

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Сыбанқұл Самғат Азатұлы

«Радиолокациялық суреттер арқылы су бетіндегі мұнай дақтарын анықтау»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5B074600 – Ғарыш техникасы және технологиялары

Алматы 2022 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ
МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

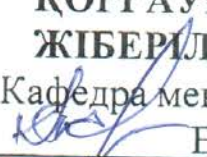
Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар

кафедрасы

**ҚОРҒАУҒА
ЖІБЕРІЛДІ**

Кафедра меңгерушісі

 Е. Таштай

«28» 05 2022 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Радиолокациялық суреттер арқылы су бетіндегі мұнай
дақтарын анықтау»

5B074600 – «Ғарыштық техника және технология» мамандығы

Орындаған:



Сыбанқұл С.А.

Пікір беруші

М.Әуезов атындағы

Оңтүстік Қазақстан университетінің

профессоры, т.ғ. докторы

 Есмағамбетов Б.С.

«28» 05 2022 ж.

Ғылыми жетекші

ЭТЖҒТ кафедра лекторы, т.ғ.м.

 Боранбаева А.Т.

«27» 05 2022 ж.

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

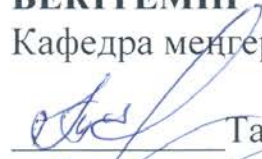
Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыш технологиялар кафедрасы

5B074600 – Ғарыштық техника және технология

БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі


Гаштай Е.
«30» 05 2022ж

**Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Сыбанқұл Самғат Азатұлы

Тақырыбы «Радиолокациялық суреттер арқылы су бетіндегі мұнай дақтарын анықтау»

Университет ректорының “24” желтоқсан 2021 жылы № 489-П/Ө бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жобаны тапсыру мерізімі «30» 04 2022 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері:

- 1) Ғарыштық радиолокаторлардың жұмысына шолу жасау.
- 2) Микротолқынды энергияның кері шашырауына негізделген Synthetic-aperture radar (SAR) кескіндері арқылы мұнай төгілуін анықтау үшін қолданылатын механизм мен параметрлерге қарастру.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

- а) Микротолқынды қашықтықтан зондтау әдістерін қолдана отырып, су бетіндегі мұнайдың төгілуінің ластануын анықтау.
- б) Мұнайдың төгілуіне анықтау үшін жерсеріктік қашықтықтан зондтауды қолданудағы маңызды қадамдар.
- в) Төгілген мұнайды анықтау үшін негізделген Synthetic-aperture radar (SAR) (SAR) сенсорларын талдау
- г) Жартылай автоматтандырылған өңдеу арқылы мұнай төгілуін ғарыштан бақылайтын SAR кескініне талдау жүргізу

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс) :

Сызбалық материалдар 12 слайдпен көрсетілсін






Дипломдық жұмысты дайындау

КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерізімі	Ескерту
Ғарыштық радиолокаторлардың жұмысына шолу жасау.	24.01.2022	Орындалды
Микротолқынды энергияның кері шашырауына негізделген Synthetic-aperture radar (SAR) кескіндері анықтау параметрлерды қарастру	29.02.2022	Орындалды
Микротолқынды қашықтықтан зондтау әдістерін қолдану	30.03.2022	Орындалды
Жартылай автоматтандырылған өңдеу арқылы SAR кескініне талдау жүргізу	15.05.2022	Орындалды

Қолтаңбалар

аяқталған дипломдық жұмысқа (жобаға) консультанттар мен нормобақылау, оларға қатысты жұмыстың (жобаның) бөлімдері көрсетіле отырып

Бөлімдер	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Ғарыштық радиолокаторлардың жұмысына шолу жасау.	Боранбаева Анаргуль ЭТЖҒТ каф.лекторы, т.ғ.м.	27.05.22	
Микротолқынды энергияның кері шашырауына негізделген Synthetic-aperture radar (SAR) кескіндері анықтау параметрлерды қарастру	Боранбаева Анаргуль ЭТЖҒТ каф.лекторы, т.ғ.м.	27.05.22	
Микротолқынды қашықтықтан зондтау әдістерін қолдану	Боранбаева Анаргуль ЭТЖҒТ каф.лекторы, т.ғ.м.	27.05.22	
Жартылай автоматтандырылған өңдеу арқылы SAR кескініне талдау жүргізу	Боранбаева Анаргуль ЭТЖҒТ каф.лекторы, т.ғ.м.	27.05.22	
Норма бақылаушы	Ибекеев Серикбек ЭТЖҒТ каф.лекторы, т.ғ.м.	24.05.2022	

ЭТЖҒТ каф.лекторы, т.ғ.м.

 Боранбаева А.Т.
(қолы)

Тапсырманы орындауға алған білім алушы

 Сыбанкүл С.А.
(қолы)

«28» 12 2021 ж.

АНДАТПА

Дипломдық жұмыста микротолқынды қашықтықтан зондтау әдістерін пайдалана отырып су бетінің мұнайдан ластануын анықтау әдістерімен түрлеріне шолу жасалды. Мұнайдың төгілуін анықтауда қолданылатын радиолокациялық апертураның синтезі (РЛАС) әдісінің механизімі мен параметрлерін анықтап, оның математикалық моделі құрылды.

RADAR SAT-2 ден РЛАС арқылы алынған суреттерді жіктеуі принципі қарастырылып мұнайдың төгілу жағдайын анықтайтын суретерге талдау жасалынды.

АННОТАЦИЯ

В дипломной работе проведен обзор методов определения загрязнения водной поверхности нефтью с использованием методов микроволнового дистанционного зондирования. Определив механизм и параметры метода радар с синтезированной апертурой (РСА), используемого при определении разлива нефти, была создана его математическая модель.

Рассмотрен принцип классификации изображений, полученных с RADAR SAT-2 методом РСА и проведен анализ изображений для определения состояния разливов нефти.

ANNOTATION

In the thesis, a review of methods for determining the pollution of the water surface with oil using methods of microwave remote sensing was carried out. Having determined the mechanism and parameters of the synthetic aperture radar (SAR) method used in oil spill detection, its mathematical model was created.

The principle of classification of images obtained with RADAR SAT-2 by the SAR method is considered, and image analysis is carried out to determine the state of oil spills.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Ғарыштан бақыланатын радиолокаторлардың жұмысына шолу жасау	10
1.1 Радиолокация	10
1.2 Радиолокациялық толқындардың классификациясы	11
1.3 Радиолокациялық толқындардың әрекет принципі	12
1.4 Жердің РЛС диапазонына әсері	15
1.5 Радиолокациялық деректердің артықшылығы	17
1.6 Радиолокациялық апертураның синтезі Synthetic-aperture radar (SAR	18
1.7 Микротолқынды қашықтықтан зондтау әдістерін пайдалана отырып су бетінде мұнайдан ластануын анықтау әдістері	20
1.8 Спутниктік деректерді қолдана отырып теңіздің жағалауындағы өзен және ағынды сулардың беткі белгілерін	21
2 Радиолокациялық апертураның синтезі негізінде мұнай төгілуін анықтаудың негізгі технологиясы	23
2.1 Мұнай төгілуін анықтаудың басты қиындықтары	23
2.2 Радиолокациялық апертураның синтезі	25
2.3 Радиолокациялық апертура синтезінің теңіз бетін камераға түсіру технологиясы	26
3 Радиолокация арқылы су бетіндегі мұнай дақтарын анықтау әдістерінің математикалық моделін құру	31
3.1 РЛАС поляриметриялық әдісімен су бетіндегі мұнай дақтарыны анықтау	31
3.2 Цифрлық өңдеуді жақсарту үшін қолданылатын негізгі әдістер	36
4 Радиолокациялық апертураның синтезі негізінде теңіз мұхитарға мұнай төгілу деректерін суретке түсіру	38
4.1 Мұнай төгілу деректерін суретке түсіру	38
4.2 Синтезделген апертурасы бар радардың суреттерді жіктеуі принципі	40
Қорытынды	
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	

КІРСІПЕ

Жұмыстың өзектілігі мұнайдың төгілуімен ластануы әртүрлі су беттерінің экожүйелеріне айтарлықтай қауіп төндіреді[1], сондықтан су беттерінің мұнай төгілуін бақылау және анықтау үшін көптеген зерттеулер мен ресурстар қолданылады[2-3]. Әр түрлі зерттеулер спутниктер арқылы мұнайдың төгілуін анықтау үшін радиолокациялық апертураның синтезі бар радиолокациялық кескіндердің маңыздылығын көрсетті[4-5]. Бұл сенсорлар кең аумақтарды сканерлей алады, бұлттарға әсер етпейді және күн сәулесіне тәуелді емес, сондықтан олар түнде, жауынды туманда да жұмыс жасай береді. Сондықтан дипломдық жұмыстағы негізгі міндеттер микротолқынды қашықтықтан зондтау әдістерін пайдалана отырып су бетінің мұнайдан ластануын анықтау әдістерімен түрлеріне және мұнай төгілуін анықтаудың басты қиындықтарына талдау жасау. Микротолқынды энергияның кері шашырауына негізделген немесе радиолокациялық апертураның синтезі РЛАС – Synthetic-aperture radar (SAR) кескіндері арқылы мұнайдың төгілуін анықтауда қолданылатын механизм мен параметрлерді анықтап математикалық моделін құру. Мұнайдың төгілуі бар РЛАС кескініне сараптама жасап, кескінді өңдеуге және онда анықталған мұнайдың төгілуінің түпкілікті кескінін жасау. Алынған нәтижелерді осы саладағы қосымша зерттеулер үшін пайдалану.

Мұнайдың төгілуі көбінесе эксплуатациялық себептермен және кездейсоқ себептерден немесе кейбір жағдайларда мұнай танкерлерінен заңсыз төгілуі салдарынан болады[6]. Бұл дипломдық жұмыстың мақсаты микротолқынды энергияны, радиолокациялық апертураның синтезін пайдалана отырып су бетінде мұнайдың төгілуін анықтауды зерттеу болып табылады.

Радиолокация арқылы су бетіндегі мұнай дақтарын анықтау әдістерінің математикалық моделі құрылып цифрлық өңдеуді жақсарту үшін қолданылатын негізгі әдістер қарастырылды. Мұнайдың ластануын бақылаудың ең тиімді құралы - беттің кедір-бұдырының (толқындарының) ауытқуын тіркейтін радиолокациялық зондтауда жартылай автоматтандырылған радиолокациялық апертураның синтезін қолдана отырып алынған RADAR SAT-2 үш түрлі мұнай төгілу жағдайына сәйкес келетін үш түрлі мәліметтерге анықтама жасалынды.

1 ҒАРЫШТАН БАҚЫЛАНАТЫН РАДИОЛОКАТОРЛАРДЫҢ ЖҰМЫСЫНА ШОЛУ ЖАСАУ

1.1 Радиолокация

Радиолокация – радиотолқындардың көмегімен зондтау (координаттарды анықтау және өлшеу) және түрлі объектілердің қасиеттерін анықтау әдістері мен құралдарын біріктіретін ғылым мен техника саласы. Жақын және бір-біріне сәйкес келетін термин радионавигация болып табылады, алайда радионавигацияда координаттары өлшенетін объект белсенді рөл атқарады, көбінесе бұл табиғи координаталардың анықтамасы. Радиолокацияның негізгі техникалық құрылымы радиолокациялық станция (РЛС)[2].

Белсенді, жартылай белсенді, белсенді пассивті жауап және пассивті радар бар. Радиолокаторлар радиотолқындардың пайдаланылатын диапазонында, зондтау сигналының түрі, қолданылатын арналардың саны, өлшенетін координаттардың саны мен түрі, РЛС орнату орны бойынша ерекшеленеді.

- Әрекет аймағы – РЛЖ өз жұмысын атқаратын аймақ.Әдетте бұл ең үлкен әрекет ету аралығы.

- Өлшенетін координаттар және оларды өлшеу дәлдігі РЛЖ тағайындауы бойынша анықталады,бір, екі және үш координатты РЛЖ бар. Координаталарды өлшеу қателіктері РЛЖ пайдалану мүмкіндіктерін шектейді. Әдетте дәлдіктің жоғарылауы жүйенің құрылымындағы күрделілікке әкеледі[2].

- Рұқсат беруші (разрешающая) мүмкіндігін бірнеше мақсатты бақылау және олардың параметрлерін өлшеу сипаттайды. Олар қашықтық бойынша, бағыт бойынша және жылдамдық бойынша қарастырылады. Қашықтығы бойынша да, бағыты бойынша да рұқсат етілмейтін мақсаттар радиолокатор мақсатымен сәйкес бір мақсат болып есептеледі.

- Шудан қорғанудың негізі РЛЖ кедергілерге ұшыраған кезде өз функцияларын орындауын қамтамасыз етеді.

- Өткізу қабілеті ағынының тығыздығымен анықталады.

- Жайылу уақыты-РЛЖ-ны жұмыс жағдайына келтіру уақытына тең.

- Сенімділік РЛЖ істен шығу ықтималдығымен немесе жұмыс уақытының ұзақтығымен анықталады.

Тактикалық сипаттамалар техникалық РЛЖ мінездемесімен анықталады: кеңістікті шолу тәсілімен; антеннаның бағыт диаграммасының пішінімен және енімен; дыбыс сигналдарының модуляциялау түрі; қабылдағыштағы сигналдардың өңдеу әдісі; координаталарды өлшеу әдісімен; тасымалдаушы РЛЖ-да ақпарат алу радиолокациялық станциялардың немесе радиолокаторлардың көмегімен кейбір кеңістік бөліктерін бақылауға арналған. Бақыланатын нысандарды радиолокациялық мақсат ретінде де қарастырады.

Типтік мақсаттарға ұшақтар, зымырандар, қайықтар, жердегі инженерлік құрылыстар және т. б. Жатқызамыз[5].

Радиолокациядағы ақпараттық параметрлерге:

- Радиолокатор мен нысан аралығы;
- Объектінің бұрыштық координаты;
- Азимут – солтүстік бағыт пен нысанға бағыт арасындағы горизонталь жазықтықта өлшенген бұрыш;
- Бетта (орналасу бұрышы) – горизонталь жазықтықтағы көлбеу қашықтық векторы мен оның проекциясы арасындағы бұрыш;
- Объектінің қозғалыс жылдамдығының радиалды (радиолокаторға қатысты) құраушысы.

Радиолокациялық бақылау тапсырмасына кейде мақсаттарды анықтау да жатады.

Нысан биіктігі келесі формуламен анықталады[5]:

$$h = R \sin \beta \quad (1.1)$$

Жердің горизонталь бетіндегі нысан координатасы:

$$x = R \cos \beta \sin \alpha, \quad y = R \cos \beta \cos \alpha \quad (1.2)$$

1.2 Радиолокациялық толқындардың классификациясы

Радиолокацияның екі түрі бар: Пассивті радиолокация объектінің меншікті сәулеленуін қабылдауға негізделген, *Белсенді радиолокация кезінде радар өзінің зондтау сигналын шығарады және оны нысанадан шағылысады.* Қабылданған сигналдың параметрлеріне байланысты мақсаттың сипаттамалары анықталады[6].

Белсенді радиолокация екі түрлі: Пассивті жауаппен белсенді радиолокация, белсенді жауаппен-объектіде қабылданған сигналға жауап ретінде радио толқындарын шығаратын радио таратқыштың (жауапкердің) болуы болжанады. Белсенді жауап объектілерді (өзін-басқаны) қашықтықтан басқаруды тану үшін, сондай-ақ олардан қосымша ақпарат алу үшін (мысалы, отын мөлшері, объект типі және т. б.) қолданылады. Пассивті жауаппен-сұрау сигналы объекіден көрінеді және қабылдау пунктінде жауап ретінде қабылданады. Қоршаған кеңістікті көру үшін РЛС антеннасының бағытталған сәулесін жылжыту есебінен көрудің әртүрлі тәсілдерін пайдаланады.

Сәулелену түріне сәйкес РЛС бөлінеді:

- үздіксіз сәулелену РЛС;
- Импульсті РЛС

Радиотеплокацияда электрондардың жылу қозғалысынан туындаған объектілердің меншікті сәулеленуін қолданады.[6]

Берілген шуылға төзімділікті қамтамасыз ету үшін шешу қабілеті зондтау сигналының құрылымына ие модуляция әдісін құрамына алады. РЛЖ-да сигналдардың келесі түрлері қолданылады.

Үздіксіз (квази-үздіксіз):

- жылдамдық бойынша жоғары ажыратымдылық;
- қабылдау және беру жолдарының тарамдалуының қиындығын анықтау, таратқыш пен қабылдағыштың жеке антенналарының қажеттігі.

Қолдану саласы: Доплер өлшеу жүйелері және биіктік өлшегіш.

Импульсті:

- үлкен импульс күші;
- шуылға қарсы тұру;
- жоғары ажыратымдылық;
- бір антеннамен жұмыс жасау.

Қолдану саласы: шолу және координаталық типтегі РЛЖ.

Аралас және сызықты-жиілікті модуляцияланған сигналдары:

- ауқымы мен жылдамдығы бойынша жоғары ажыратымдылық;
- келісілген сүзгілерді пайдалану мүмкіндігі күшті кедергілер аясында сигналдарды бөле алады.

Қолдану саласы: ұзақ анықтау диапазоны бар РЛЖ.

Импульстердің реттілігі (бумасы):

- сақтау сүзгілері мен тар жолақты сүзгілер кедергілер аясында сигналдарды жоғалтпай сақтап тұрады.

Қолдану саласы: ұзақ анықтау диапазоны бар РЛС.

1.3 Радиолокациялық толқындардың әрекет принципі

Радиолокация келесі физикалық құбылыстарға негізделген: Радиотолқындар олардың таралу жолында кездесетін электрлік гетерогенділіктерге (таралу ортасының қасиеттерінен өзгеше басқа электрлік қасиеттері бар объектілер) таралады. Сонымен қатар, шағылысқан толқындар, сонымен қатар мақсаттың сәулеленуі мақсатты анықтауға мүмкіндік береді[6].

Сәулелену көзінен үлкен қашықтықта радиотолқындар түзу және тұрақты жылдамдықпен таралады деп болжауға болады, соның арқасында мақсаттың диапазоны мен бұрыштық координаттарын өлшеуге болады (осы ережелерден ауытқулар, тек алғашқы жақындауда ғана, радиотехниканың арнайы саласы — радио толқындарының таралуы зерттеледі. Радиолокацияда бұл ауытқулар өлшеу қателеріне әкеледі).

Қабылданған сигналдың жиілігі қабылдау және сәулелену нүктелерінің өзара қозғалысы кезінде (Доплер эффектісі) сәулеленетін тербелістердің жиілігінен ерекшеленеді, бұл РЛС-қа қатысты нысананың радиалды қозғалыс жылдамдығын өлшеуге мүмкіндік береді[6].

Пассивті радиолокация бақыланатын объектілермен электромагниттік толқындардың сәулеленуін қолданады, бұл барлық объектілерге тән жылу сәулеленуі, объектінің техникалық құралдары шығаратын белсенді сәулелену немесе жұмыс істейтін электр құрылғылары бар кез-келген объектілер шығаратын жанама сәулелену болуы мүмкін.

РЛС-ның үздіксіз сәулелену негізінен қозғалатын заттың радиалды жылдамдығын анықтау үшін қолданылады (Доплер эффектісін қолданады). Осы типтегі РЛС артықшылығы-арзан және пайдалану қарапайымдылығы, бірақ мұндай РЛС-да объектіге дейінгі қашықтықты өлшеу өте қиын. Ең көп таралған-қашықтықты өлшеудің фазалық әдісі [6]. Мысал: автомобильдің жылдамдығын анықтауға арналған қарапайым радар.

Импульсті радар әдісі. Импульсті радар әдісімен таратқыштар қысқа мерзімді импульстар түрінде тербелістер жасайды, содан кейін салыстырмалы түрде ұзақ үзілістер болады. Сонымен қатар, үзілістің ұзақтығы РЛС D_{max} ауқымына байланысты таңдалады[7].

$$T > \frac{2D_{max}}{c} \quad (1.2)$$

Импульсті РЛС таратушы құрылғысы энергияны үздіксіз емес, қысқа мерзімді, қатаң мезгіл-мезгіл қайталанатын импульстармен шығарады, олардың арасындағы үзілістерде сол РЛС қабылдау құрылғысы шағылысқан импульстарды қабылдайды. Осылайша, РЛС-ның импульстік жұмысы уақыт өте келе таратқыш шығаратын қуатты зондтау импульсін және әлдеқайда аз қуатты эхо сигналын бөлуге мүмкіндік береді. Мақсатқа дейінгі қашықтықты өлшеу импульстің сәулелену моменті мен қабылдау моменті арасындағы уақыт сегментін өлшеуге, яғни импульстің мақсатқа және артқа қозғалу уақытына дейін азаяды.

РЛС-ның әрекет ету қашықтығы: РЛС әрекетінің максималды ауқымы станцияның антенналық жүйесінен шығарылатын сигналдың қуаты және жүйе қабылдағышының сезімталдығы сияқты бірқатар параметрлер мен сипаттамаларға байланысты. Жалпы жағдайда, атмосферадағы қуаттың жоғалуын, шу мен шуды ескерместен, жүйенің ауқымын келесідей анықтауға болады:[7]

$$D_{max} = \sqrt[4]{\frac{P_n D_a S_a \sigma}{(4\pi)^2 P_{n.min}}}, \quad (1.3)$$

P_n – генератордың қуаты;

D_a – антеннаның бағытталған әрекетінің коэффициенті;

S_a – антеннаның тиімді ауданы;

σ – мақсаттың тиімді шашырау аймағы;

$P_{n.min}$ – қабылдағыштың минималды сезімталдығы.

Шу мен кедергі болған кезде РЛС диапазоны азаяды.

Бір жиілік диапазонындағы бірнеше РЛС жұмысы. Көптеген РЛС (мысалы, теңіз порттары) бір мезгілде пайдаланылатын бос емес учаскелерде жиілік диапазондарының сәйкес келуі ықтимал. Бұл РЛС сигналын басқа РЛС қабылдауға әкеледі. Нәтижесінде экранда геометриялық дұрыстығына байланысты таңқаларлық қосымша нүктелер пайда болады. Әсер басқа жұмыс жиілігіне көшу арқылы жойылуы мүмкін.[8]

РТЖ диапазоны - бұл берілген сапа сипаттамалары бар РТЖ жұмыс істеуін қамтамасыз ететін максималды қашықтық.

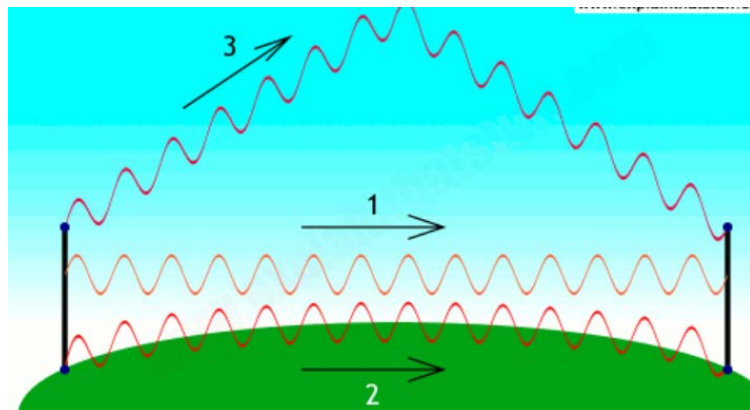
Жүйе шешетін міндеттерге байланысты, мысалы, бұл сипаттамалар қателіктердің ықтималдығы немесе координаттарды өлшеу дәлдігі болуы мүмкін.

РТЖ-тің бос кеңістіктегі ауқымын қарастырамыз.

Бос кеңістік дегеніміз қоршаған ортаны білдіреді:

- радиотолқындардың сөнуі жоқ (сіңірілуіне байланысты);
- радиотолқындардың көрінісі жоқ (көп сәулелі эффект жоқ).

- Бұл жағдайда R диапазоны тек РТЖ техникалық сипаттамасымен шектеледі (1.1 сурет).



G_1 ← антеннаның бағытталған әсер ету коэффициенті → G_2

S_1 ← антеннаның тиімді ауданы (апертура) → S_2

P_c ← таратқыштың қуаты / қабылдағыштың сезімталдығы → $P_{пр\ min}$

1.1 Сурет - РТЖ әрекет ету қашықтығы[1]

Изотропты (біркелкі сәуле шығаратын) антенна жағдайында қабылдау саңылауының нүктесінде пайда болатын Π_2 қуат ағынының тығыздығы.

$$\Pi_2 = \frac{P_c}{4\pi R^2} \quad (1.4)$$

Қабылдағыш антеннаға бағытталу диаграммасының максимумымен бағытталған антенна жағдайында:

$$\Pi_2 = \frac{P_c G_1}{4\pi R^2} \quad (1.5)$$

Қабылдау нүктесіндегі қуат $P_{np} = P_2 S_2$, мұнда $S_2 = G_2 \lambda^2 / 4\pi$, біз аламыз

$$P_{np} = \frac{P_c G_1 G_2 \lambda^2}{(4\pi)^2 R^2} \quad (1.6)$$

Бос кеңістікте қабылдағыштың сезімталдығы РТЖ диапазонын шектейді:

$$R_{maxCB} = \sqrt{\frac{P_c G_1 G_2 \lambda^2}{(4\pi)^2 P_{np min}}} \quad (1.7)$$

$P_c / P_{np min}$ шамасын жүйенің энергетикалық потенциалы деп атайды.

РЛС-ның бос кеңістіктегі әрекет ету ауқымы да мақсаттың белсенділігіне байланысты[3].

Бос сигналдардың пайда болуы: Радио сигналы массивті объектіден шағылысқан кезде одан әрі кішігірім нысандарға таралуы мүмкін, содан кейін шағылысады және РЛС-ға түседі. Осылайша, өткен жол сигнал үлкенірек болады және экранда іс жүзінде басқа жерде орналасқан объектінің қиял бейнесі пайда болады. Мұндай әсер көпірлер, гидротехникалық құрылыстар және ірі кемелер сияқты ірі шағылысатын объектілердің жанында болған кезде назарға алынуы тиіс.

РЛС бірнеше шағылысу: РЛС үлкен кемеді орналастырылған кезде сигналды бірнеше рет шағылыстыру әсері мүмкін. РЛС сигналы жақын объектіден көрінеді. Мұндай шағылысулар көп болуы мүмкін, әр шағылыстың амплитудасы азаяды және сигнал қабылдағыштың шекті сезімталдығына жеткенше қабылданады. Радар экранында бірнеше рет кішірейтілген Нысандар көрінеді. Олардың арасындағы қашықтық РЛС-дан объектіге дейінгі қашықтыққа пропорционал.

Атмосфераның әсері: Атмосфералық шығындар әсіресе сантиметр және миллиметр диапазонында үлкен және жаңбыр, қар және тұман, ал миллиметр диапазонында оттегі мен су буы пайда болады. Атмосфераның болуы радиотолқындардың таралу траекториясының қисаюына әкеледі (сыну құбылысы). Сыну сипаты биіктік өзгерген кезде атмосфераның сыну коэффициентінің өзгеруіне байланысты. Осыған байланысты радиотолқындардың таралу траекториясы жер бетіне қарай бүгіледі.

1.4 Жердің РЛС диапазонына әсері

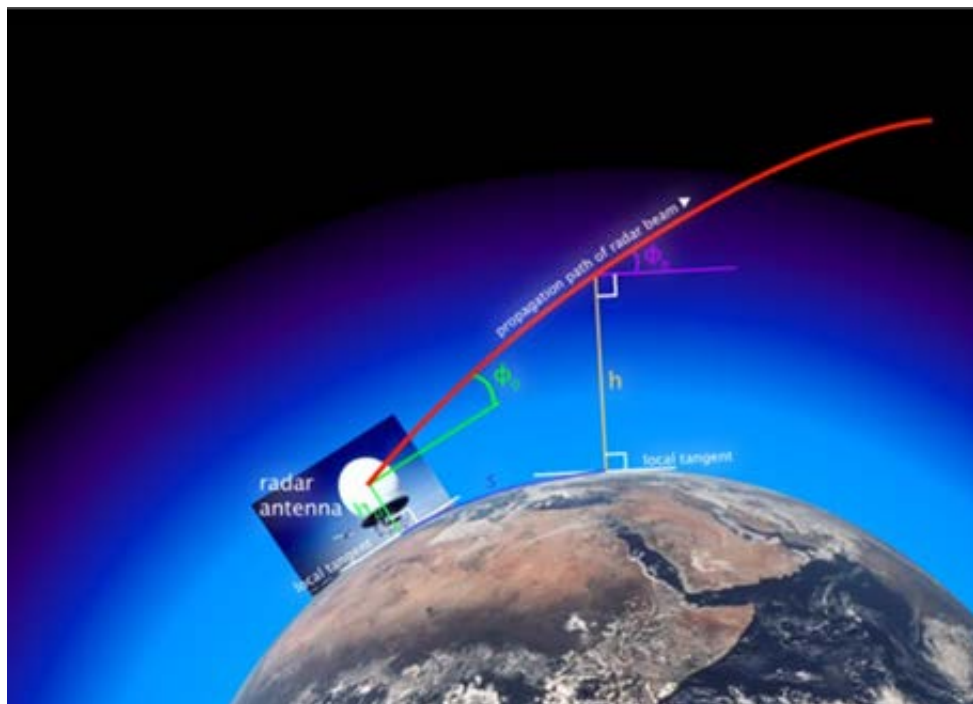
РЛС диапазонының радио толқындары тек көру шегінде ғана таралатындығына байланысты жер сферасының әсерін есепке алу үшін радиогоризонт ұғымы енгізіледі. Оның диапазоны h_1 , h_2 антенналарының биіктігін ескереді және формула бойынша анықталады[9].

$$R_{\max} = 4.12\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2} \quad (1.8)$$

Сонымен қатар, радиотолқындардың таралуына олардың жер бетінен шағылысуы әсер етеді. Жер бетін тегіс деп санауға болатын кедір-бұдырлықтың биіктігі δ , $\delta \leq \frac{\lambda}{16} \sin \psi$, мұндағы λ - сәулеленетін толқынның ұзындығы; ψ - толқынның түсу бұрышы.

Тікелей және шағылысқан толқындардың кернеулерінің айырмашылығы:

- антеннаның (түбінің) бағытталу диаграммасына байланысты;
- шағылысу кезіндегі толқынның амплитудасы мен фазасының өзгеруі;
- жүрістің геометриялық айырмашылығын бағалау.



1.2 сурет - Жер бетінен шағылысудың РТЖ диапазонына әсері[10]

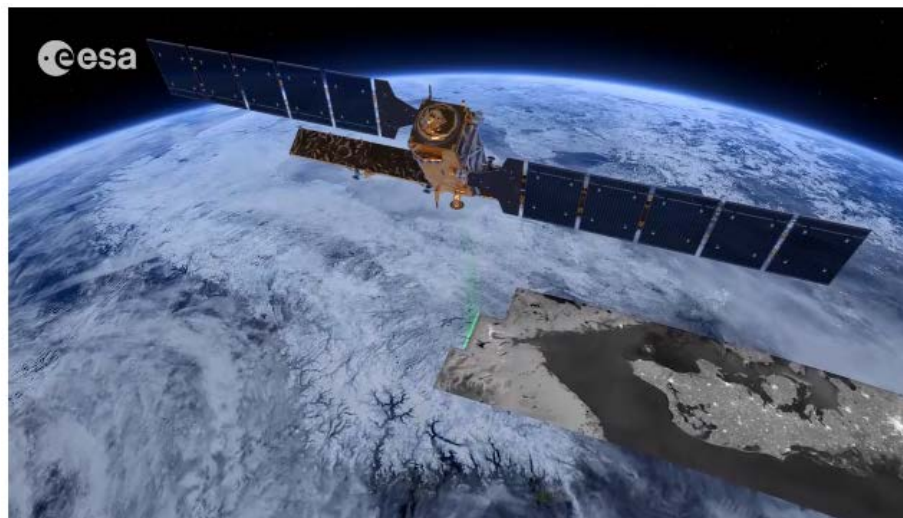
Түзу және шағылысқан толқындар фазаларының айырмасы формула бойынша анықталады $\Delta\varphi = 2\pi \frac{\Delta R}{\lambda}$, мұндағы $\Delta R = (R_1 + R_2) - R$ - тура және шағылысқан толқыннан өткен қашықтықтардың айырмасы. Қабылдау нүктесіндегі электр өрісінің кернеуі түзу және шағылысқан толқынның кернеулерінен тұрады: $E_u = E_1 + E_2 = E_1 + r_{omp} E_1 e^{j\gamma}$, мұндағы жерден шағылысу коэффициенті r_{omp} шағылысқан толқынның амплитудасы түзу толқынның амплитудасынан неше есе ерекшеленетінін көрсетеді, $\gamma = \varphi_{отр} + \Delta\varphi$. Интерференциялық көбейткіш енгізіледі[10]

$$F_0 = \left| \frac{E_{\text{ц}}}{E_1} \right| = |1 + r_{\text{отр}} \cos \gamma - jr_{\text{отр}} \cos \gamma| = \sqrt{(1 + r_{\text{отр}} \cos \gamma)^2 + r_{\text{отр}}^2 \cos^2 \gamma}.$$

$$r_{\text{отр}} = 1 \text{ кезінде, } \varphi_{\text{отр}} = \pi: F_0 = 2 \left| \sin \frac{\Delta \varphi}{2} \right| \text{ және } R_{\text{max}} = R_{\text{max CB}} F_0$$

1.5 Радиолокациялық деректердің артықшылығы

Жерді қашықтықтан зондтаудың радарлық әдістері соңғы бірнеше онжылдықта белсенді дамып келеді. Радиолокациялық түсірілім-белсенді түсірілім түрі, онда зондтау жүйесі радиотолқындық сәуле шығарады және жер бетімен шағылысқан кері сигналды қабылдайды. Радиолокациялық зондтау электромагниттік спектрдің басқа диапазондарындағы түсірілімге қарағанда бірнеше артықшылықтарға ие, ең бастысы-табиғи жарық болмаған кезде және бұлттылық арқылы жер бетінің суреттерін алу мүмкіндігі[11].



1.1 сурет - Sentinel-1 Жерді радиолокациялық зондтау ғарыш аппараты бұлтқа қарамастан түсіруді жүзеге асырады. Дереккөз-Еуропалық ғарыш агенттігі (ESA)[12]

Радиолокациялық түсірілім - толқын ұзындығының (жиіліктердің) белгілі бір диапазонында жер бетіне шағылысатын полярланған радио толқындарын шығаруға және қабылдауға қабілетті белсенді микротолқынды датчик немесе радиолокатор жүзеге асыратын аэроғарыштық түсірілім түрлері. Яғни, радиолокациялық суреттерде жарықтылық шағылысқан сәулеленудің мөлшерін кодтайды, бірақ күн сәулесі емес, біз үшін көрінетін диапазондағы әдеттегі суреттердегідей, бірақ радиолокатордан шығаратын сәуле[12].

Радио толқындары айтарлықтай өтімділік қабілетіне ие, бұл кейбір жағдайларда жер асты түзілімдерін анықтауға мүмкіндік береді, олар бетінің

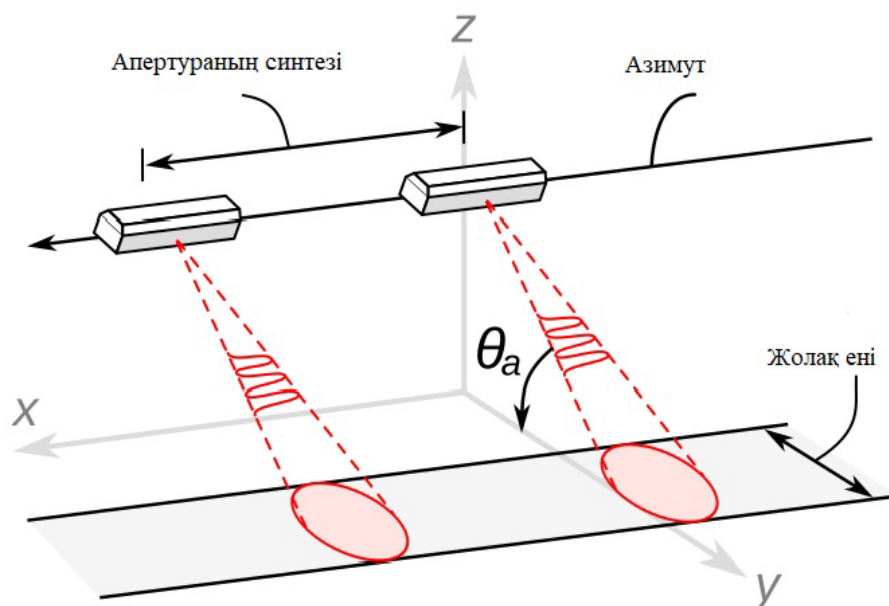
геометриялық (кедір-бұдыр) және диэлектрлік сипаттамаларына жоғары сезімталдықпен сипатталады. Соңғы жылдары бейнелердің метрлік және субметрлік кеңістіктік ажыратымдылығына қол жеткізілді, радиотолқындар спектрінің әртүрлі диапазондарында түсірілім жүргізіледі, түсірілім режимдерінің саны, оның ішінде бір мезгілде бірнеше (екі немесе төрт) поляризацияда да ұлғаюда. Жергілікті объектілердің жеке сипаттамаларын анықтайтын туынды кескіндерді алуға мүмкіндік беретін радар деректерін түрлендірудің көптеген алгоритмдері жасалды. Барлық артықшылықтарымен радиолокациялық деректер оптикалық диапазон деректеріне қарағанда географиялық зерттеулерде едәуір аз дәрежеде пайдаланылады, мұның негізгі себебі олардың жоғары құны, өңдеу және дешифрлеу күрделілігі болып табылады. Алайда, Жер туралы ғылымның салалық міндеттерінің кең спектрінде радарлық деректерді қолданудың тиімділігі, оларды өңдеудің бағдарламалық құралдарын тарату жақсы нәтижеге қолжеткізуге әкелді[13].

1.6 Радиолокациялық апертураның синтезі Synthetic-aperture radar (SAR)

Радиолокациялық апертураның синтезі (РЛАС) — метеорологиялық жағдайларға және жергілікті жердің табиғи жарықтану деңгейіне қарамастан планета бетінің және ондағы объектілердің радиолокациялық бейнелерін алуға мүмкіндік беретін тәсіл[14].

Радиолокациялық бейнені алу ерекшеліктері: Жергілікті жердің радиолокациялық бейнесін (РЛБ) алудың ең қарапайым тәсілі нақты сәуле режимін пайдалану болып табылады, мұнда тасымалдаушы жерсерікке орнатылған радиолокациялық станция (РЛС) антеннаны көлденең жазықтықта сканерлеу арқылы жер бетіне шолу жасайды, мысалы, тасымалдаушының жылдамдық векторына қатысты $\pm 90^\circ$ секторда. Бұл ретте шолу аймағындағы жергілікті жердің бейнесі РЛС әрекет ету қашықтығына тең максималды радиусы $\pm 90^\circ$ с мөлшердегі сектор түрінде байқалады.

Бұл режимнің негізгі кемшілігі азимуттағы төмен ажыратымдылық болып табылады, ол когерентсіз өңдеу кезінде көлденең жазықтықтағы нақты антеннаның бағыттау үлгісінің енімен анықталады.



1.2 Сурет - Радиолокациялық апертураның синтезінің негізгі жұмысы

Радиолокациялық апертураның синтезінің – бұл лезде қозғалатын платформада орнатылған кескінді алуға арналған радар. Электромагниттік толқындар рет-ретімен беріледі, шағылсқна сигналдары жиналады, ал жүйенің электроникасы кейіннен өңдеу үшін деректерді цифрландырады және сақтайды. Трансмиссия және қабылдау әр түрлі уақытта болғандықтан, олар әртүрлі кішігірім позицияларда көрсетеді. Қабылданған сигналдардың жақсы реттелген үйлесімі антеннаның физикалық енінен әлдеқайда үлкен виртуалды диафрагманы жасайды. Бұл "синтезделген диафрагма" терминінің қайнар көзі, оған кескін радарының қасиетін береді. Бұл бағыты ұшу жолына перпендикуляр және азимут бағытына перпендикуляр, ол траектория бойымен бағыт ретінде де белгілі, өйткені ол антеннаның көру аймағындағы объектінің жағдайына сәйкес келуі тис.

3D өңдеу екі кезеңде жүзеге асырылады. Азимут пен диапазон бағыты 2D (азимуттық диапазон) жоғары ажыратымдылықтағы кескіндерді шығаруға бағытталған, содан кейін шағылысудың сандық моделі биіктік туралы ақпаратты қалпына келтіру үшін әр түрлі көру бұрыштарымен анықталатын күрделі кескіндер арасындағы фазалық айырмашылықты өлшеу үшін қолданылады. Бұл биіктік туралы ақпарат 2-D РЛАС фокусымен қамтамасыз етілген азимуталды диапазон координаттарымен бірге биіктігі болып табылатын үшінші өлшемді береді. бірінші қадам Тек Стандартты өңдеу алгоритмдерін қажет етеді, екінші қадам үшін суретті бірлесіп тіркеу және фазаны калибрлеу сияқты қосымша алдын-ала өңдеу қолданылады.[3]

1.7 Микротолқынды қашықтықтан зондтау әдістерін пайдалана отырып су бетінде мұнайдан ластануын анықтау әдістері

Мұнайдың төгілуі көбінесе эксплуатациялық себептермен және кездейсоқ себептерден немесе кейбір жағдайларда мұнай танкерлерінен заңсыз төгілуі салдарынан болады. Каспи теңізіндегі мұнайдың төгілуін анықтау үшін қолданылатын қазіргі процестер мен хаттамалар көрінетін бақылауларға негізделген. Бұл зерттеудің мақсаты микротолқынды энергияны пайдалана отырып, су бетінде мұнайдың төгілуін анықтауды зерттеу болып табылады. Осы мақсатта қол жетімді құралдар мен технологияларға қарамастан, ең сенімді және жиі қолданылатын құралдардың бірі-микротолқынды энергияны пайдаланатын спутниктік радиолокациялық суреттер болып табылады. Бұл оның кез-келген ауа-райында және күн сәулесінің қажеттілігінсіз пайдалану ыңғайлылығына байланысты, сондықтан оны түнде де қолдануға болады. Су бетінде мұнайдың төгілуін анықтау және су мен су бетінде мұнайдың болуы арасындағы айырмашылыққа су мен мұнай ортасынан шығылысатын толқындарды қолдану арқылы қол анықтауға болады, өйткені шағылысу коэффициенті параметрі электромагниттік сәулеленудің белгілі бір диапазонымен бетінің диэлектрлік қасиеттеріне негізделген шағылысу мәндерінің өзгеруіне байланысты алынуы мүмкін [14].

Юаньмин, Чжу SAR кескіндеріндегі қара дақтарды анықтау үшін кеңістіктік тығыздықтың шекті мәнін пайдаланып уақытты есептейтін, мұның өнімді және тиімді екенін сонмен қатар су бетіндегі мұнайдың төгілуін анықтау процесі ретінде пайдаланылуға мүмкін екенін дәлелдеді [7]. Бұл зерттеуде мұнайдың төгілу белгілерін анықтау үшін SAR кескіндерінің бір жиынтығы қолданылды, мысалы, шөгінділерді сүзу, мұнайдың төгілуін анықтау функциясы және мұнайдың төгілуінің нақты орнын алу үшін геометриялық түзетумен жел өрісінің бағыты. Соңғы нәтижелер мұндай процесті енгізу үшін өте перспективалы болды және SAR кескіндерін өңдеуде Ирактың шикі мұнайының қасиеттері мен сипатамаларын қолдана отырып, болашақ зерттеулерге негіз болды.

Мұнайдың су бетіне төгілуі кезіндегі жалпы жағдайын; Мұнайдың төгілуі кез-келген ашық су бетіне түскенде, қарқындылық, судың ағымы және жел жағдайлары сияқты бірнеше факторларға байланысты ол су бетінен жұқа қабат түрінде пайда бола бастайды. Қатты жел мен ағымдар жағдайында ол үлкен беткі аймақты жабу арқылы таралуы мүмкін, мысалы бір тонна мұнай әдетте он минут ішінде радиусы 50 м, қалыңдығы 10 мм қабат құра алады. егер бұл жалғаса берсе, қалыңдығы 1 мм 12 км² аумақты жауып, одан әрі таралуы мүмкін. [14]

Жалпы алғанда, мұнайдың төгілу әрекеті ауа райына және бірнеше процестерге байланысты, ауа-райы-бұл төгілудің сипаты мен төгілу болған қоршаған ортамен өзара әрекеттесуін өзгертетін процестердің бір түрі. Бұл сонымен қатар қоршаған ортаның жай-күйіне және майдың химиялық және

физикалық қасиеттеріне тікелей байланысты. Ауа-райының негізгі процестерін келесі процестерге дейін азайтуға болады (булану, таралу және қозғалу, еріту, Диспергирлеу, эмульгиялау, жауын-шашын және батыру). Ауа-райы мұнайдың төгілуінің физика-химиялық ізіне және оның радиолокациялық кескіндермен, булану, эмульсия және дисперсиямен анықталу қабілетінде маңызды рөл атқарады [15].

Қашықтықтан зондтау арқылы мұнайдың төгілуін анықтау: Экологиялық зерттеулер жүргізу кезінде мұнайдың төгілуін анықтау үшін қашықтықтан зондтау қашықтықтан зондтаудың әртүрлі әдістері қолданылады, сондай ақ, уақытты азайту үшін датчиктер технологиясы және бағдарламалық қамтамасыз етуді әзірлеудің маңызды элементі болып табылады. 80-ші жылдардан бастап бұл салада үлкен жетістіктерге қол жеткізілді. Су бетіндегі мұнайдың төгілуін анықтау үшін жаңа құралдар мен ресурстарға еркін қол жетімді болды. Қашықтықтан зондтау кезінде мұнайдың төгілуін анықтау бұл үшін әртүрлі жабдықтар мен құралдар қолданылады, соның ішінде (ұшақтар, көрінетін датчиктер, инфрақызыл, ультракүлгін, лазерлік флуоресцентті датчиктер және микротолқынды датчиктер) бірақ РЛС су бетінде мұнайдың төгілуін анықтауда қолданылатын негізгі құрал болып қала береді, өйткені оның үлкен көлемді қамту мүмкіндігі бар. Күн сәулесінің немесе ашық ауа-райының қандай да бір тәуелділігінсіз күні бойы жұмыс істейді [16].

Теңіз бетінің түсі, температурасы, кедір-бұдырлығы және шағылысу коэффициенті сияқты сипаттамалары қашықтан датчиктермен анықталады. Нысанның микротолқынды энергиямен кез-келген әрекеттесуі негізінен радиолокация мен радар теңдеуінің негізгі принципімен байланысты, ол нысана, мақсат параметрлері және радар параметрлерімен байланысты.

1.8 Спутниктік деректерді қолдана отырып теңіздің жағалауындағы өзен және ағынды сулардың беткі белгілерін анықтау

Ағынды сулар тікелей өзенге немесе теңіз ортасына ағызылады, егер тазарту жеткіліксіз болса, бұл экожүйеге айтарлықтай әсер етуі, биологиялық қауымдастықтардың жағдайын өзгертуі немесе адам денсаулығына әсер етуі мүмкін. Шағын бассейндер мен жартылай жабық теңіздер ағынды сулардың ластануына әсіресе осал, өйткені олардың Дүниежүзілік мұхитпен және жергілікті бейімделген экожүйелермен су алмасуы шектеулі. Мұндай төгінділердің тәуелсіз және үздіксіз мониторингі жағалау аймағын басқару, жағалау аймақтарының тұрақты дамуы және экономикалық өсуі үшін үлкен маңызға ие. Осыған байланысты спутниктік қашықтықтан зондтау ақпараттың ажырамас көзі болып табылады. Нашар тазартылған немесе толығымен тазартылмаған ағынды сулар судың экологиялық жүйесіне айтарлықтай қауіп төндіруі мүмкін. Мұндай ластанудың ұзақ уақыт әсер етуі судың Биогеохимиялық құрамын өзгерте алады және ұзақ мерзімді салдарға әкелуі

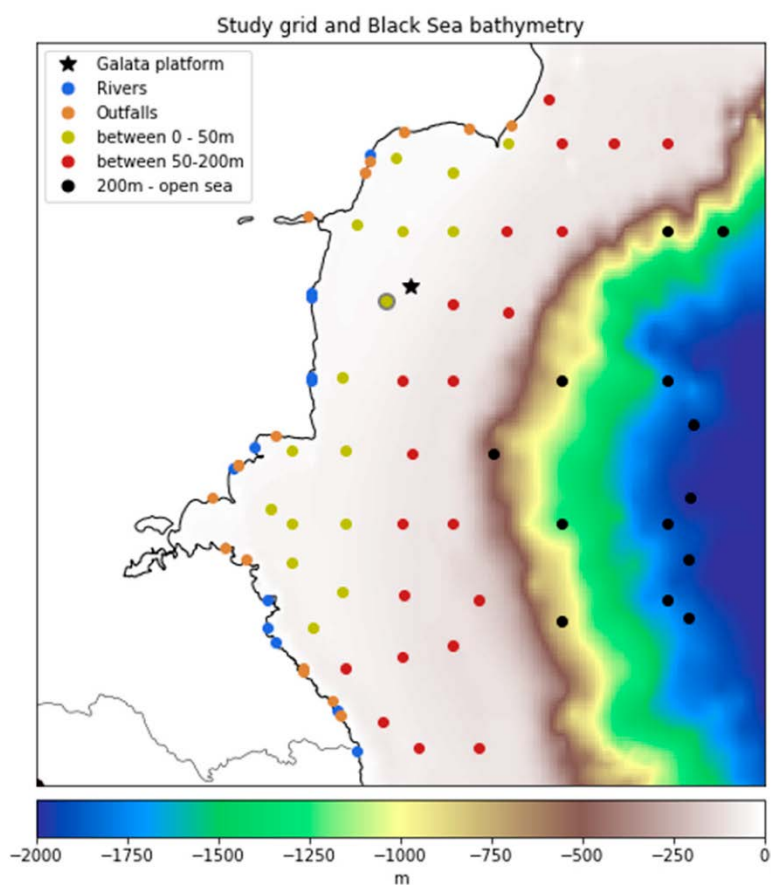
мүмкін. Ағынды сулардың теңіз ортасына ұзақ мерзімді әсерін зерттеу нашар тазартылған ағынды сулардың ұзақ уақыт төгілуі бентикалық қауымдастықтарға биологиялық әсерін өзгертіп, деградацияға әкелетінін көрсетеді [16]. Алайда, механикалық және биологиялық тазартудан кейін де ағынды суларда металдар, қоректік заттар, май тамшылары немесе зиянды химиялық заттар сияқты ластаушы заттар болуы мүмкін [17].

Ағымдағы зерттеуде біз оптикалық қашықтықтан зондтау деректерін қолданамыз және қызықтыратын аймақ үшін өзіміздің оптикалық қасиеттерімізді (IOPs) есептейміз. I/O операцияларын талдау логикалық таңдау болып табылады, өйткені олар C2RCC процессорының негізгі шығысы болып табылады, сондықтан есептеу алгоритміндегі параметрлердің белгісіздігіне байланысты қателіктерге бейім емес [18].

Жер үсті көздерінің екі түрінің арасындағы айырмашылықтарды бақылау және олардың жағалау сызығы мен теңіз тереңдігінен қашықтықтың ұлғаюымен қалай өзгертетінін көру үшін біз олардың IOP-ін зерттейміз және оларды судағы зерттеу нүктелерімен салыстырамыз. Соңғылары теңіз бетінде, жағалау сызығынан алыс, теңіздің әртүрлі тереңдігінде орналасқан. Осы қызығушылық аймақтарын салыстыру олардың әрқайсысының сипаттамаларын түсінуге және олардың теңіз тереңдігі мен жердің шығу тегіне байланысты қалай өзгертетінін көруге мүмкіндік береді.

Бұл зерттеудің зерттеу саласы Болгарияның Қара теңіз жағалауы мен ашық теңіз аймағын қамтиды. IOPs орталығы өзен сағаларында, Ағынды суларды ағызу аймақтарында және теңіз бетінде теңіздің әртүрлі тереңдігінде және жағалау сызығынан қашықтықта таңдалған толқын нүктелерінде орналасқан дөңгелек полигондар үшін есептеледі (1-сурет). Жер үсті көздеріне қосылған полигондардың ауданы шамамен 30,000 м², ал су полигондарының ауданы шамамен 170,000 м² құрайды. Полигондар аРЛАСындағы қашықтық шамамен 20 км құрайды.

Координаталарды таңдау және зерттеу нүктелерін бөлу келесідей жүргізілді. Жер үсті тобы үшін Қара теңізге ағатын негізгі өзендердің сағаларының орналасуы, сондай-ақ теңіз жағалауында орналасқан тазарту қондырғыларының нақты орналасуы анықталды. Өзендердің пайда болуымен байланысты нүктелер жағалау сызығынан шамамен 200 метр қашықтықта орналасқан, бұл барлық талданған пикселдердің су пиксельдері болуын қамтамасыз етеді және шамадан тыс таяз судың салдарынан түбінің шағылысуынан туындаған есептеулерде белгісіздік болмас ағынды сулармен байланысты нүктелер жағалау сызығынан шамамен 100-150 м қашықтықта, Ағынды суларды тазарту станциясы тазартылған ағынды суларды ағызатын жерде орналасқан.



1.3 Сурет - Зерттеу аймағының батиметриясы, олардың типіне және тереңдігіне сәйкес учаскелердің топтастыруы. Әр нүкте-өзен мен ағынды нүктелер үшін $\sim 30,000 \text{ м}^2$ және $\sim 170,000 \text{ м}^2$.

2 РАДИОЛОКАЦИЯЛЫҚ АПЕРТУРАНЫҢ СИНТЕЗІ НЕГІЗІНДЕ МҰНАЙ ТӨГІЛУІН АНЫҚТАУДЫҢ НЕГІЗГІ ТЕХНОЛОГИЯСЫ

2.1 Мұнай төгілуін анықтаудың басты қиындықтары

Апаттар, қасақана мұнай төгу немесе табиғи себептер нәтижесінде пайда болатын мұнайдың төгілуі теңіз экожүйелеріне және балық аулау немесе туризм сияқты салаларға зиян келтіреді [18]. Бұл мәселені анықтау және талдау үшін құралдардың болуы маңызды.

Әр түрлі зерттеулер спутниктер мұнайдың төгілуін анықтау үшін радиолокациялық апертураның синтезі (РЛАС) бар радиолокациялық кескіндердің пайдалылығын көрсетті [19]. Жақында мұнайдың төгілуін зерттеу жағалау сызығындағы бірнеше РЛАС суреттерін талдады және көптеген жағдайларда бұл суреттерде мұнайдың төгілуін анықтауға болады деген қорытындыға келді [20]. Бұл сенсорлар кең аумақтарды сканерлей алады, бұлттарға әсер етпейді және күн сәулесіне тәуелді емес, сондықтан олар түнде жұмыс жасай береді.

Суреттерді алу үшін спутник микротолқындар шығарады, содан кейін шағылысқан толқындарды анықтайды. Мұнайдың төгілуі теңіз бетіне әсер етеді, сондықтан спутникке қарай шағылысқан энергия аз болады және суреттерде қараңғы аймақтар түрінде көрінеді. Суретті талдау одан әрі жүргізіледі, мұндағы басты қиындықтар ұқсас әсер ететін бейнелер балдырлар т.б [20].

РЛАС кескіндері қара және ашық пикселдердің кездейсоқ үлгісі болып табылады. Бұл сенсор қабылдаған толқындардың кедергісінен туындайды, олар бір пиксельге сәйкес келетін аймақ үшін сәл басқа траекторияларды орындай алады [21].

РЛАС кескіндерін қолдана отырып, мұнайдың төгілуін анықтауды келесі кезеңдерге бөлуге болады: кескінді алдын-ала өңдеу, мұнайдың төгілуіне сәйкес келетін қара дақтарды сегментациялау және жіктеу [22]. Әр кезең басқа қосымша кезеңдерден тұруы мүмкін, олар қарастырылып отырған нақты алгоритмге байланысты өзгеруі мүмкін. Біздің талдауымыз үшін біз мұнай аймақтарының маскаларымен жұмыс жасадық. Бұл ақпарат алгоритмдерді үйрету және әртүрлі эмпирикалық айырмашылық көрсеткіштерімен сандық бағалау жүргізу үшін қолданылады. Бұл көрсеткіштер келесі бөлімдерде толығырақ қарастырылады.

Мұнайдың төгілуін анықтау және оның салдарын жою күрделі мәселе болып табылады, оны шешуге түрлі ақпарат көздері мен әрекет етуші тұлғалар қатысады. Географиялық ақпараттық жүйелер немесе интеллектуалды гибридті жүйелер сияқты технологияларды біріктіретін шешім қабылдауды немесе деректерді талдауды жеңілдететін жүйелер ұсынылды.

РЛАС кескіндеріндегі мұнай төгілімдерін сегментациялау күрделі мәселе болып табылады; қазіргі уақытта бірде-бір алгоритм жалған позитивтерді алмай төгілудің барлық түрлерінің барлық аймақтарын анықтай алмайды.

Әр түрлі алгоритмдерге ортақ сегменттеу мәселелерін анықтауға болады. Мысалы, қоршаған ортаның төмен контрастымен мұнайдың төгілуін сегментациялау әрдайым қанағаттанарлық түрде жүзеге асырыла бермейді: көбінесе жалған позитивтердің шамадан тыс мөлшерін тудырмай төгілудің барлық негізгі аймақтарын анықтау қиынға соғады. Егер жалған позитивтер төгілудің айналасында кең аумақты алып жатса, бұл шынымен анықталған төгілудің пішінін бұрмалауы немесе оны толығымен жасыруы мүмкін. Кейбір Алгоритмдер құрылымы гетерогенді болатын төгілу аймақтарында ықшам сегменттерді құруда қиындықтар туғызады.

2.2 Радиолокациялық апертураның синтезі

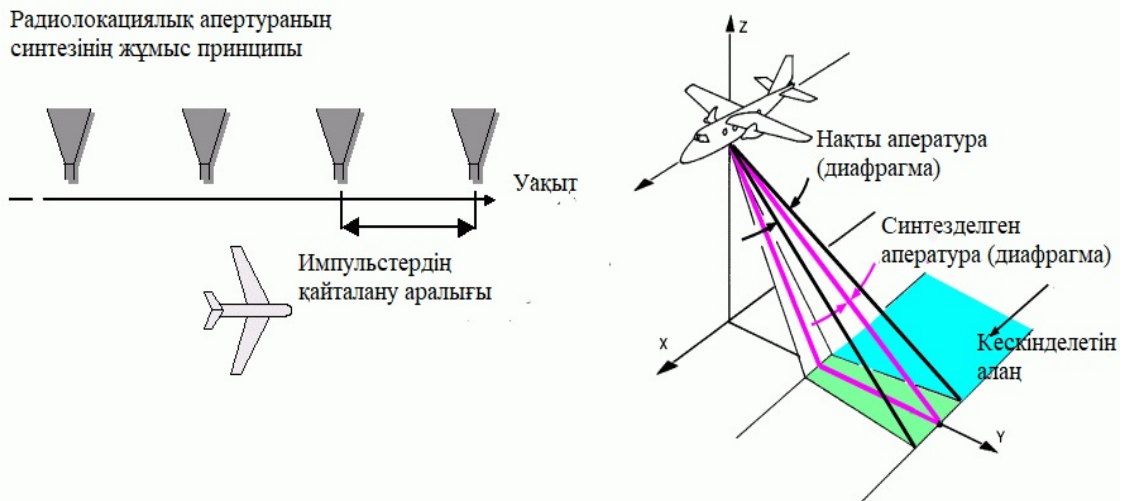
Бұрын синтезделген апертуралық радар жүйелерінің негізгі мақсаттары электромагниттік толқындардың жер бетімен әрекеттесуін зерттеу.

Соңғы уақытта РЛАС көп арналы жүйелерінің дамуы бақылау шараларының неғұрлым күрделі әдістерін жасауға мүмкіндік берді.

РЛАС-бұл кез-келген ауа-райы жағдайында теңіздің кең аймағын бақылау үшін жоғары ажыратымдылықтағы деректерді беретін ең тиімді құрал. Бұл құрылғының ішкі қабілеті кемелер, толқындар мен ағымдар, мұнайдың төгілуі, жуу қондырғылары және жел алаңдары сияқты мұхит бетіндегі нысандарды жылдам шолуды қамтамасыз ету болып табылады.

Кемені анықтау/тану екі кезеңде жүзеге асырылады: бірінші қадам-SAR интенсивті қозғалыстағы суреттердегі кемені сәйкестендіру, ол автоматты сәйкестендіру жүйесінің сигналдарына алдын ала жоспарланған позиция сәйкес келеді.

Радиолокациялық апертураның синтезі (РЛАС) жұмыс принципі – әрбір радиолокатордың негізгі міндеті-кескіннің екі өлшемінде де, яғни қашықтық пен азимутта да жоғары кеңістіктік ажыратымдылықты алу. Диапазонда импульсті сығымдау технологиясы ең жоғары тарату қуатына қойылатын талаптарды азайта отырып, жоғары кеңістіктік ажыратымдылыққа қол жеткізуге мүмкіндік береді. Азимут бойынша жоғары ажыратымдылықты тек тар антеннаның бағыттау диаграммасының көмегімен алуға болады. Сәуленің ені мен антеннаның ұзындығы кері байланысты болғандықтан, азимуттың ажыратымдылығын жақсарту диафрагманың көлемін ұлғайтуды қажет етеді. РЛАС жүйелерінде мұндай кеңейтілген тесіктер ауа платформасы мен жердегі жарықтандырылған нысандар арасындағы салыстырмалы қозғалысты қолданатын кеңістіктік-уақыттық іріктеу процесі нәтижесінде пайда болады. Бұл тәсілдің негізгі идеясы кеңейтілген виртуалды антеннаны синтездеу болып табылады, осылайша физикалық антеннаның мөлшерінен әлдеқайда үлкен ұшу жолына перпендикуляр тиімді диафрагманы жүзеге асырады. Алайда, бұл әдістің басты кемшілігі - оны тек бүйірлік көрінісі бар кескін режимінде басқаруға болатындығы.



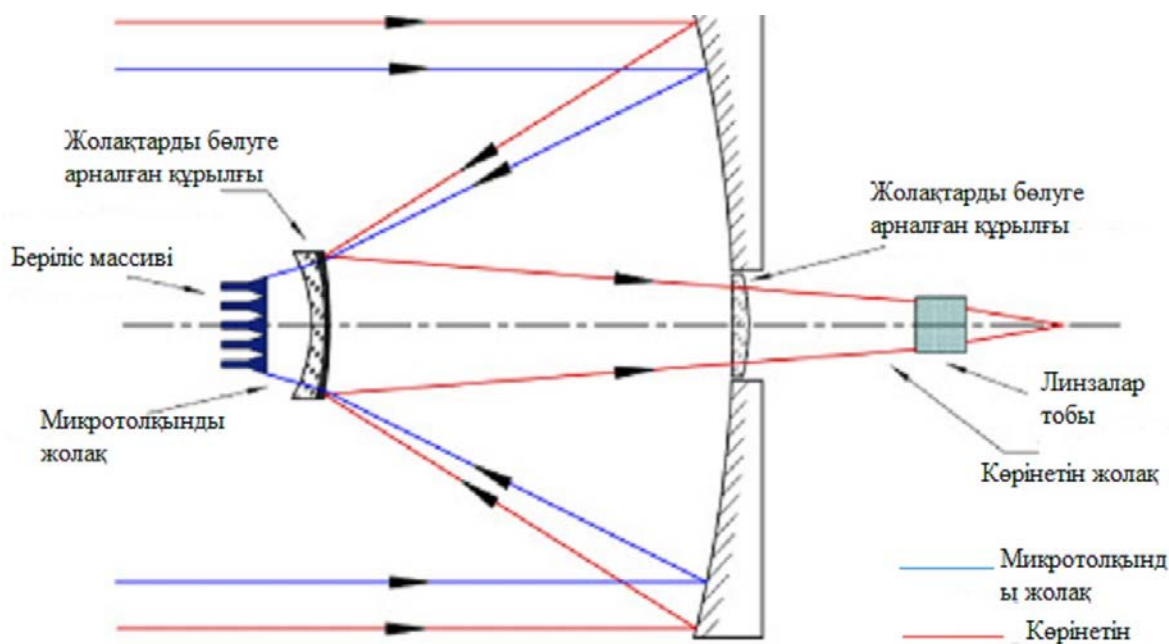
2.1 Сурет - Радиолокациялық апертураның синтезінің жұмыс принципі

2.3 Радиолокациялық апертура синтезінің теңіз бетін камераға түсіру технологиясы

Синтетикалық диафрагмалық радар мен оптикалық камера бейнелеу принципі, жүйе құрылымы, дизайн талаптары, өңдеу және реттеу сияқты көптеген аспектілерде айтарлықтай ерекшеленеді. Мысалы, синтетикалық апертуралық радар микротолқынды импульстарды беру және теңіз бетінен шағылысқан сәулелерді қабылдау арқылы жердегі объект туралы ақпаратты алатын белсенді бейнелеу құрылғысы болып табылады. РЛАС антенналық ішкі жүйесі беру массивтерінен, шағылыстратын антенналардан және толқын өткізгіштерден тұрады. Шағылысудың санын азайту үшін антеннаның ішкі жүйесі әдетте бір шағылысу антеннаның дизайнын қабылдайды. Шағылыстырғыш антенна параболалық болып табылады және фокустық линзаның қатынасы әдетте 1-ден аз. Шағын фокустық линзаның қатынасы сәуле энергиясын жинауға қолайлы және энергияның шашырауын азайтады. Оптикалық камера бейнелеу үшін нысана шағылған күн сәулесін тікелей қабылдайтын пассивті бейнелеу құрылғысымен жабдықталады. Камераның көлемін азайту және хроматикалық абберацияны азайту үшін жоғары ажыратымдылықпен қашықтан зондау камерасы әдетте шағылыстыратын оптикалық жүйені қабылдайды. Шағылыстырғыш бетінің түрі негізінен квадрикалық немесе асфералық болады. Айнаның F саны (SAR жүйесінің фокустық линзаларының қатынасына сәйкес) әдетте 0,7-ден жоғары. F саны неғұрлым аз болса, шағылыстырғыштың шеті соғұрлым тік және оны өңдеу қиынырақ, бұл беттің дәлдігін бақылауға қолайлы емес.

Интеграцияланған дизайн әдетте екі схемаға бөлінеді: коаксиалды схема және осьтік емес схема. Коаксиалды дизайн схема 2.2-суретте көрсетілген. РЛАС жүйесі бір рефлекторлы антеннаның орталық беріліс құрылымын және

оптикалық жүйенің коаксиалды катадиооптрикалық құрылымды қамтиды. Оптикалық бастапқы айнаны көрінетін жарық пен микротолқынды бірдей қабылдайды. Оптикалық қайталама айна микротолқынды өткізіп, көрінетін жарықты көрсете алады. Микротолқынды беру массиві және жылуды басқару жүйесі қосымша айнаның артқы жағында орнатылған. Көрінетін жарық қосымша айна арқылы көрсетіледі, содан кейін артқы оптикалық жүйе арқылы бейнеленеді. Микротолқынды шағылыстыруға және көрінетін жарықты өткізуге арналған жолақты бөлу құрылғысы микротолқынды шағылыстыруды жақсарту үшін бастапқы айнаның орталық саңылауына орнатылған.

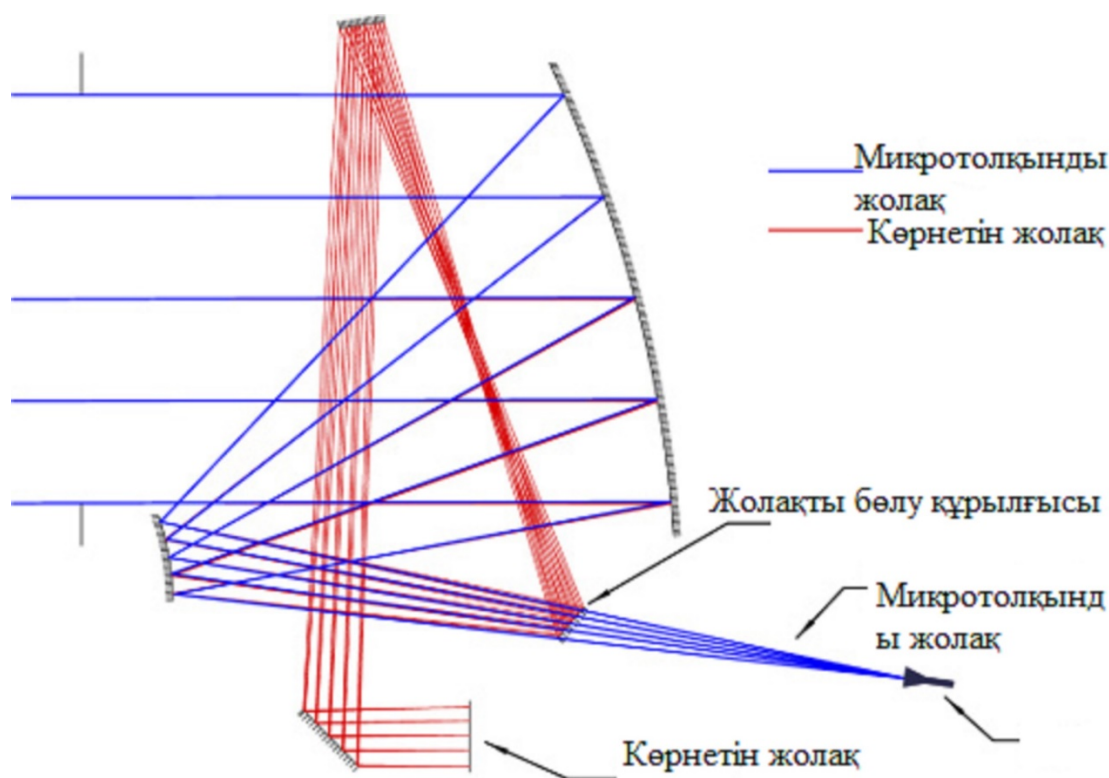


2.2 Сурет - РЛАС коаксиалды интеграцияланған жобасы

Коаксиалды дизайн схемасы қарапайым және ықшам құрылымға ие. Оптикалық бастапқы және қайталама айналардың барлығы айналмалы симметриялы, бұл айнаны өңдеуге, тексеруге және жабдықты орнату мен реттеуге оңай, ал құны салыстырмалы түрде төмен. Коаксиалды дизайндағы ең үлкен мәселе - орталық кедергінің болуы. Жеткілікті қуат алу үшін РЛАС жүйелері әдетте орталық сәулені блоктайтын беру массивін қалыптастыру үшін бірнеше беруді пайдаланады. Орталық беру құрылымы үшін антеннаның ортасына неғұрлым жақын болса, микротолқынды энергияның тығыздығы соғұрлым жоғары болады және орталық кедергіден туындаған энергия жоғалуы соғұрлым көп болады. Сондықтан орталық беру дизайны беру массиві аз болған жағдайда қолайлырақ.

Осымен тыс схема 2.2-суретте көрсетілген. SAR жүйесінің ығысуымен жабдықтау жобасына сәйкес келеді. Микротолқынды және көрінетін жарықты оптикалық камераның бастапқы және қайталама айналарын бөледі. Үшінші айна микротолқындарды өткізетін материалмен жабылған және көрінетін жолақты көрсететін пленкамен жабылған. Микротолқынды сәуле үшінші

айнадан қуат көзіне өтеді және кескіннің пайда болуын аяқтау үшін көрінетін жарық артқы оптикалық жүйеде шағылысады.



2.4 Сурет - РЛАС осьтен тыс интеграцияланған жобаның схемасы

Осьтен тыс схема коаксиалды схеманың орталық кедергі мәселесін тиімді шеше алады және жүйенің энергия жоғалуын айтарлықтай азайтады. РЛАС жүйесі қос рефлекторлы антенна дизайнын пайдаланады, бұл жүйе дизайнының еркіндігін жақсартады. Дегенмен, осьтен тыс схеманың құрылымы салыстырмалы түрде күрделі, ал айна айналмалы емес симметриялы, сондықтан өңдеуді тексерудің және реттеудің қиындығы мен құны орталық беру схемасына қарағанда жоғары. Офсеттік беру конструкциясы беру массиві үлкен және орталық кедергі үлкен және оның құны салыстырмалы түрде жоғары болатын жағдайларға қолайлы.

Екі схеманың да өзіндік артықшылықтары мен кемшіліктері бар. Арнайы дизайн сәйкес схеманы таңдау үшін техникалық көрсеткіштермен біріктірілген нақты пайдалану ортасының талаптарына негізделуі керек.

Бұл дипломдық жұмыста төмен жер орбитасындағы спутниктік платформаға негізделген оптикалық камера мен синтезделген диафрагмасы бар радардың біріктірілген құрылымдық схемасы ұсынылған. Дизайн схемасы 3.4-суретте көрсетілген.



3.5 Сурет - РЛАС-ның интеграцияланған схемасы

Біріктірілген жүйе екі бөліктен тұрады. Бірінші жарты - бұл афокальды жүйе, оның ішінде оптикалық бастапқы айна және қайталама айна бар, ол негізінен сәулені сығуға қызмет етеді. Жүйенің бастапқы және екінші айналары параболалық болып табылады, ал көрінетін жарық пен микротолқынды сәуле бастапқы және екінші айналарды бөледі [23].

Бұл интеграцияланған дизайн схемасы негізінен келесі мәселелерге негізделген:

1) Бұндай жобалау схемасы осьтен тыс дизайн схемасына негізделген және оның негізгі мақсаты РЛАС жүйесіндегі энергия шығынын едәуір төмендететін орталықты күңгірт ету мәселесін болдырмау, ал осьтен тыс схемадағы массивінің өлшеміне аз шектеулер қояды. Ка диапазонының қоректендіргіштері әдетте кішірек және қуаты әлсіз, сондықтан оның қоректену модулі әдетте массив түрінде бірнеше қоректендіргіш рупорлардан тұрады. Бір қоректендіруші рупормен шығарылатын толқын фронты сфералық пішінді, бірақ бірнеше қоректендіруші рупорлар қоректендіргіш торды құрған кезде, шығарылған микротолқының толқын фронтының орталық бөлігін жақсы бағытталған жазық толқын ретінде жақындатуға болады.

2) дәстүрлі осьтік емес интеграцияланған құрылымның жолақтарын бөлу құрылғысы микротолқындарды өткізетін және көрінетін жарықты көрсететін шешімді қолданады. Бұл құрылғы микротолқындардың жоғары өткізу қабілеттілігі бар материалдың субстратына көрінетін жарық жолағының жоғары шағылысуымен жабын қабатын жағу арқылы жолақтардың бөлінуін қамтамасыз етеді. Қазіргі уақытта микротолқындардың жоғары өткізу қабілеті бар материалдар негізінен жоғары тығыздықты көбік, политетрафторэтилен және т.б. сияқты пластикалық материалдар болып табылады, бірақ мұндай материалдар төмен тұрақтылыққа ие және айна субстраттарына жарамайды. Кварц әйнегі жақсы қаттылық пен тұрақтылыққа ие, айна субстраттарына

жарамды және микротолқындардың салыстырмалы түрде жоғары өткізу қабілетіне ие. Алайда, оптикалық әйнек өндірісінде бор триоксиді (B_2O_3), барий оксиді (BaO), натрий оксиді (Na_2O) және басқа заттар араласады, бұл микротолқынды өткізгіштікке белгілі бір әсер етеді. Сонымен қатар, жоғары шағылысу жабыны, әдетте, кремний диоксидінің (SiO_2) төмен сыну көрсеткіші бар материалдан және титан диоксидінің (TiO_2) немесе тантал пентоксидінің (Ta_2O_5), ауыспалы жабындары бар гафний оксидінің (HfO_2), жоғары сыну көрсеткіші бар материалдан жасалады, ал жоғары сыну көрсеткіші бар материалдар көбінесе жоғары диэлектрлік тұрақты және төмен микротолқынды беріліс жылдамдығы бар металл оксидтері, бұл жүйенің энергиясы синтезделген диафрагмалық радар кескінінің талаптарына сәйкес келмейді. Жолақты бөлу құрылғысында дәстүрлі осьтік емес интеграцияланған дизайн схемасы жоғары тиімді жолақты бөлуге қол жеткізу қиын. Сондықтан, дәстүрлі дизайн схемасына сүйене отырып, біз оны микротолқындарды көрсететін және көрінетін жарық беретін жолақты бөлу құрылғысын қолданып жасауды енгіздік. Көрінетін жарық жолағы кварц әйнегінде жоғары өткізу қабілетіне ие. Шыны бетіндегі жарқылға қарсы жабын көрінетін жарық диапазоныны өткізу қабілеттілігін 99% - дан жоғары.

3) бұл жобада көрінетін жарық беретін және микротолқындарды бөлу құрылғысының схемасы қолданылады, сондықтан жолақтарды бөлу құрылғысы көрінетін жарық жолындағы параллель литографиялық әйнекке тең. Көлбеу параллель литографиялық әйнектен өтетін конвергентті немесе бөлінетін сәуленің әсерінен сызықты емес астигматизм пайда болады, бұл кескін сапасының күрт төмендеуіне әкеледі, ал сызықты емес астигматизмді түзету жүйенің күрделілігін арттырады. Жүйенің бірінші жартысының афокальды дизайны көрінетін жарық толқындарының параллель жолағын жасауға мүмкіндік береді, бұл сызықты емес астигматизмнің пайда болуын тиімді болдырмауға мүмкіндік береді.

3 РАДИОЛОКАЦИЯ АРҚЫЛЫ СУ БЕТІНДЕГІ МҰНАЙ ДАҚТАРЫН АНЫҚТАУ ӘДІСТЕРІНІҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛІН ҚҰРУ

Спутниктің орбитасының биіктігі анықталған кезде жүйенің фокустық ұзындығын жүйенің ажыратымдылығы мен детектордың пиксель өлшеміне сәйкес есептеуге болады. Бұл бақылаудың жұмыс моделі болғандықтан, оптикалық камера дан байқауға болады. Көлбеу көру бұрышы θ әдетте 20° - тан 60° - қа дейін. Нақты бақылау биіктігі $H'=H/\cos\theta$ теңдеуіне сәйкес есептелуі керек, мұндағы h - орбиталық биіктік. РЛАС жүйенің бастапқы құрылымын жобалау талаптарымен бірге фокустық ұзындық, көру өрісі және оптикалық жүйенің диаметрі сияқты дизайн параметрлерін қолдана отырып есептеуге болады[24].

Бұл жұмыста коаксиалды шағылысу жүйесі РЛАС жүйенің бастапқы құрылымы ретінде қолданылады. Осы негізде осьтен ауытқу операциясы жобасын одан әрі оңтайландыру жүзеге асырылады. Бастапқы құрылымның бірінші жартысы-бастапқы және қайталама айналарды қамтитын афокальды жүйе. Электромагнитік тоқықндар параллель түрде аберрациясыз енеді және шығады. Сәуле бастапқы және екінші айналар арқылы өткеннен кейін сәуленің ені n есе азаяды. Екінші айна микротолқынды энергияны жинауға жеткілікті аймаққа ие болуын қамтамасыз ету үшін екінші айна мөлшері кем дегенде қуат матрицасының мөлшеріне тең болуы керек. Сондықтан, бастапқы айнаның өлшемі анықталған кезде n мәні негізінен арналар массивінің мөлшеріне байланысты болады. Беру матрицасының өлшемі сәуленің енімен байланысты (мұнда сәуленің ені - қуаттың жартысы екі нүктесі арасындағы бұрыш, -3 дБ), сканерлеу бұрышы және фондық қабылдағыш күшейткіштің тиімділігі сәуленің ені n есе азайған кезде артқы оптикалық жүйенің көру өрісі n есе артады және дизайнның күрделілігі де артады; N мәні төмендеген кезде екінші айналар мен берліс матрицасының мөлшері артады, осылайша оптикалық жүйенің көлемі сәйкесінше артады. Сондықтан, N мәнін таңдағанда, SAR жүйесінің дизайнына қойылатын талаптар, жүйенің жалпы мөлшері және артқы оптикалық жүйені жобалаудың күрделілігі сияқты факторларды жан-жақты қарастырған жөн [24].

3.1 РЛАС поляриметриялық әдісімен су бетіндегі мұнай дақтарыны анықтау

Теңіз мұнай дақтарын түсіндіру мен анықтаудағы толық поляриметриялық РЛАС әлеуеті мен артықшылықтары көптеген алдыңғы зерттеулермен мұнай төгілуінің әртүрлі сценарийлерінде көрсетілді [25]. Толық шашырау матрицасы S және оған сәйкес келетін k Паули шашырау векторы толық поляриметриялық РЛАС жүйесінде берілген [25]:

$$S = \begin{bmatrix} S_{HH} & S_{HV} \\ S_{VH} & S_{VV} \end{bmatrix} \rightarrow k = V_{ector}(S) = \frac{1}{\sqrt{2}} [S_{HH} + S_{VV}, S_{HH} - S_{VV}, S_{HV}]^T \quad (3.1)$$

Мұндағы T транспозицияны білдіреді.. Шашырау матрицасының элементтері S_{xy} , $x, y \in \{h, V\}$, мұндағы x және y беріліс пен қабылдауды білдіреді, ал H және V сәйкесінше көлденең және тік поляризацияны білдіреді. Өзара әрекеттесуді ескере отырып, $S_{HV} = S_{VH}$ қатынасы орындалады, ал Паули негізіндегі k шашырау векторы (өлшемі 3-ке тең) s шашырау матрицасымен бірдей ақпаратты қамтиды [25].

T_3 3×3 Күрделі үйлесімділік матрицасын Паули негізінде үш өлшемді k шашырау векторы және оның $K * T$ транспозициясы негізінде құруға болады, ол бірқатар тиімді поляриметриялық сипаттамаларды шығарып, шашырау нысанасының қасиеттерін сипаттай алады. T_3 матрицасының формасы:

$$T_3 = \langle k \cdot k^{*T} \rangle = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \langle |S_{HH} + S_{VV}|^2 \rangle & \langle (S_{HH} + S_{VV})(S_{HH} - S_{VV})^* \rangle & 2\langle (S_{HH} + S_{VV})S_{HV}^* \rangle \\ \langle (S_{HH} - S_{VV})(S_{HH} + S_{VV})^* \rangle & \langle |S_{HH} - S_{VV}|^2 \rangle & 2\langle (S_{HH} - S_{VV})S_{HV}^* \rangle \\ 2\langle S_{HV}(S_{HH} + S_{VV})^* \rangle & 2\langle S_{HV}(S_{HH} - S_{VV})^* \rangle & 4\langle |S_{HV}|^2 \rangle \end{bmatrix} \quad (3.2)$$

Мұнда $\langle \cdot \rangle$ орташа мәнін білдіреді. Поляриметриялық сипаттамаларды T_3 матрицаларын қолдану арқылы алуға болады. Эигенвальдар немесе эигенвекторларды T_3 Эрмиттің орташа когеренттік матрицасынан есептеуге болады, одан әрі поляриметриялық сипаттамалардың жиынтығына дейін кеңейтуге болады, мақсатты поляризациясы туралы ақпарат алу үшін сипатталған, түсіндірілген және талданған. Эрмит бойынша орташа T_3 когеренттілік матрицасының ыдырау процесі келесідей.

$$\langle T_3 = U_3 [\Sigma] U_3^{-1} = \sum_{i=1}^{i=3} \lambda_i T_i = \sum_{i=1}^{i=3} \lambda_i u_i u_i^{T*} \rangle \quad (3.2)$$

Мұнда Σ үш өлшемді диагональды матрица, u_i және λ_i сәйкесінше когерентті матрицаның ортогональды бірлік меншікті векторлары мен меншікті мәндерін білдіреді.

Радардың параметрлік талдауы алдыңғы бөлімдерде келтірілген. Олардың ішінде энтропия H ыдырауының құрамдас бөліктерінің бірі болып табылатын және T_3 ($\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3$) алынған λ_i электоромагнитік толқын ұзындығының меншікті мәндерінің логарифмдік формасымен анықталады және берілген нысанаға байланысты (мұнай дақтары) шашырау механизмдерінің кездейсоқтық дәрежесін білдіреді:

$$H = - \sum_{i=1}^3 P_i \log_3 P_i \quad (3.4)$$

$$P_i = \frac{\lambda_i}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3} \quad (3.5)$$

А-ны теңіз бетіндегі мұнайдың масштабының кедір-бұдырлығын өлшеудің тиімді параметрі ретінде қарастыруға болады, ол екі ең үлкен меншікті мәндердің көмегімен есептеледі. А теңдігі төменде көрсетілген.

$$A = \frac{\lambda_2 - \lambda_3}{\lambda_2 + \lambda_3} \quad (3.6)$$

Модификацияланған A_{12} анизотропиясы когеренттік матрицаның екі ең үлкен меншікті мәндерін қолдана отырып есептеледі, дәстүрлі А анизотропиясынан екі ең кіші меншікті мәндермен анықталады. Мұнайдың төгілуінің әртүрлі көріністерін қолдана отырып жүргізілген зерттеулер A_{12} тиімділігі мен сенімділігін көрсетті. формулла төменде келтірілген:

$$A_{12} = \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2} \quad (3.7)$$

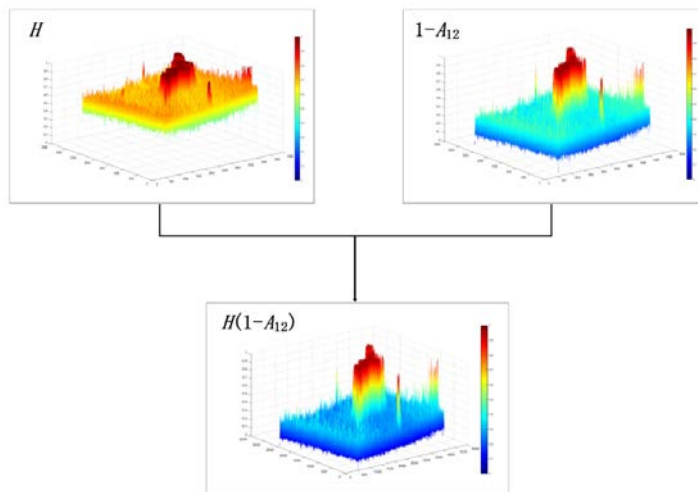
Мұнайдың төгілуін анықтауды қамтамасыз ету үшін поляриметриялық сипаттамалар шашырау механизмдері мен мұнай дақтарының шашырау сипаттамаларына негізделген мақсаттар арасындағы айырмашылықтарды анықтайды және визуализациялайды. Жоғары сапалы поляриметриялық сипаттамалар мұнай дақтарының сигналын тиімді түрде шығарып, мұнай төгілуінің әртүрлі кезеңінде дабылды басады. Соңғы жылдары поляризация деректерін кеңінен қолдану және кеңейту дәстүрлі параметрлерді пайдалануды айтарлықтай жақсартты. Біріктірілген поляриметриялық белгілердің әртүрлі құраушы параметрлерін сипаттамалары ретінде қарастыруға болады және математикалық түрлендірулер арқылы әртүрлі нысаналар арасындағы ажыратымдылықты күшейтеді; бұл мұнайдың төгілуін анықтауда тиімді қолданылды. Шулер Н және А параметрлері негізінде H_A құрама поляриметриялық белгісін жасады, мұнайдың төгілуін анықтауға талдау жасады және НА, $H(1-A)$, $A(1-H)$ және $(1-H)(1-A)$ сияқты параметрлердің бірнеше математикалық комбинациясына сәйкес мұнайдың төгілуін анықтау ықтималдығының артуына әкелетін ерекшеліктерді зерттеді. Н энтропиясы мен А анизотропиясынан тұратын белгілердің біріктірілген спектрлері негізінде мұнай төгілуінің дисперсиялық қасиеттерін салыстырды және талдады.

$$H_A = \begin{cases} HA \\ H(1-A) \\ A(1-H) \\ (1-H)(1-A) \end{cases} \quad (3.8)$$

Сонымен қатар, басқа зерттеулерде поляризация нысандарының кеңістігінде жақсартылған және модификацияланған объектілердің параметрлерін енгізілді. Бұл зерттеу дәстүрлі H_A комбинациясына негізделген $H_{A_{12}}$ комбинациясының жетілдірілген функциясын ұсынды, ол H энтропиясын және A_{12} жақсартылған анизотропиясын қолдана отырып, мұнай дақтарын ажырату қабілетін, сонымен қатар комбинация параметрін кеңейту мүмкіндігін жан-жақты ескереді. $H_{A_{12}}$ біріктірілген поляриметриялық ерекшеліктерінің жаңа жиынтығы жасалады, ол келесідей анықталады:

$$H_{A_{12}} = \begin{cases} HA_{12} \\ H(1 - A_{12}) \\ A_{12}(1 - H) \\ (1 - H)(1 - A_{12}) \end{cases} \quad (3.9)$$

H және A_{12} аймақтарындағы мұнай төгілулері мен теңіз суының теориялық поляриметриялық ерекшеліктеріне сәйкес, $H(1 - A_{12})$ нысанның кездейсоқ шашырау процесін білдіреді, мұнай дақтары сияқты жоғары энтропия және төмен жақсартылған анизотропия мәндері бар мақсатты сигналдарды бөлектейді; дегенмен, сонымен бірге ол теңіз суының фондық және әлсіз демпферлік әсерлері бар ұқсастықтар сияқты кездейсоқтығы төмен жалған дабыл кедергі сигналдарын тиімді түрде басады. Сондықтан теориялық механизм қолдану мақсатына және мұнайдың төгілуін анықтау талаптарына сәйкестендіріледі. Мысал ретінде 1-жағдайды қарастыратын болсақ, 3.1-суретте $H(1 - A_{12})$ комбинация мүмкіндігінің 3D визуализациясының құрылысының нәтижесі көрсетілген.

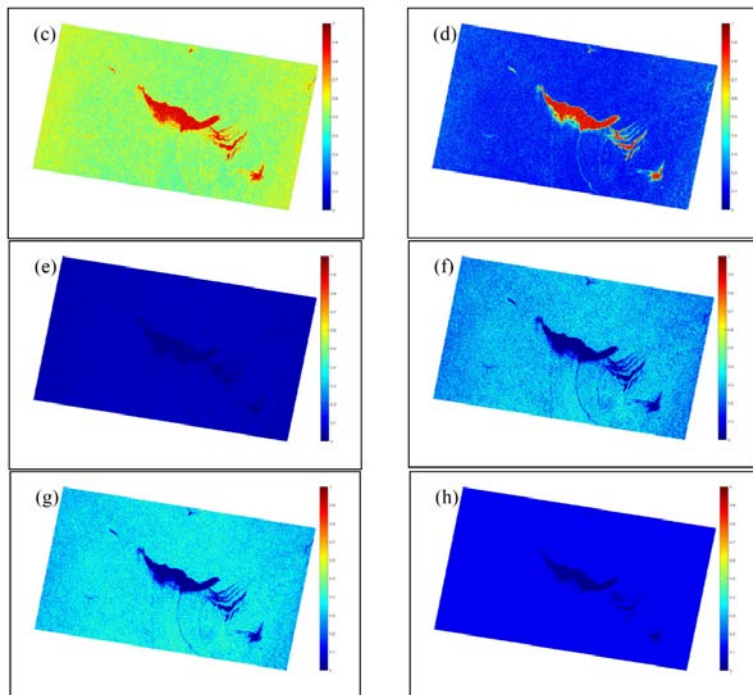


3.1 Сурет - 1-жағдайдағы табиғи мұнайдың ағып кетуінің $H(1 - A_{12})$ құрама поляриметриялық параметрін көрсететін схема.

Әртүрлі мақсатқа негізделген үлгілер зерттеу аймағында кездейсоқ таңдалды, нәтижесінде біріктірілген параметр мен сәйкес жалғыз құрамдас параметр арасындағы 2D кеңістігінің шашыраңқы таралған. Бұл бірдей

мақсатты сигнал, $H(1 - A_{12})$ екенін көрсетеді. H немесе A_{12} -ге қарағанда үлкенірек сандық мәндерге ие, бұл математикалық функцияның екі ішкі параметр арасындағы туынды пішінін қабылдауына байланысты мақсаттар арасында үлкен контрастты тудырады.

Ұсынылған комбинация параметрінің $H(1 - A_{12})$ дәстүрлі H_A комбинациясына қатысты артықшылықтарын растау қажет. Мұнай дақтарының салыстырмалы қалыңдығы туралы ақпаратты зерттеу мақсаты ретінде қарастыра отырып, екі параметр жиынтығының қалың мұнай дақтарын, жұқа мұнай дақтарын және теңіз суын ажырату мүмкіндігін салыстыру үшін сапалық және сандық талдау пайдаланылды. Сапалық талдау визуализация нәтижелеріне және екі параметр жиынтығының гистограммалық таралуына негізделген. Сандық талдау әрбір поляриметриялық белгі астындағы мақсатты аймақтар арасындағы қабаттасатын аумақтардың үлесіне негізделген. 3.2-суретте H_A комбинациясының және H_A_{12} комбинациясы параметрлерінің визуализация нәтижелері көрсетілген. $(1 - H)(1 - A)$ қоспағанда, H_A_{12} комбинациясын пайдаланатын нәтижелер мұнай төгілуін анықтау қолданбаларында соңғысына балама стратегияны ұсыну үшін пайдаланылуы мүмкін H_A комбинациясымен салыстырғанда жалпы жақсарды. Олардың ішінде $H(1 - A_{12})$ параметрінің нәтижелері мұнай дақтары мен фондық теңіз суы арасындағы ең үлкен қарама-қайшылықты көрсетеді, бұл параметрлер мұнай дақтарының сигнал қарқындылығын арттыру негізінде теңіз суының ластануын жақсырақ басу әсеріне әкелетінін көрсетеді.



3.2 Сурет - H_A және H_A_{12} . (a) $H * A$. (b) $H * A_{12}$. (c) $H * (1 - A)$. (d) $H * (1 - A_{12})$. (e) $A * (1 - H)$. (f) $A_{12} * (1 - H)$. (g) $(1 - H) * (1 - A)$. (h) $(1 - H) * (1 - A_{12})$ комбинация параметрлерін көрсететін визуалды суреттер

Сонымен қатар, ArcGIS10.2 көмегімен «Кездейсоқ нүктелерді жасау» құралының көмегімен әртүрлі мақсаттардан 4000 таңдау нүктелері кездейсоқ таңдалды. 7-суретте екі жиынтық комбинацияның 1D мүмкіндіктері кеңістігіндегі үлгілердің үш түрінің гистограммалары мен таралу нәтижелері көрсетілген.

3.2 Цифрлық өндеуді жақсарту үшін қолданылатын негізгі әдістер

Майкелсон контты – Шыңнан шыңға дейін Контраст (Мишельсон контрасты, Модуляция) шашырау мен екі электромагниттік толқындар қосындысы арасындағы қатынасты өлшейді. Бұл анықтама әдетте сигналды өндеу теориясында сигналдың шу деңгейіне қатысты сапасын анықтау үшін қолданылады

Алдыңғы зерттеулерде визуалды қабылдауды зерттеудің негізгі мазмұны ретінде контраст сезімталдығы пайдаланылды. Жақсартылған цифрлық кескінді өндеуді жеңілдету үшін әртүрлі контрастты бағалау индекстері әзірленді және жетілдірілді, олардың арасында Мишельсон контрасты мақсатты бөлуді бағалаудың жалпы критерийлерінің бірі болып табылады. Осылайша ол әртүрлі поляриметриялық кеңістіктердегі мұнай дақтары мен теңіз суы арасындағы айырмашылықты сандық анықтау және бағалау үшін пайдаланылды:

$$MK = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}} \quad (3.10)$$

мұндағы I_{max} және I_{min} екі тексерілген мақсатты үлгілер (мұнай мен су) арасындағы поляриметриялық сипаттамалардың максималды және минималды мәндерін білдіреді, ал Майкелсон мәндерінің диапазоны болып табылады.

Джеффри–Матусита Қашықтығы: Джеффри–Матусита қашықтығы – бұл қарапайым және оңай жүзеге асырылатын критерий болып табылатын кескіндеріне негізделген мұнай дақтарын анықтау саласындағы оңтайлы нысандарды таңдау үшін кеңінен қолданылатын статистикалық бөліну көрсеткіші. Джеффри–Матусита қашықтығы тиімді, оңай жүзеге асырылатындығы және поляриметриялық белгілерді таңдағанда мұнай дақтары мен теңіз суы арасындағы бөлінудің жұптық өлшеулерін жүргізу үшін өте ыңғайлы екендігі көрсетілді. Бұл зерттеуде Джеффри–Матусита қашықтығы поляриметриялық белгілердің мақсаттарды ажырата білу қабілетіне негізделген бөліну өлшемі ретінде таңдалды. Джеффри–Матусита-нің бөлінуі әдетте тексерілетін мақсатты үлгілердің (мұнай мен су) көп өлшемді қалыпты таралуы бар деген болжаммен өлшенеді. Бұл жағдайда екі C_i және C_j арасындағы Джеффри–Матусита қашықтығының өрнегі келесідей анықталады:

$$JM_{i,j} = 2(1 - e^{-D_{ij}}) \quad (3.11)$$

Мұндағы $JM_{i,j}$ белгілі бір поляриметриялық объект үшін Джеффри–Матусита қашықтығының мәнін білдіреді; D_{ij} , C_i және C_j арасындағы қашықтықты білдіреді. Ол келесідей өрнектеледі:

$$JM_{i,j} = \frac{1}{8}(M_i - M_j)^T \left[\frac{\Sigma_i + \Sigma_j}{2} \right]^{-1} (M_i - M_j) + \frac{1}{2} \ln \left(\frac{|\Sigma_i + \Sigma_j|}{|\Sigma_i| |\Sigma_j|} \right) \quad (3.12)$$

Мұндағы M_i және Σ_i - белгілі бір белгілер кеңістіктегі s класының мүшелері болып табылатын C_i үлгілерінің орташа векторлық және коварианттық матрицалары, ал M_j және Σ_j сәйкесінше C_j үлгілерінің орташа векторлық және коварианттық матрицаларын білдіреді. D_{ij} сыныптың орташа мәні арасындағы қалыпқа келтірілген қашықтықтың квадратына тең. Экспоненциалды фактордың ішкі қасиеттерінің арқасында Джеффри–Матусита қашықтығы мақсаттардың бөлінуі өскен сайын қанықтыру әрекетін көрсетеді және осылайша бөлінуді арттыру үшін экспоненциалды түрде азайтылатын салмақты қамтамасыз етеді. Джеффри–Матусита қашықтығы дұрыс жіктеу ықтималдығын дәл көрсетеді, сондықтан сыныптар арасындағы бөлінуге байланысты сенімді өлшемдерді қамтамасыз ете алады. Джеффри–Матусита қашықтығының мәні 0-ден 2-ге дейін. Джеффри–Матусита ұзақ қашықтықтары әр түрлі жер нысандары арасында және керісінше бөлінудің үлкен дәрежесін білдіреді. J–Md қашықтығы 1.9-дан асқан кезде, екі жер нысаны жоғары бөлінуге ие; 1-1.9 мәндері жақсы бөлінуді білдіреді, ал 0-ден 1-ге дейінгі мәндер әлсіз бөлінуді көрсетеді.

4 РАДИОЛОКАЦИЯЛЫҚ АПЕРТУРАНЫҢ СИНТЕЗІ НЕГІЗІНДЕ ТЕҢІЗ МҰХИТАРҒА МҰНАЙ ТӨГІЛУ ДЕРЕКТЕРІН СУРЕТКЕ ТҮСРУ

4.1 Мұнай төгілу деректерін суретке түсру

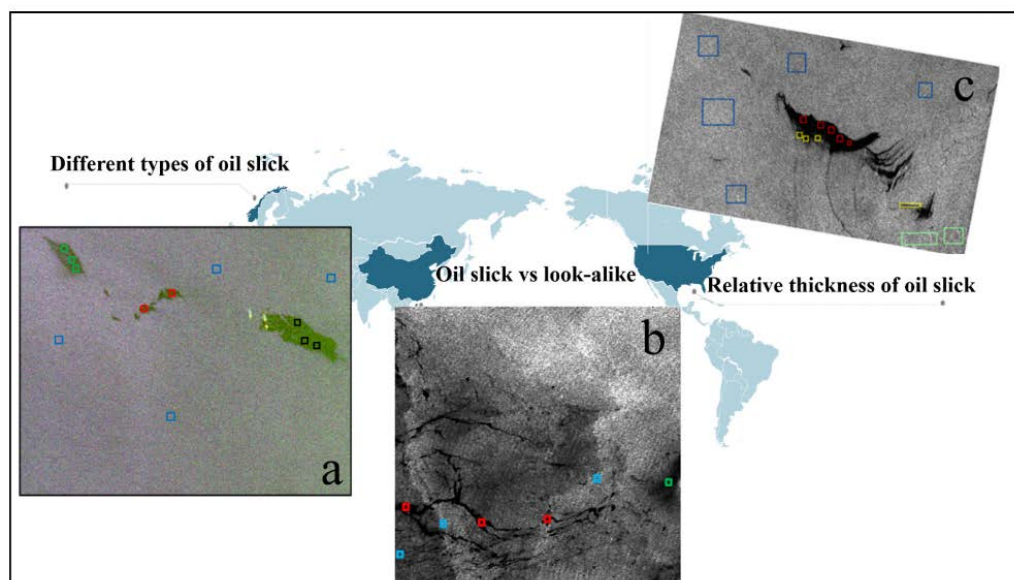
Мұнай дақтарына қатысты тиімді диэлектрлік тұрақтылықтың төмендеуі жұқа мұнай дақтарымен салыстырғанда кері шашырау энергиясының (кері шашырау қарқындылығы) төмендеуіне әкелуі мүмкін. ал мұнай дақтарының түрлеріне негізінен минералды және өсімдік майы кіреді, бұл болашақта мұнай дақтарының қалыңдығы мен мұнай түрлерін сандық зерттеуге негіз бола алады.

Дәстүрлі құрлықтағы (дәлірек айтсақ жер үсті) бақылау құралдарымен теңіздегі мұнай төгілулерін толық ауқымды бақылау өте еңбекті қажет етеді. Радиолокациялық суреттер арқылы су бетіндегі мұнай дақтарын анықтау үлкен аумақтарды өлшеусіз төмен бағамен қамтамасыз ететін өміршең балама болып табылады. Акваториялардың радиолокациялық мониторингі ластануды диагностикалауға, олардың қозғалысын және кемелері мен өзгеруін бақылауға мүмкіндік береді.

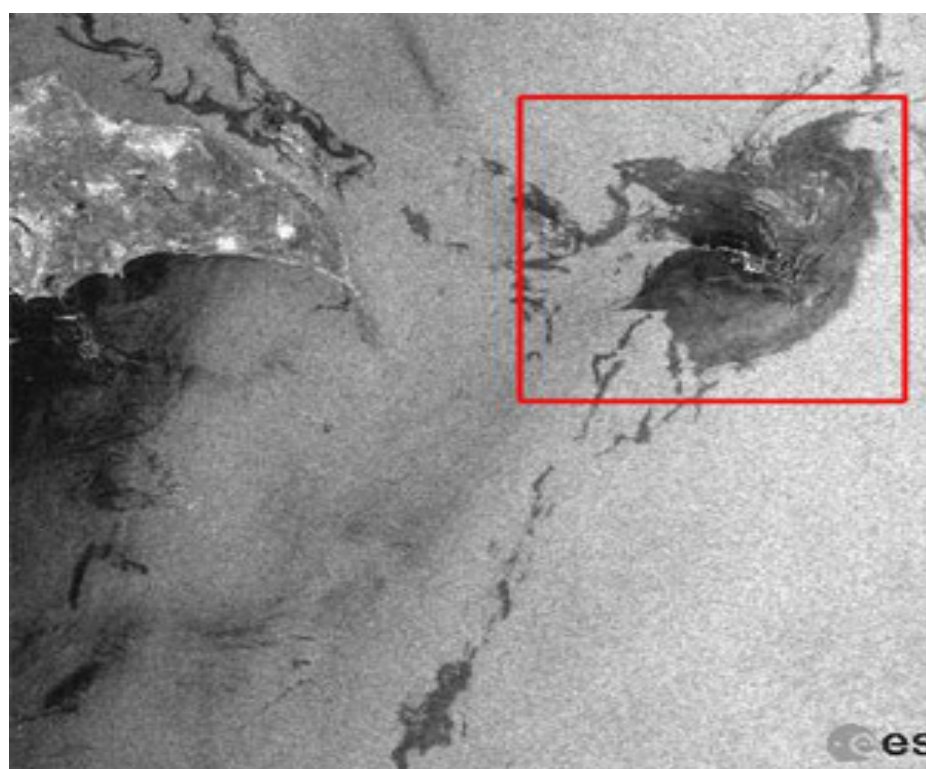
Мониторинг жүйесінің алдына қойылған негізгі ғылыми-тәжірибелік міндет теңіздегі мұнай-газ объектілеріндегі апаттың (мұнай төгілуінің) фактісі мен орнын, оның ішінде су бетінде байқалатын бұзылуларды барынша дәлдікпен анықтау және оқшаулау болып табылады.

Мұнайдың ластануын бақылаудың ең тиімді құралы - беттің кедір-бұдырының (толқындарының) ауытқуын тіркейтін радиолокациялық зондтауда жартылай автоматтандырған радиолокациялық апертураның синтезі (SAR) қолданылады.

Бұл зерттеуде біз RADAR SAT-2 үш түрлі мұнай төгілу сценарийлеріне сәйкес келетін үш түрлі мәліметтер жиынтығымен әр түрлі поляриметриялық белгілердің арасындағы мұнай төгілуін анықтау қабілетін салыстырдық. Олар әртүрлі датчиктер алған нәтижелерге кедергі келтірмеуі керек және ұсынылған тиімділік пен сенімділікті көрсету үшін пайдаланатын әдісі. Бұл мәліметтер жиынтығына мұнай дақтары және олардың аналогтарының салыстырмалы қалыңдығы туралы ақпарат берледі, сондай-ақ мұнай дақтарының әртүрлі түрлеріне арналған мәліметтер кіреді. RADAR SAT-2 жедел визуализацияны қамтамасыз етеді, осылайша Fine, Wide, Standard, Spotlight және ScanSAR сияқты ықтималдығы аз деректерге қол жеткізуге мүмкіндік береді. RADARSAT-2-нің төрт поляризация деректерінің мүмкіндіктері, оның ішінде өте төмен шу және әртүрлі арналарға арналған кросс-кедергілерді түзету бар, ол мұнайдың төгілуін зерттеу үшін керемет жүй. Біз SAR поляриметриялық деректер өнімдерін, мұнай төгілуінің әртүрлі сценарийлерін қарастрамыз.



4.1 Сурет - RADARSAT-2 көмегімен алынған және осы зерттеуде пайдаланылған мұнай төгілуінің теңіздегі бейнелерінің орналасуы: (а) 1-жағдай; (б) 2-жағдай; (в) 3-жағдай.



4.2 Сурет - 1996 жылы 10 мамырда ERS1 спутнигімен алынған Апшерон түбегінің радарлық кескіні көрсетілген

4.2 Синтезделген апертурасы бар радардың суреттерді жіктеуі принципі

Синтезделген апертурасы радардың (САР) маңызды технологияға айналды, өйткені ол теңіздегі мұнайдың төгілуін анықтау үшін поляризация сипаттамаларын қамтамасыз ете алады. Поляриметриялық сипаттамаларға негізделген терең оқыту модельдерін қолдана отырып, мұнайдың төгілуін анықтауға болады. Алайда, модельдің тереңдігіне, мақсатты ақпараттың жоғалуына байланысты қабылдаудың кіші өрісіне және модельдер үшін бекітілген гиперпараметрге байланысты белгілерді таңдау жеткіліксіз. Мұнайдың төгілуін анықтау әсері әлі де толық емес немесе дұрыс жіктелмеген. Жоғарыда аталған мәселелерді шешу үшін біз bo-DRNet деп аталатын тереңдетілген оқыту моделін ұсынамыз. Модель Deeplabv3+ кодеріндегі негіз ретінде ResNet-18 көмегімен дәлірек және толық сипаттама ала алады, ал Байес оптимизациясы (БО) модельдің гиперпараметрлерін оңтайландыру үшін қолданылды. Тәжірибелер RADARSAT-2 көмегімен алынған үш SAR квадрополяриялық кескіндерінен алынған он Елеулі поляриметриялық белгілер негізінде жүргізілді.

Тереңдетіп оқыту модельдері мұнайдың төгілуін анықтау тапсырмаларында жақсы нәтижелерге қол жеткізгенімен, анықтау дәлдігін одан әрі жақсарту үшін әлі де шектеулер бар: Resnet-18, DeepLabV3+ кодерінің негізі ретінде, функцияларды тиімдірек алуға болады. DeepLabV3+ кодерінің ажырамас бөлігі болып табылатын ASPP (Atrous spatial Pyramid Pooling) мақсатты ақпаратты жоғалтпау және толық мүмкіндік алу үшін қабылдау өрісін кеңейте алады.

Белгілердің жеткілікті және толық шығарылуына сүйене отырып, БО гиперпараметрлерді оңтайландыру және оңтайлы гиперпараметр комбинацияларын алу үшін қолданылды.

RADARSAT-2 көмегімен алынған РЛАС квадрополяриметриялық суреттерін дайындау процесіне және терең оқыту модельдері үшін мұнайдың төгілуін анықтау мүмкіндігі тексеріледі.

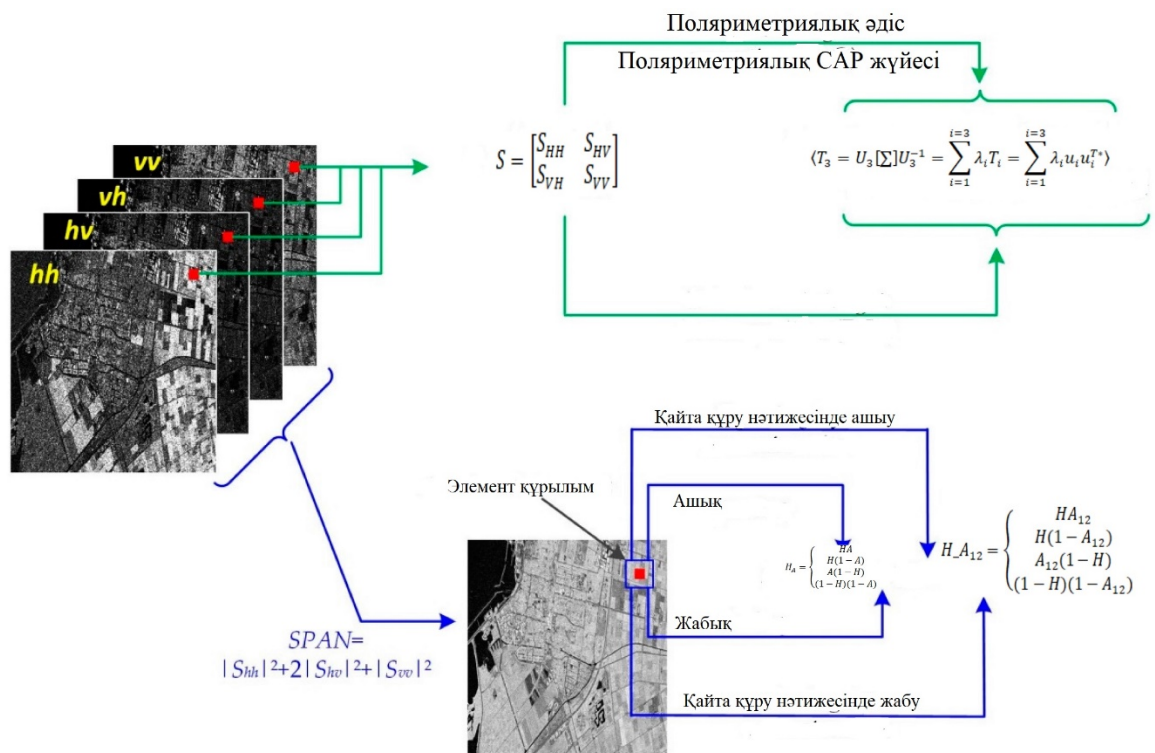
Мұнайдың төгілуін анықтаудың дәстүрлі әдісі әдетте үш негізгі кезеңнен тұрады: (а) кескінді сегменттеу әдісі, өңделген РЛАС кескініндегі қара дақтарды анықтау; (б) бастапқыда анықталған аудандардан белгілерді алу; (в) мұнай дақтары немесе мұнай емес дақтары бар аудандар ретінде жіктеу. Олардың күрделі кезеңдері және төмен анықтау дәлдігі бар. Ұсынылған BODR желісі мұнайдың төгілуін анықтауға арналған конвульсиялық нейрондық желі болып табылады. Ол кодерге негізделген кірістерден нысандарды алу үшін дискретизация қабаттарынан өтеді. Анықтау дәлдігін арттыру үшін БО модельдің гиперпараметрлерін оңтайландырады. BODR желісінің модельдік құрылымы 4.4-суретте көрсетілген.

Ұсынылған тәсілде суретте көрсетілгендей САР суреттеріндегі әртүрлі ақпаратты есепке алу үшін екі кеңістіктік объект параллель салынған.

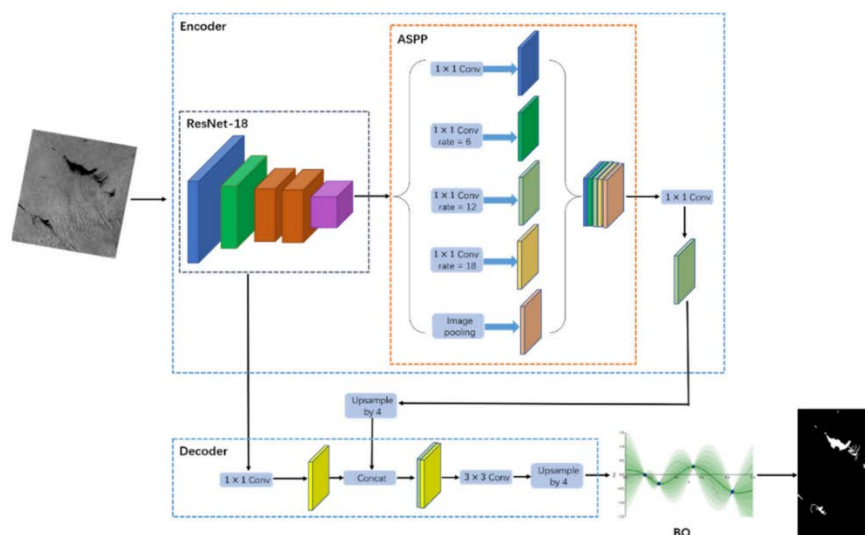
Біріншіден, поляриметриялық сипаттамалар негізгі материалдың диэлектрлік қасиеттерімен байланысты пиксельдік шашырау механизмдерін сипаттайды. Екінші жағынан, кеңістіктік нысандар жер үсті нысандарының құрылымдарымен байланысқан көрші пикселдер арасындағы қатынасты сипаттайды. Осылайша, осы екі функция жиынтығында қосымша ақпарат беріледі.

Поляриметриялық белгілердің векторы поляриметриялық алгебраның және поляриметриялық мақсатты декомпозицияның әдістерімен алынған әртүрлі поляриметриялық әдістерді жинау арқылы жасалады. Жіктеу үшін толық поляриметриялық ақпаратты пайдалану үшін әртүрлі поляриметриялық әдістемені жинау арқылы жоғары өлшемді белгілердің векторын құру ұсынылады. Машиналарды оқытудың тиісті алдыңғы қатарлы әдістерін қолдана отырып, көп өлшемді векторлардағы ерекшелік ақпаратын қолдануға болады[26].

Біз поляриметриялық және кеңістіктік белгілер жиынтығын енгіземіз, сонымен қатар осы екі кеңістікті құру схемасы жасаймыз.



4.3 Сурет - Синтезделген апертурас бар радарды bo-DRNet деп аталатын тереңдетіп оқыту әдісімен суреттерді жіктеу схемасы



4.4 Сурет - Мұнайдың төгілуін анықтау үшін ұсынылған BODR желісінің құрылымдық сипаттамасы. BO-DRNet кодтаушысы ResNet-18 және ASPP қамтиды.

Кодтаушы: 4.4-суретте көрсетілгендей, BO-DRNet кодтаушысы ResNet-18 және ASPP-ден тұрады. ResNet-18-де өте инновациялық құрылым ретінде ұсынылды. Құрылым жинақтау операциясы арқылы қалаған негізгі дисплейді тікелей ұсынудың орнына жинақтау операциясы арқылы қалдық картаға сәйкестендіреді. ResNet-18 желілік деңгейдегі оқумен функционалды байланысты деңгейдің кірістеріне қатысты қалдық функцияны зерттеу үшін өзгертеді. Осылайша, ол желінің күрделі конвергенциясы және градиенттің жоғалуы сияқты мәселелерді шешеді. Алдын ала дайындалған ResNet-18-ді инициализация ретінде пайдалану функциялардың жеткілікті алынуын қамтамасыз етеді.

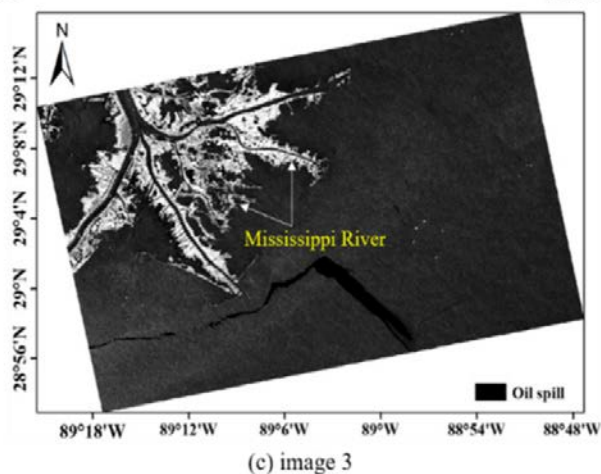
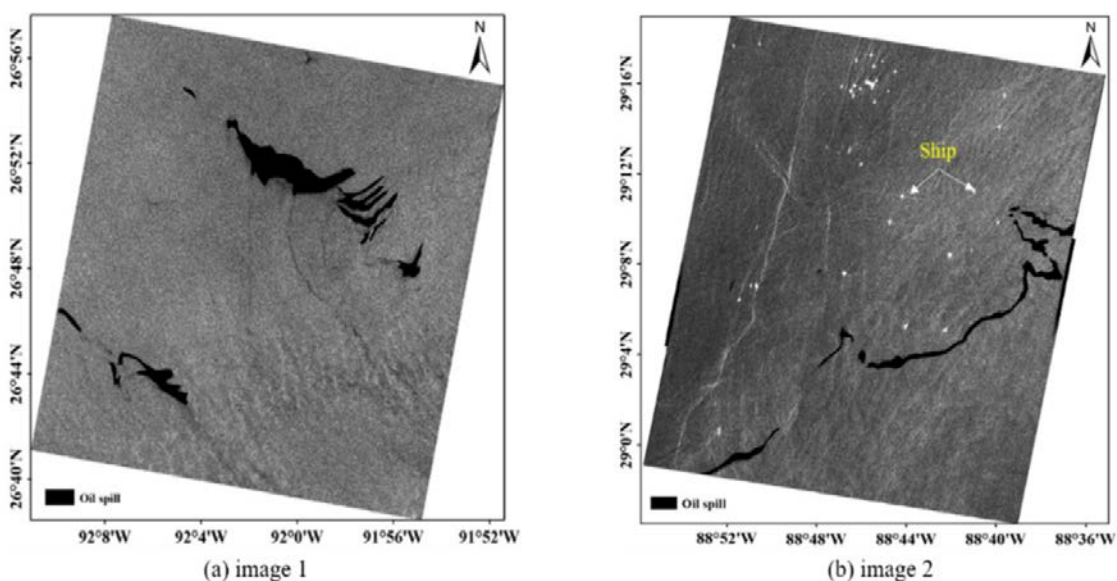
DeepLabV3+ семантикалық сегментацияның ең көп қолданылатын моделі ретінде ұсынылады. DeepLabV3 + сегменттеу дәлдігін жақсарту үшін негізгі функцияларды жоғары деңгейлі функциялармен біріктіретін U-Net кодерінің декодер құрылымын ұсынады. DeepLabV3 + кодерінде кілт ретінде ASPP қолданылды. ASPP объект картасының өлшемін өзгертпестен қабылдау өрісін кеңейте алады, бұл көп масштабты ақпаратты алуды жеңілдетеді.

Мұнда Мексика шығанағының үстіндегі RADARSAT-2 көмегімен алынған мұнайдың төгілуінің үш квадрополяриметриялық суреттері талданды. Үш сурет 2010 жылдың 8 мамырында, 2011 жылдың 17 маусымында және 2015 жылдың 8 мамырында алынды.

Теңіз түбінің мұнай құрылымы, анықталған барлық дақтар 1-ші дәрежелі сүзу дақтары ретінде жіктелген, өйткені олар өзіне тән пішінге, шығару нүктелеріне, қайталанатын немесе кірістірілген сипатамаларға ие Мұндай дақтар бірнеше шығарындылар нүктелерінің нәтижесінде пайда болады.

RADARSAT-2 көмегімен алынған РЛАС жүйесінің мұнай төгілуінің тағы бір төрт поляриметриялық бейнесі ұсынылған. Модельдің мұнай төгілуінің

пикселдерін тану қабілетін тексеру үшін пайдаланылды. Бұл сурет пофо-ға (Норвегиялық таза теңіз компаниялары қауымдастығы) берілген.



4.6 Сурет - 1) суретте таза теңіздегі мұнайдың төгілуі, 2) суретте таза теңіз, мұнайдың төгілуі және кемелер, ал 3) суретте таза теңіз, мұнайдың төгілуі және Миссисипи өзені көрсетілген.

Белгілерді шығаруды жақсарту және қабылдау өрісін кеңейту үшін біз ResNet-18 және SAPP- ты ұсынылған терең оқыту моделінің VO-DRNet кодері ретінде қолдандық. Сонымен қатар, VO VO-DRNet гиперпараметрлерінің оңтайлы комбинациясын оңтайландыру және алу үшін қолданылды. Терең оқытудың басқа үш моделімен салыстырғанда, vo-DRNet экспериментте жоғары дәлдікке қол жеткізді. Оқыту жиынтықтарының саны әрбір деректер жиынындағы мұнай төгілуінің жалпы пиксель санының шамамен 5% - ын құрайды. Терең оқыту моделі, әдетте, жіктеу жұмысын жақсарту үшін пайдалы функцияларды алу үшін үлкен көлемді деректерді қажет етеді.

Бұл зерттеуде BODR желісі басқа модельдермен салыстырғанда тану дәлдігін едәуір жақсартты. Осылайша, гиперпараметрлер нәтижелерге өте

маңызды әсер етеді. Клаесен және басқалар гиперпараметрлерді оқыту алгоритмінің әртүрлі аспектілерін реттеу үшін қолдануға болады және алынған модельге гиперпараметрлерді оңтайландыру әдетте эмпирикалық ережелермен немесе гиперпараметрлердің кейбір комбинацияларын сынау арқылы жүзеге асырылады. Гиперпараметрлер саны көп болған кезде бұл әдістер іс жүзінде мүмкін емес. Сондықтан терең оқытуда оңтайландыруға көбірек көңіл бөлінеді. Келесі зерттеуде біз модельдің сәйкестендіру қабілетін арттыру үшін гиперпараметрлік оңтайландыру әдісін одан әрі жетілдіреміз.

Мұнай төгілуін анықтаған кезде жеткіліксіз пайдалану мен поляриметриялық белгілерді қолданудың кемшіліктеріне байланысты біз шашырау механизміндегі айырмашылыққа негізделген поляриметриялық белгілердің жақсартылған комбинациясын ұсындық. Осы зерттеудің негізгі нәтижелері келесідей қорытындыланады.

1) Мұнай дақтары мен теңіз суының шашырау механизмдеріне тән айырмашылықтарға сүйене отырып, h поляриметриялық шашырау энтропиясын және A_{12} жақсартылған анизотропиясын біріктіру арқылы мұнайдың төгілуін анықтауға қолайлы поляриметриялық сипаттамалардың жақсартылған үйлесімі жасалды, осылайша мұнай дақтары мен теңіз суы арасындағы контрастты күшейтті. Жақсартылған h_{a12} комбинациясының визуализациясы мен бөлінуін дәстүрлі H_A комбинациясымен салыстыра отырып, бағалау мен салыстыру нәтижелері ұсынылған жақсартылған поляриметриялық белгінің артықшылығын көрсетеді.

2) Бір спутникте мұнайдың төгілуінің үш сценарийіне сәйкес келетін үш зерттеу орны $H(1-A_{12})$ комбинациясының тиімділігі мен артықшылығын, соның ішінде мұнай дақтарының, мұнай дақтарының және балдырлардың салыстырмалы қалыңдығы туралы ақпаратты, сондай-ақ мұнай дақтарының әртүрлі түрлерін бағалау үшін пайдаланылды. $H(1-A_{12})$ әмбебаптығы мен сенімді сипаттамалары поляриметриялық сипаттамалардың басқа түрлерімен салыстырғанда ұсынылған $H(1-A_{12})$ комбинациясы мұнай төгілуінің әртүрлі сценарийлерінде мұнай мен судың бөлінуін жақсарта алатындығын көрсетеді, осылайша теңіз кедергілері туралы ақпаратты басу кезінде мұнай дақтары туралы ақпарат жинауды жақсартады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Микротолқынды қашықтықтан зондтау әдістерін пайдалана отырып су бетінің мұнайдан ластануын анықтау әдістерімен түрлеріне және мұнай төгілуін анықтаудың басты қиындықтарына талдау жасалынды. Микротолқынды энергияның кері шашырауына негізделген немесе радиолокациялық апертураның синтезі РЛАС – Synthetic-aperture radar (SAR) кескіндері арқылы мұнайдың төгілуін анықтауда қолданылатын механизм мен параметрлер анықталды. Мұнайдың төгілуі бар РЛАС кескініне сараптама жасап, кескінді өңдеуге және онда анықталған мұнайдың төгілуінің түпкілікті кескін жасалды. Алынған нәтижелер осы саладағы қосымша зерттеулер үшін пайдалану.

Радиолокация арқылы су бетіндегі мұнай дақтарын анықтау әдістерінің математикалық моделі құрылып цифрлық өңдеуді жақсарту үшін қолданылатын негізгі әдістер қарастырылды. Мұнайдың ластануын бақылаудың ең тиімді құралы - беттің кедір-бұдырының (толқындарының) ауытқуын тіркейтін радиолокациялық зондтауда жартылай автоматтандырған радиолокациялық апертураның синтезін қолдана отырып алынған RADAR SAT-2 үш түрлі мұнай төгілу жағыдайына сәйкес келетін үш түрлі картаға талдау жасалды.

Синтезделген апертура радардың суреттерді жіктеу схемасы құрылып, поляриметриялық белгілердің векторы поляриметриялық алгебра және поляриметриялық нысаның декомпозицияның әртүрлі әдістерді қарастырылды. Жіктеу үшін толық поляриметриялық ақпаратты пайдалану үшін әртүрлі поляриметриялық әдістемені жинау арқылы жоғары өлшемді белгілердің векторын құру ұсынылады. Машиналарды оқытудың тиісті алдыңғы қатарлы әдістерін қолдана отырып, көп өлшемді векторлардағы ерекшелену ақпаратын қолдануға болады.

Мұнай дақтары мен теңіз суының шашырау механизмдеріне тән айырмашылықтарға сүйене отырып, h РЛАС поляриметриялық шашырау энтропиясын және A_{12} жақсартылған анизотропиясын біріктіру арқылы мұнайдың төгілуін анықтауға қолайлы поляриметриялық сипаттамалардың жақсартылған үйлесімі жасалды, осылайша мұнай дақтары мен теңіз суы арасындағы контрастты күшейтті. Жақсартылған h_{a12} комбинациясының визуализациясы мен бөлінуін дәстүрлі H_A комбинациясымен салыстыра отырып, бағалау мен салыстыру нәтижелері ұсынылған жақсартылған поляриметриялық белгінің артықшылығын көрсетеді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Бондур В.Г. Аэрокосмический мониторинг нефтегазоносных территорий и объектов нефтегазового комплекса. Реальности и перспективы. В настоящей книге. 2012. С. 15–37.
2. Аковецкий В.Г. Аэрокосмический мониторинг месторождений нефти и газа. М.: ООО «Недра-Бизнесцентр». 2008. 454 с.
3. О.Ю. ЛаврОва, А. Г. КОстянОй, С. А. Лебедев, М.И. МИтяГИна, А.И. ГИнзбурГ, Н. А. ШереМетКомплеКсный спутниКовый мониторинг морей россии москва 2011.
4. М.И. Митягина, О.Ю. Лаврова, Т.Ю. Бочарова. Спутниковый мониторинг нефтяных загрязнений морской поверхности, 2015. Т
5. Zhindarev LA, Ignatov EI, Badjukova EN, Luk'janova SA, Solov'eva GD, Shipilova LM (2013) Kасpijsкое more. ТОМ 6, pp 944, 96
6. Horning, N.; Robinson, J.; Sterling, E.; Turner, W.; Spector, S. Remote Sensing for Ecology and Conservation: A Handbook of Techniques; Oxford University Press: Oxford, UK, 2010
7. Malthus, T.J.; Mumby, P.J. Remote sensing of the coastal zone: An overview and priorities for future research. *Int. J. Remote Sens.* 2003, 24, 2805–2815.
8. Gade, M.; Alpers, W. Using ERS-2 SAR images for routine observation of marine pollution in European coastal waters. *Sci. Total Environ.* 1999, 237, 441–448.
9. Kostianoy, A.; Lavrova, O. Oil pollution in the Baltic Sea; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2014.
10. Cheng, Y.; Li, X.; Xu, Q.; Garcia-Pineda, O.; Andersen, O.; Pichel, W. SAR observation and model tracking of an oil spill event in coastal waters. *Mar. Pollut. Bull.* 2011, 62, 350–363.
11. Nunziata, F.; Migliaccio, M.; Li, X. Sea oil slick observation using hybrid-polarity SAR architecture. *IEEE J. Ocean. Eng.* 2014, 40, 426–440.
12. Klemas, V. Tracking oil slicks and predicting their trajectories using remote sensors and models: Case studies of the Sea Princess and Deepwater Horizon oil spills. *J. Coast. Res.* 2010, 26, 789–797.
13. Lavrova, O.Y.; Kostianoy, A.G.; Lebedev, S.A.; Mityagina, M.I.; Ginzburg, A.I.; Sheremet, N.A. Complex Satellite Monitoring of the Russian Seas; IKI RAN: Moscow, Russia, 2011.
14. Mityagina, M.I.; Lavrova, O.Y.; Bochorova, T.Y. Satellite monitoring of oil pollution of the sea surface. *Sovrem. Probl. Distantcionnogo Zondirovaniya Zemli Kosm.* 2015, 12, 130–149.
15. Grishin, N.; Kostianoy, A. Satellite monitoring of suspended matter pollution resulted from the Nord Stream gas pipeline construction in Russian waters of the Baltic Sea in 2010–2011. *Int. Water Technol. J.* 2012, 2, 80–89.
16. Pilon, R.O.; Purves, C.G. Radar imagery of oil slicks. *IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst.* 1973, AES-9, 630–636.

17. Kudryavtsev, V.N.; Chapron, B.; Myasoedov, A.G.; Collard, F.; Johannessen, J.A. On Dual Co-Polarized SAR measurements of the ocean surface. *IEEE Geosci. Remote Sens. Lett.* 2013, 10, 761–765.
18. Mityagina, M.I.; Churyumov, A.N. Mechanisms of radar signal formation in the sea surface oil pollution area. *Sovrem. Probl. Distantionnogo Zondirovaniya Zemli Kosm.* 2006, 3, 135–139.
19. Skrunes, S.; Brekke, C.; Eltoft, T. Oil spill characterization with multi-polarization C- and X-band SAR. In *Proceedings of the 2012 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Munich, Germany, 22–27 July 2012.*
20. Ermakov, S. Slicks in SAR imagery of the sea surface. In *Proceedings of the SPIE 8536, SAR Image Analysis, Modeling, and Techniques XII, Edinburgh, UK, 21 November 2012.*
21. Brekke, C.; Holt, B.; Jones, C.; Skrunes, S. Discrimination of oil spills from newly formed sea ice by Synthetic Aperture Radar. *Remote Sens. Environ.* 2014, 145, 1–14.
22. Chen, L.C.; Zhu, Y.; Papandreou, G.; Schroff, F.; Adam, H. Encoder-decoder with atrous separable convolution for semantic image segmentation. In *Proceedings of the European Conference on Computer Vision, ECCV 2018, Munich, Germany, 8–14 September 2018; pp. 801–818. [Google Scholar]*
23. Frazier, P.I. A tutorial on Bayesian optimization. *arXiv* 2018, arXiv:1807.02811. [Google Scholar]
24. Chen, Y.; Jiang, H.; Li, C.; Jia, X.; Ghamisi, P. Deep feature extraction and classification of hyperspectral images based on convolutional neural networks. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 2016, 54, 6232–6250. [Google Scholar] [CrossRef]
25. Claesens, M.; De Moor, B. Hyperparameter search in machine learning. *arXiv* 2015, arXiv:1502.02127. [Google Scholar]
26. Zhang, L.; Zhang, L.; Du, B. Deep learning for remote sensing data: A technical tutorial on the state of the art. *IEEE Geosci. Remote Sens. Mag.* 2016, 4, 22–40. [Google Scholar] [CrossRef]

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

Дипломдық жұмыс

Сыбанқұл Самғат Азатұлы

5B074600 – «Ғарыштық техника және технология» мамандығы
(мамандық атауы мен шифры)

Тақырыбы: «Радиолокациялық суреттер арқылы су бетіндегі мұнай дақтарын анықтау»

Бұл дипломдық жұмыста радиолокациялық суреттер арқылы су бетіндегі мұнай дақтарын анықтаудағы микротолқынды қашықтықтан зондтау әдістеріне және мұнай төгілуін анықтаудың басты қиындықтарына әдеби шолу жасалған. Микротолқынды энергияның кері шашырауына негізделген радиолокациялық апертураның синтезі негізінде алынған кескіндері арқылы мұнайдың төгілуін анықтауда қолданылатын негізгі механизм мен параметрлерге таладау жасаған. Мұнайдың төгілуін анықтауда қолданылатын радиолокациялық апертураның синтезінің математикалық моделі құрылған. RADAR SAT-2 ден радиолокациялық апертураның синтезі арқылы алынған суреттердің цифрлық өңдеуін жақсарту үшін кодтаушысы ResNet-18 принципі пайдаланылған.

Дипломдық жұмыста қарастырылған мәселелер өте өзекті. Дипломдық жұмыста берілген тапсрманы орындау үшін жаңа технологияларды орынды қолдана білген.

Жалпы, дипломдық жобаға "өте жақсы" (95%) деген баға, ал студент Сыбанқұл Самғат Азатұлы 5B074600 – Ғарыштық техника және технология мамандығы бойынша техника және технологиялар «бакалавры» академиялық дәрежесіне ұсынылады.

Ғылыми жетекші

ЭТЖҒТ каф.лекторы, т.ғ.м.

 А.Т. Боранбаева

(қолы)

«30» мамыр 2022 ж.

дипломдық жобаға

СЫН – ПІКІР

Сыбанқұл Самғат Азатұлы

5B074600 – Ғарыш техникасы және технологиялары

Тақырыбы: Радиолокациялық суреттер арқылы су бетіндегі мұнай дақтарын анықтау

- а) графикалық бөлімі 12 парақ;
- б) түсіндірме жазбасы 49 бет.

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Бұл дипломдық жұмыста микротолқынды қашықтықтан зондтау әдістерін пайдалана отырып су бетінің мұнайдан ластануын анықтау әдістерімен түрлеріне және мұнай төгілуін анықтаудың басты қиындықтарына шолу жасалынған. Микротолқынды энергияның кері шашырауы негізінде радиолокациялық апертураның синтезі (РЛАС) Synthetic-aperture radar (SAR) кескіндерін пайдалану арқылы мұнайдың төгілуін анықтауда қолданылатын механизм мен параметрлерге талдау жасаған. Мұнайдың төгілуі бар РЛАС кескініне сараптама жасап және онда анықталған мұнайдың төгілуінің түпкілікті кескінін өңдеудің тиімді әдісі анықталған.

Бұл дипломдық жоба жоғарғы оқу орындарының талаптарына сай жазылған, алынған нәтижелер ақпаратты өңдеп тарату технологиялардағы ғылыми бағытқа жауап береді.

Графикалық және мәтіндік материалдар МСТҚ талабына сәйкес жазылған.

Бұл дипломдық жоба жоғарға оқу орындарының талаптарына сай жазылған, алынған нәтижелер – ғарыштық бақылау талдау және салыстыру технологиялардағы ғылыми бағытқа жауап береді.

Жұмыс бағасы

Жалпы, дипломдық жұмыс 5 (өте жақсы) деген бағаға, ал білім алушы Сыбанқұл Самғат 5B074600 – Ғарыш техникасы және технологиялары мамандығы бойынша «бакалавр» академиялық дәрежесіне ұсынылады.

Сын-пікір беруші

М. Әуезов атындағы

Оңтүстік Қазақстан университетінің

профессоры, т.ғ. докторы

Есмағамбетов Б.С.

(қолы)

«23» 05 2022 ж.

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

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

Автор: Сыбанқұл Самғат Азатұлы

Тақырыбы: Радиолокациялық суреттер арқылы су бетіндегі мұнай дақтарын анықтау

Жетекшісі: Ерлан Таштай

1-ұқсастық коэффициенті (30): 5.6

2-ұқсастық коэффициенті (5): 1.3

Дәйексөз (35): 0.3

Әріптерді ауыстыру: 15

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 53

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:

27.05.2022
Күні

Кафедра меңгерушісі



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Сыбанқұл Самғат Азатұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Радиолокациялық суреттер арқылы су бетіндегі мұнай дақтарын анықтау

Научный руководитель: Ерлан Таштай

Коэффициент Подобия 1: 5.6

Коэффициент Подобия 2: 1.3

Микропробелы: 53

Знаки из других алфавитов: 15

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

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

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

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

Обоснование:

27 05 2022
Дата

Заведующий кафедрой



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Сыбанкүл Самғат Азатұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Радиолокациялық суреттер арқылы су бетіндегі мұнай дақтарын анықтау

Научный руководитель: Ерлан Таштай

Коэффициент Подобия 1: 5.6

Коэффициент Подобия 2: 1.3

Микропробелы: 53

Знаки из других алфавитов: 15

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

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

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

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

Обоснование:

27.05.2022
Дата

Заведующий кафедрой

