасыз етуде шешуші рөл атқаратын жердегі навигациялық жүйелерді пайдаланудан бөлінбейді. Жердегі навигациялық жүйелер автомобиль, геодезия, робототехника, аэронавтика және ғарыштық зерттеулер сияқты әртүрлі салаларда кеңінен қолданылады. Жердегі навигациялық жүйелер объектілер мен көлік құралдарын басқаруда қауіпсіздікті, дәлдікті және тиімділікті қамтамасыз етуге көмектеседі.

Бұл дипломдық зерттеудің мақсаты қолданыстағы жердегі навигациялық жүйелерге шолу жасау және олардың техникалық сипаттамаларын, жұмыс принциптері мен ерекшеліктерін егжей-тегжейлі талдау болып табылады. Сондай-ақ, Жердегі навигациялық жүйелердің әртүрлі түрлеріне салыстырмалы талдау жүргізу, олардың әртүрлі жұмыс жағдайларындағы артықшылықтары мен кемшіліктерін анықтау және белгілі бір мәселені шешу үшін ең қолайлы жүйені таңдау бойынша ұсыныстар беру қажет.

Алға қойылған мақсаттар мен міндеттерге қол жеткізу үшін жоба инерциялық жүйелерді, оптикалық датчиктерді және ультрадыбыстық датчиктерді қоса алғанда, жердегі навигациялық жүйелердің негізгі түрлерін қарастырады. Сондай-ақ, жердегі навигациялық жүйелерді өндірушілер мен жеткізушілердің нарығы талданады, олардың өнімдерінің техникалық сипаттамалары анықталады және осы нарықтың даму тенденциялары бағаланады.

Бұл жобаның нәтижелері сарапшылар мен зерттеушілерге нақты тапсырмалар мен пайдалану жағдайлары үшін ең қолайлы жердегі навигациялық жүйелерді таңдауға көмектеседі және осы саладағы технологиялық әзірлемелер мен жетілдірулерге ықпал етеді деп болжануда.

Дипломдық жобаның өзектілігі. Жердегі объектілерді дәл және сенімді орналастырудың өсіп келе жатқан қажеттілігін ескере отырып, сондай-ақ қала құрылысы мен көлік ағындарының тұрақты өсуі жағдайында жердегі навигациялық жүйелерді зерттеудің өзектілігі айқын болады. Қолданыстағы технологияларды шолу және талдау олардың күшті және әлсіз жақтарын анықтауға көмектеседі, бұл өз кезегінде тиімдірек және инновациялық шешімдерді дамытуға ықпал етеді. Сонымен қатар, автономды және пилотсыз технологиялардың қарқынды дамуы жағдайында жердегі навигациялық жүйелер мұндай жүйелердің қауіпсіздігі мен тиімділігін қамтамасыз етудің негізгі элементіне айналады. Сондықтан жердегі навигациялық жүйелердің қазіргі жағдайы мен даму перспективаларын зерттеу және талдау өнеркәсіп пен ғылымның әртүрлі салалары үшін үлкен маңызға ие.

Дипломдық жұмыстың мақсаты-қолданыстағы жердегі навигациялық жүйелерге жан-жақты талдау жүргізу, олардың негізгі техникалық сипаттамаларын, жұмыс принциптері мен ерекшеліктерін анықтау.

Алынған нәтижелер жердегі навигациялық жүйелердің жай-күйі мен даму перспективалары туралы қорытынды жасауға, сондай-ақ нақты міндеттер мен жағдайлар үшін ең қолайлы жүйені таңдау бойынша ұсыныстар беруге мүмкіндік береді.

Менің дипломдық жұмысым процесстің негізгі техникалық сипаттамаларын, жұмыс принциптері мен ерекшеліктерін анықтау мақсатында қолданыстағы жердегі навигациялық жүйелерге жан-жақты талдау жүргізуге бағытталған. Менің ойымша, навигация технологиясының дамуы жердегі объектілерді дәл және тиімді орналастыруды қажет ететін қазіргі әлемде маңызды рөл атқарады.

Ғылыми тұрғыдан жылдам технологиялық прогресс жағдайында жердегі навигациялық жүйелерді үнемі жетілдіру қажеттілігін ұлғайту идеясын қолдайды. Навигациялық жүйелердің дәлдігі мен сенімділігіне қойылатын заманауи талаптар бізден осы саладағы жаңа технологиялар мен әдістерді үнемі зерделеуді және талдауды талап етеді.

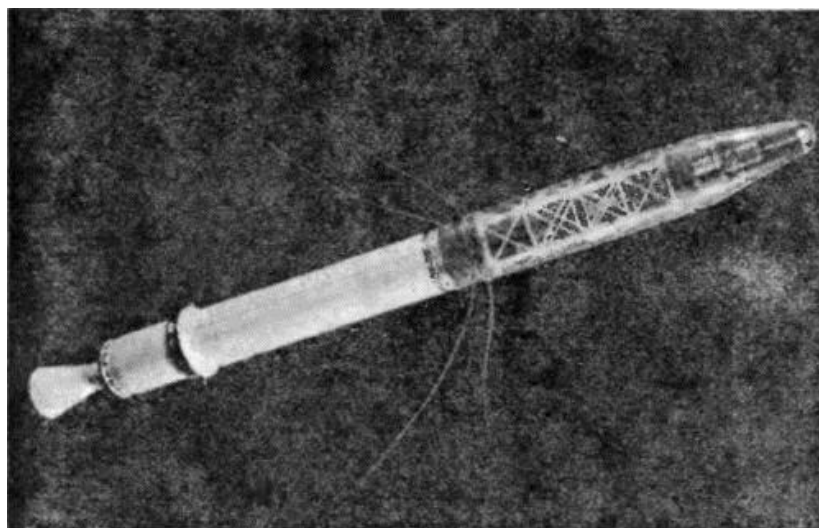
Менің жұмысымның нәтижелері жердегі навигациялық жүйелердің қазіргі жағдайы мен даму перспективалары туралы түсінік беріп қана қоймай, нақты міндеттер мен жағдайлар үшін ең тиімді жүйені таңдау бойынша практикалық ұсыныстар береді деп күтілуде. Менің зерттеулерім қолданыстағы технологияларды жақсартуға ғана емес, сонымен қатар навигациялық жүйелер саласындағы жаңа инновациялық шешімдерді дамытуға көмектесетініне сенімдімін.

1 Спутниктік навигациялық жүйелерді ойлап табудың және дамытудың маңыздылығы

1.1 Спутниктік навигациялық жүйелердің даму тарихы

Спутниктік навигациялық жүйелерді (SNS) ойлап табу мен дамытудың маңыздылығын қазіргі әлемде асыра бағалау қиын. Олар авиация, навигация, автомобиль өнеркәсібі, геодезия, телекоммуникация және басқаларын қоса алғанда, әртүрлі қызмет салаларында негізгі элементке айналды. Олардың маңыздылығы мен біздің өмірімізге қосқан үлесін жақсы түсіну үшін спутниктік навигациялық жүйелердің даму тарихын қарастырыңыз.

Оқиға ғалымдар навигация үшін жасанды спутниктерді пайдалану әлеуетін түсіне бастаған сәттен басталады. 1957 жылы Кеңес одағы Жердің алғашқы жасанды спутнигі-Спутник-1 ұшырды. Бұл тарихи сәт ғарышты зерттеуде және техникалық инновацияларда жаңа дәуір ашты. Келесі жылы АҚШ өзінің Sputnik – Explorer 1 ұшырды [1].



1.1-сурет – Sputnik – Explorer 1[1].

Алғашқы жасанды спутниктер ғарыш кеңістігін зерттеу үшін пайдаланылды, бірақ көп ұзамай олардың навигациялық әлеуеті анықталды. 1960 жылдары жер бетіндегі орынды анықтау үшін спутниктердің сигналдарын қолданатын алғашқы тәжірибелер басталды. Алайда олардың дәлдігі мен сенімділігі идеалдан алыс болды.

АҚШ-тың жаһандық навигациялық спутниктік жүйесінің (GPS) дамуы бетбұрыс болды. GPS бойынша жұмыс 1973 жылы АҚШ Қорғаныс министрлігі ғарыштық навигациялық жүйені дамытуға нұсқау берген кезде басталды. Бірінші GPS спутнигі 1978 жылы ұшырылып, жүйе 1995 жылға қарай толық жұмыс істей бастады. GPS Жер шарының кез келген жерінде жоғары дәлдік пен қолжетімділікті қамтамасыз ететін бірінші әлемдік навигациялық жүйе болды.

Алайда, GPS жалғыз GNSS болып қалмады. АҚШ-пен бәсекелестікте басқа елдер де өздерінің навигациялық жүйелерін жасады. 1990 жылдары Еуропалық одақ өзінің жүйесі – Галилейде жұмыс істей бастады. Алғашқы спутниктер 2011 жылы ұшырылып, жүйе 2016 жылы жедел болды. Галилео жоғары позициялау дәлдігі мен сигнал тұрақтылығын қамтамасыз етеді.

Ресей өзінің GNSS – ГЛОНАСС -ті де дамытты. Жүйеде жұмыс 1976 жылы басталды, ал алғашқы спутник 1982 жылы ұшырылды. ГЛОНАСС 1995 жылы толық жұмыс істей бастады. Ол нақты уақыт режимінде орналасу мен жылдамдықты дәл анықтауға мүмкіндік береді [2].

Сонымен қатар, Қытай өзінің GNSS – BEIDOU -ны іске қосты, ол 2020 жылы жедел болды. BEIDOU жоғары орналасу дәлдігін және Азия мен Тынық мұхитының кең қамтуын қамтамасыз етеді.

Спутниктік навигациялық жүйелерді дамытудың маңыздылығы олардың біздің өміріміздің әртүрлі аспектілеріне әсер етуінде. Олар әуе және теңіз көлігінде қауіпсіздікті қамтамасыз етеді, автомобиль навигациясының тиімділігін арттырады, геодезиялық және геологиялық өлшемдердің дәлдігін жақсартады, әскери операцияларда байланыс пен үйлестіруді қамтамасыз етеді, ғылыми зерттеулер мен кеңістіктік бағдарламаларда қолдануды табады. Мұның бәрі спутниктік навигациялық жүйелерді Қазіргі әлемдегі ең маңызды технологиялардың біріне айналдырады.



1.2-сурет – ПНО навигациялық жүйесінің жалпыланған құрылымдық схемасы

Автономды жүйенің өлшегіштері пно бойлық осьтерінің координаттарын, қозғалыс параметрлерін және кеңістіктік орналасуын анықтауға арналған.

Инерциялық навигациялық жүйелер (ИНЖ) Инерция принциптерін

қолдануға негізделген және оның орналасқан жері туралы сыртқы ақпарат көздерін пайдаланбай объектінің орнын, жылдамдығын және үдеуін анықтауға арналған. Олар сәйкесінше объектінің бұрыштық жылдамдығы мен сызықтық үдеуін өлшейтін гироскоптар мен акселерометрлерден тұрады.

Инерциялық навигациялық жүйеде объектінің орнын бағалауға арналған формулалар келесідей:

$$\vec{V}_n = \vec{V}_{n-1} + \int_{t_{n-1}}^{t_n} \vec{a}(t) dt \vec{P}_n = \vec{P}_{n-1} + \int_{t_{n-1}}^{t_n} \vec{V}(t) dt, \quad (1.1)$$

Оптикалық навигациялық жүйелер қоршаған ортаның кескінін өңдеуге негізделген объектінің орнын анықтау үшін оптикалық сенсорларды пайдаланады. Олар автомобиль өнеркәсібінде автоматты басқару және тұрақ жүйелері үшін кеңінен қолданылады.

Оптикалық навигациялық жүйеде қашықтықты есептеу формуласы:

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (1.2)$$

Ультрадыбыстық навигациялық жүйелер қоршаған ортадағы объектілерге дейінгі қашықтықты анықтау үшін ультрадыбыстық сенсорларды пайдаланады. Олар робототехникада және ұшқышсыз ұшу аппараттарын басқару жүйелерінде кеңінен қолданылады.

Ультрадыбыстық сигналдың кешігу уақытын есептеу формуласы:

$$t = \frac{d}{v}, \quad (1.3)$$

1.2 Спутниктік навигация саласындағы заманауи жетістіктер

Спутниктік навигацияның заманауи жетістіктері навигациялық сигналдардың дәлдігін, сенімділігін және қол жетімділігін айтарлықтай жақсартуды қамтиды. Негізгі жетістіктердің бірі-сигналдарды көп жолды қабылдауды дамыту (қоршаған объектілерден шағылысқан сигналдарды есепке алу арқылы координаттарды анықтау дәлдігін жақсартуға мүмкіндік беретін әдіс).

Сондай-ақ GPS және ГЛОНАСС жүйелерімен қатар навигациялық қызметтерді ұсынатын Еуропалық одақтың Galileo жүйесі сияқты жаңа стандарттар мен жүйелер әзірленді және енгізілді. Басқа жетістіктерге навигациялық қабылдағыштарды жақсарту, инерциялық навигация сияқты жаңа технологияларды енгізу және жүйелердің сыртқы кедергілерге төзімділігін арттыру кіреді. Осы жетістіктердің барлығы спутниктік навигацияны авиация, теңіз навигациясы, көлік және геодезияны қоса алғанда, кең ауқымды қолданбалар үшін дәлірек, сенімді және қолжетімді етті [3].

Жерсеріктік навигациялық жүйелердің жұмыс принциптері мен ерекшеліктері бойынша инерциялық навигациялық жүйелер импульстің сақталу заңдарына және импульстің моментіне негізделген. Олар гироскоптар мен акселерометрлерді қолдана отырып, объектінің үдеуі мен бұрыштық жылдамдығын өлшейді және оның кеңістіктегі орны мен бағытын анықтау үшін осы деректерді біріктіреді. ИНЖ-ні басты артықшылықтарының бірі-олардың сыртқы ақпарат көздерінен тәуелсіз жұмыс істеу қабілеті, бұл оларды авиацияда, ғарыш аппараттарында және суасты қайықтарында қолдану үшін ерекше құнды етеді.

Оптикалық навигациялық жүйелер қоршаған орта туралы ақпарат жинау және кескінді өңдеуге негізделген объектінің орнын анықтау үшін камераларды немесе басқа оптикалық сенсорларды пайдаланады. Бұл жүйелер әдетте автомобильдерде жол белгілерін, белгілерді және жолдағы басқа заттарды тану үшін қолданылады. Олар жоғары дәлдік пен өнімділікті қамтамасыз етеді, бірақ қиын ауа-райында немесе көріну жеткіліксіз болған кезде шектелуі мүмкін.

Ультрадыбыстық навигациялық жүйелер қоршаған ортадағы объектілерге дейінгі қашықтықты өлшеу үшін ультрадыбыстық датчиктерді қолданады. Олар өлшеудің жоғары дәлдігін қамтамасыз етеді және әртүрлі жағдайларда, соның ішінде тұман, түтін немесе қараңғы бөлмелерде тиімді болуы мүмкін. Ультрадыбыстық жүйелер робототехникада және автоматтандырылған басқару жүйелерінде жиі қолданылады.

Бүгінгі таңда жердегі навигациялық жүйелер нарығын навигациялық жабдықтың әртүрлі түрлерін өндіруге және жеткізуге мамандандырылған көптеген компаниялар ұсынады. Негізгі өндірушілер мен жеткізушілердің арасында мыналарды атап өтуге болады.

1.3 Жерсеріктік навигациялық жүйелердің техникалық сипаттамалары

Спутниктік навигациялық жүйелердің (SNS) техникалық сипаттамалары олардың функционалдығын, дәлдігі мен сенімділігін анықтайтын бірқатар параметрлер мен сипаттамаларды қамтиды. Ең маңызды сипаттамалар:

Спутниктер саны: ҰШЖ констелляциясын құрайтын спутниктер саны. GPS үшін бұл 24 спутник, ГЛОНАСС – 24, Galileo – 30 және BEIDOU – 35 үшін.

Орбиталық параметрлер: орбитаның биіктігін, орбитаның экваторға бейімділігін және орбитаның эксцентриситетін қамтиды. Бұл параметрлер спутниктік констелляция геометриясын анықтайды және навигациялық сигналдың дәлдігі мен қол жетімділігіне әсер етеді.

Сигнал жиілігі: әрбір SNS навигациялық сигналдарды беру үшін өз жиіліктерін пайдаланады. Мысалы, GPS қолданады L1 және L2 жиіліктер, ГЛОНАСС – L1 және L2, GALILEO – E1, E5 және E6, ал BEIDOU – B1, B2 және B3.

Сигнал күші сигналдардың қуаты оларды қабылдау ауқымы мен сенімділігіне әсер етеді, әсіресе қатты кедергі жағдайында [4].

Координаттарды анықтау дәлдігі: ҰШЖ негізгі сипаттамаларының бірі. Координаттарды анықтау қатесінің шамасы көптеген факторларға, соның ішінде констеляция геометриясына, спутниктік сағат қателіктеріне, атмосфералық әсерлерге және т.б. байланысты.

Деректерді жаңарту уақыты ресивер қосылған сәттен бастап сенімді орналасу ақпаратын алуға кететін уақыт.

Сигналдардың құрылымы мен форматы: модуляция түрін, кодтауды және позиция мен уақыт туралы ақпаратты беру үшін қолданылатын мәліметтер форматын қамтиды.

Ауқым спутниктік навигация жүйесі сенімді координаталық анықтаманы қамтамасыз ете алатын максималды қашықтық.

Жердегі навигациялық жүйелердің техникалық сипаттамалары. Жердегі навигациялық жүйелер олардың өнімділігін, дәлдігі мен сенімділігін анықтайтын бірқатар техникалық параметрлермен сипатталады. Жердегі навигациялық жүйелердің сапасы мен тиімділігін бағалау үшін маңызды негізгі техникалық сипаттамаларды қарастырылған.

Орналасу дәлдігі негізінде позициялау дәлдігі жердегі навигациялық жүйелердің негізгі параметрлерінің бірі болып табылады және объектінің нақты позициясы мен оның белгілі бір позициясының жүйемен сәйкестік дәрежесін анықтайды. Дәлдік метрмен немесе тағайындалған нүктеге дейінгі қашықтықтың пайызымен көрсетілуі мүмкін және жүйенің түріне, өлшеу әдістеріне және пайдалану жағдайларына байланысты.

Деректерді жаңарту жиілігі жердегі навигациялық жүйенің объектінің орны мен бағыты туралы ақпаратты жаңарту жылдамдығын анықтайды. Жаңартудың жоғары жылдамдығы жаңартылған деректерді алуға мүмкіндік береді және объектіні басқарудың дәлдігін жақсартады.

Жердегі навигациялық жүйенің диапазоны объектімен сенімді байланыс орнатуға қабілетті максималды қашықтықты анықтайды. Бұл параметр жүйенің қолдану аясын және оның нақты жағдайларда тиімділігін анықтау үшін маңызды.

Деректерді жаңарту жылдамдығы жаңарту жылдамдығымен байланысты, бірақ жүйенің объектінің орналасу деректерін жаңартатын нақты уақытын көрсетеді. Бұл параметр жүйенің қоршаған ортаның өзгеруіне немесе басқару талаптарына жауап беруінің жеделдігі үшін маңызды.

Ажыратымдылық жердегі навигациялық жүйе анықтай алатын және ескеретін минималды өзгерістерді анықтайды. Бұл жүйенің әртүрлі жағдайларда объектіні дәл және тегіс басқаруды қамтамасыз ету мүмкіндігіне әсер етеді.

Сенімділік пен кедергіге төзімділік жердегі навигациялық жүйенің электромагниттік кедергілер, ауа-райы жағдайлары және т.б. сияқты сыртқы факторлардың әсерінен жұмыс қабілеттілігі мен дәлдігін сақтау қабілетін сипаттайды.

Өткізу қабілеті жүйенің белгілі бір уақыт аралығында жіберуге немесе өңдеуге қабілетті ақпарат мөлшерін анықтайды. Бұл үлкен көлемдегі деректерді беру кезінде немесе жоғары жүктеме жағдайында жүйенің тиімді жұмысын қамтамасыз ету үшін маңызды.

Қателерді түзету жүйесі өлшеу қателіктерін азайтуға және позициялау дәлдігін жақсартуға арналған. Ол дифференциалды позициялау (DGPS) немесе қосымша спутниктік сигналдарды пайдалану сияқты әртүрлі әдістер мен алгоритмдерді қамтылады.

Осылайша, жердегі навигациялық жүйелердің техникалық сипаттамалары нақты жұмыс жағдайында олардың функционалдығы мен тиімділігін анықтауда маңызды рөл атқарады. Жүйені бағалау және таңдау пайдаланушының нақты қажеттіліктері мен талаптарын ескере отырып, жоғарыда аталған барлық параметрлерді ескеруді талап етеді.

2 Ғаламдық навигациялық спутниктік жүйелер

2.1 Жаһандық навигациялық спутниктік жүйе GPS

Ғаламдық навигациялық спутниктік жүйелер (GNS) - бұл жер бетінің кез-келген нүктесінде немесе оған жақын жерде орналасқан жерді, жылдамдықты және уақытты анықтауға мүмкіндік беретін ғарыштық және жердегі компоненттердің жиынтығы. Олар авиация мен навигациядан бастап автомобиль навигациясына, геодезияға, археологияға және тіпті күнделікті өмірге дейінгі көптеген салаларда қолданыла отырып, заманауи технологиялық инфрақұрылымның ажырамас бөлігіне айналды.

GNSS-тің алғашқы және ең танымал жүйелерінің бірі-АҚШ әзірлеген және іске қосқан Global Positioning System (GPS). GPS жер орбитасында орналасқан 24 спутниктен және осы спутниктерден келетін сигналдар арқылы олардың орналасқан жерін анықтай алатын қабылдағыштардан тұрады. GPS жүйесі планетаның кез келген нүктесінде координаттарды, жылдамдықты және уақытты анықтаудың жоғары дәлдігін қамтамасыз етеді. Ол көптеген басқа ГНСС үшін негіз болды және авиация, навигация, геодезия, автомобиль навигациясы және басқа салаларда кеңінен қолданылады [5].

GPS-тің негізгі бәсекелестерінің бірі – ГЛОНАСС-Ресей әзірлеген және басқаратын жаһандық навигациялық спутниктік жүйе. ГЛОНАСС сонымен қатар жер бетінің кез келген нүктесінде координаттар мен уақытты анықтауды қамтамасыз ететін спутниктер мен қабылдағыштар желісінен тұрады. ГЛОНАСС пен GPS арасындағы негізгі айырмашылық-ГЛОНАСС басқа жиілік диапазондарын және сигналдарды модуляциялаудың басқа әдістерін қолданады. Соңғы жылдары ГЛОНАСС танымал бола бастады және автомобиль навигациясында, көлік мониторингінде және басқа салаларда кеңінен қолданылады [6].

GPS және ГЛОНАСС -тен басқа, Galileo (Еуропалық Одақ әзірлеген) және BEIDOU (Қытай әзірлеген) сияқты басқа GNSS жүйелері бар. Бұл жүйелер сонымен қатар орналасу мен уақытты дәл анықтауға мүмкіндік береді және әртүрлі салаларда кеңінен қолданылады.

GNSS-тің басты артықшылықтарының бірі-олардың ғаламдық қамтуы және жер шарының кез келген жерінде болуы. Бұл оларды нақты орналасу мен уақытты қажет ететін көптеген қолданбалар үшін қажет етеді. Дегенмен, кейбір жағдайларда (мысалы, қалалық каньондарда немесе биік ғимараттардың жанында) кедергі жасау мүмкіндігі және дәлдіктің төмендеуі сияқты GNSS-ті қолданумен байланысты бірқатар шектеулер мен мәселелер бар.

Тұтастай алғанда, GNSS қазіргі заманғы технологиялық инфрақұрылымның маңызды және ажырамас бөлігі болып табылады, орналасқан жері мен уақытын дәл анықтауды қамтамасыз етеді және адам қызметінің әртүрлі салаларында кеңінен қолданылады.

Ғаламдық навигациялық спутниктік жүйелер (GNSS) - бұл жер

орбитасында орналасқан спутниктер мен жер үсті станцияларының желісі, бұл пайдаланушыларға планетаның кез-келген жерінде орналасқан жерін дәл анықтауға мүмкіндік береді. Олар авиация, навигация, автомобиль навигациясы, геодезия, археология және күнделікті өмірді қоса алғанда, әртүрлі салаларда таптырмас құралға айналды.

Ең танымал және кеңінен қолданылатын GNSS-тің бірі-АҚШ әзірлеген және алғаш рет 1978 жылы іске қосылған жаһандық позициялау жүйесі (GPS). GPS бүкіл жер бетін жабуды қамтамасыз ететін 24 спутниктік желіден тұрады. GPS жүйесі трилатерация негізінде жұмыс істейді, мұнда қабылдағыштар спутниктерден сигналдарды қабылдау уақытына негізделген орналасқан жерін анықтайды. Бұл процесс уақытты дәл өлшеуді және спутниктер мен қабылдағыштар арасындағы уақыт айырмашылығын ескеруді қажет етеді.

Тағы бір маңызды GNSS-бұл Ресей әзірлеген және басқаратын ГЛОНАСС. ГЛОНАСС GPS-ке ұқсас құрылымға ие және ұқсас функцияларды ұсынады. Олардың арасындағы негізгі айырмашылық сигнал жиіліктері мен модуляция жүйесінде. Екі жүйе де дәлдігі мен сенімділігін жақсарту үшін үнемі жаңартылып, дамып отырады.

Еуропалық Одақ өзінің GNSS-ін Galileo деген атпен де дамытты. Бұл жүйе 30 спутниктен тұрады және іздеу-құтқару және уақыт аутентификациясы сияқты бірегей қызметтерді ұсынады. Galileo барған сайын танымал бола бастады және көлік, агромәдениет және телекоммуникация сияқты әртүрлі салаларда қолданылады [7].

Сонымен қатар, Қытай өзінің BEIDOU деп аталатын GNSS-ті әзірледі, ол орналастыру сатысында және кеңінен қолдануға қол жетімді. BEIDOU жақсартылған дәлдік пен сенімділікті қамтамасыз етеді, әсіресе басқа жүйелер тиімділігі төмен аймақтарда.

GNSS қазіргі әлемде орналасу мен уақытты анықтаудың таптырмас құралына айналды. Олар әртүрлі жағдайларда жоғары дәлдік пен сенімділікті қамтамасыз етеді және адам қызметінің көптеген салаларында қолданылады. Технологияның дамуымен GNSS барған сайын дәл, сенімді және қол жетімді бола бастайды, бұл оларды біздің күнделікті өміріміз үшін маңызды етеді.

Жаһандық навигациялық спутниктік жүйе (GPS) - Қазіргі әлемдегі ең маңызды және кеңінен қолданылатын технологиялардың бірі. АҚШ құрған және Қорғаныс министрлігі басқаратын ол жердің кез келген жерінде орналасқан жері мен уақыты туралы нақты және сенімді ақпарат береді. 1970 жылдары әзірленген және 1995 жылы жұмысын бастаған GPS біздің күнделікті өміріміздің ажырамас бөлігі бола отырып, даму мен модернизацияның ұзақ жолынан өтті [8].

GPS-ті құру тарихы 1970-ші жылдарда, ғарыштық навигациялық жүйені дамыту туралы шешім қабылданған кезде басталады. Мақсат әскери және азаматтық мақсаттар үшін орналасу мен уақытты дәл анықтауға мүмкіндік беретін жүйені құру болды. Нәтижесінде NAVSTAR (navigation system with time and Ranging) жүйесі пайда болды, кейінірек GPS деп аталды.

GPS үш негізгі компоненттен тұрады ғарыш сегменті, бақылау және өлшеу

сегменті және пайдаланушы сегменті. Ғарыш сегменті бүкіл жер бетін жабуды қамтамасыз ететін спутниктерді топтастыруды қамтиды. Бақылау-өлшеу сегменті спутниктердің жұмысын бақылайтын және түзететін жер станцияларынан тұрады. Пайдаланушы сегментіне спутниктерден сигналдар алатын және оларды орналасқан жерін анықтау үшін пайдаланатын GPS қабылдағыштары кіреді.

GPS-тің маңызды ерекшеліктерінің бірі-оның жоғары дәлдігі. Жүйе орналасқан жерді бірнеше метрге дейін анықтай алады, бұл оны авиация, навигация, геодезия, геология, автомобильдер мен смартфондардағы күнделікті навигация сияқты көптеген салаларда қажет етеді

GPS сонымен қатар жоғары сенімділік пен қол жетімділікке ие. Жүйе тәулік бойы және кез-келген ауа-райында жұмыс істейді, тіпті нашар көріну жағдайында немесе кедергі болған жағдайда да тұрақты сигнал береді.

GPS-тің маңызды сипаттамасы-оның дәл, уақытша қызмет көрсету мүмкіндігі. Барлық GPS спутниктері жоғары дәлдікпен синхрондалады, бұл оларға сағат пен уақыт жүйелерін синхрондау үшін қажетті уақытты қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

GPS-тің басты артықшылықтарының бірі-оның әмбебаптығы. Жүйені әртүрлі мақсаттарда, соның ішінде азаматтық навигация, әскери операциялар, ғылыми зерттеулер, сондай-ақ өнеркәсіп пен көліктің әртүрлі салаларында пайдалануға болады.

Технологияның дамуымен GPS жетілдіруді жалғастыруда. Жүйе үнемі жаңартылып, жетілдіріліп отырады, жана мүмкіндіктер мен мүмкіндіктер қосылады. Мысалы, соңғы жылдары GPS сигналдарды түзетудің жетілдірілген әдістерін енгізді, бұл орналасу дәлдігін айтарлықтай жақсартты.

Тұтастай алғанда, GPS қазіргі әлемде жердің кез келген нүктесінде орналасу мен уақытты дәл және сенімді түрде анықтауға мүмкіндік беретін шешуші рөл атқарады. Оның маңыздылығын асыра бағалау қиын және ол біздің өміріміздегі ең маңызды және кеңінен қолданылатын технологиялардың бірі болып қала береді [9].



2.1-сурет – Жердегі GPS сегментінің нысандары

GPS жүйесін орналастыру процесі екі маңызды кезеңге бөлінеді: бастапқы операциялық дайындық (IOC) және толық операциялық дайындық (FOC). IOC кезеңі 1993 жылы орбитада пайдалануға дайын 24 түрлі модификацияланған спутниктер (I/II/III блогы) болған кезде басталды. FOC режиміне көшу барлық ұшу сынақтары аяқталғаннан кейін 1995 жылдың шілдесінде өтті, дегенмен жүйе 1994 жылдың наурызынан бастап толық қызмет көрсете бастады. Осылайша, GPS жиырма жылдан астам уақыт бойы жұмыс істейді, азаматтық және әскери пайдаланушылардың әртүрлі санаттарының талаптарын қанағаттандыру үшін үнемі жаңартылып отырады [10].

Бастапқыда C/A кодын қолданатын навигациялық анықтамалардың дәлдігі 400 м шегінде болады деп болжанған, алайда C/A коды бойынша нақты өлшеу дәлдігі (СҚО) айтарлықтай жоғары болды-координаттар бойынша 15-40 м және жылдамдық бойынша секундына метр үлесі. Қарсылас жоғары дәлдіктегі GPS сигналдарын, соның ішінде жоғары дәлдіктегі қаруды қолдана алады деген алаңдаушылық туды. Сондықтан Block II ғарыш аппаратынан бастап GPS-те азаматтық пайдаланушылар үшін селективті қол жетімділік және ұрлық кедергілерінен қорғау шаралары сияқты дәлдіктің қасақана деградация әдістері енгізілді. Селективті қол жеткізу режимін өшіру 2000 жылдың 2 мамырында сағат 4:00 шамасында (UT) жүзеге асырылды, бұл автономды навигацияның дәлдігін шамамен 10 есе арттырды және навигациялық технологиялардың дамуына күшті серпін берді [11].

GPS арқылы анықталған координаттар теңдеуі үшін келесі формулалар қолданылады:

$$[d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2}], \quad (1.4)$$

мұндағы d -екі нүкте арасындағы қашықтық;

(x_1, y_1, z_1) және (x_2, y_2, z_2) -осы нүктелердің координаттары.

Есептеу дәлдігі ең кіші квадраттар әдісін қолдану арқылы түзетіледі:

$$\beta^{\wedge} = (X^T X)^{-1} X^T y \quad (1.5)$$

мұндағы β^{\wedge} - параметрлерді бағалау векторы,

X -бақылау матрицасы,

y -бақыланатын мәндердің векторы.

Жерсеріктік навигациялық жүйелер бірнеше негізгі түрлерге бөлінеді, олардың әрқайсысының өзіндік ерекшеліктері мен жұмыс принциптері бар.

GPS – жердің кез келген жерінде орналасу үшін спутниктік желіні пайдаланатын навигациялық жүйе. GPS жер бетінен шамамен 20 000 км қашықтықта айналатын 24 операциялық спутниктен тұрады. Жер бетіндегі нүктенің координаттарын анықтау үшін GPS қабылдағышы бірнеше спутниктердің сигналдарын және трилатерация принципін қолданады.

$$[X = R \cdot (\cos(E) \cdot \cos(v + w) - \sin(E) \cdot \sin(v + w) \cdot \cos(i))], \quad (1.6)$$

осы жерде, X-спутникке дейінгі қашықтық,
 R-жердің радиусы,
 E-спутниктің эксцентрлік аномалиясы,
 v - спутниктік ендік аргументі,
 W-пайдаланушының ендік аргументі,
 i-спутник орбитасының көлбеуі.

Кесте 2.1 - GPS техникалық сипаттамалары

Сипаттамасы	Мағынасы
Спутниктер саны	24
Орналасу дәлдігі	5-тен 30 метрге дейін
Жаһандық сигнал жиілігі	қамту L1, L2, L5

Ескерту: кесте автормен құрастырылған

2.2 ГЛОНАСС ғаламдық навигациялық спутниктік жүйесі

ГЛОНАСС (жаһандық навигациялық спутниктік жүйе) - жер бетінің кез келген нүктесінде немесе оған жақын жерде координаттар мен уақытты дәл анықтауды қамтамасыз етуге арналған ресейлік американдық GPS жүйесіне (Global Positioning System) ұқсас спутниктік жүйе. 1976 жылы құрылған және алғаш рет әскери қажеттіліктер үшін пайдаланылған, кейінірек азаматтық пайдаланушыларға пайдалануға ашық болды. ГЛОНАСС американдық жаһандық позициялау жүйесі GPS жүйесін орналастыруға жауап ретінде әзірленді және орналастырылды. ГЛОНАСС жүйесі үш негізгі компоненттен тұрады: ғарыш сегменті, жер сегменті және пайдаланушы сегменті.

Ғарыш сегменті жердің айналасында орналасқан 24 (даму кезінде) спутниктен тұрады. ГЛОНАСС спутниктері үш орбиталық жазықтықта экваторға 64,8 градус бұрыштарда қозғалады және жердің толық айналымы шамамен 11 сағат 15 минутта орындалады. Жер сегменті спутниктердің жұмысын бақылайтын және олардың орбиталары мен уақытын реттейтін жердегі басқару және бақылау станцияларын қамтиды. Пайдаланушы сегменті спутниктерден сигналдар алатын және оларды орналасқан жерін анықтау үшін пайдаланатын арнайы қабылдағыштардан тұрады [12].

ГЛОНАСС-тың басқа навигациялық жүйелермен салыстырғанда бірқатар артықшылықтары мен ерекшеліктері бар. ГЛОНАСС-тың басты артықшылықтарының бірі оның жоғары дәлдігі. Жүйе орналасқан жерді бірнеше метрге дейін анықтай алады, бұл оны авиация, навигация, геодезия және көлік сияқты көптеген салаларда қажет етеді.

ГЛОНАСС-тағы бір маңызды артықшылығы оның жоғары қол жетімділігі

мен сенімділігі. Жүйе тәулік бойы және кез-келген ауа-райында жұмыс істейді, тіпті нашар көріну жағдайында немесе кедергі болған жағдайда да тұрақты сигнал береді.

ГЛОНАСС жүйесі сонымен қатар деректерді жаңартудың жоғары жылдамдығына және пайдаланушының орналасқан жерінің өзгеруіне жылдам жауап береді. Бұл оны автомобильдер мен мобильді құрылғыларда пайдалануды қоса алғанда, нақты уақыттағы навигация үшін тамаша құрал етеді.

ГЛОНАСС авиация, кеме қатынасы, геодезия, геология сияқты әртүрлі салаларда, сондай-ақ навигация және орналасу үшін күнделікті өмірде белсенді қолданылады. Жүйе үнемі жаңартылып, жетілдіріліп отырады, заманауи талаптарға сай болу үшін жаңа мүмкіндіктер мен мүмкіндіктер қосылады [13].

ГЛОНАСС спутниктерінің техникалық сипаттамаларына мыналар жатады:

Ұзақ мерзімді жиілік тұрақтылығы: тәулігіне 1×10^{-11} . Тұрақтылықты орнату уақыты: қосылғаннан кейін 2 сағаттан аспайды; фазаның ұзақ мерзімді тұрақтылығы тәулігіне 0,03 радиан; шуға төзімділік деңгейі: 60 дБГц; сигналдың сәулелену қуаты 25 Ватт; координаттарды анықтау дәлдігі 5 метрге дейін.

ГЛОНАСС ресейлік навигация жүйесінің маңызды бөлігі болып табылады және бүкіл әлем бойынша пайдаланушылар үшін координаттар мен уақытты дәл және сенімді анықтауды қамтамасыз ету үшін дамып, жетілдірілуде.

2.3 Galileo жаһандық навигациялық спутниктік жүйесі

Galileo жаһандық навигациялық спутниктік жүйесі-Еуропалық одақ (EU) және Еуропалық ғарыш агенттігі (ESA) еуропалық қорғаныс және даму агенттігімен (GSA) бірлесіп әзірлеген еуропалық жаһандық навигациялық спутниктік позициялау жүйесі (GNSS). Галилео өркениет, ғылыми және коммерциялық мақсаттар үшін жоғары дәлдіктегі геокеңістіктік ақпаратқа тәуелсіз және дербес қол жетімділікті қамтамасыз етуге арналған.

Галилейдің даму тарихы 1999 жылы Еуропалық комиссия мен ESA жобада жұмыс істей бастаған кезде басталды. Galileo-ның негізгі мақсаттарына Еуропаның жаһандық навигациялық ақпаратқа тәуелсіз және дербес қол жеткізуін қамтамасыз ету, навигациялық қызметтердің сенімділігі мен дәлдігін арттыру және инновациялар мен жаңа қолданбаларды дамыту үшін жаңа мүмкіндіктер жасау кіреді [14].

Galileo жүйесі үш негізгі компоненттен тұрады: ғарыш сегменті, жер сегменті және пайдаланушы сегменті. Ғарыш сегменті шамамен 23222 км биіктікте жерді айналып өтетін 24 спутниктен тұрады (30-ға дейін ұлғайту жоспарланған). Galileo спутниктері экваторға қарай 56 градус бұрышқа қисайған үш орбиталық жазықтықта қозғалады.

Galileo-ның негізгі ерекшеліктеріне координаттарды анықтаудың жоғары дәлдігі мен сенімділігі (негізгі қызметтер үшін 1 метрге дейін және жоғары дәлдіктегі қызметтер үшін бірнеше сантиметрге дейін), қалаларда және басқа да

қиын жағдайларда дәлдікті жақсарту үшін сигналдарды қамтамасыз ету және құтқару және қауіпсіздік қызметі үшін төтенше ақпаратты беруді қолдау кіреді.

Галилео құрудың басты себептерінің бірі Еуропаны навигациялық жүйелер саласында тәуелсіздікпен қамтамасыз ету қажеттілігі болды, өйткені американдық GPS жүйесі мен ресейлік ГЛОНАСС жүйесі сәйкесінше АҚШ пен Ресейдің бақылауында. Galileo Еуропаға навигациялық қызметтердің қауіпсіздігі мен сенімділігін арттыратын өзіндік жүйеге ие болуға мүмкіндік береді [15].

Galileo техникалық сипаттамалары мыналарды қамтиды:

- Сигнал жиілігі: E1 (1575.42 МГц), E5a (1176.45 МГц), E5b (1207.14 МГц), E6 (1278.75 МГц).

- Сәулелену қуаты: 22 - ден 24 дБВт-қа дейін.

- Уақытты өлшеу дәлдігі: 1 нс дейін.

- Координаттарды орнату уақыты: 10 секундқа дейін.

Galileo 2016 жылдан бастап бастапқы операциялық қабілеттілікте (IOC) қызмет көрсете бастады және 2020 жылға қарай толық операциялық қабілеттілікке (FOC) қол жеткізу жоспарлануда. Galileo жүйесі Еуропа үшін навигация саласында айтарлықтай артықшылықтар береді және даму мен инновация үшін жаңа мүмкіндіктер ашады.

2.4 BEIDOU жаһандық навигациялық спутниктік жүйесі

BEIDOU жаһандық навигациялық спутниктік жүйесі (GNSS), сондай-ақ Compass ретінде белгілі, навигациялық қызметтерді жаһандық қамтуды қамтамасыз етуге арналған қытайлық навигациялық жүйе. BEIDOU 1990-шы жылдардың басынан бастап GPS (АҚШ), ГЛОНАСС (Ресей), Galileo (Еуропалық Одақ) сияқты басқа жүйелермен бірге өзінің тәуелсіз навигациялық жүйесін құру мақсатында Қытаймен әзірленді және енгізілді.

GNSS BEIDOU даму тарихы 2000 жылы алғашқы эксперименттік спутникті ұшырудан басталды. Кейінгі жылдар бірқатар спутниктік ұшырылымдармен, соның ішінде эксперименттік және сынақ спутниктерімен, кейінірек жүйенің басталуын қамтамасыз ететін негізгі топтық спутниктермен ерекшеленді. 2012 жылға қарай BEIDOU жүйесі Азия мен тынық мұхиты аймағында қамтуды қамтамасыз ететін 16 спутникпен бастапқы операциялық қабілеттілікке (IOC) жетті.

BEIDOU жүйесінің негізгі сипаттамаларына мыналар жатады. Орбиталық конфигурация. BEIDOU жүйесі сигнал беру үшін геостационарлық орбитадағы (GEO) спутниктерді топтастыруды және навигациялық тапсырмалар үшін төмен жер орбиталарында (MEO) топтастыруды қамтиды. Бұл кең аймақта үздіксіз қамтуды және сигналдардың жоғары қолжетімділігін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Сигнал жиіліктері BEIDOU өзінің навигациялық сигналдары үшін бірнеше жиіліктерді пайдаланады, соның ішінде B1I, B1C, B2I және B2a

жиіліктері. Бұл позициялау дәлдігін және кедергіге төзімділікті арттыруға мүмкіндік береді.

Дәлдік пен сенімділік BEIDOU жүйесі нашар көріну жағдайында немесе қалалық ортада да жоғары орналасу дәлдігін (бірнеше метрге дейін) және сигналдардың сенімділігін қамтамасыз етеді [16].

Басқа жүйелермен интеграция BEIDOU , GPS, ГЛОНАСС және Galileo сияқты басқа GNSS жүйелерімен интеграциялау мүмкіндігін ескере отырып жасалған, бұл навигациялық қызметтердің жалпы қолжетімділігі мен дәлдігін арттыруға мүмкіндік береді.

BEIDOU жүйесінің техникалық сипаттамаларын спутниктік қозғалыс параметрлерін, сигналдардың таралуын және басқа да негізгі параметрлерді анықтайтын бірқатар формулалар мен теңдеулерді қолдану арқылы сипаттауға болады. Мысалы, Кеплер теңдеулерін спутниктік орбиталарды сипаттау үшін қолдануға болады, ал сигналдардың келу уақытын анықтайтын теңдеулерді атмосфера мен вакуумдағы электромагниттік толқындардың берілу теңдеулерінен шығаруға болады [17].

BEIDOU жүйесі туралы дипломдық жұмыс үшін келесі аспектілерді де ескеру қажет:

Басқа GNSS жүйелерімен салыстыру. Жұмыста BEIDOU жүйесін GPS, ГЛОНАСС және Galileo сияқты басқа жаһандық позициялау жүйелерімен салыстыруға болады. Салыстыруды сигналдардың қол жетімділігі, орналасу дәлдігі, әр түрлі жағдайларда сенімділік пен тұрақтылық сияқты параметрлер бойынша жүргізуге болады.

Артықшылықтары мен кемшіліктері BEIDOU жүйесінің басқа жүйелермен салыстырғанда артықшылықтары мен кемшіліктерін сипаттау маңызды. Мысалы, спутниктердің таралу ерекшеліктеріне байланысты қалалық жағдайларда координаттарды анықтаудың жоғары дәлдігі артықшылығы болуы мүмкін, ал кемшілігі солтүстік және оңтүстік полюстер аймақтарының аз қамтылуы болуы мүмкін.

Практикалық қолдану авиация, навигация, көлік және ауыл шаруашылығы сияқты әртүрлі салаларда BEIDOU жүйесін қолданудың практикалық мысалдарын сипатталынады.

Даму перспективалары жақын және алыс болашақта BEIDOU жүйесінің даму перспективаларын қарастырылады.

Әлемдік навигация индустриясына әсері BEIDOU жүйесінің әлемдік навигация индустриясына әсерін және оның басқа жүйелермен салыстырғанда бәсекеге қабілеттілігін талдаңыз. Қытайдың GNSS әлемдік нарығындағы рөлін және оның осы саладағы стратегиялық мақсаттарын анықтаңыз.

Қорытындылай келе, жұмыста қарастырылған жаһандық навигациялық спутниктік жүйелердің (GNSS) негізгі аспектілерін қорытындылауға және олардың қазіргі әлем үшін маңыздылығын көрсетуге болады.

Жаһандық навигациялық спутниктік жүйе (GNSS) авиация, навигация, көлік, ауыл шаруашылығы, геодезия және т.б. қоса алғанда, қолданбалар мен

салалардың кең ауқымы үшін навигациялық қолдауды қамтамасыз ететін заманауи технологиялық инфрақұрылымның негізгі элементі болып табылады.

GPS, ГЛОНАСС, Galileo және BEIDOU жүйелері жердің кез келген жерінде жаһандық қамтуды және жоғары орналасу дәлдігін қамтамасыз ететін қуатты құралдар болып табылады. Бұл жүйелердің әрқайсысының өзіндік ерекшеліктері мен артықшылықтары бар, бұл оларды нақты тапсырмалар мен қолдану салалары үшін құнды етеді [18].

АҚШ әзірлеген және енгізген GPS жүйесі бірінші толық жұмыс істейтін GNSS болды және әлемдегі ең көп қолданылатын жүйелердің бірі болып қала береді. Ресей құрған және дамытқан ГЛОНАСС навигациялық ақпараттың маңызды балама көзін ұсынады, әсіресе ендігі жоғары аймақтарда. Еуропалық одақтың жобасы Galileo американдық жүйеден тәуелсіздікті қамтамасыз етуге және навигациялық деректердің дәлдігі мен сенімділігін арттыруға бағытталған. Қытай әзірлеген BEIDOU жүйесі жаһандық навигация үшін қосымша мүмкіндіктер мен резервтерді қамтамасыз ете отырып, Азия және Тынық мұхиты аймақтары үшін маңыздырақ болып келеді.

Жаһандық навигациялық спутниктік жүйелерді одан әрі дамыту сигналдардың дәлдігін, сенімділігін және қолжетімділігін жақсартуға, сондай-ақ навигациялық қамтамасыз етудің барынша тиімділігі мен сенімділігін қамтамасыз ету үшін әртүрлі жүйелерді біріктіруге және ортақ пайдалануға бағытталатын болады. Жақын арада сигналдарды өңдеу алгоритмдері, қосымша жиіліктерді пайдалану және навигациялық қызметтердің сапасын жақсарту үшін қателерді түзетудің жақсартылған әдістері сияқты жаңа технологиялар мен әдістердің дамуы күтілуде.

Жұмыстың келесі бөлімі жаһандық навигациялық спутниктік жүйелерді салыстырмалы талдауға арналған, онда олардың техникалық сипаттамалары, артықшылықтары мен кемшіліктері, сондай-ақ осы жүйелерді дамыту және ортақ пайдалану перспективалары талқыланады.

3 Спутниктік навигациялық жүйелерді салыстырмалы талдау

3.1 Орбиталардың техникалық сипаттамалары мен параметрлері

Спутниктік навигациялық жүйелерді (SNS) салыстырмалы талдау олардың техникалық сипаттамаларын, функционалдығын, артықшылықтары мен кемшіліктерін зерттеудегі маңызды аспект болып табылады. Талдаудың толықтығын қамтамасыз ету үшін GPS, ГЛОНАСС, Galileo және BEIDOU сияқты негізгі жаһандық навигациялық спутниктік жүйелерді (GNSS) қарастырамыз.

SNS-ті салыстырмалы талдау үшін олардың орбиталық конфигурациясы, сигнал жиілігі, орналасу дәлдігі, сигналдардың сенімділігі және қол жетімділігі сияқты негізгі техникалық сипаттамаларын қарастыру қажет.

Орбиталық конфигурация: SNS әрқайсысының өз орбиталық конфигурациясы бар, соның ішінде геостационарлық орбиталар (GEO), төмен жер орбиталары (LEO) және орташа жер орбиталары (MEO). Мысалы, GPS MEO, GLONASS - MEO және GEO, ал Galileo - MEO қолданады.

Сигнал жиіліктері: SNS сигналдарын беру үшін әртүрлі жиіліктерді пайдаланады, соның ішінде L диапазоны (1-2 ГГц), S диапазоны (2-4 ГГц) және т.б. Әр жүйенің әр түрлі сигнал түрлеріне арналған жиіліктер мен кодтар жиынтығы бар.

Орналасу дәлдігі: орналасу дәлдігі SNS сапасының маңызды көрсеткіші болып табылады. GPS және Galileo әдетте бірнеше метрге, ГЛОНАСС ондаған метрге, ал BEIDOU бірнеше метрге дейін дәлдікті қамтамасыз етеді.

Сигналдардың сенімділігі мен қол жетімділігі: әр түрлі жағдайларда сигналдардың сенімділігі мен қол жетімділігін қамтамасыз ету маңызды, соның ішінде тығыз қалалық құрылыстар, таулы аймақтар және т.б. әр жүйенің сигналдардың тұрақтылығы мен сенімділігін қамтамасыз етудің өзіндік әдістері бар [19].

Кесте 3.1 – ҰШЖ-ны толық түсіну үшін олардың артықшылықтары мен кемшіліктері

Спутник	Тарихы	Техникалық сипаттамалары	Артықшылықтары	Кемшіліктері
GPS	1970 жылдардан бастап алты орбиталық жазықтықта 24 спутник ұшырылды.	1575,42 МГц жиілікте жұмыс істейді, өркениет пен әскери қолданушыларды ажырату үшін C/A және P кодтарын қолданады.	кең қамту, жоғары дәлдік, қол жетімділік.	селективті қол жеткізу режимінде (SA) дәлдікті төмендету мүмкіндігі.

3.1 Кестенің жалғасы

ГЛОНАСС	1970 жылдары КСРО құрылды, соңғы жылдары қалпына келтірілді және жаңартылды.	1602-1615,5 МГц жиіліктерді пайдаланады, 24 операциялық спутникке ие.	жоғары ендіктерде үздіксіз қамту, жоғары дәлдік.	GPS-пен салыстырғанда таралуы аз.
Galileo	Еуропалық Одақ жобасы, 2000 жылы басталды, американдық GPS-тен тәуелсіздікке бағытталған.	1176,45 және 1575,42 МГц жиіліктерін қолданады. GPS-ке карағанда жоғары дәлдікті ұсынады.	Тәуелсіздік, жоғары дәлдік.	қазіргі уақытта спутниктердің жеткіліксіз саны.
BEIDOU	1990 жылдары басталған Қытай жобасы Азия-Тынық мұхиты аймағында навигациялық мүмкіндіктерді жақсартуға бағытталған.	1561,098 және 1589,742 МГц жиіліктерін пайдаланады, 2020 жылға қарай толық операциялық жүйені құру жоспарлары бар.	жақсартылған дәлдік, аймақтық қажеттіліктерді қамту.	шектеулі жаһандық қамту.

Жоғарыда көрсетілген кестедегі салыстырмалы талдау бойынша:

GPS және ГЛОНАСС жаһандық қамтуды қамтамасыз етеді, ал Galileo және BEIDOU аймақтық қажеттіліктерге бағытталған.

Galileo және BEIDOU GPS және ГЛОНАСС-пен салыстырғанда жоғары дәлдікке ұмтылады.

GPS және ГЛОНАСС өздерінің сенімділігін ондаған жылдар бойы дәлелдеді, ал Galileo және BEIDOU әлі де орналастыру процесінде.

GPS-ең кең таралған және қол жетімді жүйе, ГЛОНАСС жоғары ендіктерде артықшылыққа ие, Galileo және BEIDOU балама көздерге айналу мүмкіндігіне ие.

Формулалар мен теңдеулер:

Координаттарды есептеу үшін:

$$\text{GPS: } X = X_0 + V_x \cdot t, \quad (3.1)$$

$$\text{ГЛОНАСС: } Y = Y_0 + V_y \cdot t, \quad (3.2)$$

$$\text{Galileo: } Z = Z_0 + V_z \cdot t, \quad (3.3)$$

$$\text{BEIDOU : } P = P_0 + V \cdot t, \quad (3.4)$$

Жылдамдықты есептеу үшін:

$$[X = R \cdot (\cos(E) \cdot \cos(v + w) - \sin(E) \cdot \sin(v + w) \cdot \cos(i))], \quad (3.5)$$

Спутниктік навигациялық жүйелер (SNS) жер шарының кез келген жерінде дәл және сенімді орналасуды қамтамасыз ете отырып, қазіргі әлемде шешуші рөл атқаратынын атап өтуге болады. GPS, ГЛОНАСС, Galileo және BEIDOU сияқты жүйелердің негізгі сипаттамаларын қарастыру олардың артықшылықтары мен кемшіліктерін анықтауға, сондай-ақ одан әрі даму бағыттарын анықтауға мүмкіндік береді.

GPS сигналдардың жоғары дәлдігі мен қол жетімділігін қамтамасыз ететін ең көп қолданылатын және сенімді жүйелердің бірі болып қала береді. ГЛОНАСС пен Галилео сонымен қатар жоғары ендіктерде қосымша қамту және басқа жүйелерден тәуелсіздік сияқты бірегей артықшылықтарын ұсынады.

BEIDOU шектеулі жаһандық қамтуға ие болғанымен, қалалық жағдайларда жоғары дәлдікке ие және Азия мен Тынық мұхиты аймағында навигациялық технологияларды дамыту үшін маңызды актив болып табылады.

Болашақта сигналдардың дәлдігі мен сенімділігі жақсарады, жаһандық қамтуды кеңейтеді және жалпы навигация тиімділігін арттыру үшін басқа жүйелермен интеграцияланады деп күтуге болады. Сигналдарды өңдеудің жетілдірілген алгоритмдері сияқты жаңа технологиялар мен әдістердің дамуы спутниктік навигациялық жүйелерді жетілдіруге ықпал етеді [20].

Осылайша, спутниктік навигациялық жүйелер адам қызметінің әртүрлі салаларында маңызды рөл атқарады, сенімді және дәл орналасуды қамтамасыз етеді және заманауи технологиялардың дамуына ықпал етеді.

Орбиталардың техникалық сипаттамалары мен параметрлері. Спутниктік орбиталардың сипаттамалары мен параметрлері спутниктік жүйелердің, соның ішінде навигациялық жүйелердің жұмыс істеуі үшін маңызды. Олар жүйенің қамтуына, дәлдігіне және тұрақтылығына әсер ететін биіктік, көлбеу, айналу кезеңі және басқалары сияқты орбитаның негізгі сипаттамаларын анықтайды.

Навигациялық ғарыш аппаратының жерді айналып өтуі эллиптикалық траектория бойынша жүзеге асырылады. Аппараттың қозғалысын анықтайтын орбитаның негізгі элементтеріне жартылай ось жатады:

- а, эксцентриситет;
- е, орбитаның көлбеуі;
- і, көтерілу түйінінің бойлығы;
- Ω, перигей аргументі;
- ω және шынайы аномалия ν.

Бұл параметрлер орбитаның өлшемі мен пішінін, сондай-ақ орбитаның

кеңістіктегі бағытын және сол орбитадағы аппараттың орнын анықтайтын бұрыштық сипаттамаларды анықтайды.

Үлкен жартылай ось а-жартылай ось-эллипстің ең ұзын осінің ұзындығының жартысы және орбитаның өлшемін анықтайды. Бұл орбитаның апогейі (жерден ең алыс нүкте) мен перигей (жерге ең жақын нүкте) арасындағы ортаңғы нүкте. Кез-келген эллиптикалық Орбита үшін жартылай ось өте маңызды параметр болып табылады, өйткені ол Кеплердің үшінші заңы арқылы аппараттың жерді айналу кезеңімен тікелей байланысты:

- орбиталық көлбеу i – орбита жазықтығы мен жер экваторының жазықтығы арасындағы бұрыш;

- көтерілу түйінінің бойлығы Ω – серіппелі нүкте мен орбитаның көтерілу түйіні арасындағы, жердің айналу бағыты бойынша экватор бойымен серіппелі нүктеден есептелетін бұрыш;

- перигей бұрыштық арақашықтық ω – ғарыш аппаратының қозғалысы бағыты бойынша көтерілу түйінінен есептелетін, түйіндер сызығы мен жердің ортасынан орбитаның перигейіне дейінгі бағыт арасындағы бұрыш;

- шынайы аномалия ν – жердің центрінен орбитаның перигейіне дейінгі бағыт пен орбитаның перигейінен ғарыш аппаратының қозғалысы бағытында өлшенген ғарыш аппаратының r радиус векторы арасындағы бұрыш.

$$r = a(1 - e^2) / (1 + e \cdot \cos \nu), h = r - R_3, \quad (3.6)$$

$$r_n = a(1 - e), r_a = a(1 + e), p = a(1 - e^2), \quad (3.7)$$

$$e = \frac{r_a - r_n}{r_a + r_n} T = T_0 \cdot (a / R_3)^{3/2} \quad (3.8)$$

мұндағы r – радиус векторының ағымдағы мәні;

h – ғарыш аппаратының орбиталық биіктігінің ағымдағы мәні;

R_3 – жердің орташа радиусы;

$R_3 = 6371$ км;

r_n – перигей радиусы ($\nu = 0^\circ$);

r_a – апогей радиусы ($\nu = 180^\circ$);

p – фокалды параметр ($\nu = 90^\circ$);

e – орбиталық эксцентриситет;

T – ғарыш аппаратының орбиталық периоды;

T_0 – орбита биіктігі нөлге тең шеңберлі орбита үшін ғарыш аппаратының айналу периоды;

$T_0 \approx 84,3$ мин = 1,405 сағ.

Орбитаның биіктігі (h) - жердің центрінен спутникке дейінгі қашықтық. Орбитаның биіктігі навигациялық жүйенің қамтылуына және дәлдігіне әсер етеді. Орбитаның биіктігін есептеу формуласы:

$$h = R + H \quad (3.9)$$

мұндағы R -жердің радиусы;

H -спутниктің жер бетінен биіктігі.

Орбитаның көлбеуі (i) - Орбита жазықтығы мен жер экваторы арасындағы бұрыш.

Көлбеу жер бетінің жабылуына әсер етеді. Орбитаның көлбеуін есептеу формуласы:

$$[N \cdot \sin(i) = \cos(\lambda)] \left[\sin(i) = \frac{\cos(\lambda)}{N} \right] \quad (3.10)$$

мұндағы λ -станцияның ендігі,

N -толық қалыпты үдеу,

μ -жердің гравитациялық тұрақтысы.

Орбиталық Эксцентриситет (e) - орбитаның дөңгелек пішіннен ауытқу өлшемі. Дөңгелек орбита үшін $=0$

$e=0$, эллиптикалық <1 үшін

$e<1$. Эксцентриситетті есептеу формуласы:

$$\left[e = \frac{r_{ap} - r_{pe}}{r_{ap} + r_{pe}} \right] \quad (3.11)$$

мұндағы r_{ap} – апоцентр (жерден максималды қашықтық),

r_{pe} – перицентр (жерден ең аз қашықтық).

Айналу кезеңі (T) - бұл спутниктің жерді бір айналып өтетін уақыты. Айналым кезеңін есептеу формуласы:

$$\left[T = 2\pi \sqrt{\frac{a^3}{\mu}} \right] \quad (3.12)$$

мұндағы a -орбитаның жартылай үлкен осі,

μ -жердің гравитациялық тұрақтысы.

Спутниктің жылдамдығы (V) - спутниктің орбитадағы жылдамдығы. Бұл орбитаның биіктігіне және жердің массасына байланысты. Спутниктің жылдамдығын есептеу формуласы:

$$\left[V = \sqrt{\frac{E}{r}} \right] \quad (3.13)$$

мұндағы r -орбитаның радиусы.

Осылайша, спутниктік орбиталардың сипаттамалары мен параметрлері олардың спутниктік жүйелердегі, соның ішінде навигациялық жүйелердегі функционалдығы мен тиімділігін анықтауда маңызды рөл атқарады. Олар сенімді және тиімді жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін спутниктік жүйелерді

жобалау және пайдалану кезінде егжей-тегжейлі қарастырылады және талданады.

3.2 Координаттарды анықтаудың дәлдігі мен сенімділігі

Координаттарды анықтаудың дәлдігі мен сенімділігі GPS, ГЛОНАСС, Galileo және BEIDOU сияқты спутниктік навигациялық жүйелердің (ҰШЖ) негізгі сипаттамалары болып табылады. Олар жүйенің жер бетіндегі объектілердің орналасуын қаншалықты дәл және тұрақты түрде анықтай алатынын анықтайды. Бұл тарауда біз дәлдік пен сенімділікке әсер ететін негізгі факторларды, оларды арттыру әдістерін және қолданылатын математикалық модельдерді қарастырамыз.

Координаттардың дәлдігі көптеген факторларға байланысты, олардың ішінде мыналарды бөліп көрсетуге болады:



3.1-сурет – Координаттарды анықтау дәлдігіне әсер ететін факторлар

Координаттардың дәлдігі көптеген факторларға байланысты, олардың ішінде мыналарды бөліп көрсетуге болады:

Сигнал күші сигнал неғұрлым күшті болса, оның бұрмалануы мен жоғалу ықтималдығы соғұрлым аз болады.

Жоғары шу координаттардың дәлдігін айтарлықтай нашарлатуы мүмкін.

Атмосфералық әсерлер ионосфера мен тропосфера сигналды бұрмалап, кателіктерге әкелуі мүмкін.

Көп жолақты кедергілер ғимараттардан, жерден және басқа объектілерден сигналдың шағылысуы да бұрмалануды тудырады.

Геометриялық әлсіреу факторы (DOP): спутниктердің қабылдағышқа қатысты аспандағы орналасуы неғұрлым жақсы болса, координаттар соғұрлым дәл анықталады. DOP есептеу формуласы:

$$DOP = \sqrt{PDOP^2 + HDOP^2 + VDOP^2}, \quad (3.14)$$

мұндағы PDOP - позициялық DOP;

HDOP -көлденең DOP;

VDOP - тік DOP.

Координаттарды анықтау дәлдігін арттыру үшін дифференциалды түзетулер мен сүзуді қоса алғанда, әртүрлі модельдер мен әдістер қолданылады.

Дифференциалды түзету спутниктерден сигналдарды қабылдайтын және қателерді есептейтін стационарлық станцияларды пайдаланады. Содан кейін бұл қателер жылжымалы пайдаланушыларға олардың деректерін реттеу үшін жіберіледі.

$$\Delta P = P_{\text{нақты}} - P_{\text{өлшенген}} \quad (3.15)$$

Калман сүзгісі-бұл рекурсивті алгоритм, ол шу мен басқа да дәлсіздіктерді қамтитын бірқатар өлшемдерді қолданады және жүйенің күйін аз қателіктермен бағалайды.

Калман сүзгісінің формулаларына болжау және күйді жаңарту кіреді:

$$x^k | k - 1 = Fx^{k-1} | k - 1 + Buk, \quad (3.16)$$

$$Pk | k - 1 = FPk - 1 | k - 1FT + Q, \quad (3.17)$$

$$Kk = Pk | k - 1HT(HPk | k - 1HT + R)^{-1}, \quad (3.18)$$

$$x^k | k = x^k | k - 1 + Kk(zk - Hx^k | k - 1), \quad (3.19)$$

$$Pk | k = (I - KkH)Pk | k - 1. \quad (3.20)$$

мұндағы $x^k | k - 1$ -болжамды күй;

$|k - 1 Pk Kk - 1$ - болжамды ковариация матрицасы;

Kk -Калман матрицасы;

zk - өлшеу;

H -бақылау матрицасы;

R -өлшемдердің ковариациясы;

F -ауысу матрицасы;

Q -процестің ковариациясы.

Координаттарды анықтаудың сенімділігі тұтастық мониторингі мен резервтік жүйелерді қоса алғанда, бірнеше әдістермен қамтамасыз етіледі.

Тұтастық мониторингі (RAIM - Receiver Autonomous Integrity Monitoring) қате деректерді анықтау және жою үшін қолданылады. RAIM өлшеулердің дәйектілігін тексеру үшін сигналдардың артықтығын пайдаланады. RAIM тексеру формуласы:

$$RAIM = \frac{residuals}{\sigma} \quad (3.21)$$

мұндағы *residuals* -өлшеу қалдықтары,
 σ -кәтеліктердің стандартты ауытқуы.

Сенімділікті арттыру үшін инерциялық навигациялық жүйелер (ИНЖ) сияқты резервтік жүйелер қолданылады. Инсыртқы сигналдарға тәуелді емес және автономды жұмыс істей алады.

ИНЖ көмегімен координаттарды анықтауға арналған Формула:

$$\left[r(t) = r(t_0) + \int_{t_0}^t (\tau), dt \right] \quad (3.22)$$

мұндағы $r(t)$ - уақыт нүктесіндегі позиция;

$t_0 r(t_0)$ - бастапқы позиция;

(τ) - уақыт нүктесіндегі жылдамдық.

Координаттарды дәл және сенімді анықтау жүйелері авиация, теңіз кемелері, геодезия және картография, сондай-ақ әскери қосымшалар сияқты әртүрлі салаларда қолданылады.

Авиация автоматты қонуды қоса алғанда, ұшуды дәл навигациялық сүйемелдеуді қамтамасыз ету үшін GPS жүйелерін пайдалану.

Теңізде жүзу навигациялық жүйелер кемелерге су жолдарымен қауіпсіз жүруге, соқтығысудан аулақ болуға және оңтайлы маршруттарды табуға көмектеседі.

Геодезия және картография жоғары дәлдіктегі спутниктік деректер карталарды жасау және жоғары дәлдіктегі геодезиялық жұмыстарды жүргізу үшін қолданылады.

Әскери қосымшалар спутниктік жүйелер әскери нысандарды шарлау және басқару үшін, сондай-ақ жауынгерлік тапсырмаларды орындау кезінде дәлдікті қамтамасыз ету үшін қолданылады.

Координаттарды анықтаудың дәлдігі мен сенімділігі олардың тиімділігі мен қолдану аясын анықтайтын спутниктік навигациялық жүйелердің негізгі сипаттамалары болып табылады. Осы сипаттамаларға әсер ететін факторларды түсіну және басқару, сондай-ақ дәлдік пен сенімділікті арттырудың заманауи әдістері мен технологияларын пайдалану навигациялық қызметтердің жоғары сапасын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Келесі тарауда біз дәлдік пен сенімділік контекстінде олардың артықшылықтары мен кемшіліктерін түсіну үшін GPS, ГЛОНАСС, Galileo және BEIDOU сияқты әртүрлі спутниктік

навигациялық жүйелерді салыстырмалы талдауды қарастырамыз.

Жердегі навигациялық жүйелерді (NNS) қолдану автомобиль навигациясы, геодезия және құрылыс, агроөнеркәсіптік және ауылшаруашылық, теңіз және әуе навигациясы, көлік жүйелері және тіпті әскери қосымшаларды қоса алғанда, көптеген салаларды қамтиды. Осы аймақтардың әрқайсысында NNS объектілердің дәл және сенімді орналасуын қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады. Осы салалардың әрқайсысында NNS қолдануды толығырақ қарастырайық.

Автокөлік навигациясы. NNS маршруттарды анықтау және трафикті басқару үшін автомобиль навигациясында кеңінен қолданылады. Олар автомобильдерге жолда орналасқан жерін анықтауға, оңтайлы маршруттар құруға және соқтығысудың алдын алуға мүмкіндік береді. Ол үшін спутниктерден деректерді алатын және оларды жүргізуші экранында көрсету үшін өңдейтін мамандандырылған автомобиль навигациялық құрылғылары қолданылады.

Геодезия және құрылыс. Геодезия мен құрылыста объектілердің координаттарын дәл анықтау, құрылыс жұмыстарын бақылау және жердің цифрлық модельдерін құру үшін қолданылады. Олар инженерлер мен құрылысшыларға жоғары дәлдік пен орналасу сенімділігін қамтамасыз ете отырып, құрылыс процесін басқаруға мүмкіндік береді.

Агроөнеркәсіптік және ауыл шаруашылығы. Агроөнеркәсіптік және ауыл шаруашылығында ауылшаруашылық техникасын басқару, егіс және егін жинау процестерін оңтайландыру, топырақ пен өсімдіктердің жағдайын бақылау үшін қолданылады. Олар ауыл шаруашылығы өндірушілеріне өндіріс тиімділігін арттыруға және өнім сапасын жақсартуға көмектеседі.

Теңіз және әуе навигациясы. Теңіз және әуе навигациясында NNS кемелер мен ұшақтардың нақты орналасуын қамтамасыз етуде шешуші рөл атқарады. Олар жүзу құралдары мен әуе кемелеріне соқтығысуды және басқа да төтенше жағдайларды болдырмай, теңіздер мен ауада қауіпсіз жүруге мүмкіндік береді.

Көлік жүйелері. NNS көлік қозғалысын басқару, маршруттарды оңтайландыру және жол жүру уақытын қысқарту үшін көлік жүйелерінде де қолданылады. Олар көлік жүйелерінің тиімділігін арттыруға және кептелісті азайтуға көмектеседі.

Әскери қосымшалар. Әскери қосымшаларда NNS әскери техника мен әскерлердің орналасқан жерін анықтау, мылтықтар мен зымырандарды бағыттау және әскери бөлімшелердің әрекеттерін үйлестіру үшін қолданылады. Олар действий жағдайында позициялаудың жоғары дәлдігі мен сенімділігін қамтамасыз етеді.

NNS-ті әр түрлі салаларда қолдану объектілердің дәл және сенімді орналасуын қамтамасыз ете отырып, әр түрлі іс-шаралардың тиімділігі мен қауіпсіздігін арттыруға мүмкіндік береді.

Жер үсті навигациялық жүйелерін (NNS) әртүрлі салаларда қолдану объектілердің орналасуын анықтау үшін әртүрлі әдістер мен технологияларды

қолдануға негізделген. Бұл бөлімде біз NNS-те қолданылатын кейбір негізгі формулалар мен әдістерді қарастырамыз.

Трилатерация. GPS және басқа навигациялық жүйелерде қолданылатын негізгі орналасу әдістерінің бірі. Нысанның координаттарын анықтау үшін объектіден үш немесе одан да көп спутниктерге дейінгі қашықтықты өлшеу керек, содан кейін координаттарды есептеу үшін трилатерацияны қолдану керек. Трилатерация формуласы:

$$[d_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + (z - z_i)^2}], \quad (3.23)$$

мұндағы d_i - объектіден спутникке дейінгі қашықтық;

I, x, y, Z - объектінің координаттары;

x_i, y_i, z_i - спутниктің координаттары i .

Ең кіші квадраттар әдісі: бірнеше спутниктік сигналдарды өлшеу негізінде орналасу үшін қолданылады. Бұл әдіс өлшеу қателіктерін ескеруге және объектінің дәл координаттарын алуға көмектеседі. Координаттарды табуға арналған формуласы:

$$\hat{x} = (A^T A)^{-1} A^T b, \quad (3.24)$$

мұндағы x - объектінің координаттарын бағалау;

A - өлшенген деректер мен модель параметрлері бар матрица;

b - өлшенген деректердің векторы.

Интерполяция әдістері: белгілі нүктелер немесе өлшенген деректер арасындағы объектінің координаттарын анықтау үшін қолданылады. Интерполяция әдістері сызықтық, көпмүшелік немесе сплайн болуы мүмкін. Сызықтық интерполяцияның мысалы:

$$y = y_1 + \frac{(x-x_1)(y_2-y_1)}{x_2-x_1}, \quad (3.25)$$

Интерполяция үшін X мәні, 1. Y_2 -белгілі x_1, x_2 нүктелеріндегі мәндер 2. Гаусс-Крюгер формуласы: географиялық координаттарды (ендік пен бойлық) тікбұрышты координаттарға (Солтүстік және шығыс) түрлендіру үшін қолданылады.

Харвер формуласы жер бетіндегі екі нүкте арасындағы қашықтықты олардың географиялық координаттары (ендік және бойлық) бойынша есептеу үшін қолданылады.

Харвер Формуласы:

$$a = \sin^2\left(\frac{\Delta\sigma}{2}\right) + \cos(\phi_1) \cdot \cos(\phi_2) \cdot \sin^2\left(\frac{\Delta\lambda}{2}\right), \quad (3.26)$$

$$c = 2 \cdot \operatorname{atan2} \left(\sqrt{a}, \sqrt{(1-a)} \right), \quad (3.27)$$

$$d = R \cdot c \quad (3.28)$$

мұндағы Δ - ендік айырмашылығы,
 λ - бойлықтағы айырмашылық,
 2φ , 1φ - нүктелердің ендіктері,
 2λ , 1λ - нүктелердің бойлықтары,
 R -жердің радиусы.

Әр түрлі салаларда жердегі навигациялық жүйелерді қолдану туралы формулалары бар бөлімнің қорытындысы келесідей тұжырымдалуы мүмкін: автомобильдік навигация, геодезия және құрылыс, агроөнеркәсіп және ауыл шаруашылығы сияқты әртүрлі салаларда жердегі навигациялық жүйелерді пайдалану тиімділік пен жұмыс дәлдігін жақсарту үшін айтарлықтай әлеуетке ие. Өзірленген формулалар мен әдістер навигация мен басқару процестерін оңтайландыруға мүмкіндік береді, бұл уақыт пен қаржылық шығындардың қысқаруына, сондай-ақ нәтижелер сапасының жақсаруына әкеледі.

Математикалық модельдерді, соның ішінде координаттарды, жылдамдықты, үдеуді және басқа қозғалыс параметрлерін анықтауға арналған формулаларды қолдану навигациялық жүйелердің дәлдігі мен сенімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Бұл формулалар физика мен математиканың негізгі принциптеріне негізделген, бұл олардың ғылыми негізділігі мен әртүрлі жағдайлар мен жағдайларда қолданылуын қамтамасыз етеді.

Жердегі навигациялық жүйелерді автомобиль навигациясында қолдану осы технологияның ең кең таралған және кеңінен қолданылатын қосымшаларының бірі болып табылады. Автокөлік навигациялық жүйелері (GPS) жүргізушілерге ағымдағы орналасқан жері, қозғалыс маршруттары, сондай-ақ межелі жерге келу уақыты туралы ақпарат береді. Бұл автомобиль сапарларының тиімділігі мен қауіпсіздігін едәуір арттыруға мүмкіндік береді.

Автомобильдердегі навигациялық жүйелердің жұмысы автомобильдің ағымдағы жағдайының координаттарын анықтау және берілген нүктеге оңтайлы маршрутты есептеу принципіне негізделген. Ол үшін GPS спутниктерінің орналасуы туралы мәліметтер және спутниктерге дейінгі қашықтықты және сигнал берудегі уақыттың кешігуін анықтауға мүмкіндік беретін сигналдарды өңдеу алгоритмдері қолданылады.

Автокөлік навигациясының негізгі элементтерінің бірі оңтайлы маршрутты есептеу. Ол үшін қашықтық, жол уақыты, жол жұмыстарының немесе кептелістердің болуы сияқты параметрлерді ескеретін әртүрлі алгоритмдер қолданылады. Оңтайлы бағыт әр түрлі критерийлерді ескере отырып есептелуі мүмкін, мысалы, минималды уақыт, минималды қашықтық немесе минималды отын шығыны.

Автомобиль навигациясында қолданылатын формулалар жер бетіндегі екі нүктенің арасындағы қашықтықты олардың географиялық координаттары

бойынша есептеуді, сондай-ақ автомобильдің бағыты мен жылдамдығын есептеуді қамтиды. Бұл аймақта қолданылатын негізгі формулалардың бірі-жер бетіндегі екі нүкте арасындағы қашықтықты олардың ендігі мен бойлығы бойынша есептеуге мүмкіндік беретін гаверсинус формуласы.

Автокөлік навигациясының тағы бір маңызды аспектісі-позициялау дәлдігін қамтамасыз ету. Ол үшін дифференциалды позициялау (DP) және Real-time kinematic (RTK) сияқты GPS сигналдарын түзетудің әртүрлі әдістері қолданылады. Бұл әдістер позициялау қатесін бірнеше сантиметрге дейін азайтуға мүмкіндік береді, бұл әсіресе қалалық жерлерде автомобиль навигациясы үшін өте маңызды.

Жердегі навигациялық жүйелерді автомобиль навигациясында қолдану автомобиль сапарларының тиімділігі мен қауіпсіздігін арттыруда шешуші рөл атқарады. Тиісті формулалар мен алгоритмдерді қолдану автомобиль навигациялық жүйелерінің дәлдігі мен сенімділігін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді, бұл оларды қазіргі заманғы автокөліктің ажырамас бөлігі етеді.

Геодезия мен құрылыста жер үсті навигациялық жүйелерін (NNS) қолдану жер бетіндегі нүктелердің координаттарын анықтаудың, құрылыс жұмыстарын бақылау мен бақылаудың, сондай-ақ жердің цифрлық модельдерін құрудың маңызды және тиімді әдісі болып табылады. NNS объектілердің координаттарын жоғары дәлдікпен анықтауға және олардың қозғалысы мен деформациясын бақылауға мүмкіндік береді.

NNS-тің геодезия мен құрылыстағы жұмысы GPS, ГЛОНАСС және BEIDOU сияқты спутниктік жүйелерден сигналдарды қолдануға негізделген. Бұл жүйелер спутниктердің орбитадағы орны және сигнал берудің нақты уақыты туралы ақпарат береді. Бірнеше спутниктерден сигналдарды қабылдау арқылы NNS олардың орналасқан жерін жоғары дәлдікпен анықтай алады.

Геодезияда NNS-тің негізгі қолданылуының бірі-жер бетіндегі нүктелердің координаттарын анықтау. NNS көмегімен нүктенің географиялық координаттарын бірнеше сантиметр дәлдікпен анықтауға болады. Бұл құрылысшылар мен маркшейдерлерге жердің нақты карталарын жасауға, сондай-ақ объектілердің қозғалысы мен деформациясын бақылауға мүмкіндік береді.

Геодезия мен құрылыста жұмыс істеуі үшін сигналдарды өңдеудің әртүрлі әдістері мен алгоритмдері қолданылады. Осындай әдістердің бірі-дифференциалды позициялау (DP), бұл координаталар қатесін бірнеше сантиметрге дейін азайтуға мүмкіндік береді. Тағы бір маңызды әдіс-нақты уақыттағы объектілердің координаттарын жоғары дәлдікпен анықтауға мүмкіндік беретін кинематикалық навигация әдісі.

Геодезия мен құрылыста қолданылатын формулалар спутниктерден сигналдар бойынша нүктелердің координаттарын есептеуге, сондай-ақ объектілер арасындағы қашықтық пен бұрыштарды анықтауға арналған формулаларды қамтиды. Негізгі формулалардың бірі-жер бетіндегі екі нүкте арасындағы қашықтықты олардың географиялық координаттары бойынша

есептеу формуласы.

Осылайша, геодезия мен құрылыста жердегі навигациялық жүйелерді қолдану жұмыстың дәлдігі мен тиімділігін қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады. NNS пайдалану құрылысшылар мен маркшейдерлерге жердің нақты карталарын жасауға, объектілердің қозғалысы мен деформациясын бақылауға және координаттарды дәл анықтауды қажет ететін басқа тапсырмаларды орындауға мүмкіндік береді.

Геодезиялық ендік пен бойлық формуласы:

$$\phi = \arctan\left(\frac{Z+e^2b\sin^3\phi}{p-e^2a\cos^3\phi}\right), \quad (3.29)$$

$$\lambda = \operatorname{artanh}\left(\frac{Y}{X}\right) \quad (3.30)$$

Тікбұрышты координаттар формуласы:

$$X = (N + h)\cos\phi\cos\lambda, \quad (3.31)$$

$$Y = (N + h)\cos\phi\sin\lambda, \quad (3.32)$$

$$Z = \left(\frac{b^2}{a^2}N + h\right)\sin\phi \quad (3.33)$$

мұндағы N-бірінші тік қисықтық радиусы;

h-эллипсоидтан жоғары нүктенің биіктігі;

a-эллипсоидтың жартылай үлкен осі;

b-эллипсоидтың кіші жартылай осі.

Жер бетіндегі екі нүкте арасындағы қашықтықты есептеу формуласы (гаверсин формуласы):

$$a = 2R\arcsin\left(\sqrt{\sin^2\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right) + \cos(\phi)\sin^2\left(\frac{\Delta\lambda}{2}\right)}\right) \quad (3.34)$$

мұндағы R-жердің радиусы;

$\Delta\phi$ және $\Delta\lambda$;

$\Delta\lambda$ -сәйкесінше екі нүкте арасындағы ендік пен бойлық айырмашылығы.

Азимутты анықтау формуласы:

$$a = 2R\arcsin\left(\sqrt{\sin^2\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right) + \cos(\phi)\sin^2\left(\frac{\Delta\lambda}{2}\right)}\right), \quad (3.35)$$

мұндағы ϕ –азимут;

$\Delta\lambda$ -екі нүкте арасындағы бойлық айырмашылығы;

1ф1 және 2ф2- осы нүктелердің ендіктері.

Геодезия мен құрылыста қолданылатын формулалар анықтауда шешуші рөл атқаратынын атап өтуге болады

Агроөнеркәсіптік және ауыл шаруашылығында жер үсті навигациялық жүйелерін қолдану қазіргі заманғы технологияландыру мен өндіріс тиімділігін арттырудың маңызды элементі болып табылады. Осы салалардағы әртүрлі міндеттерді шешу үшін қолданылады, мысалы, техниканың қозғалыс маршруттарын оңтайландыру, контр

Маршруттарды оңтайландыру және техниканы басқару. NNS ауылшаруашылық техникасының қозғалыс бағыттарын оңтайландыруға мүмкіндік береді, бұл уақыт пен отынды үнемдейді. Навигациялық жүйелердің көмегімен өрістерді өңдеу үшін ең тиімді маршруттарды жоспарлауға және олардағы техниканың қозғалысын басқаруға болады.

Топырақтың ылғалдылығын және тыңайтқыш деңгейін бақылау. Кейбір NNS топырақтың ылғалдылығы мен тыңайтқыш құрамын өлшей алатын сенсорлармен жабдықталған. Бұл суару мен тыңайтқыштарды дәлірек реттеуге мүмкіндік береді, бұл өз кезегінде өнімділіктің жоғарылауына және

Суаруды басқару. Навигациялық жүйелерді суару жүйелерін автоматтандыру үшін пайдалануға болады. Олар суарудың оңтайлы бағыттарын анықтауға және дақылдардың талаптарына байланысты оның қарқындылығын дәл бақылауға мүмкіндік береді.

Дақылдардың жай-күйін бақылау үшін дақылдардың жай-күйіне мониторинг жүргізуге, күтімге аса қажеттілігі бар учаскелерді анықтауға және олардың жай-күйін жақсарту жөнінде шаралар қабылдауға мүмкіндік береді.

Өнімділікті болжау. Кейбір навигациялық жүйелер топырақ өнімділігін болжау үшін пайдаланылуы мүмкін

Агроөнеркәсіптік және ауыл шаруашылығында жердегі навигациялық жүйелерді қолдану еңбек өнімділігін арттыруға, шығындарды азайтуға және қоршаған ортаға теріс әсерді азайтуға мүмкіндік береді. Дегенмен, NNS тиімді пайдалану үшін жабдықты дұрыс таңдап, оны орнату және техникалық қызмет көрсету қажет. Өріс ауданын анықтау формуласы:

$$S = \pi \times r^2 + \pi, \quad (3.36)$$

мұндағы π саны (шамамен 3,14159);

R-өріс радиусы.

Тыңайтқыш көлемін есептеу формуласы:

$$V = S \times h, \quad (3.37)$$

мұндағы V- тыңайтқыш көлемі;

S-өріс ауданы;

h-тыңайтқыш қабатының биіктігі.

Трактордың отын шығынын анықтау формуласы:

$$F = \frac{D \times C}{100}, \quad (3.38)$$

мұндағы F-отын шығыны,

D-трактор жүріп өткен қашықтық,

C-отынның меншікті шығыны.

Дипломдық жобамен жұмыс барысында қолданыстағы жердегі навигациялық жүйелерге шолу жасалды, олардың негізгі түрлері, жұмыс принциптері мен ерекшеліктері, сондай-ақ техникалық сипаттамалары қарастырылды. Құрлықтағы навигациялық жүйелер маңызды рөл атқаратыны анықталды.

Автомобильдік навигацияда жер үсті навигациялық жүйелері қолданылады. Геодезия мен құрылыста геодезия мен құрылыста қолдану жер бетіндегі нүктелердің географиялық координаттарын анықтау үшін жердегі навигациялық жүйелер қолданылады. Олар өлшеудің жоғары дәлдігін қамтамасыз етеді және объектілерді минималды қателікпен салуға мүмкіндік береді. Координаттар мен көлбеу бұрыштарды есептеу формулалары спутниктерден келетін сигналдар туралы деректерді және атмосфералық және басқа да бұзушылықтарға байланысты олардың жолын түзетуді қамтиды.

Агроөнеркәсіптік және ауыл шаруашылығында қолдану агроөнеркәсіптік және ауыл шаруашылығында жер үсті навигациялық жүйелері ауылшаруашылық техникасын басқару процестерін оңтайландыру үшін қолданылады. Олар дәл егіншілікке, тыңайтқыштар мен пестицидтерді тұтынуды оңтайландыруға және дақылдардың өнімділігін жақсартуға мүмкіндік береді. Өңдеу аймағын есептеу, отырғызу нүктелерін анықтау және басқа параметрлерге арналған формулалар топырақ сипаттамалары, ылғалдылық және өндіріс процестеріне әсер ететін басқа параметрлер туралы деректерді қамтиды.

3.3 GPS, ГЛОНАСС, Galileo және BEIDOU жүйелерінің ерекшеліктері мен айырмашылықтары

GPS, ГЛОНАСС, Galileo және BEIDOU жүйелерінің ерекшеліктері мен айырмашылықтары

Ғаламдық навигациялық спутниктік жүйелер (GNS) қазіргі заманғы спутниктік навигацияның негізі болып табылады. Қазіргі уақытта ең көп таралған және кеңінен қолданылатын төрт жүйе: GPS (АҚШ), ГЛОНАСС (Ресей), Galileo (Еуропалық одақ) және BEIDOU (Қытай). Бұл жүйелердің әрқайсысының өзіндік ерекшеліктері мен техникалық сипаттамалары бар [21].

GPS (Global Positioning System)

1. Тарих және даму. АҚШ Қорғаныс министрлігі әзірлеген GPS-ен

алғашқы және ең танымал жаһандық навигациялық жүйе. Оның дамуы 1973 жылы басталды және спутниктердің алғашқы тобы 1970 жылдардың соңында ұшырылды. Толық операциялық дайындыққа 1995 жылы қол жеткізілді.

2. Орбиталық құрылым. GPS экваторға 55 градус бейімділікпен шамамен 20200 км биіктікте алты орбиталық жазықтықта орналасқан 24 негізгі спутниктен тұрады. Бұл конфигурация сенімді қамтуды және жер шарының кез келген жерінде сигнал алу мүмкіндігін қамтамасыз етеді.

3. Жиіліктер мен сигналдар. GPS сигналдарды беру үшін бірнеше жиілікті пайдаланады, олардың негізгілері:

- L1 (1575.42 MHz): құрамында C/A коды(азаматтық сигнал) және P (Y) коды (әскери сигнал) бар;

- L2(1227.60 MHz): құрамында P (Y) коды және L2C азаматтық сигналы бар;

- L5 (1176.45 MHz): жоғары дәлдіктегі қосымшалар мен авиацияға арналған.

4. Дәлдік. 2000 жылы дифференциалды түзету технологиясының енгізілуімен және селективті қол жеткізу режимінің өшірілуімен азаматтық пайдаланушылар үшін GPS дәлдігі шамамен 1-3 метрді құрайды.

5. Қолдану. GPS әртүрлі салаларда қолданылады, соның ішінде көлік навигациясы, геодезия, әскери қосымшалар, ауыл шаруашылығы және ғылыми зерттеулер.

Стандартты позициялау (SP) және уақытша синхрондау қызметі

Стандартты позициялау (SP) және уақытша синхрондау қызметі пайдаланушылардың барлық санаттары үшін ақысыз және жаһандық деңгейде қол жетімді. Ол C/A қашықтық өлшеуіш кодымен модуляцияланған барлық GPS ғарыш аппараттарымен навигациялық радио сигналдарын шығару арқылы жүзеге асырылады (Coarse/Acquisition – өрескел қабылдау). C/A коды-1,023 МГц жиіліктегі 1023 таңбадан тұратын алтынның жалған кездейсоқ тізбегі (SP). Осылайша, C/A кодының SP қайталану кезеңі 1 мс құрайды, бұл псевдодальділіктің бір таңбалы өлшеу интервалына шамамен 300 км сәйкес келеді. GPS дамыту бағдарламасы азаматтық пайдаланушыларға L2C, L5 және L1C сигналдары арқылы SP қызметін ұсынуды қарастырады.

Дәл позициялау қызметі (PS) қашықтықты өлшейтін P(Y) кодымен модуляцияланған GPS орбиталық топтастырылған барлық ғарыш аппараттарының L1 және L2 диапазондарында навигациялық радио сигналдарын шығару арқылы жүзеге асырылады. PS қызметі тек АҚШ қарулы күштері, АҚШ федералды агенттіктері және кейбір одақтастардың қарулы күштері пайдалануға арналған.

GPS ғарыш сегменті. Штаттық орбиталық GPS топтамасы латын А-дан F-ге дейінгі әріптермен белгіленген алты айналмалы орбитада орналасқан 24 негізгі ғарыш аппараттарынан тұрады, сонымен қатар кейбір орбиталарда негізгі істен шыққан кезде жүйенің параметрлерін сақтауға арналған бір немесе екі резервтік ғарыш аппараттары болуы мүмкін. Орбиталық жазықтықтардың

көлбеуі 55° , көтерілу түйіндерінің бойлықтары 60° - қа өзгереді. Орбиталардың биіктігі 20 200 км 11 сағат 58 минуттық айналу кезеңіне сәйкес келеді, бұл GPS ғарыш аппараттарының орбиталарын синхронды етеді.

GPS - те қолданылатын координаттар жүйесі

GPS 1984 жылғы дүниежүзілік геодезиялық жүйені қолданады (World Geodetic System-WGS-84). WGS-84 (G1678) жүйесінің параметрлерін тағы бір нақтылау 2012 жылы болды, қазіргі WGS-84 жүйесі мен ITRF 2008 арасындағы сәйкессіздіктер шамамен 1 см құрайды, бұл екі жүйені де бірдей етеді.

GPS жүйелік уақыты АҚШ теңіз обсерваториясының (USNO) бақылауларына сәйкес үйлестірілген дүниежүзілік уақытпен (UTC) байланысты. Номиналды түрде GPS уақыт шкаласы 19 секундқа тең халықаралық атом уақытымен тұрақты сәйкессіздікке ие. Уақыт ағымдағы аптаның бөлігі ретінде GPS апталарында және секундтарда есептеледі, санау 1980 жылдың 6 қаңтарында сағат 00:00 — де басталады. GPS жүйесінде аптаның нөмірі 10 биттік екілік санмен жазылады, оның максималды мәні 1 023. Аптаның нөлдік нөмірі 1999 жылдың 21 тамызынан 22 тамызына дейін түн ортасында қайталанды.

GPS жердегі басқару кешені

GPS орбиталық топтастыруды басқаруды АҚШ әуе күштерінің Ғарыштық қолбасшылығының 2-ші жедел ғарыштық эскадрильясы жүзеге асырады. Қазіргі уақытта GPS орбиталық топтастыруды басқаруды екінші буын жердегі басқару кешені (Operational Control Segment - OCS) жүзеге асырады, оған мыналар кіреді:

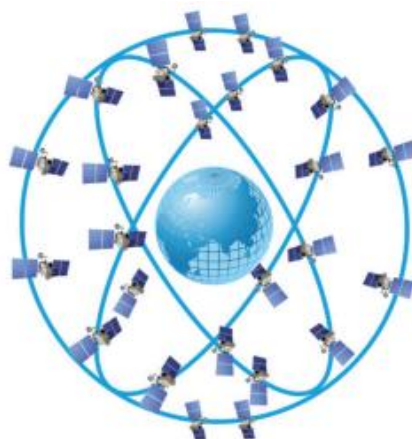
-Шривер әуе күштері базасындағы GPS жүйесін басқарудың негізгі орталығы;

- GPS жүйесінің резервтік басқару орталығы;
- Ұлттық геокеңістіктік барлау агенттігінің мониторинг станциялары;
- Жер қойнауын өлшеу станцияларының ғаламдық желісі;
- АҚШ әуе күштерінің GPS бақылау станциялары;
- L диапазонды GPS сұрау станциялары.

Бұл компоненттер орбиталық топтастырудың күйін тұрақты басқаруға және басқаруға, сондай-ақ навигациялық деректерді жаңартуға және уақытты синхрондауға мүмкіндік береді.

ГЛОНАСС Кеңес одағында дамыды және 1970 жылдары дами бастады. Толық операциялық дайындыққа 1995 жылы қол жеткізілді, алайда кеңес одағы ыдырағаннан кейін жүйе орбиталық топтастыруды сақтауда қиындықтарға тап болды. 2000 жылдардың басында қалпына келтіру бағдарламасы басталып, 2011 жылға қарай жүйе қайтадан толықтай жұмыс істей бастады.

ГЛОНАСС сонымен қатар 24 спутниктен тұрады, бірақ олар үш орбиталық жазықтықта шамамен 19,100 км биіктікте орналасқан, экваторға 64.8 градус көлбеу. Бұл конфигурация жоғары ендіктерде жақсы қамтуды қамтамасыз етеді.



3.2-сурет – Орбиталық топтастыру

ГЛОНАСС сигналдарды беру үшін әртүрлі жиіліктерді пайдаланады:

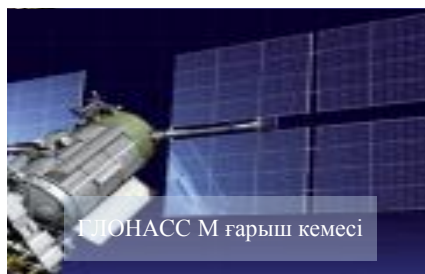
- L1 (1602 MHz): азаматтық сигналды қамтиды;
- L2 (1246 MHz): азаматтық және әскери сигнал қолданылады;
- L3 (1202.025 MHz): дәлдік пен үйлесімділікті арттыру үшін енгізілген жаңа азаматтық сигнал.

Азаматтық пайдаланушылар үшін ГЛОНАСС дәлдігі шамамен 2-5 метрді құрайды, бұл GPS-тен біршама төмен, бірақ дәлдікті жақсарту үшін технологиялар әзірленуде, соның ішінде GPS/ГЛОНАСС бірлескен қабылдағыштарын пайдалану.

ГЛОНАСС Ресейде және ТМД-ның басқа елдерінде белсенді қолданылады, сонымен қатар навигация, көлік, ауыл шаруашылығы және геодезияны қоса алғанда, жаһандық қосымшаларда қолданылады.



ГЛОНАСС К ғарыш кемесі



ГЛОНАСС М ғарыш кемесі



ГЛОНАСС ғарыш кемесі

3.3-сурет – ГЛОНАСС құрылымы

Орбиталық топтастырудан, жою құралдарынан және жердегі басқару

кешенінен тұратын ГЛОНАСС жүйесінің ғарыш кешені.

Функционалдық толықтырулар, соның ішінде GNSS функционалдық толықтырудың кең аймақтық жүйесі – дифференциалды түзетулер мен мониторинг жүйесі, сондай-ақ аймақтық және жергілікті мониторинг және дифференциалды навигация жүйелері.

Жоғары дәлдіктегі артқы эфемеридті уақытша ақпарат жүйесі.

ГЛОНАСС-ты іргелі қамтамасыз ету құралдары, мысалы, Жердің айналу және бағдарлау параметрлерін жедел анықтау жүйелері, дүниежүзілік үйлестірілген уақыттың мемлекеттік шкаласын қалыптастыру жүйелері, Ресей Федерациясының геодезиялық негізі.

Азаматтық және арнайы қолдануға арналған тұтынушылардың навигациялық аппаратурасы.

ГЛОНАСС жүйесінің операциялық бақылау сегменті (Operational Control Segment-OCS) орбиталық топтастыруды басқарады және навигациялық деректерді жаңартады. Оған ГЛОНАСС жүйесінің негізгі басқару орталығы, резервтік басқару орталығы, бақылау станциялары, өлшеу станцияларының ғаламдық желісі және басқа компоненттер кіреді.

ГЛОНАСС уақыт шкаласы халықаралық атом уақытымен байланысты және үйлестірілген дүниежүзілік уақытпен синхрондалады. ГЛОНАСС жүйесіндегі уақытты санау санау басталғаннан бастап апталар мен секундтарда жүргізіледі, ал апта нөмірі екілік санмен жазылады.

ГЛОНАСС орбиталық топтамасының құрылымына орта биіктіктегі айналмалы орбиталарда 24 спутник кіреді. Бұл бірнеше спутниктер істен шыққан кезде де Ресей Федерациясының аумағында навигацияның жүз пайыздық қол жетімділігін қамтамасыз етеді.

Жердегі басқару кешеніне орбиталық топтастыруды басқару және басқару құралдары, сондай-ақ навигациялық деректерді жаңарту және уақытты синхрондау кіреді.

Штаттық орбиталық ГЛОНАСС тобы орта биіктіктегі айналмалы орбиталарда орналасқан 24 спутниктен тұрады. Биіктіктің номиналды мәндері – 19100 км, көлбеу-64,8°, ал кезең-11 сағ 15 мин 44 с. Бұл параметрлер тұрақты орбиталық жүйені құруға мүмкіндік береді, ол белсенді өмір сүру кезеңінде өз орнын ұстап тұру үшін импульсті түзетуді қажет етпейді. Орбиталардың номиналды бейімділігі бірнеше ғарыш аппараттарының орбиталық тобынан шыққан кезде де Ресей Федерациясының аумағында навигацияның жүз пайыздық қол жетімділігін қамтамасыз етеді.

ГЛОНАСС жүйесі әртүрлі уақыт кезеңдерінде ғарыш аппараттарының әртүрлі түрлерін пайдаланды.

ГЛОНАСС жүйесіндегі ғарыш аппараттарының ішкі жүйесі мен тұтынушылардың навигациялық аппаратурасы арасындағы интерфейс тиісті интерфейстік бақылау құжаттарында сипатталған. Жүйенің кодты сигналды бөлуге ауысуымен 2016 жылы интерфейссті бақылау құжаты ГЛОНАСС шығарылды, ол кодты сигналды бөлу жүйесінің жалпы сипаттамасын ұсынады.

Кодты бөлу сигналдары үш тасымалдаушы жиілікте беріледі: $fL1=1600,995$ МГц; $fL2=1248,06$ МГц; $fL3=1202,025$ МГц. ГЛОНАСС сигналдарының кодты бөлу арқылы навигациялық байланысы сандық ақпаратты беру үшін жол құрылымын пайдаланады, ол қызметтік және ақпараттық бөліктерге бөлінеді.

Жолдың қызмет көрсету бөлігінде ғарыш аппаратының нөмірі, жол түрі, уақыт белгісінің цифрлануы, сигнал параметрлері және циклдік кодтың тексеру белгілері бар. Жолдың ақпараттық бөлігі оның түрімен анықталады және логикалық аяқталған ақпарат блогын қамтиды. ГЛОНАСС жүйесін болашақ жаңғырту процесінде оның навигациялық хабарламасына ақпараттың жаңа түрлерін немесе ескі типтегі жол модификацияларын қамтитын жаңа жол түрлері енгізілуі мүмкін. Тұтынушылардың бұрын шығарылған навигациялық аппаратураларының жұмысқа қабілеттілігін сақтау үшін ескі жол түрлері ұзақ өтпелі кезең ішінде олардың модификацияларымен бірге навигациялық хабарламада берілетін болады.



3.4-сурет – ГЛОНАСС жер үсті басқару кешені

ГЛОНАСС жүйесіндегі навигациялық-уақыттық анықтамалар ГЛОНАСС ТУШ-та жүзеге асырылады, оған қатысты ҰКА сигналдарының БШВ синхрондалуы, сондай-ақ тұтынушылардың уақыт шкалаларын (ТУШ) байланыстыру немесе синхрондау жүргізіледі. Бұл жағдайда тұтынушының келесі тігістерге өту мүмкіндігі бар:

- Мәскеудің декреттік уақыт шкаласы (MDV);
- Ресей Федерациясының UTC (SU) мемлекеттік бастапқы эталонының әмбебап үйлестірілген уақыт шкаласы;
- Дүниежүзілік уақыт шкаласы (UT1);
- халықаралық атомдық уақыт шкаласы (TAI);
- GPS жүйесінің тігісі.

SWS ГЛОНАСС TGL жоғары дәлдіктегі сутектік жиілік стандарттарының сигналдары негізінде қалыптасатын математикалық уақыт шкаласы қабылданды. SWS ГЛОНАСС TGL UTC(SU) және MDV түзетулерімен бір уақытта түзетіледі. NCA сигналдарының BSHV атомдық жиілік стандарттары негізінде жүзеге

асырылатын борттық синхрондау құрылғысында қалыптасады және сақталады. Навигациялық хабарламада BSHV көпмүшелік моделінің параметрлерін бағалау және сигналдың пилоттық компонентінің мещысуы беріледі.

GPS жүйесінің тігісі-бұл барлық бақылау станциялары мен GPS жүйесінің BSHV NCA негізінде құрылған шартты "композиттік" шкала. 2015 жылдың шілдесінен бастап GPS ШВС UTC-ден 17 секундқа озып кетті.

Galileo -АҚШ пен Ресейден тәуелсіз жаһандық навигациялық жүйені құру мақсатында 1999 жылы басталған Еуропалық одақтың жобасы. Алғашқы спутниктер 2011 жылы ұшырылды, ал жүйе 2016 жылы бастапқы операциялық дайындыққа жетті.

Орбиталық құрылым. Galileo 24 жедел спутниктен және экваторға 56 градусқа еңкейіп, шамамен 23 222 км биіктікте үш орбиталық жазықтықта орналасқан 6 резервтен тұрады. Бұл жаһандық қамтуды және жоғары дәлдікті қамтамасыз етеді. Жиіліктер мен сигналдар Galileo сигнал беру үшін бірнеше жиілікті пайдаланады:

- E1 (1575.42 MHz): GPS үйлесімді азаматтық сигнал.
- E5a (1176.45 MHz) және E5b (1207.14 MHz): жоғары дәлдіктегі сигналдар.
- E6 (1278.75 MHz): кәсіби және коммерциялық қосымшалар.

Galileo ашық қызмет үшін шамамен 1 метрге жететін жоғары дәлдікті және ақылы қызметтерді пайдаланатын коммерциялық пайдаланушылар үшін одан да жоғары дәлдікті ұсынады.

Galileo көлік, авиация, теңіз навигациясы, ауыл шаруашылығы, ресурстарды басқару және ғылыми зерттеулерді қоса алғанда, көптеген қосымшаларға бағытталған. Оның қауіпсіздік пен төтенше жағдайларды қамтамасыз етудегі рөлі де маңызды.

Galileo жүйесі навигациялық қызметтердің үш негізгі түрін ұсынады:

Ашық қызмет (Open Service): абоненттік немесе басқа төлемсіз ашық сигналдарды ұсынады. Бұл қызмет барлық пайдаланушыларға қол жетімді және орналасқан жері мен уақытын анықтау үшін негізгі навигациялық ақпаратты ұсынады.

Коммерциялық қызмет (коммерциялық қызмет): шифрланған сигналдарды қамтиды және деректерді берудің жоғары жылдамдығын қамтамасыз ететін екі қосымша сигналға қол жеткізуге мүмкіндік береді. Бұл қызмет жоғары дәлдіктегі навигацияны және сигналдың аутентификациясын қажет ететін пайдаланушыларға арналған.

Мемлекеттік реттелетін қол жетімділік қызметі (Public Regulated Service): арнайы пайдаланушыларға арналған және навигациялық сигналдарға қауіпсіз қол жеткізуді қамтамасыз етеді. Бұл қызмет сонымен қатар арнайы жағдайларда координаталық уақытты қамтамасыз ету үшін шифрланған қашықтық өлшеуіш кодтарын қамтиды.

Galileo орбиталық тобына биіктігі 23 229 км болатын үш айналмалы орбитада 27 ғарыш кемесі кіреді, айналу кезеңі 14 сағат және еңкейуі 56. 24 ғарыш кемесі пайдаланылады, ал әрбір орбиталық жазықтықта біреуі резервтік

болып табылады. Бұл конфигурация орбитаны түзетудің минималды шығындарымен навигациялық қызметтердің дәлдігі мен қол жетімділігін қамтамасыз етеді.

Galileo координаттар жүйесі 3 см дәлдікпен халықаралық жер координаттар жүйесімен байланысқан Galileo terrestrial Reference frame (GTRF) геоцентрлік декарттық координаттар жүйесіне негізделген. Galileo уақыт жүйесі (Galileo system Time – GST) сәйкессіздік дәлдігімен TAI халықаралық атом уақытына қатысты секундтар санына тұрақтымешысуы бар үздіксіз атомдық уақыт шкаласын пайдаланады 95% ықтималдығы бар 50 нс артық емес.

Galileo жүйесі навигациялық қызметтердің үш түрін ұсынады:

Ашық қызмет (Open Service): ақысыз ашық сигналдарды ұсынады және барлық пайдаланушыларға негізгі навигация мен уақытты синхрондау үшін қол жетімді.

Коммерциялық қызмет: шифрланған сигналдарды және деректерді беру жылдамдығы жоғары екі қосымша сигналға қол жеткізуді қамтамасыз етеді. Коммерциялық қосымшалар үшін сигналды дәлірек шарлауға және аутентификациялауға арналған.

Мемлекеттік реттелетін қызмет (Public Regulated Service): арнайы пайдаланушыларға арналған және маңызды қолданбалар үшін навигациялық сигналдарға қауіпсіз қол жеткізуді қамтамасыз етеді.

Galileo орбиталық топтамасына биіктігі 23229 км үш айналмалы орбитада 27 ғарыш кемесі кіреді, айналу кезеңі 14 сағат және еңкейуі 56. 24 ғарыш кемесі пайдаланылады, ал әрбір орбиталық жазықтықта біреуі резервтік болып табылады.

BEIDOU (BDS) - Қытайдың жаһандық навигациялық жүйесі. Жобаның бірінші кезеңі 2000 жылы аймақтық жүйенің іске қосылуымен басталды және 2012 жылы жаһандық операциялық дайындыққа қол жеткізілді.

Орбиталық құрылым: BEIDOU үш түрлі орбиталық жазықтықта орналасқан 35 спутникті қамтиды:

35 786 км биіктіктегі геостационарлық орбитадағы (GEO) 3 спутник.

Орташа жер орбитасындағы 27 жер серігі 21 150 км биіктікте, 55 градусқа еңкейеді.

55 градус көлбеу геосинхронды орбитадағы (IGSO) 35 786 км биіктіктегі 5 спутник.

Бұл бірегей конфигурация жаһандық қамтуды және жоғары дәлдікті қамтамасыз етеді.

Жиіліктер мен сигналдар. BEIDOU сигналдарды беру үшін бірнеше жиілікті пайдаланады:

- B1 (1561.098 MHz): азаматтық сигнал.

- B2 (1207.14 MHz): жоғары дәлдіктегі сигналдар.

- B3 (1268.52 MHz): дәлдік пен үйлесімділікті арттыру үшін қосымша сигналдар.

BEIDOU азаматтық пайдаланушылар үшін 2-5 метрге дейін және қосымша

қызметтерді қолдана отырып, кәсіби қосымшалар үшін сантиметрге дейін жететін жоғары дәлдікті ұсынады.

BEIDOU Қытайда белсенді қолданылады және халықаралық деңгейде таратылады. Жүйе көлікте, ауыл шаруашылығында, геодезияда, ресурстарды басқаруда және басқа салаларда қолданылады.

Жүйелерді салыстыру. Енді төрт негізгі жүйенің салыстырмалы аспектілері:

GPS азаматтық пайдаланушылар үшін 1-3 метр дәлдікті қамтамасыз етеді. Waas/EGNOS / SBAS пайдалану дәлдікті 1 метрге дейін жақсартады.

ГЛОНАСС дәлдігі 2-5 метр, бірақ дифференциалды жүйелердің арқасында жақсарту мүмкіндігі бар.

Galileo ашық қызмет үшін шамамен 1 метр дәлдікті және ақылы қызметтер үшін одан да жоғары дәлдікті қамтамасыз етеді.

BEIDOU 2-5 метрлік дәлдік, қосымша қызметтерді қолдана отырып, кәсіби пайдаланушылар үшін сантиметрге дейін жақсартылған.

GPS орташа жер орбитасындағы 24 спутник.

ГЛОНАСС орташа жер орбитасындағы 24 спутник.

Galileo 24 жедел спутник және орташа жер орбитасындағы 6 резервтік.

BEIDOU MEO, GEO және IGSO орбиталарында 35 спутник.



3.5-сурет – Орбиталық топтастыру
BDS

- GPS: L1, L2, L5 жиіліктерін пайдаланады.
- ГЛОНАСС: L1, L2, L3 жиіліктерін қолданады.
- Galileo: E1, E5a, E5b, E6 жиіліктерін пайдаланады.
- BEIDOU : B1, B2, B3 жиіліктерін пайдаланады.

Қолдану. Барлық төрт жүйе навигацияда, көлікте, ауыл шаруашылығында, геодезияда және басқа салаларда белсенді қолданылады, бірақ әр жүйенің аймақ пен қолдану ерекшеліктеріне байланысты жүйені таңдауға әсер ететін өзіндік ерекшеліктері мен артықшылықтары бар.

Спутниктердің орбиталық конфигурациясы: BDS бес геостационарлық спутниктен (экватордың үстіндегі тұрақты орбитада), Жерорта теңізі орбитасында 27 спутниктен және көлбеу геосинхронды орбитада үш спутниктен тұрады. Бұл бүкіл жер бетін біркелкі жабуды қамтамасыз етеді.

Координаттар жүйесі. BEIDOU Қытайдың 2000 геодезиялық координаттар жүйесін (CGCS2000) пайдаланады, ол жалпы геоцентрлік координаттар жүйесі болып табылады. Бұл жер бетіндегі объектілердің орналасуын жоғары дәлдікпен анықтауға мүмкіндік береді.

V1 және V2 сигналдары бір-бірінен фазалық квадратурада орналасқан I және Q арналарының қосындысын білдіреді. Сигнал мыналардан тұрады тасымалдаушы жиіліктен, қашықтықты өлшеу кодынан және навигациялық хабарламадан.

V1 және V2 сигналдары келесідей көрсетіледі:

$$\begin{aligned} (S_{p1}(I)) : [S_{p1}(I) = A_0 \sin(2\pi f_c I + \varphi_{c0}) \\ + A_1 + A_2 + B_0 + C_0 \sin(4\pi f_c I + \varphi_{c0})] \end{aligned} \quad (3.39)$$

$$\begin{aligned} (S_{p2}(I)) : [S_{p2}(I), = A_3 \sin(6\pi f_c I + \varphi_{c3}) + B_3 \cos(6\pi f_c I + \varphi_{b3}), \\ - B_0 \cos(4\pi f_c I - \varphi' b0) - C_3 \cos(8\pi f_c I - 4\varphi' c3)] \end{aligned} \quad (3.40)$$

AV1I-V1I амплитудасы; AV2I-b2i амплитудасы; AV1Q-b1q амплитудасы; AV2Q-b2q амплитудасы; CB1I-b1i қашықтық коды; CB2I-b2i қашықтық коды; CB1Q-b1q қашықтық коды; CB2Q-қашықтық коды;

V2Q; DB1I-b1i қашықтық өлшеуіш кодын модуляциялайтын деректер; DB2I-деректер модуляциялаушы қашықтық өлшеуіш коды V2I; DB1Q-модуляциялаушы деректер b1q қашықтық өлшегіш коды;

- DB2Q-қашықтық өлшегіш кодты модуляциялайтын деректер V2Q; f1
- b1i тасымалдаушы жиілігі; f2
- b2i тасымалдаушы жиілігі; фV1I-бастапқы
- тасымалдаушы b1i фазасы; фV2I - тасымалдаушы бастапқы фазасы;
- фV1Q бастапқы тасымалдаушы V1Q фазасы;
- фV2Q тасымалдаушы V2Q бастапқы фазасы.

Берілетін сигнал "Quadrature Phase Shift Keying (QPSK)" квадратуралық фазалық манипуляция көмегімен модуляцияланады.

V1I және V2I тасымалдаушы жиіліктері когерентті болуы керек және бортта орнатылған жалпы анықтамалық жиілік көзінен қалыптасуы керек жер серігі. Номиналды сигнал жиілігі V1I = 1561,098 МГц, ал номиналды жиілігі V2I = 1207,140 МГц. Берілетін сигналдар ұшырайды квадратуралық фазалық модуляция. Айта кету керек, BDS жүйесінде тірек жиілігінің борттық көзі арасындағы жолдағы сигналдың кідірісі навигациялық хабарламаға енгізілген және дәлдікпен анықталмаған 0.5 наносекундтан аз. Сонымен қатар, V1 және сигналдар үшін кідірістердің айырмашылығы.

Уақыт жүйесі: BEIDOU жүйесіндегі уақыт халықаралық бірлік жүйесімен (SI) синхрондалған BEIDOU Navigation Satellite system Time (BDT) жүйесінен

есептеледі. Уақыт айырмашылықтарын өтеу үшін " leap second " қолданылады - дүниежүзілік үйлестірілген уақытқа (UTC) қосылатын қосымша секунд.

Сигнал сипаттамалары: B1 және B2 жиіліктеріндегі BEIDOU сигналдары I және Q арналарының қосындысын білдіреді, бұл олардың бір-бірінен фазалық квадратурада болуына мүмкіндік береді. Бұл позициялау мен навигацияның дәлдігі мен сенімділігін арттырады.

Навигациялық хабарлама: BEIDOU -дағы навигациялық хабарлама екі блокқа бөлінеді: D1 және D2. D1 спутниктік эфемеридтер, жүйелік альманах және спутниктік сағат параметрлері туралы ақпаратты қамтиды. D2 радионавигациялық өрістің тұтастығы және ионосфералық тор туралы ақпаратты қамтиды.

BDS уақыт жүйесі: BDT уақытты санау үшін халықаралық бірлік жүйесінде (SI) анықталған секундты және жинақтауды өтеу үшін "leap second" секіру секундын пайдаланады. BDT үшін бастапқы дәуір 00:00:00 2006 жылдың 1 қаңтарында дүниежүзілік үйлестірілген уақыт бойынша (UTC).

3.4 Сигналдарды кодтау және модуляциялау әдістерін салыстыру

Сигналдарды кодтау және модуляциялау әдістері әртүрлі байланыс жүйелерінде деректерді беруде маңызды рөл атқарады. Бұл тарауда кодтау мен модуляцияның негізгі әдістері, олардың артықшылықтары, кемшіліктері және қолдану салалары қарастырылады.

Сигналдарды кодтау әдістерінің бірі блокты кодтау. Блоктық кодтау үшін бекітілген деректер блоктарын пайдаланады. Мысал ретінде қателерді анықтау және түзету үшін деректерге қосымша биттерді қосатын Хэмминг кодын келтіруге болады.

Құбырларды кодтау деректерді дәйекті бөліктерге бөледі және оларды бір-біріне тәуелсіз кодтайды. Бұл деректер жылдамдығын жақсартуға мүмкіндік береді, бірақ қабылдау жағында күрделі өңдеуді қажет етеді.

Қайталанған кодтау беріліс сенімділігін арттыру үшін бір таңбаны бірнеше рет жіберуден тұрады. Дегенмен, бұл берілетін деректер көлемін арттырады.

Сигналдарды модуляциялау әдістері:

Амплитудалық модуляция (AM). Амплитудалық модуляция ақпаратқа байланысты сигнал амплитудасын өзгертеді. Оны жүзеге асыру оңай, бірақ шу мен бұрмалануға бейім.

Жиілікті модуляциялау (FM). Жиілік модуляциясы ақпаратқа байланысты сигнал жиілігін өзгертеді. Ол шуылға төзімді, бірақ кеңірек жиілік диапазонын қажет етеді.

Фазалық модуляция (PM). Фазалық модуляция ақпаратқа байланысты сигнал фазасын өзгертеді. Ол жақсы кедергіге ие, бірақ дәл синхрондауды қажет етеді.

Әдістерді салыстырмалы талдау. Деректерді беру тиімділігі. Кодтау және

модуляциялау әдістері әр түрлі шу мен бұрмалану жағдайында әр түрлі тиімділікке ие. Блоктық кодтау шудың жақсы қауіпсіздігін қамтамасыз етеді, бірақ берілетін деректердің көлемін арттырады. Құбырларды кодтау деректерді беру жылдамдығын жақсартуға мүмкіндік береді, бірақ қабылдау жағында күрделі өңдеуді қажет етеді. Қайталаумен кодтау тек іске асыруда, бірақ берілетін деректер көлемін едәуір арттыра алады.

Спектрлік тиімділік. Амплитудалық модуляция кеңірек жиілік диапазонын пайдалану қажеттілігіне байланысты төмен спектрлік тиімділікке ие. Жиілікті модуляциялау жоғары спектрлік тиімділікке ие, бірақ күрделі өңдеуді қажет етеді. Фазалық модуляция жақсы спектрлік тиімділік пен шуға төзімділікті қамтамасыз етеді.

Жүргізілген талдауға сүйене отырып, кодтау және модуляция әдісін таңдау байланыс жүйесіне қойылатын нақты талаптарға байланысты деген қорытынды жасауға болады. Блокты кодтау және қайталанатын кодтау шу деңгейі жоғары жағдайларға сәйкес келеді, ал құбырларды кодтау деректерді берудің жоғары жылдамдығын қамтамасыз етеді. Өз кезегінде, амплитудалық, жиілік және фазалық модуляциялар жұмыс жағдайына байланысты әртүрлі артықшылықтар мен кемшіліктерге ие.

ҚОРЫТЫНДЫ

Спутниктік навигациялық жүйелер қазіргі әлем үшін үлкен маңызға ие маңызды технологиялық серпіліс болып табылады. Олардың даму тарихы, алғашқы эксперименттерден бастап қазіргі жетістіктерге дейін, адамзаттың орналасу және навигация тәсілдерін жақсартуға және жеңілдетуге деген ұмтылысын көрсетеді. Спутниктік навигациялық жүйелер авиация мен навигациядан бастап күнделікті гаджеттерде қолдануға дейінгі әртүрлі салаларға әсер етіп, күнделікті өмірдің ажырамас бөлігіне айналды.

Спутниктік навигациядағы заманауи жетістіктер координаттарды анықтаудың жоғары дәлдігі мен сенімділігін көрсетеді, бұл техникалық жетілдірулер мен инновациялардың нәтижесі. GPS, ГЛОНАСС, Galileo және BEIDOU сияқты жаһандық навигациялық спутниктік жүйелер жер шарының кез келген жерінде орналасу стандартына айналды.

Спутниктік навигациялық жүйелерді салыстырмалы талдау олардың ерекшеліктері мен айырмашылықтарын анықтауға мүмкіндік береді. Орбитаның сипаттамалары мен параметрлері, координаттарды анықтаудың дәлдігі мен сенімділігі, сигналдарды кодтау және модуляциялау әдістері Әр жүйенің тиімділігі мен қолданылуын анықтауда маңызды рөл атқарады

Жаһандық GPS навигациялық спутниктік жүйесі бірінші болып әлемдік қамтуды және координаттарды анықтаудың жоғары дәлдігін қамтамасыз етті. КСРО-да жасалған ГЛОНАСС GPS-ке балама ұсынады және Ресей мен ТМД елдері үшін негізгі жүйе болып табылады. Еуропалық одақ құрған Galileo спутниктік навигация саласындағы тәуелсіздікті қамтамасыз етеді. Қытай әзірлеген BEIDOU да жоғары дәлдік пен қамтуға ие.

Салыстырмалы талдауға сүйене отырып, спутниктік навигациялық жүйелердің әрқайсысының өзіндік ерекшеліктері мен артықшылықтары бар, бұл нақты қажеттіліктерге байланысты ең қолайлы жүйені таңдауға мүмкіндік береді деген қорытынды жасауға болады. Алайда, бұл жүйелердің дамуы мен жетілдірілуі тоқтамайды және спутниктік навигацияның болашағы кез-келген жағдайда орналасу мен навигацияның дәл және сенімді шешімдерін уәде етеді.

Қорытындылай келе, спутниктік навигациялық жүйелердің өнертабысы мен дамуы планетаның кез келген жерінде координаттарды анықтаудың жоғары дәлдігі мен сенімділігін қамтамасыз ете отырып, қазіргі әлемде шешуші рөл атқаратынын атап өтуге болады. Алғашқы эксперименттерден қазіргі жетістіктерге дейінгі спутниктік навигациялық жүйелердің даму тарихы адамзаттың орналасу және навигация тәсілдерін жақсартуға деген тұрақты ұмтылысын көрсетеді.

Спутниктік навигациядағы заманауи жетістіктер координаттарды анықтаудың жоғары дәлдігі мен сенімділігін растайды, бұл осы саладағы техникалық жетілдірулер мен инновациялардың арқасында мүмкін болды. GPS, ГЛОНАСС, Galileo және BEIDOU сияқты жаһандық навигациялық спутниктік жүйелер әртүрлі салалар мен күнделікті өмірде навигациялық қолдау көрсететін

заманауи технологиялық инфрақұрылымның ажырамас бөлігіне айналды.

Спутниктік навигациялық жүйелерді салыстырмалы талдау олардың ерекшеліктері мен айырмашылықтарын анықтауға мүмкіндік береді, бұл нақты қажеттіліктерге байланысты ең қолайлы жүйені таңдауға көмектеседі. Орбитаның сипаттамалары мен параметрлері, координаттарды анықтаудың дәлдігі мен сенімділігі, сигналдарды кодтау және модуляциялау әдістері Әр жүйенің тиімділігі мен қолданылуын анықтауда маңызды рөл атқарады.

Қорытындылай келе, спутниктік навигациялық жүйелердің дамуы жалғасуда және технологияның осы саласының болашағы әртүрлі жағдайларда орналасу мен навигация үшін одан да дәл және сенімді шешімдерді уәде етеді. Дегенмен, барлық адамдардың игілігі үшін спутниктік навигацияны одан әрі жетілдіруді және таратуды қамтамасыз ету үшін осы саладағы зерттеулер мен инновацияларды жалғастыру маңызды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Спутник «Explorer-1» Электронная версия: <https://history.wikireading.ru/80560>
2. Хофман-Велленхоф, Б., Лихтенеггер, Х., Және Васл, Э. (2008). GNSS-Ғаламдық Навигациялық Спутниктік
3. Global Positioning Systems, Inertial Navigation, and Integration. Mohinder S. Grewal, Lawrence R. Weill, Angus P. Andrews. John Wiley & Sons, 2001.
4. ГЛОНАСС сигналдарына арналған интерфейсті бақылау құжаты L1 диапазонындағы кодты бөлумен, 1.0 редакциясы, 2016 ж.
5. Коваленко, И. В. (2016). Глобальная система позиционирования: принцип работы и методы применения. Ростов-на-Дону: Феникс.
6. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования /Подред.А.И.Перова,В.Н.Харисова.М.:Радиотехника.2014. 300с.
7. Teunissen, P. J. G., & Montenbruck, O. (2017). Springer Handbook of Global Navigation Satellite Systems. Springer.
8. Цудзи, Т.Және Петровский, И. (2010). Сандық Спутниктік Навигация және Геофизика: Практикалық Нұсқаулық. Кембридж Университетінің Баспасы.
9. European GNSS (Galileo) Open Service, Signal-In-Space, Operational Status Definition, Navigation Solutions Powered By Europe, Union 2015.
10. <https://www.iss-reshetnev.ru/> - академик М. ф. Решетнев атындағы "Ақпараттық спутниктік жүйелер" АҚ веб-сайты".
11. Глобальная Навигационная Спутниковая Система ГЛОНАСС. Интерфейсно контрольный документ Навигационный радиосигнал в диапазонах L1, L2 (редакция 5.1) М., 2008
12. ГЛОНАСС интерфейсті бақылау құжаты, Редакция 5.1, 2008.
13. Гришин, М. И. (2008). Спутниковые навигационные системы. GPS, ГЛОНАСС, Galileo, BEIDOU . М.: Радио и связь.
14. Seeber, G. (2003). Satellite Geodesy: Foundations, Methods, and Applications. Walter de Gruyter
15. . BEIDOU Navigation Satellite System Signal In Space Interface Control Document Open Service Signal (Version 2.0) China Satellite Navigation Office December 2013.
16. Лебедев, В. П. (2012). Жаһандық навигация жүйесі және оны қолдану. Томск: ТПУ.
17. Васильев, А. А. (2012). Технологии и методы спутниковой навигации. М.: Горячая линия-Телеком.
18. Ступак Г. Г., Лысенко Л. Н., Бетанов В. В., Звягин Ф. В., Райкунов К. Г. Состояние и перспективы совершенствования орбитальных структур навигационных спутниковых систем // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия «Приборостроение». 2014. №1 (94). URL

19. Сетевые спутниковые радионавигационные системы. В. С. Шебшаевич, П.П. Дмитриев, Н.В. Иванцевич и др.; Под ред. В. С. Шебшаевича. - 2-е изд., перераб. И доп. - М.: Радио и связь, 1993. - 408 с.: ил.

20. Global Positioning Systems, Inertial Navigation, and Integration. Mohinder S. Grewal, Lawrence R. Weill, Angus P. Andrews. John Wiley & Sons, 2001.

СЫН – ПІКІР

Утовлинова Мөлдір Серікқызы

6В06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Тақырыбы: «Заттар интернетін пайдалану арқылы ауаның ластануы мен дыбысты бақылау жүйесін зерттеу»

- а) графикалық бөлім 8 парақ;
б) түсіндірме жазбасы 55 бет.

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ ЖАСАУ

Утовлинова Мөлдірдің дипломдық жұмысы спутниктік навигациялық жүйелерді салыстырмалы талдауға арналған және қазіргі заманғы контексте өзекті әрі маңызды болып табылады.

Жұмыс жақсы құрылымдалған және кіріспе, үш негізгі бөлім, қорытынды және пайдаланылған әдебиеттер тізімінен тұрады. Кіріспеде зерттеудің мақсаты мен міндеттері айқын көрсетілген. Бірінші бөлімде спутниктік жүйелердің тарихы мен дамуы қамтылған, екінші бөлімде GPS, ГЛОНАСС, Galileo және BeiDou ғаламдық жүйелері талданған, үшінші бөлімде олардың салыстырмалы талдауы жүргізілген.

Жұмыс спутниктік навигациялық жүйелер туралы білімді жүйелейді және әртүрлі жағдайларда оңтайлы жүйені таңдауға практикалық маңызға ие.

Жұмыстың артықшылықтары терең талдау, материалдың көрнекілігі және мазмұнның логикалылығын қамтиды. Кемшіліктеріне жүйелердің даму перспективаларына қатысты егжей-тегжейлі талдау қажеттілігі және шамалы стильдік қателіктерді жатқызуға болады.

Жалпы, жұмыс жоғары деңгейде орындалған және "өте жақсы" деген бағаға лайық. Автор терең білімін және оларды практикада қолдана білуін көрсетті.

Жұмыс бағасы

Жалпы, дипломдық жұмыс «98/А/өте жақсы» деген бағаға, ал Утовлинова Мөлдір Серікқызы 6В06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы бойынша техника және технологиялар «бакалавры» академиялық дәрежесіне ұсынылады.

Сын – пікір беруші
Халықаралық IT университеті
т.ғ.к., факультет деканы
Сейлова Н.А.
(қолы)
«30» 05 2024 ж.

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

Дипломдық жұмыс

Утовлинов Мөлдір Серікқызы

6В06201 – Телекоммуникация

Тақырыбы: «Жерсеріктік навигациялық жүйелерді салыстырмалы талдау»

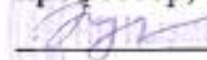
Утовлинова Мөлдір Серікқызының дипломдық жұмысы өзекті тақырыпты қамтиды. Жұмыс жерсеріктік навигациялық жүйелердің аспектілерін зерттеп, олардың артықшылықтары мен кемшіліктерін салыстырады. Жұмыстың құрылымы жүйелі және логикалық түрде ұйымдастырылған. Кіріспеде зерттеу тақырыбының өзектілігі мен мақсаты анық көрсетілген. Негізгі бөлімде GPS, GLONASS, Galileo және BeiDou жүйелерінің техникалық сипаттамалары мен жұмыс принциптері талданған.

Салыстырмалы талдау бөлімінде әр жүйенің артықшылықтары мен кемшіліктері нақты мысалдармен келтірілген. Қорытынды бөлімде зерттеу нәтижелері жинақталып, автор жерсеріктік навигациялық жүйелердің болашақтағы даму бағыттары туралы пікір білдірген. Жұмыстың ғылыми және практикалық маңыздылығы жоғары. Автордың зерттеу әдістері мен нәтижелері ғылыми жаңашылдығымен ерекшеленеді. Утовлинова Мөлдір Серікқызының дипломдық жұмысы жоғары деңгейде орындалған деп есептеймін. Жұмыс өз мақсатына жеткен және зерттеушілерге пайдалы ақпарат көзі бола алады.

Жалпы, дипломдық жұмыс «98/А/өте жақсы» деген бағаға, ал Утовлинова Мөлдір Серікқызы 6В06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы бойынша техника және технологиялар «бакалавры» академиялық дәрежесіне ұсынылады.

Ғылыми жетекші

ЭТЖҒТ каф. қауымдастырылған
профессор, ф-м.ғ.к.

 К. Х Жунусов

« 30 » 06 2024 ж.

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

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

Автор: Утовлинова Мәлдір Серікқызы

Тақырыбы: Жерсеріктік навигациялық жүйелерді салыстырмалы талдау

Жетекшісі: Канат Жунусов

1-ұқсастық коэффициенті (30): 5.3

2-ұқсастық коэффициенті (5): 2.1

Дәйексөз (35): 0.2

Әріптерді ауыстыру: 10

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 9

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 жіберілісін.

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

Негіздеме:

90.05.2024
Күні

Кафедра меңгерушісі



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Утовлинова Мәлдір Серікқызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Жерсеріктік навигациялық жүйелерді салыстырмалы талдау

Научный руководитель: Канат Жунусов

Коэффициент Подобия 1: 5.3

Коэффициент Подобия 2: 2.1

Микропробелы: 9

Знаки из других алфавитов: 10

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:

30.05.2024
Дата

Заведующий кафедрой



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Утовлинова Мөлдiр Серiккызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Жерсерiктiк навигациялык жүйелердi салыстырмалы талдау

Научный руководитель: Канат Жунусов

Коэффициент Подобия 1: 5.3

Коэффициент Подобия 2: 2.1

Микропробелы: 9

Знаки из других алфавитов: 10

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:

30.05.2024.
Дата

 Нарман С
проверяющий эксперт