ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті
Бүркітбаев ат. өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрландыру институты
Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

ОӘК 621.382 Қолжазба нұсқасында

Жасұлан Азат

Магистрі академиялық дәрежесін іздену үшін

МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

Диссертация тақырыбы	Геодезиядағы спутниктік және навигациялық жүйелердің алгоритмдерін құру
Мамандық	6М074600 – «Ғарыштық техника және технологиялар»

Ғылыми жетекші,
PhD докторы, сениор-лектор
_____ Қ.Н.Тайсариева
«26» шілде 2020 ж.

Оппонент,
PhD докторы, қауым-н профессор
_____ Әлібек Н.Б.
«26» шілде 2020 ж.

Нормобақылаушы:

Сениор-лектор, доктор PhD

_____ А.Хабай

«26» шілде 2020 ж.

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

ЭТжҒТ каф.меңгерушісі

_____И.Сыргабаев

«____» _____2020 ж.

Алматы 2020

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті
Бүркітбаев ат. өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрландыру институты
Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы
6М074600 – «Ғарыштық техника және технологиялар»

БЕКІТЕМІН
ЭТжҒТ каф.меңгерушісі
_____И.Сырғабаев
«____» _____2020 ж.

магистерлік диссертация орындауға
ТАПСЫРМА

Магистрант *Жасұлан Азат*

Тақырыбы*: «Геодезиядағы спутниктік және навигациялық жүйелердің алгоритмдерін құру»*

Университет ректорының «29» қазан 2018 ж. №*1194-м* бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жобаны тапсыру мерзімі *«3» маусым 2020 ж.*

Жұмыстың бастапқы мәліметтері: *Есептеулерде қолданылатын геодезиялық спектрлік индекстер (NDVI, NDWI, NDSI, LST). Спектрлік индекстерді ArcGIS-те қолдану принциптері.*

Диссертацияда өңделетін сұрақтар, диссертацияның қысқаша мазмұны:

1) Бағдарламалық қамтамасыз етулер мен геоақпараттық жүйелерді қолдану және зерттеу

2) Ғарыштық суреттер мен олардың ресурстарын зерттеу

3) Спектрлік индекстер бойынша есептеулерді орындау

4) Қарастырылатын аумақтарды зерттеу және олардың мониторингі

5) ArcGIS-те суреттерді өңдеу

6) ArcGIS бағдарламасында әрекет алгоритмін құру

7) Нәтижелерді шығару

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс)

Сызбалық материалдар 15 слайдпен көрсетілген

Ұсынылатын негізгі әдебиет:

1. Щербаков В.М., Алтухов А.И., Коршунов Д.С., Воюц В.С. Технология составления микроклиматических карт с использованием данных дистанционного зондирования Земли и моделирования тепловых полей // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2016. Т. 16. № 2. С. 345–353. doi: 10.17586/2226-1494-2016-16-2-345-353.

2. Определение площадей озер по данным со спутников серии Sentinel-2. С.А. Рылов, И.А. Пестунов//Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies, 2019, 12(5), 526-535

магистрлік диссертацияны дайындау

КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
ArcGIS прогаммасындағы геодезия саласына байланысты алгоритмдерді қарастыру, құралдарды игеру	1.09.2019 - 13.12.2019	орындалды
Спектрлік индекстер арқылы ArcGIS-те аудандармен жұмыс	20.01.2020 - 25.02.2020	орындалды
Алгоритмді құру, Java платформасындағы сервисті құруға дайындық	25.02.2020 – 24.04.2020	орындалды

Диссертациялық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған бөлімдерге қойған

қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер (аты, әкесінің аты, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Диссертация жұмысының тақырыбын талдау	Тайсариева К.Н., ЭТжҒТ каф. сениор-лекторы, PhD докторы	25.02.2020 ж.	
Теориялық ақпарат	Тайсариева К.Н., ЭТжҒТ каф. сениор-лекторы, PhD докторы	24.04.2020 ж.	
Норма бақылау	Хабай А., ЭТжҒТ каф.сениор-лекторы, PhD докторы	26.07.2020 ж.	

Ғылыми жетекші_____ Қ.Н. Тайсариева

Магистрант _____ А. Жасұлан

Мерзімі «24» шілде 2020 ж.

АҢДАТПА

Диссертациялық жұмыс белгілі бір аумақтардың ауданын есептеу үшін, сондай-ақ әр түрлі уақыт кезеңдерінде бір территорияның аудандарының айырымын есептеп беретін құрылған алгоритмды көрсетеді. Алгоритм ArcGIS бағдарламалық қамтамасыз етудің бірнеше құралдарын қолдануға және операцияларына негізделген.

Қазіргі уақытта геодезия саласындағы әртүрлі проблемалар, атап айтқанда жер, су ресурстары мониторингі өте ұзақ шешілуде.

Табиғи құбылыстар, өрттер, су тасқыны үлкен аумақты қиратады, ал уақтылы есептеулер әртүрлі сыртқы және ішкі факторлардың салдарларынан шығатын шығындардың төмендеуіне әкеледі.

Диссертациялық жұмысты орындау барысында келесі міндеттерді шешу қарастырылды:

1. Әртүрлі уақытта бір аумақ аудандарының айырмашылығын есептеу үшін алгоритм жасау.

2. Java платформасында сервисті құруды жеңілдету үшін алгоритмді өңдеу.

АННОТАЦИЯ

Диссертационная работа представляет собой созданный алгоритм для вычисления как самих площадей выделенных территорий, также разницу площадей одного участка в разные периоды времени. Алгоритм основан на операциях и применении нескольких инструментах программного обеспечения ArcGIS.

В настоящее время проблемы разного рода в сфере геодезии решаются очень долго, а именно в сфере мониторинга земель, водных ресурсов.

Очень часто природные явления, пожары, наводнения разрушают огромные территории, а своевременные расчеты могу привести к снижению затрат на последствия разных как внешних, так и внутренних факторов.

В ходе выполнения диссертационной работы рассматривались решения следующих задач:

1. Создать алгоритм для вычисления разницы площадей одной и той же территории в разное время

2. Обработать алгоритм для упрощения создания сервиса на платформе Java.

ANNOTATION

The dissertation work is a created algorithm for calculating both the areas of the allocated territories themselves, as well as the difference in the area of one site in different periods of time. The algorithm is based on operations and application of several tools in the ArcGIS software.

Currently, problems of various kinds in the field of geodesy are solved for a very long time, namely in the field of monitoring of land and water resources.

Very often, natural phenomena, fires, and floods destroy vast territories, and timely calculations can lead to lower costs for the consequences of various external and internal factors.

In the course of the dissertation work, solutions to the following problems were considered:

1. Create an algorithm for calculating the difference in the area of the same territory at different times

2. Process the algorithm to simplify the creation of the service on the Java platform.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе 9
1 Қолданылатын құралдар туралы жалпы мәлімет 11
1.1 Алгоритм құрылысына әсер еткен жұмыстарға қысқаша шолу 11
1.2 Бағдарламалық қамтамасыз етулер мен бағдарламалау құралдары 12
1.3 USGS Earth explorer геологиялық қызметінің сервисі 16
2 Есептеулерде қолданылатын спектрлік индекстер 18
2.1 NDWI – нормаланған салыстырмалы су индексінің қолданысы 18
2.2 NDSI – қалыпты салыстырмалы қар индексінің қолданысы 19
2.3 LST – жер бетінің температурасын есептейтін индексінің қолданысы 22
2.4 NDVI – нормаланған салыстырмалы вегетациялық индексінің қолданысы 24
3 Суреттерді өңдеу және сервисті әзірлеу үрдісі 29
3.1. USGS қызметімен жұмыс істеу 29
3.2. ArcGIS-те суреттерді өңдеу үрдісі 31
3.3. JAVA сервисінде кодты жасау үрдісі 45
Қорытынды 49
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі 50

КІРІСПЕ

Тақырыптың өзектілігі. Қазіргі әлемде өрт оқиғалары жиілеп кетті, мысалы, Австралиядағы жағдай, жаһандық жылыну, Еуропада жыл сайын жаздың ыстығына байланысты су айдындары құрғап барады, сондай-ақ табиғат зардап шегетін және біздің өмірлік қажетті ресурстарымыз таусылып бара жатқан көптеген жағдайларды қарастыруға болады. Оған ішкі және сыртқы көптеген себептер бар.

Осы өзгерістердің салдарын талдау және мониторинг жүргізу үшін, сондай-ақ уақтылы араласу үшін қажетті онлайн платформалар мен қосымшалар енгізілді.

Қазіргі уақытта цифрлық және компьютерлік технологиялар онлайн режимінде адам өмірінің түрлі салаларына тереңірек еніп келеді. Жоғары технологиялар уақыты геодезия мен картография дамуының өз ережелерін талап етеді. Мамандар ғарыштан суреттерді өз мақсаттары үшін пайдалануды үйренді. Осы суреттердің көмегімен планетамыздың климаттық және тектоникалық өзгерістеріне көпжылдық мониторинг жүргізуге болады.

Қазіргі әлемде Жерді қашықтықтан зондтау (ЖҚЗ) және GPS-өлшеу деректері негізінде объектілер туралы деректерді алу әдісі ең экономикалық орынды және перспективалы болып саналады.

ЖҚЗ суреттері жердегі зерттеу әдістері пайдасыз болған жағдайда өте өзекті. Ондай жағдайға мысал ретінде үлкен аумақты қамтитын өрттер мен су тасқыны болуы мүмкін.

Әртүрлі салалар ғарыштық суреттерді пайдаланады және олар өрт қауіпті жағдайларды талдау және мониторингілеу, заңсыз жолмен ормандардың кесілуін болдырмау, ауыл шаруашылығы алқаптарын бақылау және т. б. сияқты әртүрлі міндеттерді шешу үшін қызмет ете алады.

Осы диссертациялық жұмыс жағдайында, оларға табиғи және антропогендік факторлардың әсер етуі салдарынан қоршаған ортаның өзгерістеріне мониторинг жүргізу үшін ЖҚЗ түсірілімдерін пайдалану тәсілі көрсетілетін болады.

Қазіргі уақытта фермерлер, бағбандар, табиғатты қорғау өкілдері және ісі немесе жұмысы қоршаған ортамен тығыз байланысты басқа да адамдар сияқты адамдар өз жерлеріне, учаскелеріне уақтылы мониторинг жасай алмайды және бірден сыртқы факторларға араласпайды. Сондай-ақ, жаһандық проблемалар, мысалы Сібірдегі өртке тез араласу және проблеманы жою мүмкіндігі болмады, және осы диссертациялық *жұмыстың өзектілігі* ұсынылған алгоритм арқылы ғарыш түсірілімдерінен қажетті геодезиялық ақпаратты оңай және тез анықтауға және алуға негізделген.

Магистрлік *диссертацияның мақсаты* территорияға сыртқы факторлардың араласуынан болатын ауданның қаншалықты өзгеруін есептеу үшін алгоритм жасау және ғарыштық суреттерді өңдеу бойынша сервистің нұсқасын жасау мүмкіндігін ұсыну болып табылады. Бұл ГИС және ЖҚЗ

танымалдығын интернет пайдаланушыларының кең аудиториясы арасында тарату қажет.

Зерттеудің тапсырмалары:

1) Бағдарламалық қамтамасыз етулер мен геоақпараттық жүйелерді қолдану және зерттеу
2) Ғарыштық суреттер мен олардың ресурстарын зерттеу
3) Спектрлік индекстер бойынша есептеулерді орындау
4) Қарастырылатын аумақтарды зерттеу және олардың мониторингі
5) ArcGIS-те суреттерді өңдеу
6) ArcGIS бағдарламасында әрекет алгоритмін құру
7) Нәтижелерді шығару

Жұмыстың жаңалығы. Зерттелетін аумақта әртүрлі уақытта аудан айырмашылығын табу үшін жаңа алгоритм жасалды. Мысалы, осы алгоритмді пайдалана отырып, өрттің салдарынан аумақтың қай ауданы зардап шеккенін есептеуге болады, өртке дейін және одан кейін суреттерді салыстыру арқылы.

Зерттеу әдістері. Жұмыс барысында геоақпараттық картографиялау, бағдарламалау, статистикалық талдау, ЖҚЗ деректерін дешифрлеу әдістері кеңінен қолданылды. Деректерді өңдеу және талдау және қорытынды ұсыну ArcGIS 10.5 (ESRI Inc., АҚШ).

Жүргізілген зерттеулер нәтижелерінің практикалық құндылығы әртүрлі климаттық белгілері бойынша аумақты мониторингілеу үшін пайдаланылуы мүмкін. Алынған нәтижелер ArcGIS сияқты толыққанды веб-сервисті немесе геоақпараттық сервисті құру үшін негіз бола алады.

Жұмыстың практикалық маңыздылығы кез келген климаттық және метеорологиялық параметрлер бойынша кез келген қажетті аумақтың мониторинг үрдісін толық автоматтандыру мүмкіндігі болып табылады. Автоматтандыру компьютерлерді кәдімгі пайдаланушыға интуитивті деңгейде еркін қол жетімді суреттердің қажетті пішімін таңдап, аумақтарға мониторинг жүргізуге мүмкіндік береді.

1 ҚОЛДАНЫЛАТЫН ҚҰРАЛДАР ТУРАЛЫ ЖАЛПЫ МӘЛІМЕТ

1.1 Алгоритм құрылысына әсер еткен жұмыстарға қысқаша шолу

Бұл диссертациялық жұмыста әр түрлі уақыт кезеңінде жасалған суреттер бойынша аудан айырмашылығын есептеу алгоритмі құрастырылды. Алгоритм ArcGIS бағдарламалық жасақтамасына негізделген және алгоритмді жасау кезінде басты құралдар спектралды индекстер болды.

Спектральды индекстер спутниктен түсірілген суреттер арқылы су объектілерін, жер бетіндегі өсімдіктердің болуы мен жай-күйін және т.б. анықтауға мүмкіндік береді. Ал ArcGIS және осы платформадағы бірнеше операциялар арқылы осы беттердің алып жатқан ауданын есептеп, осы диссертациялық жұмыс негізделген. Сондай-ақ, ArcGIS спектральды индекстері мен құралдары арқылы ормандардың, жайылымдардың және т. б. аудандарын табуға болады.

Ғарыштық көп векторлы суреттер бойынша су объектілерін табу үшін келесі индекстер кеңінен қолданылады: NDWI, NDMI, MNDWI, WRI, NDVI, AWEI. Нормаланған вегетациялық индексі NDVI іс жүзінде қолданылатын ең танымал индекс болып табылады және өлшеу сәтінде өсімдіктердің бар болуын және жай-күйін көрсетеді. Индекстің негізі хлорофиллдің пигментімен (қызыл арна) және өсімдік жамылғысының жоғары шағылысу қабілеті (инфрақызыл арна) бар шағылысу сипаттамаларының контрастын болып табылады. Судың нормаланған айырмасының индексі (NDWI) жақын инфрақызыл диапазонды арна және қысқа толқынды инфрақызыл (SWIR) арнаның негізінде есептеледі.

Су индекстерінің негізінде жер бетінің бейнелерінде су объектілерін (өзендер, көлдер, жасанды су қоймалары) бөлуге мүмкіндік беретін сүзгілер салынады. Су индекстерін есептеу алдында суретке түсіру кезінде жағдайды ескеруге және алынған бейненің жарықтық аралығын түзетуге мүмкіндік беретін радиометриялық және атмосфералық түзету жүргізіледі.

Диссертациялық жұмысты орындау барысында пайдаланылған әдебиеттер тізімінде көрсетілген материалдар зерделенді. Төменде алгоритмді құру идеясына әкелген екі жұмыс қаралды.

"Жерді қашықтықтан зондтау және жылу өрістерін модельдеу деректерін пайдалана отырып микроклиматтық карталарды құрастыру технологиясы" (В. М. Щербакова, А. и. Алтухов, д. с. Коршунов, в. с. Воюц)

Жұмыста ГИС-технологиясы ұсынылды, ол жер бедерінің сандық модельдерін, режимдік метеобақылаудың және өсімдіктердің вегетациялық индексін жерсеріктік тіркеудің мұрағаттық деректерін геоақпараттық әдістермен бірлесіп өңдеу арқылы ақпараттық микроклиматтық картаны алу міндетін жоғары дәрежеде автоматтандырылған шешуді қамтамасыз етеді. Ұсынылатын ГИС-технологиясының жаңалығы микроклиматтық жағдайдың картасын жасау үшін күн радиациясы өрістерінің индикациялық қасиеттерін және өсімдіктердің вегетативтік индексін пайдалану мүмкіндігімен негізделген. Бұл жорамалды

растау үшін инсоляция мен NDVI өзгергіштігінің маусымдық ырғақтығын синхрондық және өзара іс-қимылдарға салыстыру орындалды. Корреляциялық талдау нәтижелері микроклиматтық көрсеткіштердің индикациялық қасиеттерін, картографиялық бейнені генерализациялау дәрежесін анықтауға және микроклиматтық картографиялаудың кеңістіктік шекарасын таңдауға мүмкіндік берді. Ұсынылған ГИС-технологияны практикалық қолдану "ArcGIS"ортасында микроклиматтық карталардың фрагменттерін алуға мүмкіндік берді.

"Sentinel-2 сериялы спутниктерден алынған деректер бойынша көлдер алаңын анықтау" (С. А. Рылов, и. А. Пестунов)

Жұмыста көлдер ауданын анықтау үшін Sentinel-2 сериясындағы спутниктік деректер бойынша су бетін бөлудің белгілі әдістерін салыстырмалы талдау нәтижелері келтіріледі.

Аралас пикселдерді субпиксельді талдау негізінде су айдындарының ауданын автоматты түрде анықтаудың жаңа әдісі ұсынылады. Жоғары кеңістіктік ажыратымдылықты спутниктік бейнелерді пайдалана отырып, эксперименттік зерттеулердің нәтижелері көрсетілген, бұл ұсынылған әдіс нәтижелердің кеңістіктік ажыратымдылыққа тәуелділігінің айтарлықтай төмендеуін қамтамасыз етеді.

Бұл жұмыста NDWI арқылы су бетін бөлудің белгілі әдістеріне салыстырмалы талдау жүргізіледі және аралас пикселдерді субпиксельді талдау негізінде Sentinel-2 сериясындағы спутниктік деректер бойынша көлдер алаңын Автоматты анықтаудың жаңа әдісі ұсынылады.

Жүргізілген эксперименттік зерттеулердің нәтижелері су индекстері негізіндегі әдістер Sentinel-2 спутниктік деректері бойынша су объектілерін автоматты режимде бөлуді қамтамасыз ететінін көрсетті. Алайда, олар кейбір антропогендік нысандарды суға қате жатқызуы мүмкін. Бұдан басқа, бұл әдістер су объектілеріне бұлттардан көлеңкелерді жатқызады, бұл су қоймаларының ауданын анықтау кезінде елеулі қателіктерге әкелуі мүмкін. Сонымен қатар ECCA кластерлеудің параметрлік емес ансамбльдік алгоритмін және шешім ағашын қолдануға негізделген ECCA-Water қарастырылған әдісі осындай қателерге жол бермейді.

Жұмыста шағын көлемді су айдындары үшін аралас пиксельдер жерсеріктік суреттер бойынша олардың ауданын анықтау дәлдігіне айтарлықтай әсер ететіні көрсетілген. Түсірілімдердің кеңістіктік рұқсатының нашарлауы кезінде анықталатын алаңның төмендеуі байқалады. Аралас пикселдерді субпиксельді талдау негізінде көлдер алаңын автоматты түрде анықтаудың жаңа әдісі ұсынылды, ол зерттелетін су айдындарының ауданын анықтау дәлдігіне спутниктік бейнелердің кеңістіктік рұқсатының әсерін төмендетуге мүмкіндік береді. Бұл Sentinel-2 деректерін пайдалану аумағын тіпті шағын көлдерді бақылау үшін кеңейтуге мүмкіндік береді.

1.2 Бағдарламалық қамтамасыз етулер мен бағдарламалау құралдары

ArcGIS геоақпараттық жүйесі. ArcGIS Шолу. ArcGIS-жеке тұлғадан ірі корпорацияға дейін кез келген ұйым үшін географиялық деректерді құру, басқару, біріктіру және талдау үшін ауқымды жүйе. SQL-дің құрылымдық тілі (SQL) веб-беттерді (XML) құру үшін кеңейтілетін тіл спецификациясы, объектілердің құрамдас моделі (COM) сияқты стандарттарды пайдалана отырып құрылған, ArcGIS кез келген ұйымның ақпараттық жүйесімен интеграциялануы мүмкін. [14]

ArcGIS сондай-ақ бүкіл әлем бойынша пайдаланушылар үшін деректерді беру мен алу және ГИС қызметтеріне қол жеткізу мәселелерін шешетінін ескере отырып. ГИС бағдарламалық қамтамасыз ету арасында ArcGIS көшбасшысы заманауи бағдарламалық өнімдерін пайдалана отырып, редакциялау, талдау және модельдеудің күшті функциялары.

Егер географиялық деректерді жасау және пайдалану туралы айтатын болсақ, ArcGIS өнімдері қажетті құралдардың толық жиынтығын ұсынады. ArcGIS-географиялық деректерді құру, басқару, біріктіру, талдау және ұсыну үшін бағдарламалық өнімдердің ауқымды жиынтығы. Басқа операциялық жүйелер, тәжірибесіз пайдаланушылардың мүмкіндіктері шеңберінде ең көп таралған функцияларды қоса алғанда, ArcGIS бағдарламалары күрделі функционалдылықты және тәжірибелі пайдаланушыларды теңшеу мүмкіндігін қамтамасыз етеді.

ArcGIS термині ArcView, ArcEditor, ArcInfo және ArcGIS кеңейтімдеріне жатады. Бағдарламалар бөлек лицензияланса да, ArcGIS сол базалық бағдарламалар мен пайдаланушы интерфейсі бар кең ауқымды бағдарламалар жиынтығы болып табылады. ArcGIS негізгі қосымшалары ArcMap, Arcccatalog және ArcToolbox болып табылады. ArcMap кеңістіктік деректермен жұмыс істеу және картографиялық өнімді жасау үшін қолданылады. ArcCatalog кеңістіктік деректерді іздеуге және басқаруға арналған. ArcToolbox деректерді түрлендіру және өңдеу құралдарын ұсынады. ArcGIS-ке енгізілген әрбір бағдарлама осы үш қосымшаны қамтиды [15].

ArcView-ден ArcEditor-ға, содан кейін ArcInfo-ға ауысқан кезде бағдарламалардың функционалдығы біртіндеп артады. Нәтижесінде ArcView және ArcInfo ортақ архитектураға сәйкес құрылған және бірдей пайдаланушы интерфейсі бар бірыңғай интеграцияланған платформада біріктіріледі. Бұл географиялық деректерді жасау, басқару және талдау үшін бірыңғай платформа бұрынғы бағдарламалық орталарда ерекшеленетін бағдарламалар арасындағы ыңғайлылық пен өзара іс-қимылды айтарлықтай арттырады.

Netbeans Платформасы.

Ide NetBeans құралы Java 8 үшін ресми IDE болып табылады. Редакторлар, код анализаторлары және конвертерлер арқасында lambdas, функционалдық операциялар және әдістерге сілтемелер сияқты жаңа Java тілдік құрылымдарды пайдалану үшін қолданбаларды тез және тегіс жаңарта аласыз.

Пакеттік анализаторлар мен түрлендіргіштер Жаңа Java-тілдік құрылымдарға түрлендіру үлгілерін салыстыра отырып, бірнеше бағдарлама бойынша бір мезгілде іздеу үшін беріледі.

Java-ның үнемі жақсартылған редакторы, көптеген бай функциялар мен құралдардың, үлгілер мен үлгілердің кең спектрі арқасында NetBeans IDE ең заманауи технологияларды қолдану үшін стандартты орнатады. [16]

Жылдам және ақылды кодты өңдеу. IDE мәтіндік редактордан әлдеқайда көп. NetBeans редакторы жолдарды тастайды, сөздер мен жақшаларды салыстырады және бастапқы кодты синтаксистік және семантикалық түрде бөледі. Ол сондай-ақ код үлгілерін, кодтау кеңестерін және Код генераторларын қамтиды, ал бірнеше ыңғайлы және қуатты құралдар арқылы рефераттау кодын оңай өңдеуге мүмкіндік береді.

Редактор көптеген Java, C / C ++, XML және HTML, PHP, Groovy, Javadoc, Javadoc және JSP тілдерін қолдайды. Редактор кеңейтілетіндіктен, көптеген басқа тілдерге қолдау көрсете аласыз.

Жобаларды қарапайым және тиімді басқару. Мыңдаған қалталар мен файлдармен және миллиондаған код жолдарының үлкен қолданбаларын анық шолуды сақтау қиын міндет болып табылады. IDE NetBeans құралы бірнеше жоба терезелерінен бастап қосымшаларыңызды теңшеу және оларды тиімді басқару үшін пайдалы құралдарға дейін сіздің деректеріңізге жылдам және оңай қол жеткізуге мүмкіндік беретін, сізге subversion, Mercurial және Git интеграциясы арқылы нұсқаларды басқару құралдарын ұсынады.

Жаңа әзірлеушілер сіздің жобаңызға қосылғанда, олар сіздің қосымшаңыздың құрылымын түсіне алады, себебі сіздің кодыңыз жақсы ұйымдастырылған [17].

Пайдаланушы интерфейсінің жылдам дамуы. Java SE, HTML5, Java EE, PHP, C / C ++ және Java ME қосымшалар үшін графикалық интерфейстерді әзірлеу редакторлар мен құралдар көмегімен IDE ортасында жылдам және тегіс. Java SE бағдарламалары үшін NetBeans GUI Builder автоматты түрде дұрыс орналасу мен туралау туралы қамқорлық жасайды, сондай-ақ, орнында өңдеуді қолдайды. GUI конструкторын пайдалану өте оңай және интуитивті түсінікті, ол нақты уақытта графикалық интерфейстерді клиенттердің презентацияларында прототиптеу үшін қолданылған.

Қате кодтың құны тіркелмегенше ұзағырақ артады. NetBeans статикалық талдау құралдарын, әсіресе Java-кодында кең таралған мәселелерді анықтау және жою үшін FindBugs құралымен интеграцияны ұсынады. Сонымен қатар, NetBeans Debugger бастапқы кодта тоқтау нүктелерін орналастыруға, далалық сағаттарды қосуға, өз кодын орындауға, әдістерді іске қосуға, суреттер жасауға және оның пайда болуына қарай орындалуын бақылауға мүмкіндік береді[16].

NetBeans Profiler қолданбаның жылдамдығын оңтайландыру және жадын пайдалану үшін сараптамалық көмек береді және Java SE, JavaFX және Java EE қосымшаларын жинауды жеңілдетеді. Ide NetBeans бастапқы кодты пайдаланбай пайдаланушы интерфейстерін ретке келтіруге мүмкіндік беретін Java SE қосымшалары үшін визуалды жөндегішті қамтиды. Қолданбаларыңыздың

графикалық пайдаланушы интерфейсінің суреттерін жасап, тиісті бастапқы кодқа оралу үшін пайдаланушы интерфейсінің элементтерін басыңыз.

JAVA бағдарламалау тілі.

Java-таратылған интернет ортада пайдалану үшін арнайы әзірленген кеңінен қолданылатын бағдарламалау тілі. Бұл Android смартфондарына арналған ең танымал тіл және ол периферияльық құрылғылар мен интернет-технологиялар үшін ең танымал тіл болып табылады[19].

Java C ++ тіліне ие болу үшін әзірленген, бірақ ол C ++ -ге қарағанда оңай және бағдарлама-объектілі-бағытталған бағдарламалау моделі. Java бір компьютерде іске қосылатын немесе желідегі серверлер мен тұтынушылар арасында таратылатын толық бағдарламаларды жасау үшін пайдаланылуы мүмкін. Оны веб-беттің бөлігі ретінде пайдалану үшін шағын қолданбалы модуль немесе апплет жасау үшін де пайдалануға болады.

Java элементтері мен принциптері. Java бағдарламалау тілі неге соншалықты көп екенін түсіндіру қиын. Дегенмен, тілдің негізгі сипаттамалары оның жетістігінде өз рөлін атқарды, оның ішінде келесі компоненттер:

Java-да жасалған бағдарламалар желіде тасымалдауды ұсынады. Бастапқы код Java байтының кодын тудырады, ол кез келген сервер немесе клиент орнында Java виртуалды машинасы (JVM) арқылы іске қосуға болады. JVM компьютерлік жабдықта жұмыс істейтін кодтағы байт кодын түсіндіреді. Керісінше, COBOL, C ++, Visual Basic немесе Smalltalk сияқты көптеген бағдарламалау тілдері екілік файлға кодты құрастырады. Intel пішімделген операциялық жүйесінің екілік файлдары Mac, Linux немесе IBM мэйнфремдерін іске асыра алмайды. JVM қосымша just-in-time (jit) компиляторын қамтиды,[18] ол бір рет команда кодының бір байтын баламалы интерпретациялау ретінде орындалатын кодқа байт-кодты динамикалық түрде құрастырады. Көптеген жағдайларда динамикалық jit компиляциясы виртуалды машинаны түсіндіруден гөрі тезірек орындалады.

Сенімді код. C ++ және кейбір басқа тілдерде жазылған бағдарламалардан айырмашылығы, Java нысандарында сыртқы деректерге немесе басқа ұқсас нысандарға сілтемелер жоқ. Бұл нұсқаулық басқа жерде немесе операциялық жүйеде шешілуі мүмкін, себебі бағдарлама және, мүмкін, операциялық жүйенің өзі сәтсіздікке ұшырауы немесе сәтсіздікке ұшырауы мүмкін. JVM тұтастықты қамтамасыз ету үшін әрбір объектіде бірқатар тексерулерді орындайды.

Java объектілі-бағытталған. Объект объектілер класының бір бөлігі болып табылады және сынып үшін ортақ кодты мұра етеді. Объектілер дәстүрлі рәсімдік "етістіктерге" емес, қарауға болатын " зат " деп саналады. Әдісті объектінің мүмкіндіктері немесе мінез-құлқының бірі ретінде қарастыруға болады. Қазіргі заманғы бағдарламалау ландшафтында салыстырмалы түрде жалпы объектілі-бағытталған бола отырып, бірақ 1996 жылы тек бірнеше тілде ғана объектілі-бағытталған тұжырымдамалар мен жобалау үлгілері сәтті жүзеге асырылды. Java технологиясы: Java-бағдарламалау үшін қызықты платформа.

Апплет икемділікті ұсынады. Серверде емес, клиентте іске қосудан басқа, Java апплеті тез іске қосуға арналған басқа сипаттамаларға ие.

Әзірлеушілер Java-ны тез зерттей алады. C ++ сияқты синтаксиспен, Java салыстырмалы түрде оңай, әсіресе с фоны бар адамдар үшін.

Жалпы қате Java мен JavaScript арасындағы байланыс бар. Екі тілдің ұқсас синтаксисі бар, бірақ қалған жағдайда олар екі түрлі дизайн болып табылады.

Java Платформасы

Бағдарламашылар Java қосымшаларын әзірлейтін үш негізгі платформалар бар:

Java SE. Қарапайым, автономды қосымшалар Java Standard Edition арқылы жасалады. J2SE ретінде белгілі, Java SE жұмыс үстелі қосымшаларын әзірлеу үшін қажетті барлық API ұсынады.

Java EE. Java Enterprise Edition, бұрын J2EE ретінде белгілі, сұрау-Жауап веб-циклына жауап бере алатын серверлік компоненттерді жасауға мүмкіндік береді. Бұл компонент интернет-клиенттермен, соның ішінде веб-браузерлермен, CORBA негізіндегі клиенттермен, тіпті REST және SOAP негізіндегі веб-сервистермен өзара іс-қимыл жасай алатын Java-бағдарламаларды жасауға мүмкіндік береді.

Java ME. Java сондай-ақ бұрын J2ME деп аталатын Java Micro Edition ретінде белгілі мобильді әзірлеудің жеңіл платформасын ұсынады. Java ME кіріктірілген құрылғыларды әзірлеу үшін өте танымал платформа ретінде өзін дәлелдеді, бірақ ол смартфондарды әзірлеу нарығында табысқа жетуге тырысты. Смартфондарды дамыту тұрғысынан, Android дамыту үшін мобильді платформа болды.

Java қолдану мысалдары.

Java EE ұсынатын әртүрлі компоненттерді пайдалана отырып, әзірлеушілер танымал бағдарламалық жасақтама жобалау үлгілерін және әмбебап озық әдістерді пайдаланатын бағдарламаларды оңай жаза алады.

Мысалы, Struts, Spring және JavaServer Faces фреймворкалары сұрауларды орталықтандыру үшін алдыңғы контроллерді жобалау үлгілерін жүзеге асыру үшін Java серверін пайдаланады.

Сонымен қатар, Java экожүйесінің көп бөлігі ашық бастапқы жобалар, бағдарламалық платформалар мен API, олар тілді пайдалана отырып жасалуы мүмкін. Мысалы, Apache Foundation-да Java арқылы жазылған әртүрлі жобалар, соның ішінде:

* Java (SLF4J) үшін қарапайым журнал құрылымы.

* Иірілген жіп және Hadoop сияқты үлкен деректер платформасы.

* RESTful веб-қызметтерін дамыту үшін Apache Camel, Apache Axis және CXF сияқты интеграциялық платформалар.

Микросервистерді әзірлеуге арналған платформалар.

1.3 USGS Earth explorer геологиялық қызметінің сервисі

Американдық геологиялық қызмет. Өмір мен өмір сүру құралдарына қауіп төндіретін табиғи апаттар туралы ақпарат береді. Сондай-ақ, біз сүйенетін су, энергия, минералдар және басқа да табиғи ресурстар туралы ақпарат. Сондай-ақ, Қызмет экожүйелер мен қоршаған ортаның денсаулығын, сондай-ақ климаттың өзгеруі мен жерді пайдаланудың салдарын бақылайды. Біздің ғалымдар Жер және оның үрдістері туралы уақтылы, өзекті және пайдалы ақпарат үшін жаңа әдістер мен құралдарды әзірлеуде.

1879 жылы Конгресс актімен құрылған, USGS келесі 125 жыл бойы дамыды, өз дарындары мен білімін ғылым мен техниканың прогресімен салыстырды. USGS-ішкі істер департаменті үшін жалғыз ғылыми мекеме. Ол табиғи ғылымдар мен жердің кең қорын және биологиялық деректерді зерттеу үшін мыңдаған серіктестер мен Тапсырыс берушілерді іздейді.

USGS миссиясы жерді сипаттау және түсіну үшін сенімді ғылыми ақпарат беру арқылы Жыланды Халыққа қызмет көрсету; табиғи апаттардан өмір мен мүліктің жоғалуын азайту; су, биологиялық, энергетикалық және минералды ресурстарды басқару; және біздің өмір сапасын жақсарту және қорғау. USGS ғылыми жетілдіру және қоғам қажеттіліктеріне жылдам әрекет ету арқасында жаратылыстану ғылымдары саласындағы әлемдік көшбасшы болып табылады.

АҚШ-тағы ең ірі су, жер және биологиялық ғылымдар және азаматтық картографиялау ғылымы ретінде USGS табиғи ресурстардың жағдайы, проблемалары мен проблемалары туралы ғылымды жинайды, бақылайды, талдайды және ұсынады. Олардың әртүрлі тәжірибесі кең ауқымды пәнаралық зерттеулер жүргізуге және ресурстар менеджерлері, жоспарлаушылар және басқа клиенттер үшін бейтарап ғылыми ақпарат беруге мүмкіндік береді [20].

2 ЕСЕПТЕУЛЕРДЕ ҚОЛДАНЫЛАТЫН СПЕКТРЛІК ИНДЕКСТЕР

2.1 NDWI – нормаланған салыстырмалы су индексінің қолданысы

Жер бетіндегі өсімдік жамылғысы құрғақшылық кезінде қатты күйзеліске ұшырайды. Егер зардап шеккен аудандар уақытында анықталмаса, тұтас дақылдар зақымдануы мүмкін. Су стрессті ерте анықтау ауыл шаруашылығы дақылдарының көптеген теріс әсерлерін болдырмауы мүмкін. Жерді қашықтықтан зондтау және NDWI индексі нақты уақытта суаруды басқара алады, бұл ауыл шаруашылығын айтарлықтай жақсартады, әсіресе су қажеттіліктерін шешу қиын аудандарда.

1996 жылы Гао-да алғаш енгізілген судың нормаланған айырымдық индексі (NDWI) өсімдіктер мен топырақтағы ылғалдың мөлшерін көрсетеді және NDVI-ге ұқсас ретінде анықталады:

NIR - 0,841-0,876 нм диапазонында толқын ұзындығы бар жақын инфрақызыл диапазоны;

SWIR- 1,628-1,652 нм диапазонындағы толқын ұзындығы бар диапазонның бөлігі.

Формуланың функционалдығы мынадай пайымдаулармен түсіндіріледі: қызыл диапазонды пайдаланудың орнына хлорофиллдің бар болуы анықталатын шағылысу қарқындылығы қысқа толқынды жақын инфрақызыл (СВИР) пайдаланылады, онда су бойынша жарықтың жоғары сіңуі қолданылады. Мүмкін, кең ауқымы 1500-1750 нм. NDVI жағдайында бірдей жақын инфрақызыл (NIR) пайдалану су электромагниттік спектрдің бұл бөлігін сіңірмейді, сондықтан индекс атмосфералық әсерлерге төзімді, оны NDVI-ден ерекшелендіреді. NDWI индексі орманды бақылау кезінде сыни антропогендік жүктемеге қол жеткізгенде мәндердің тұрақты төмендеуімен сипатталады, бұл NDVI-ге қарағанда ормандардың экологиялық жағдайының индикаторы бола алады [22].

NDWI нәтижелері су күйзелісінің өсімдіктерге және оның ұзақ уақыт бойы уақытша эволюциясына кеңістіктік таралуы туралы ақпарат бере отырып, карталар мен графиктер түрінде ұсынылуы мүмкін.

Ndwi өнімі өлшеусіз және жапырақты тұқымдардың құрамына, сондай-ақ өсімдіктер мен жабынның түріне байланысты -1-ден +1-ге дейін өзгереді. Ndwi-дің жоғары мәні (көк) судағы судың жоғары мөлшеріне және өсімдіктердің жоғары бөлігіне сәйкес келеді. NDWI төмен мәндері (қызыл) өсімдіктердің төменгі мазмұнына және төмен өсімдіктермен жабылуына сәйкес келеді. Су стресс кезеңінде NDWI жылдамдығы төмендейді.

Ndwi индексі өрт қаупін бағалау үшін өсімдік жамылғысында ылғалдың болуын анықтау үшін пайдаланылады. Ndwi жоғары мәндері жеткілікті ылғалдылықты көрсетеді және төмен мән су стрессін көрсетеді.

1А деңгейіндегі 8 Landsat деректер жинағы 2013 жылдың 9 маусымында оңтүстіктен сатып алынды. Деректер жинағы спектрдің көрінетін, жақын

инфрақызыл облысында, спектрдің қысқа толқынды инфрақызыл және жылу инфрақызыл облысында жұмыс істейтін 11 спектральды жолақтармен сипатталады, көрінетін және қысқа толқынды инфрақызыл сәулеленуден 30 м кеңістіктік рұқсат жолақтарымен, жылу инфрақызыл және панхроматтық жолаққа 15 метрлік кеңістіктік рұқсат жолақтарымен сипатталады. Бұл зерттеу үшін біз 30 метрлік кеңістіктік рұқсат жолақтарын қар индекстерін және 15 сағаттық панхроматикалық диапазонды осы зерттеу үшін алынған 1A Landsat деңгейін бейнелеу үшін пайдаландық. Сандық суреттер нөмірлері Smith et al ұсынған ретінде Atmosphere (TOA) жоғары шағылысу қабілетін алу үшін бетінің шағылысу қабілетіне айналды. (2013). Толқын ұзындықтағы көрінетін және қысқа толқынды инфрақызыл аймақта қардың жоғары шағылысу қабілетін пайдалану үшін және зерттеу саласында қардың болуына назар аудару үшін, біз ndsi-ді пайдаландық. Бұл әдіс салыстырмалы спектралды қоспаны талдау (RMSA) және салыстырмалы көпше аяқтың спектрі сияқты қарды сәйкестендірудің басқа әдістерінен артық болды [23].

Қоспаны талдау (RMESMA). Ndsi, Shreve және т.б. (2009) айырмашылығы RMS және rmesma қарды жіктеу дәлдігі төмен екенін атап өтті. Бұл ndsi зерттеуде Landsat 8 Жасыл жолағында (0,53-0,59 мкм) және қысқа толқында байқалатын көрініс айырмашылығын бөлу арқылы есептелді (1,57-1,65 мкм) теңдікке сәйкес екі жолақ сомасы бар.

$$NDSI = \frac{Green0.53\text{-}SWIR1.65}{Green0.568 + SWIR1.65}$$

Hall et al қалай ұсынғандай (1995), Kulkarni et al. (2006) және Xiao et al. (2002), біз NDSI табалдырығын 0,4-тен артық қардың болуын атап өтеміз. Kulkarni et al қалай ұсынылды.. (2006) және Xiao et al.. (2002), 0,11-ден асатын инфрақызыл сәулелену туралы көрініс коэффициентінің мәні NDSI жіктеу дәлдігін жақсарту үшін су пиксельдерін жасыру үшін қолданылған.

Тоналды вариацияларды атап, өлшемділік пен корреляциялық негізгі компоненттерді азайту үшін PCA техникасы 8 тобының барлық көрінетін, жақын инфрақызыл және инфрақызыл сәулелеріне қолданылады. Бұл процедура сегіз спектрлік тәуелсіз негізгі компоненттерді тудырды. Әрбір басқарушы компонент қарды табу үшін тәуелсіз талданды. Айырмашылық бойынша директория қалыпқа келді

Құрамдас қар индексі (NDSI) содан кейін теңдеуде көрсетілгендей 1 және 2 негізгі компонентін пайдаланып, қардың болуын атап көрсету үшін есептелді.

$$NDPCSI = \frac{PCbrigh\ test\text{-}PCdarkest}{PCbrigh\ test + PCdarkest}$$

2.2 NDSI – қалыпты салыстырмалы қар индексінің қолданысы

Қар гидрологиялық циклдің және экологиялық қауіптіліктің маңызды компоненті ретінде белгілі жалпы ғаламдық метеорологиялық құбылыс болып табылады. Оңтүстік Африкада қар әдетте шектеледі және ең жойқын табиғи қауіптердің бірі болып саналады. Нәтижесінде, қар жамылғысын карталау су жинау бассейндерін басқаруда және қауіпті азайтуда маңызды үрдіс болып табылады.

Дегенмен, түсіру әдістерін пайдалана отырып, қар карталарын жасау жиі қымбат, шаршау және уақыт тұтынады. Сондықтан Оңтүстік Африка контекстінде далалық зерттеулер жиі жоғары динамикалық қар жамылғысы үшін мінсіз емес. Балама ретінде қашықтықтан зондтауға негізделген мұқабалардың тақырыптық түрлері деректер жиынтығы танымал болады. Бұл зерттеуде біз осы өлшемдікті пайдалану арқылы болжаймыз [24].

Гармониядағы негізгі компоненттерді талдау қар индексінің (NDSI) қалыпты шашылуы қар жамылғысының дәлдігін арттыру үшін құнды. Жақында іске қосылған 11 спектрлік Band Landsat 8-ді пайдалана отырып, біз негізгі компоненттік бейнені біріктіретін жаңа техниканы ұсынамыз.

Қарды бейнелеудің дәлдігін жақсарту үшін құрама қар индексі (NDPCSI). Нәтижелер көрсеткендей, екі NDPCSI және NDSI 84,9% және 76,8% - ды жіктеу дәлдігі жоғары, қарды көрсету кезінде тиімді болды. Зерттеу нәтижелері, сондай-ақ NDSI зерттелетін аймақ шегінде төмен учаскелерде табылған дене су сезімтал екенін көрсетеді, ал СПС су нысандарынан және көлеңкеден қарды безендіруге қабілетті болды. Ndsi және NDPCSI салыстырмалы нәтижелер берсе де, NDPCSI басқа жерге байланысты жабындардан қарды дәл көрсете алады. NDPCSI артықшылығы әсіресе қарды су айдындары мен көлеңкелерге корреляциялау үшін талдаудың негізгі компонентінің қабілетіне байланысты болуы мүмкін [27]. Екі әдістің дәлдігі Panchromatic band Landsat 8 кеңістіктік ажыратымдылығы мен орташа ажыратымдылығы арқылы бағаланды.

Бұл спектрорадиометр алынған нәтижелер ndpcsi қар карталарын жасау кезінде, әсіресе су қоймаларын қамтитын гетерогенді ландшафтта өміршең балама екенін көрсетеді. Қар жалпы жаһандық метеорологиялық құбылыс болып табылады. Кейбір жерлерде қар тұщы судың құнды көзі болып табылады, сондықтан гидрологиялық маңызды компонент болып саналады. Қар режимдердің жылуы мен жергілікті, аймақтық және тіпті жаһандық радиациялық теңгерімде маңызды рөл атқарады. Қар топырақтың аймақтық сипаттамаларына, өсімдіктердің құрылымына және өсімдіктердің құрылымына әсер етеді.

Жергілікті деңгейде қар жамылғысы судың өткізгіштігі, температурасы, ылғалдылығы, микробтық белсенділігі және көміртектің байланысы сияқты бірнеше параметрлерге әсер ететіні белгілі. Сәйкес, бетінің жоғары айқындығы және төмен жылу өткізгіштігі биологиялық, химиялық және геологиялық үрдістерге әсер етеді деп санайды. Бірқатар зерттеулерде қар климаттың өзгеруіне сезімтал индикатор болып табылады.

Оңтүстік Африкада қар негізінен қысқы айларда (маусымнан тамызға дейін) байқалады және Батыс Капа түбегінің тауларында, Солтүстік Кейп провинциясының батыс бөліктерінде, Шығыс мүйісі мен Квазулу-Наталадағы Дракенсбург тауларының жерлерінде кездеседі. Оңтүстік Африкада қардың таралуы Солтүстік жарты шардың орташа ендігі мен полярлық аймақтар сияқты үлкен емес екенін ескере отырып, жылдық қардың салдары жақсы құжатталған. Әлемнің басқа бөліктеріндегідей, Оңтүстік Африкадағы қар жер үсті көлігінің, әсіресе жоғары жердегі тау өткелдерінің, ауыл шаруашылығы шығындарының, электр және күн энергиясы сияқты Коммуналдық қызметтерге шамадан тыс жүктеменің едәуір төмендеуіне алып келеді

Миллер (1998) қар - бұл судың топыраққа енуіне ықпал ететін құнды физикалық үрдіс, ол шалғындық жерлерді және табиғи өсімдіктердің басқа да түрлерін қайта жандандырады, бұл ретте қарды картаға түсіру су жинағыштарды, су нүктелерін тұрақты пайдалану үшін, сондай-ақ табиғи апаттарға байланысты жоспарлау мен жұмсарту үшін өте маңызды. Дәстүрлі түрде далалық түсіру қар карталарын жасау үшін пайдаланылды.

Алайда, түсіру әдістерін пайдалана отырып, қар карталарын жасау жиі қымбат, шаршау және уақыт. Сондықтан далалық зерттеулер қардың тез еруі үшін өте қолайлы емес. Сондықтан қашықтықтан зондтау негізіндегі мұқабалардың тақырыптық түрлері деректер жиынтықтары танымал болады. Жойылған деректер, әсіресе, табиғи және жасанды бетінің көптеген түрлеріне қарама-қайшы келетін бірегей жоғары инцидентке байланысты қар жамылғысын өлшеу үшін өте қолайлы. Қар жамылғысын картографиялауда қашықтықтан қабылданатын деректер жиынтығының жарамдылығы қосымша қайталанатын уақытша қамту, жолақтың кең ені, жіктеудің жақсартылған алгоритмдері және қашықтағы және қол жетімсіз сайттардан деректерді алу жеңілдетіледі.

Бүгінгі күні ғалымдар қарды әртүрлі ауқымға сенімді көрсету үшін бірқатар әдістерді әзірледі. Кейбір жалпы деректер жиынтықтарын және қар карталарын жасау кезінде пайдаланылатын әдістерді егжей-тегжейлі шолу. Суреттер негізінде қарды бейнелеудің ең табысты әдістерінің бірі-қардың қалыпты бөлінуі [26].

Бұл әдіс жоғары қар шағылысу мен көрінетін және қысқа толқынды инфрақызыл кесінділерде күшті сіңіру арасындағы қатынасты пайдаланады. Көптеген коэффициенттер сияқты, ndsi-дің негізгі артықшылықтарының бірі-оның атмосфералық әсерлерге төзімділігі және көру геометриясынан туындаған әсері. Осыған байланысты қашықтықтан зондтау қауымдастығының НСИ-ін кеңінен пайдалану.

Жоғарыда көрсетілгендей, қар жамылғысының нақты көрінісі қолайсыз биофизикалық және әлеуметтік үрдісті жоспарлау, басқару және жұмсарту үшін құнды болып табылады. NDSI-ді пайдалану қар карталарын жасау кезінде кеңінен таралған болса да, мұндай карталардың сенімділігі көбінесе су, тау-кен жыныстарының жылтыр беттері және тіпті өсімдік жамылғылары сияқты басқа жабындыларға ұқсас.

Мұндай сипаттамалар олардың жоғары сіңіру қабілеті мен төмен ndsi бөлмесіне байланысты төмен шағылысу коэффициентімен сипатталады. Мұндай жағдайларда, инфрақызыл жолақта тіпті аздаған өсуі, сайып келгенде, NDSI-ді арттыруы мүмкін және, демек, қате жіктеу жер жабынының балама пиксель түрі қар әлі де жабыны картасының қар жіктеу дәлдігін арттыру үшін пайдаланылуы мүмкін әдістерге қажеттілік бар екенін атап көрсетеді.

Әдетте, қашықтықтан зондтау деректер жиынтығы бірнеше жолақтармен сипатталады. Дегенмен, деректер жиынтығындағы кейбір жолақтар жиі байланысты, сондықтан жерді пайдалану үшін артық (muchoney and Haack 1994, Munyati, 2004). СПС спектральды жолақтар аз корреляцияланған жеке бейнелердің жаңа жиынтығына біріктіріледі. Бұл зерттеуде NDSI концертінде PCA-ны пайдалану арқылы кішірейтілген өлшемділік жабу картасының қардың дәлдігін арттыру үшін құнды деп есептейміз. Жерді пайдалану-жерді картаға түсіру үшін СПС пайдалану туралы көптеген әдебиет бар болса да, қар жамылғысын картаға түсіру үшін СПС ndsi-ге интеграциялау бойынша әдебиеттің аздығы бар [27].

Жақында іске қосылған 11 Landsat 8 спектрлік жолағын пайдаланып, біз PCA-мен жасалған негізгі кескін компоненттерін біріктіретін жаңа техниканы ұсынамыз, ол ndsi-мен кеңінен қолданылатын, қалыпты айырмашылық қар индексінің стандартты индексі (NDPCSI) деп аталады.

2.3 LST – жер бетінің температурасын есептейтін индексінің қолданысы

Жер бетінің температурасы (LST) жер бетіндегі энергетикалық теңгерімнің жақсы көрсеткіші және жер бетіндегі үрдістер физикасындағы негізгі параметрлердің бірі болып табылады. Ол жер бетіндегі атмосфераның өзара әрекеттесуінің нәтижелерін және атмосфера мен жер арасындағы энергия ағындарын біріктіреді LST әдетте жалаңаш топырақ үшін жер бетінің температурасына, тығыз өскен топырақ үшін өсімдіктер күмбезінің жер бетінің температурасына жататын жер бетінің температурасы ретінде анықталады. LST сирек өсімдік топырағы үшін өсімдік жамылғысының температурасымен, өсімдік денесімен және топырақ бетімен анықталады LST жер бетінің сәулеленуінің тиімді температурасымен анықталады, ол жер бетіндегі жылу мен су алмасуын атмосферамен бақылайды. [28].

Бағалау бойынша, әлем халқының 50% - дан астамы қалалық аудандарда тұрады және 2050 жылға қарай бұл үлес 69,6% - ға жетеді деп күтілуде. Урбанизация климаттың өзгеруінің маңызды факторларының бірі және көптеген экологиялық проблемалардың негізгі себептерінің бірі болып саналады. Жалғасып келе жатқан урбанизация соңғы екі онжылдықта жерді пайдалану / жер жамылғысы (ЛУ-ЛЦ) құрылымында ірі өзгерістерге әкелді. Урбанизацияның жылдам қарқынының маңызды нәтижелерінің бірі ЛУ-ЛК-да

елеулі өзгерістер тудыратын қалалардың мөлшері мен санының өсуі болып табылады. Құрылыс салынған аумақтардың күрт өсуі ауыл шаруашылығы, бақтар, су объектілері мен шөлдердің едәуір қысқаруына әкелді. Өткен және қазіргі кеңістіктік / атрибутивтік деректерді пайдалана отырып, қалалық өсуді талдау қалалық географиялық зерттеулердің, қалаларды болашақ ғылыми жоспарлаудың және LST қаласын Елеулі дамыту үшін саяси саясатты құрудың негізгі талаптарының бірі ретінде қарастырылды, Жердің физикалық, химиялық және биологиялық үрдістерін бақылайтын негізгі параметрлердің бірі болып табылады және LST қалалық климатын зерттеу үшін маңызды фактор болып табылады, жер бетіндегі энергия теңгеріміне байланысты өзгереді және қалалық атмосфераның төменгі; жер бетінің энергетикалық теңгерімінің орталық элементі болып табылады және қала тұрғындарының жайлылығына әсер ететін энергетикалық алмасуларға әсер етеді.

LST жылу бейнелерінен бір инфрақызыл арна немесе пайдаланылатын жолақтардың санына байланысты сынған терезе арқылы алуға болады. Жоғары ажыратымдылығы бар Жерді бақылау спутниктерін пайдалана отырып, метеорология және климаттың өзгеруі үшін урбанизацияның салдарын қашықтан, сондай-ақ континенттік немесе жаһандық ауқымда зерделеу мүмкін болды, бұл жерде өлшеу жүргізуді қиындатады. сателлиттердегі температураны өлшеу интерполирленген жердегі станцияларда алынған нәтижелерге қарағанда жақсы нәтижелер береді [27]. LST кең ауқымды ғылыми зерттеулер үшін пайдаланылады және бұл жер бетіндегі аралдық жылу аралдарын өлшеу, ғимараттың энергиясын тұтынуды бағалау және жылумен байланысты тәуекелдерді бағалау үшін негізгі параметр. LST жер бетінің әр түрлі қасиеттеріне сезімтал, демек, Lu-LC түрлі түрлері туралы ақпарат алу үшін пайдаланылуы мүмкін, Батыс Бенгалиядағы Мальда ауданында ағылшын Базар муниципалитетінде LU-LC түрлі түрлері бойынша LST Елеулі вариацияларын байқады, Үндістан. Урбанизация LC өзгерістерінің негізгі қозғаушы факторы болып табылады, демек, LST өсуі және LST тұрақты өсуі адамның және экожүйенің басқа мүшелерінің мекендеу ортасын бұзуы мүмкін. LST сондай-ақ осы аймақтағы беттің температурасы туралы ақпаратты қамтамасыз ететін құрғақшылықты бағалау үшін пайдаланылуы мүмкін.

Құрғақ жер бетінің қасиеттерінің өзгеруі нәтижесінде LST-дағы өзгерістерді түсіну үшін көптеген зерттеулер жүргізілді. 1960-шы жылдары ғалымдар қашықтықтан зондтау деректерін пайдалана отырып, әртүрлі биофизикалық ауыспалы өсімдіктерді алып, үлгілендірді, ал өсімдіктердің нормаланған айырымдық индексі (NDVI) осындай кең таралған көрсеткіштердің бірі болып табылады. LST және NDVI арасындағы кері байланыс туралы хабарланған және өсімдік бетінің температурасын төмендетуі мүмкін, яғни өсімдік аймақ температурасына салқындатқыш әсер етеді. Әртүрлі датчиктерден және жақсартылған есептеуіш техникадан қашықтықтан зондтау деректерінің қолжетімділігін арттырумен LST динамикасын зерттеу үлкен серпіліс жасады. LST пен өткізбейтін жер бетінің пайызы (% ISA) арасындағы күшті сызықтық тәуелділік анықталды. [28]

Бұл жағдайда, ауа температурасы тропосферадағы биіктіктің артуымен төмендейді және бұл қысқару қоршаған ортаның ағуы деп аталады. Қоршаған орта градиенті-бұл жер бетінен сол ауа бағанасының бойымен кез келген жерде, яғни тік бағытта температураның төмендеуі. Қоршаған орта эмиссиясының градиенті ылғалдылық жағдайларына байланысты 1000 м-ге 5 ° С-ден 10 ° С-ге дейін ауытқиды. NDVI, NDBI, ISA және LST үстіндегі топырақтың ылғалдылығы сияқты құрлық бетінің сипаттамаларының әсері lst үстіндегі биіктіктің өзгеруінің әсері зерттелді, яғни lst-дағы беткейге ұқсас және басқа да сипаттамалары бар, бірақ әртүрлі биіктігі бар екі нүктенің айырмашылығы хабарланбайды. NDVI-дегі қалалар мен ауылдар арасындағы айырмашылықтар мен тиісті жерлердегі ең төменгі температураларда байқалатын айырмашылықтар арасындағы байланыс талдау іріктеу орындары арасындағы биіктіктердің айырмашылығымен шектелетін кезде жақсарады. LST қамтитын көптеген зерттеулерде, зерттеу аймағы бірнеше шаршы километрден бірнеше мың шаршы километрге дейін өзгеруі мүмкін және осындай үлкен алаңның биіктіктерінде елеулі өзгерістер болуы мүмкін. Ағымдағы зерттеулердің мақсаты жердің жалпы жеріне қатысты LST динамикасын анықтау болып табылады (биіктік түрінде көрсетілген). Lst-де өзгерісті табу қажет, ол екі нүкте арасындағы биіктіктің өзгеруіне байланысты болады, олар үлкен алаңда кеңістікте кеңістікке бөлінуі және бетінің ұқсас сипаттамалары болуы мүмкін. Мұндай вариациялардың қол жетімділігі LST өзгеруінен туындаған әсерді өтеу арқылы LST вариациясын шақыруда басқа параметрлердің салымын бөлу үшін пайдаланылуы мүмкін [25].

2.4 NDVI – нормаланған салыстырмалы вегетациялық индексінің қолданысы

Біз жиі біз айналасында өсімдіктер мен ағаштарды қабылдауға, дегенмен, олар біздің өміріміздің әрбір аспектісі байланысты. Олар бізді тамақтандырады, киіндіреді, көмірқышқыл газын сіңіреді, бізді оттегімен қамтамасыз етеді және бізге құрылыс материалдары мен дәрі-дәрмек береді. Түбегейлі өзгерістер Біздің айналамыздағы өсімдіктер айналасында болған кезде, біздің барлық денсаулық, экономика және қоршаған орта әсер етеді. Мысалы, жиырма бес жыл бұрын мыңдаған адамдар аштықтан өліп, африкалық аймақтағы Сахель құрғақшылық кезінде құрғап кеткен. Соңғы бес онжылдықта Оңтүстік Америкада ормансыздандыру мыңдаған акр парктерін тастап, көптеген түрлерді, соның ішінде құнды дәрі-дәрмектерді жойды [28].

Өсімдіктердің жаһандық нормаланған айырымдық индексі. Өсімдіктердің спутниктік карталары бүкіл әлем бойынша өсімдіктердің өсу тығыздығын көрсетеді. Ең көп таралған өлшеу өсімдіктің нормаланған индексі (NDVI) деп аталады. NDVI (0,1 және одан төмен) өте төмен мәндері тау жыныстарының, құмның немесе қардың бедеулік аймақтарына сәйкес келеді [27]. Орташа мәндер

бұталар мен шалғындық жерлер (0,2-ден 0,3-ке дейін) болып табылады, ал жоғары мәндер қалыпты және тропикалық ормандарға (0,6-дан 0,8-ге дейін) көрсетіледі.

Өсімдіктердің едәуір ауытқуын бақылауға және олардың қоршаған ортаға қалай әсер ететінін түсінуге ұмтыла отырып, 20 жыл бұрын жер бетіндегі жасыл өсімдіктердің тығыздығын өлшеу және көрсету үшін жер серіктік қашықтан датчиктерді пайдалана бастады. Пайдалана отырып, кеңейтілген радиомен басқарылатын радиатор NOAA (AVHRR), ғалымдар жинап, сурет беті біздің планета. Ғарышқа кері шағылысқан, көрінетін және жақын инфрақызыл жарықтың толқын ұзындығы мен қарқындылығын мұқият өлшеу арқылы ғалымдар бүкіл әлем бойынша жасыл өсімдіктердің шоғырлануын сандық бағалау үшін "өсімдіктер индексі" атты алгоритмді пайдаланады. Содан кейін, 8 -, 16 - немесе 30-күндік композициялар күнделікті өсімдік индекстерін біріктіре отырып, ғалымдар өсімдіктердің қай жерде өсіп жатқанын және қай жерде стресс (яғни судың жетіспеуінен) екенін анықтайтын жердің жасыл өсімдіктерінің тығыздығының егжей-тегжейлі картасын жасайды [29].

Жер учаскелеріндегі жасыл желектердің тығыздығын анықтау үшін зерттеушілер өсімдіктермен шағылысқан көрінетін және жақын инфрақызыл күн сәулесінің айқын түстерін (толқын ұзындығын) байқауға тиіс. Призма арқылы көрініп тұрғандай, күн сәулесінің көптеген спектрлері әртүрлі толқындарды құрайды. Күн сәулесі объектілерге әсер еткенде, осы спектрдің толқындарының кейбір ұзындығы басқа толқын ұзындығын сіңіреді және көрсетеді. Өсімдік жапырақтарындағы пигменттер хлорофилл фотосинтез кезінде пайдалану үшін көрінетін жарықты (0,4-тен 0,7 мкм-ге дейін) қатты сіңіреді. Екінші жағынан, жапырақтардың жасушалық құрылымы жақын инфрақызыл жарықты (0,7-ден 1,1 мкм-ге дейін) көрсетеді. Зауыт неғұрлым көп болса, соғұрлым жарық толқындарының осы ұзындығы әсер етеді.

Өсімдіктер көрінетін және жақын инфрақызыл толқындарда өте әртүрлі көрінеді. Көрінетін жарықта (жоғарыда) өсімдік аудандары өте қара, дерлік қара, ал шөлді аудандар (мысалы, қант) жеңіл болып табылады. Инфрақызыл толқындарда өсімдіктер жарқын, ал шөл шамамен бірдей. Көрінетін және инфрақызыл жарықты салыстыра отырып, ғалымдар өсімдіктердің салыстырмалы санын өлшейді. (АҚШ-тың батыс жағалауының реңінің өзгеруі анық) [32].

NOAA AVHRR құралында бес детектор бар, олардың екеуі жарық толқындарының 0,55-тен 0,70-ке дейін және 0,73-1,0 микрометр ұзындықтарына сезімтал. AVHRR детекторларының көмегімен зерттеушілер жерден шығатын жарықтың қарқындылығын көрінетін және жақын инфрақызыл толқын ұзындығында өлшей алады және құрлықтың бетінде берілген пикселдегі (AVHRR пикселы 1 шаршы км құрайды) өсімдіктердің фотосинтетикалық қабілетін сандық анықтай алады. Жалпы, егер толқындардың инфрақызыл ұзындықтарында көрінетін толқын ұзындықтарына қарағанда шағылысқан сәуле әлдеқайда көп болса, онда бұл пикселдегі өсімдіктер тығыз болуы мүмкін және орманның кейбір түрін қамтуы мүмкін. Егер көрінетін және жақын инфрақызыл

толқындардың шағылысу қарқындылығы өте аз болса, онда өсімдіктер сирек кездеседі және жайылымнан, тундрадан немесе шөлден тұруы мүмкін.

NDVI өсімдіктермен шағылысқан көрінетін және жақын инфрақызыл жарықтан есептеледі. Ndwi салауатты өсімдіктер көрінетін жарықтың көп бөлігін жұтып, жақын инфрақызыл жарықтың көп бөлігін көрсетеді. Зиянды немесе сирек өсімдіктер (оң жақта) көрінетін жарықты және жақын инфрақызыл жарықты көрсетеді. Жоғарыдағы суреттегі сандар нақты мәндерді білдіреді, бірақ нақты өсімдіктер әлдеқайда әртүрлі. (Роберт Симмонның Суреті).

Өсімдіктердің барлық спутниктік индекстері осы айырымдық формуланы жердегі өсімдіктердің өсу тығыздығын сандық бағалау үшін пайдаланады - инфрақызыл сәулеленуге бөлінген көрінетін сәулеленуді шегере отырып, инфрақызыл сәулеленуге және көрінетін сәулеленуге. Бұл формуланың нәтижесі өсімдіктің қалыпты айырымдық индексі (NDVI) деп аталады. Жазбаша математикалық формула:

$$NDVI = (NIR - VIS) / (NIR + VIS)$$

Осы пиксель үшін NDVI есептеу әрқашан бір (-1) - ден плюс бір (+1) - ге дейін ауытқиды; алайда ешқандай жасыл жапырақтар нөлге жақын мән бермейді. Нөл өсімдіктің болмауын білдіреді және + 1 (0,8-0,9) жақын, жасыл жапырақтардың барынша ықтимал тығыздығын көрсетеді. [33]

Спутниктік қашықтан датчиктер фотосинтетикалық белсенді сәулеленудің қандай бөлігін өсімдікпен сіңіретінін сандық анықтай алады. 1970-ші жылдардың соңында ғалымдар таза фотосинтез өсімдіктермен жұтатын фотосинтетикалық белсенді сәулелену санымен тікелей байланысты екенін анықтады. Қысқаша айтқанда, өсімдік көрінетін күн сәулесін (вегетациялық кезеңде) неғұрлым көп сіңіреді, соғұрлым фотосинтездейтін және өнімді. Керісінше, зауытты күн сәулесі аз сіңірсе, ол фотосинтездейді және соғұрлым аз өнімді. Кез келген сценарий NDVI мәніне әкеледі, ол уақыт өте келе осы уақыт ішінде осы аймақта өсімдіктердің "қалыпты" өсу жағдайын белгілеу үшін орташалануы мүмкін. Қысқаша айтқанда, белгілі бір уақыт ішінде фотосинтетикалық белсенді радиациямен аймақтың жұтылуы мен көрінісін нормаға қатысты өсімдіктің денсаулығын сипаттау үшін пайдалануға болады [37].

Осы жылдың нақты айындағы орташа NDVI (мысалы, 1993 жылғы тамыз, жоғары) және соңғы 20 жылдағы сол айдағы орташа NDVI арасындағы айырмашылық NDVI аномалиясы деп аталады. (Тамыз айында NDVI аномалиясын 1993 жылы NDVI-мен және Солтүстік Америкада NDVI-мен салыстырыңыз.) Климаттың көпшілігінде өсімдіктердің өсуі сумен шектелген, сондықтан өсімдіктердің салыстырмалы тығыздығы ауыл шаруашылық қуаңшылығының жақсы көрсеткіші болып табылады.

Жоғарыда келтірілген суретте 1993 жылғы тамызда АҚШ-тағы NDVI аномалия көрсетілген. Биылғы жылы Солтүстік ұлы жазықта (Солтүстік және Оңтүстік Дакота, Альберт және Саскачеван) қатты жаңбыр Миссури өзенінде су

басуына алып келді. Алынған өте керемет өсімдіктер оң аномалияға (жасыл) ұқсайды. Сонымен қатар Шығыс штатында жауын-шашын өте төмен болды және аймақта қатты теріс ауытқулар (қара-қызыл түс) байқалды [27].

Бүгін NASA және NAAA зерттеушілері бүкіл әлем бойынша NDVI деректерінің екі онжылдығына ие. Осы айда немесе осы жылы NDVI деректерін 20 жылдық орташа көрсеткішпен салыстыру осы аймақтағы өнімділік типтік немесе өсімдіктердің өсуі айтарлықтай көп немесе аз өнімді екенін көрсетеді. Осылайша, осы веб-сайттың мақсаттары үшін өсімдіктердің өсуін төмендету кезеңі бар белгілі бір аймақ (жауын-шашынның жоқтығынан) "құрғақшылықта"деп белгіленеді. NDVI әдеттегіден төмен басқа себептер-бұл өте суық температура (вегетация кезеңін кешіктіріп немесе қысқартуы мүмкін) және бұлт.

1999 жылдың желтоқсан айында NASA Жерді бақылау агенттігінің (EOS) бағдарламасында флагман Terra ғарыш кемесін ұшырды. Terra бортында орташа ажыратымдылығы бар спектрорадиометр немесе MODIS деп аталатын сенсор ұшады, бұл ғалымдардың жаһандық ауқымдағы өсімдіктердің өсуін өлшеу мүмкіндігін айтарлықтай жақсартады. Қысқаша айтқанда, MODIS әлдеқайда жоғары кеңістіктік ажыратымдылықты (250-метрлік ажыратымдылыққа дейін) қамтамасыз етеді, сондай-ақ AVHRR-ның күндізгі жаһандық қамтылуына сәйкес келеді және оның спектрлік ажыратымдылығынан асып түседі. Басқаша айтқанда, MODIS жерді берілген пиксель бойынша бейнелерді AVHRRR сияқты жиі береді, бірақ әлдеқайда егжей-тегжейлі және құрлықтың бетінің динамикасын өлшеу үшін арнайы әзірленген детекторларды пайдалана отырып, толқын ұзындығының өлшемдерімен қамтамасыз етеді.

Демек, MODIS дамыту тобы NDVI өнімінің сапасын жақсартатын индекстелген өсімдік индексі (EVI) деп аталатын жаңа деректер өнімін дайындайды. EVI MODIS жаңа, заманауи өлшеу мүмкіндіктерін толық пайдаланады. EVI NDVI-ге ұқсас есептелсе де, ол ауада бөлшектерден, сондай-ақ өсімдіктен төмен топырақ жамылғысынан туындаған кейбір бұрмалаушылықтарды түзетеді. EVI деректер өнімі тропикалық ормандар мен басқа да жер аудандарын қарағанда NDVI сияқты оңай емес.

Қамту жиілігі. NDVI де, EVI өнімі де барлық кедергілерді жоймайды. Бұлттар мен озон қабаты көбінесе жер бетіндегі спутниктердің түрін толығымен жаба алады, күннен шағылысулар белгілі бір пикселдерді қанықтыра алады, ал жерсеріктік құралдардың уақытша ақаулықтары кескінді бұрмалай алады. Сондықтан, көптеген пиксельдер күніне сурет өзгермейді, ал күнделікті өсімдік индекстерінен жасалған карталар жақсы емес [37].

Ұзақ мерзімді өсімдіктер туралы орташа деректер бұлттар туындаған қателерді жоюға көмектеседі, бірақ бөлшектерді, әсіресе жоғары кеңістіктік рұқсаттарда жояды. Суреттердің жоғарыда аталған жұбы 1999 жылдың қыркүйегінде Борнео аралын көрсетеді. Сол жақта-21-30 қыркүйек аралығында 10 күндік орташа мән. Ауыр бұлт жамылғысы кейбір аймақтарды, егер олар шағын өсімдіктер болса немесе мүлдем болмаса (ашық қоңыр түсті) пайда

болды. Алайда қыркүйек айында 30 күндік орташа мән бүкіл Арал өте орманды екенін көрсетеді.

MODIS және AVHRRR құралдарын ұсынатын визуализация деректерінің арқасында ғалымдар бұл көрсеткіштерді жер бетінің көп бөлігінде өсімдіктердің тығыздығын күнделікті өлшеу үшін пайдалану мүмкіндігі болуы керек. Карталар ормансыздандыру және шөлейттену, сондай-ақ құрғақшылық сияқты экологиялық және климаттық өзгерістерді мониторингілеу және түсіну үшін пайдалы. Карталар сондай-ақ спутниктік өлшемдердің басқа түрлерінде маңызды рөл атқарады. Мысалы, Олар ғалымдарға әлемнің ландшафтарындағы өсімдіктердің әртүрлі түрлерін жіктеуге, сондай-ақ уақыт өте келе жер бетіндегі өзгерістерді анықтауға көмектесу үшін өте маңызды [33].

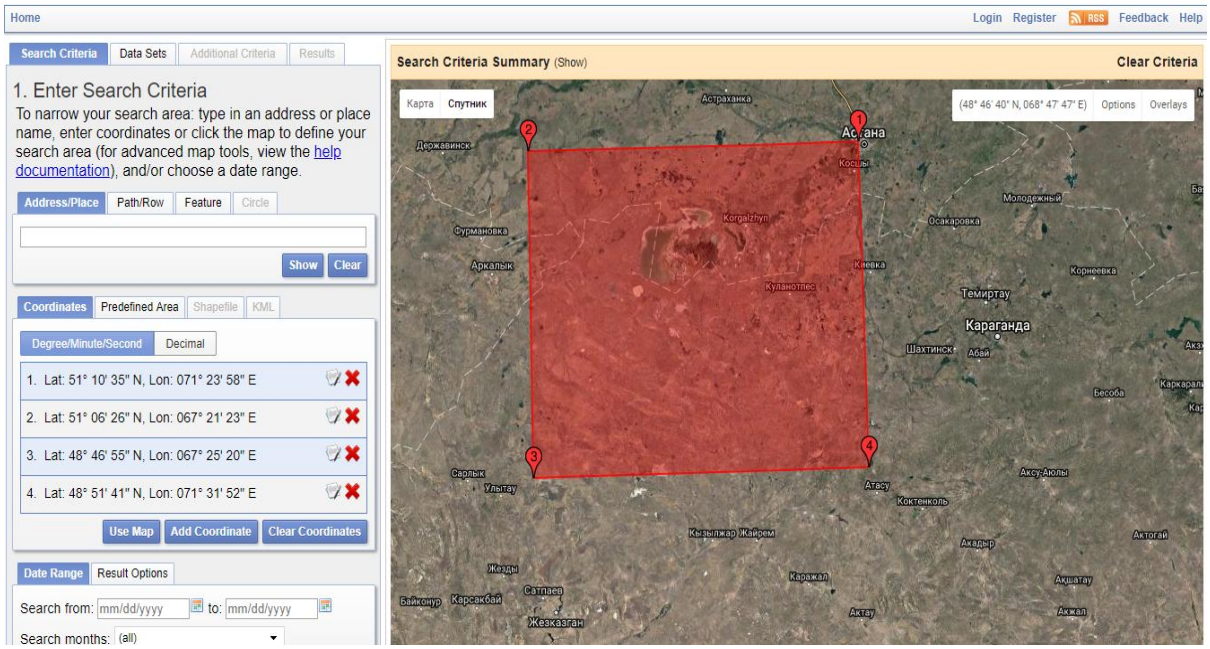
3 СУРЕТТЕРДІ ӨҢДЕУ ЖӘНЕ СЕРВИСТІ ӘЗІРЛЕУ ҮРДІСІ

3.1 USGS қызметімен жұмыс істеу

Жұмыс үрдісі қажетті Geotif форматымен сәйкес келетін суреттерді іздеуден басталады. Мұндай суреттерді еркін түрде американдық геологиялық қызмет сайтынан алуға болады.

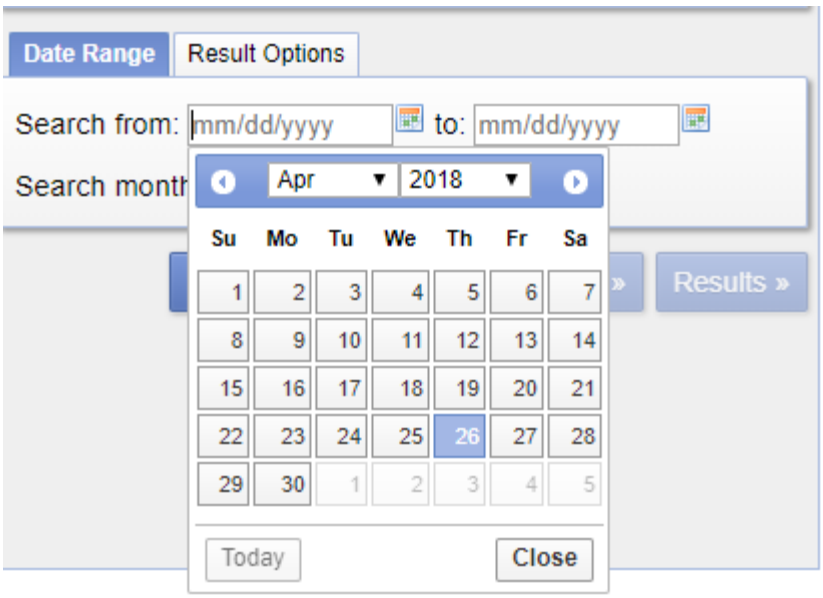
Мысалы, Теңіз көлінің мысалында жиынтық индексті (NDVI) есептеу мысалында есептеу жүргіземіз.

Бізге қажетті аумақтың суретін табу үшін, біз Use Map (картаны пайдалану) функциясын пайдаланамыз және бізге қажетті аумақты бөлеміз.

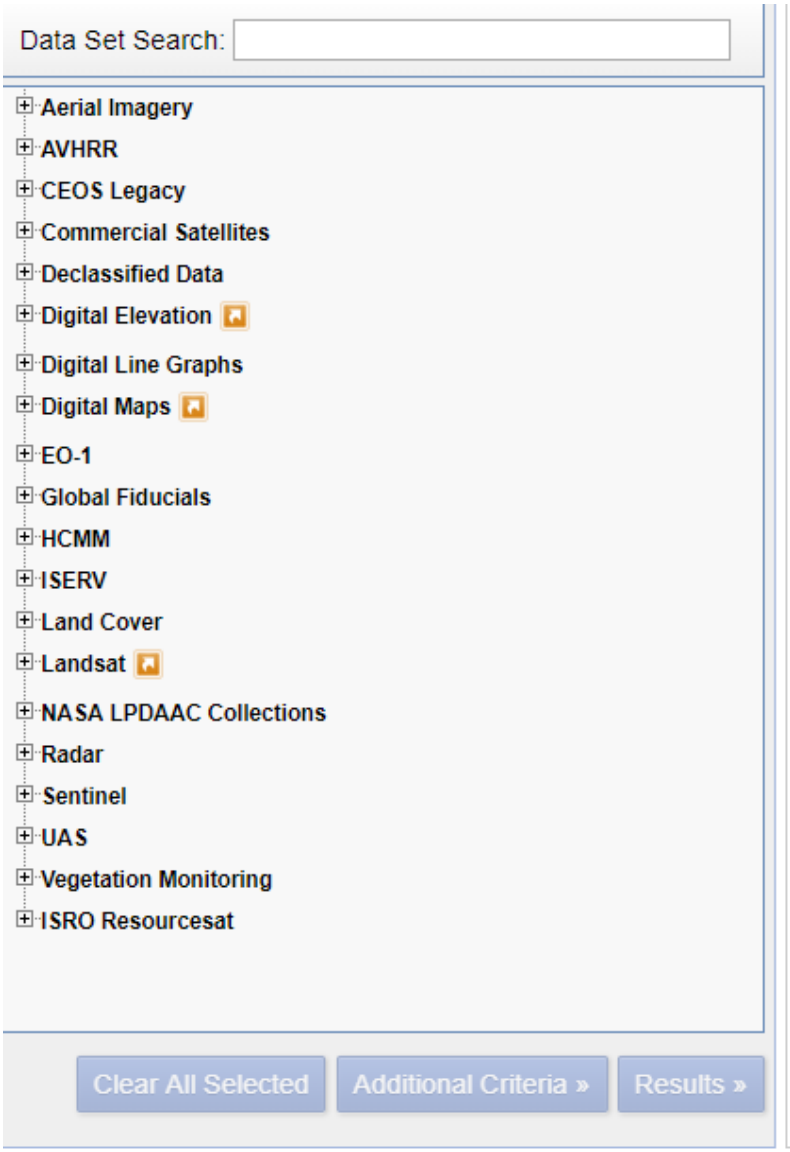


3.1 сурет – Use Map қызметі

Бұдан әрі тиісті терезеде күнді енгізу қажет. Ең сапалы суреттерді Landsat 8 спутниктерінен алуға болатынын есте сақтау маңызды.

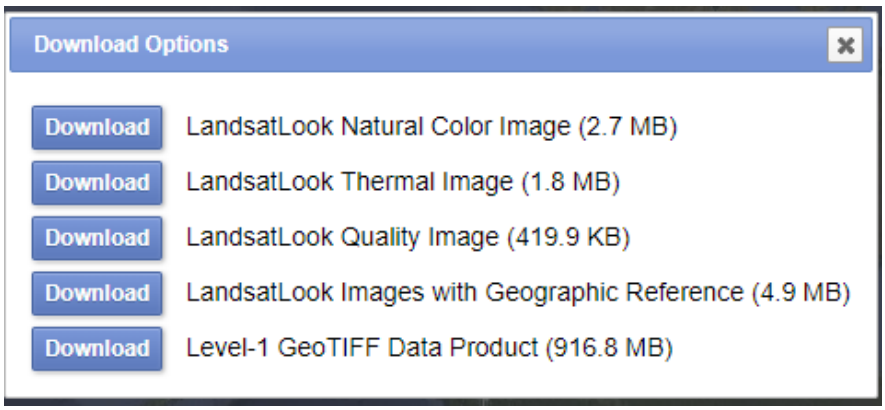


3.2 сурет – USGS EarthExplorer-де күнді таңдау



3.3 сурет – Жерсеріктерді таңдау терезесі

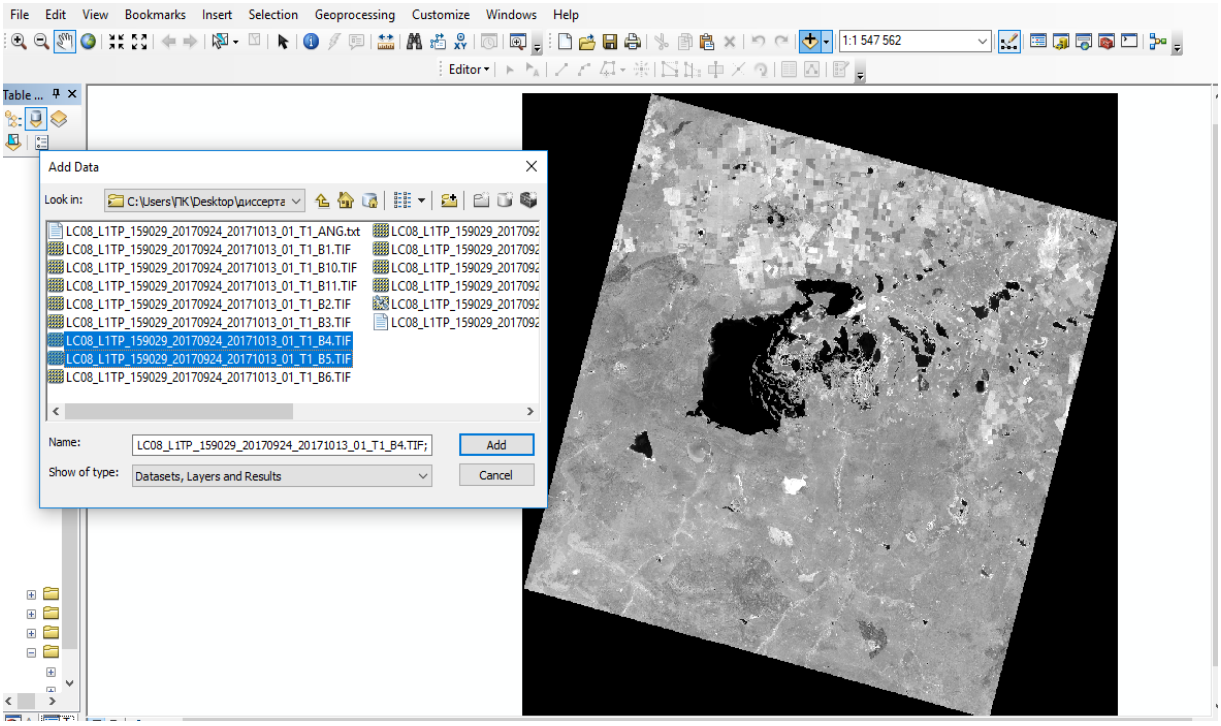
Келесі қадам суреттердің дұрыс пішімін таңдау керек. Қажетті пішім GeoTIFF.



3.4 сурет – GeoTIFF форматы

3.2 ArcGIS-те суреттерді өңдеу үрдісі

Су индексін есептеу жұмысы ArcGIS бағдарламалық қамтамасыз етуінде жүргізіледі, сондықтан алғашқы іс-қимылмен суретке түсіру қажет.

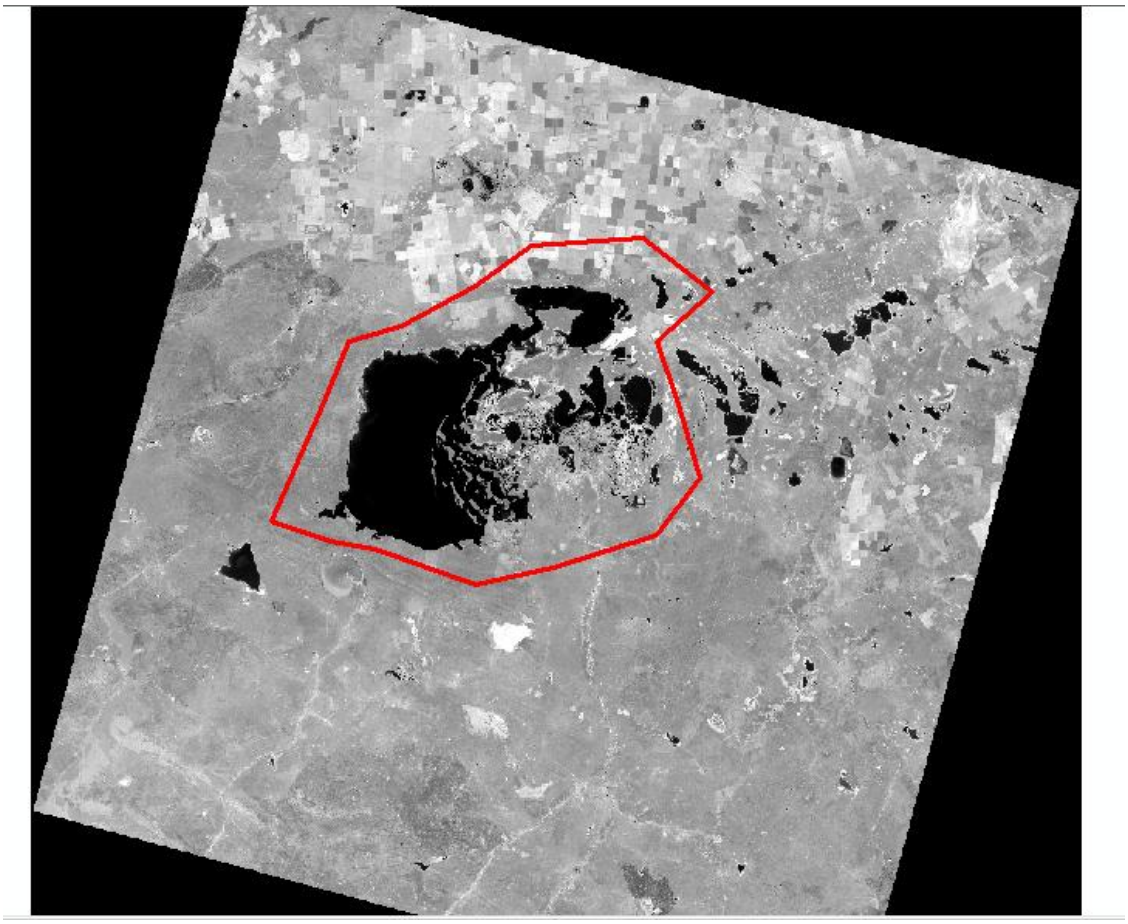


3.5 сурет – ArcGIS-ке суреттерді жүктеу.

Су индексін (NDVI) дұрыс есептеу үшін №5 және №4 жолақтары бар суреттерді таңдау қажет. Суретте Теңіз көлі мен оған жақын орналасқан су

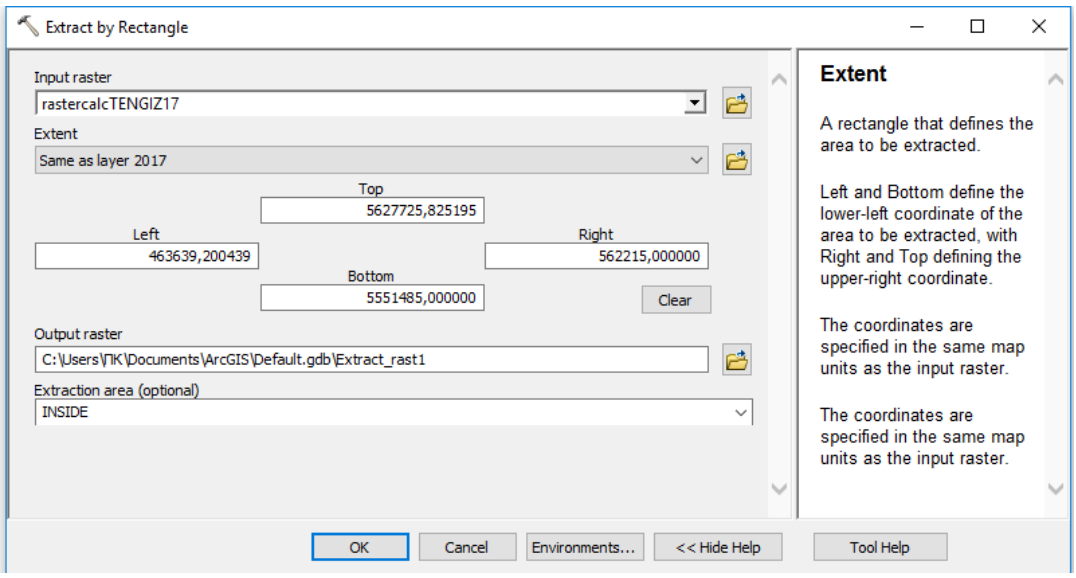
беттерін қоспағанда, көп артық су бар. Себебі, мониторинг тек өзгерістер алаңы үшін ғана жүргізіледі.

Ол үшін ArcCatalog-да біз суреттің бөлінген бөлігі туралы ақпарат сақталатын жаңа ShapeFile (қабат) жасаймыз.

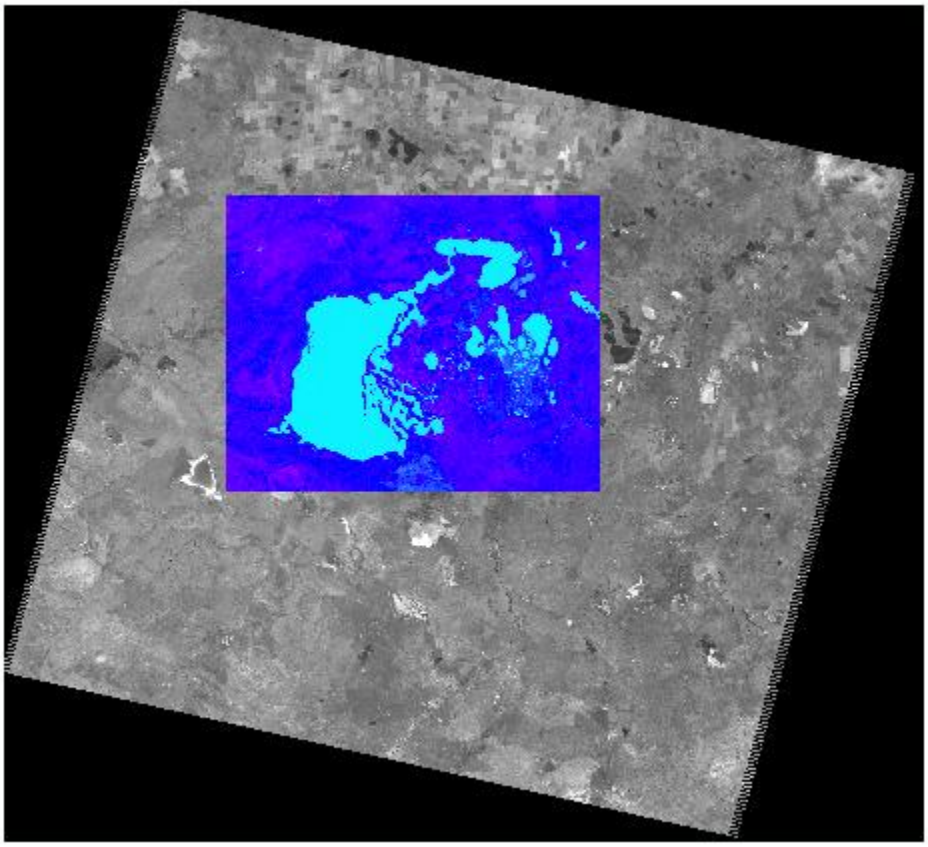


3.6 сурет – Пайдалы аумақты бөліп алу

Осыдан кейін "Extract as Rectangle" құралының көмегімен Extraction құралдарының жиынтығында, біз үшін қажетті аумақты дайындалған үлгі бойынша кесеміз.

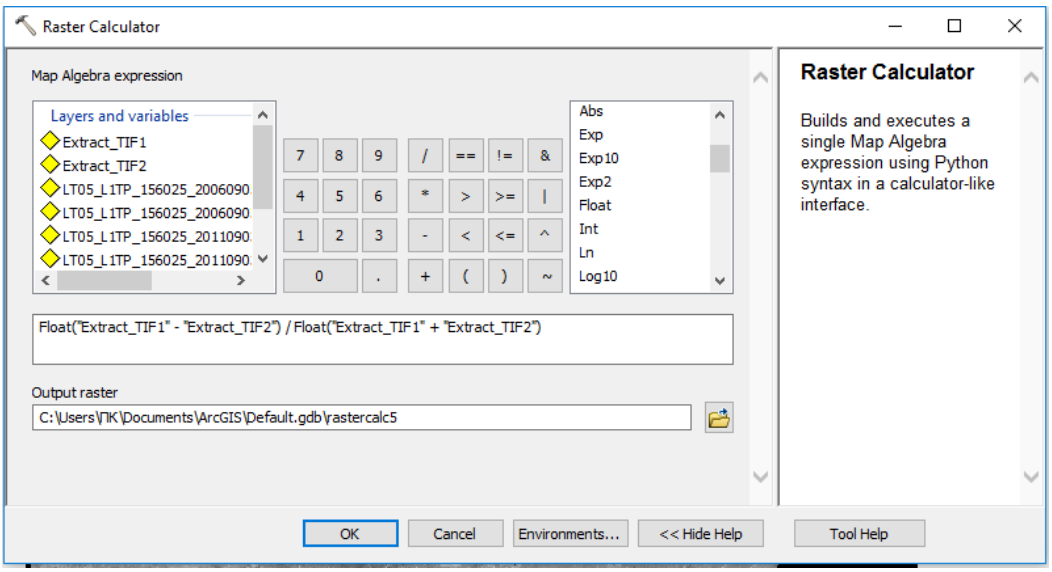


3.7 сурет – Extraction құрылғысы



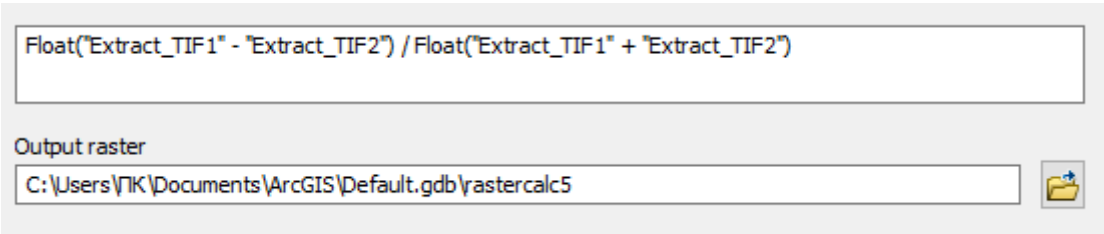
3.8 сурет – "Extraction" құралы арқылы кесілген аумақ”

Суретте су бетін тану және оны жер мен өсімдіктен ажырату үшін ArcToolbox құралдарының жиынтығында қол жетімді растрлық калькулятор құралы қолданылады. Бұл опцияны пайдалану өте қарапайым, бірақ дұрыс есептеу үшін деректер абсолютті дәлдікпен енгізілгеніне көз жеткізу қажет.

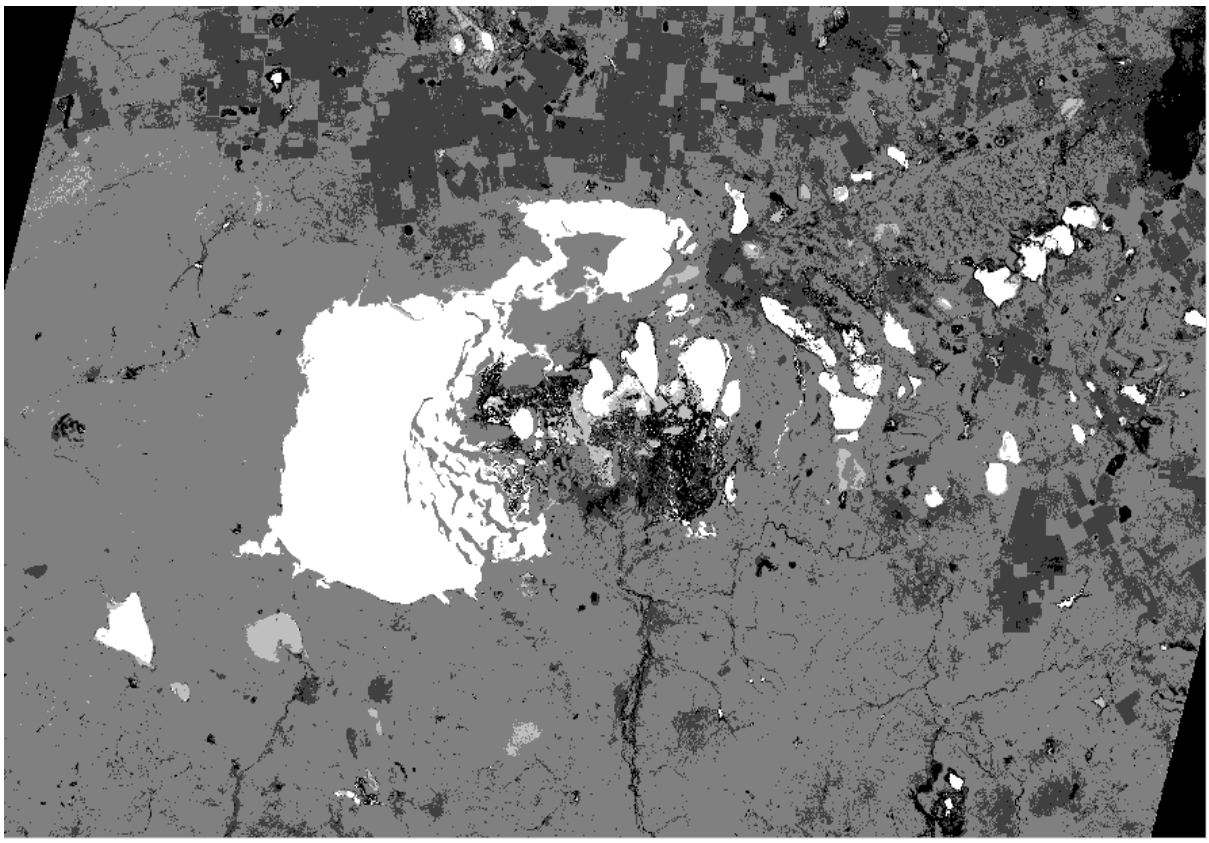


3.9 сурет – Растрлық калькулятор

3.9-суретте есептеу үшін қолданылатын қабаттар, суреттер және айнымалылар көрінетін терезе көрсетілген. Осы жұмыстың мақсаты үшін бұрын кесіп алынған ғарыш түсірілімдерінің элементтері пайдаланылады. Егер суреттерді таңдасақ, онда есептеулер суреттің бүкіл аумағына жүргізілетін болады, бұл Теңіз көлінің аумағына сапалы мониторинг жүргізуге мүмкіндік бермейді. Мәліметтерді 3.10-суретте мысалы бойынша енгізуге болады, яғни арналардың айырымы алынады да, олардың қосындысына бөлінеді. "Float" қасиеті өрнекті дөңгелектеу үшін қолданылады. Шығатын растр бағанында нәтижесі сақталуы тиіс орынның директориясын көрсетеді.



3.10 сурет – Растрлық калькулятор, деректерді енгізу



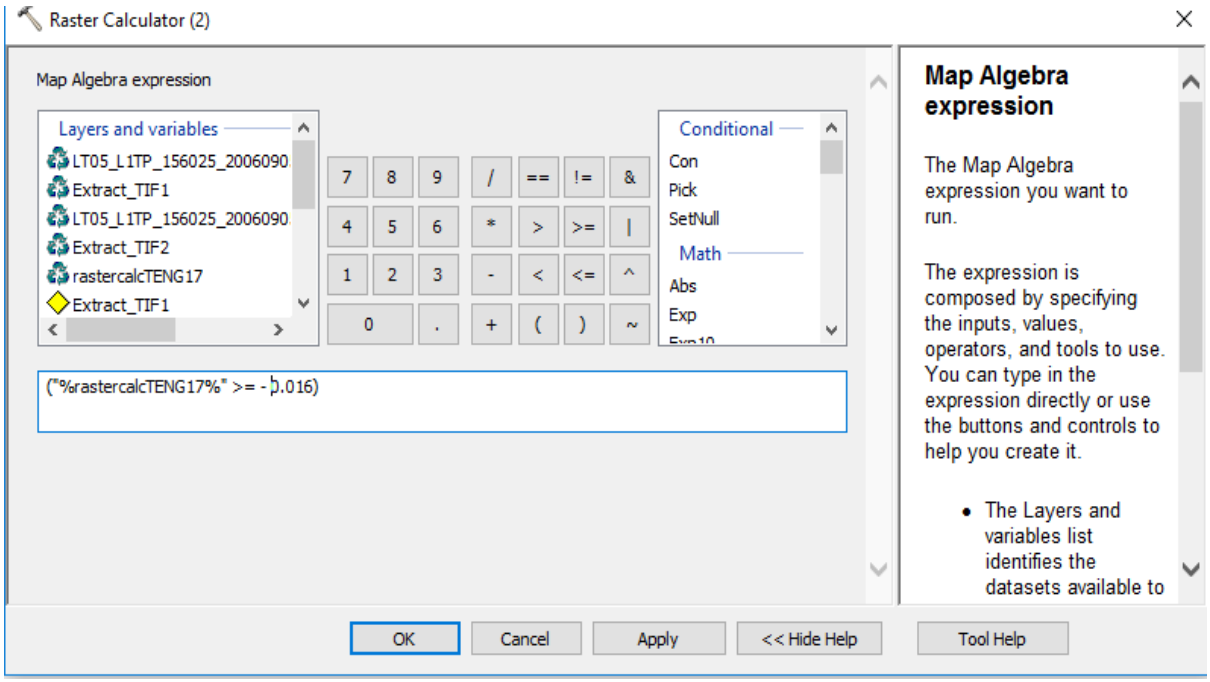
3.11 сурет – NDWI формуласы бойынша есептеуді орындау нәтижесі

Нәтиже ретінде -1-ден 1-ге дейінгі түстік деректер мәндерінің ұзындығы бар растр беріледі.

Су қабатын бөлу үшін теріс мәні бар қабаттарды таңдау арқылы жіктеу орындалады.

Су объектілері теріс мәнге ие болады. Басқа нысандардың NDVI мәні оң болады, себебі бұл нысандардың жақын инфрақызыл аймағындағы жарықтығы қызылға қарағанда жоғары. Оны пайдаланып, су беті мен кептіруді NDWI мәні бойынша бөлуге болады.

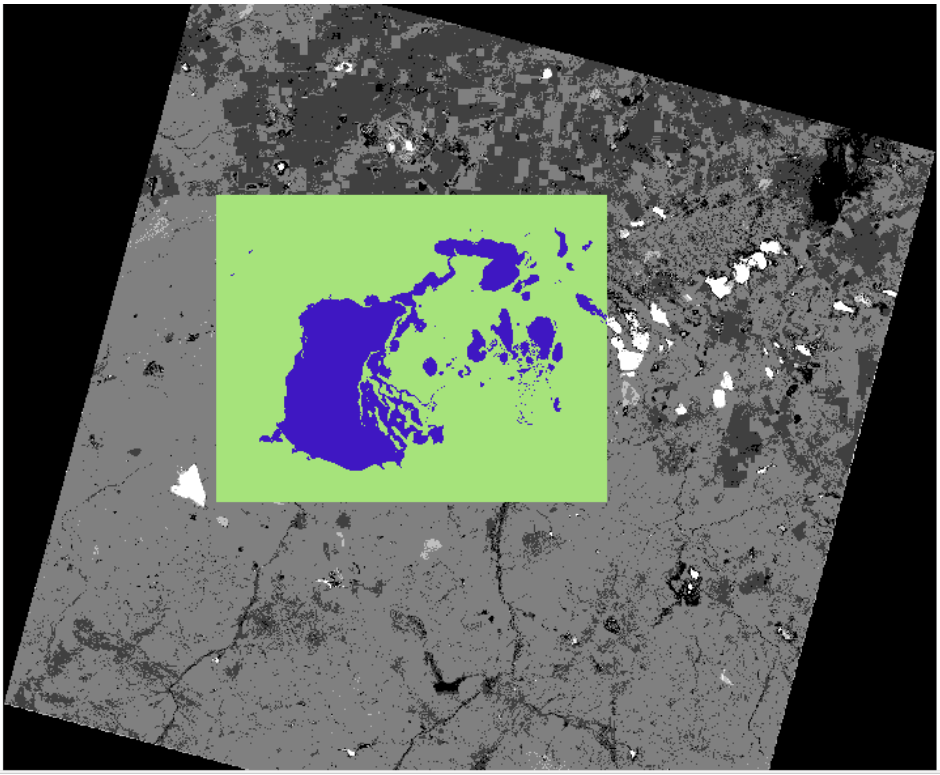
Бірінші кезеңде алынған растр көмегімен ShapeFile екі сыныпқа бөлінеді: біріншісі – барлық су беті, екіншісі – біріншіге жатпайтын барлық нәрсе.



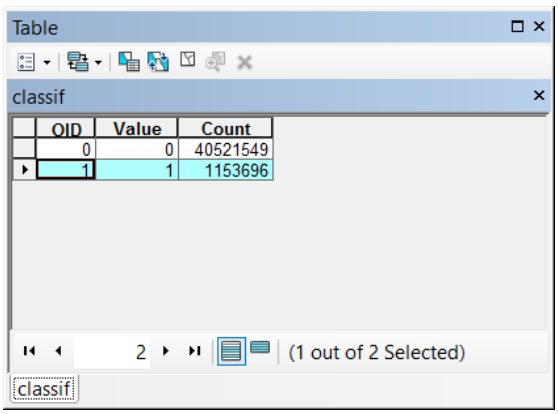
3.12 сурет – Растр калькуляторы, су бетінің жіктелуі

Нәтижесінде, барлық су беті "1" мәніне сәйкес келетін бинарлық растр, ал құрғақ "0" мәніне сәйкес келеді, оны атрибутивтік кестеде көруге болады (3.14-сурет). 3.6-суретте көрсетілгендей, барлық су беті күлгін түспен, ал құрлықтың басқа түсімен көрсетілген, яғни қазір олар анық шектелген.

Бұл үшін "(растр < -0,1) " деген өрнек енгізіледі.

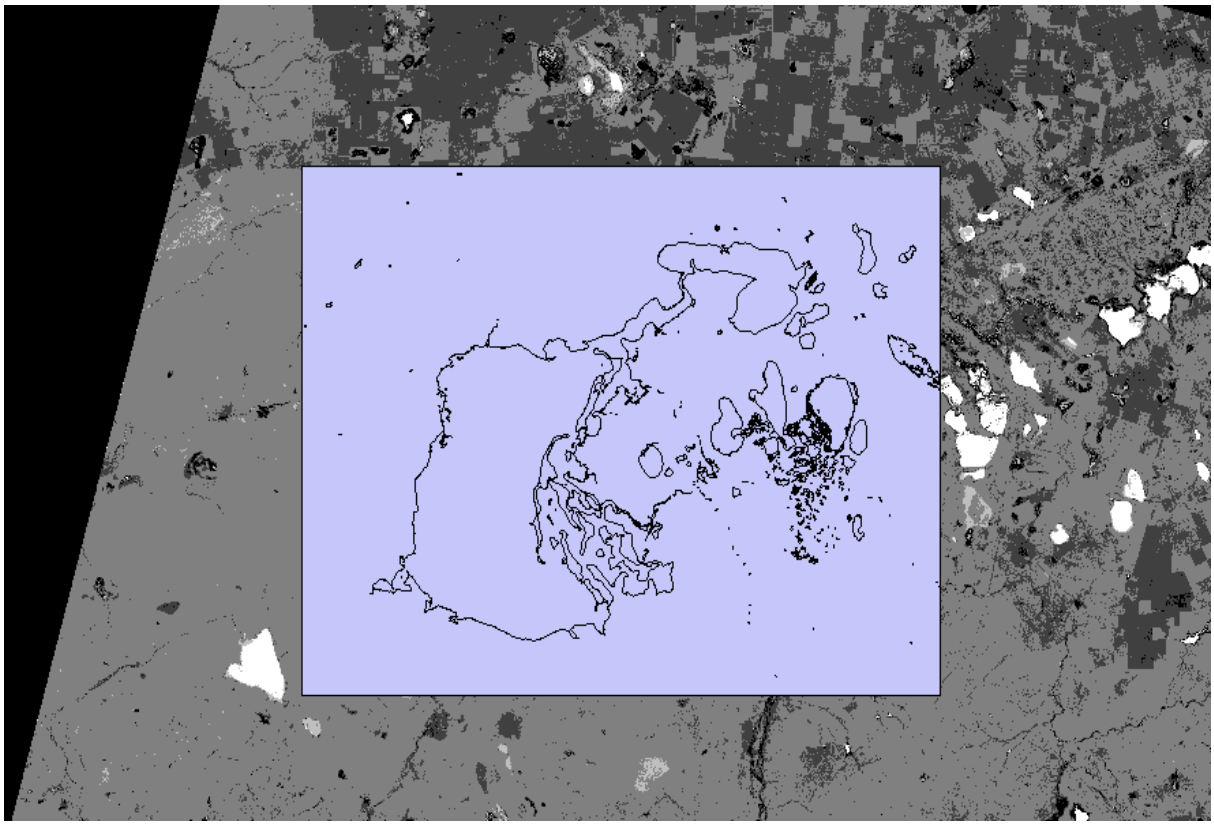


3.13 сурет – Жіктеу нәтижесі



3.14 сурет – Су маскасының атрибутивті кестесі

Нәтижесінде біз бөлінген су жолақтарын аламыз. Су жолақтарын бөлгеннен кейін, біз алынған жолақтарды аяқталған полигондарға айналдыруымыз керек. Ол үшін "Raster to Polygon" айырбастау құралын пайдалана отырып, біз көптеген жеке полигондарды аламыз. Әркімнің өз алаңы бар.



3.15 сурет – Растрды полигонға конвертациялау

Атрибутивтік кестеде су беті мен құрлықтың "gridcode" бағанында бөлінгені, ал "Shape Area" бағанында әрбір объект ауданының мәндері көрсетілген.

Table

RasterT_rasterc1

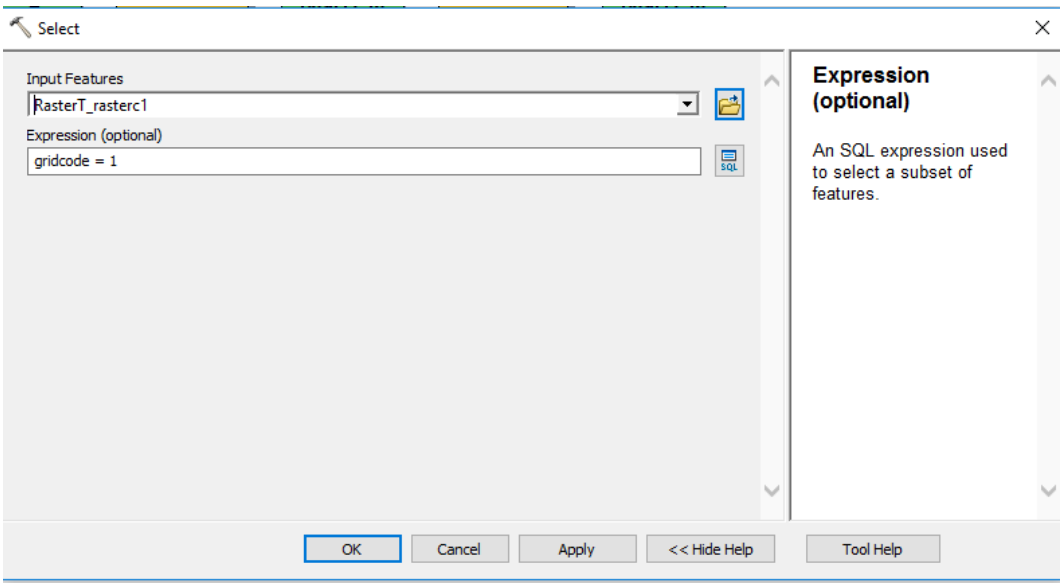
OBJECTID *	Shape *	Id	gridcode	Shape_Length	Shape_Area
1	Polygon	1	1	113,188363	616,222286
2	Polygon	2	1	1089,985135	45160,130225
3	Polygon	3	1	113,188363	616,222286
4	Polygon	4	1	228,828654	1804,054347
5	Polygon	5	1	113,188363	616,222286
6	Polygon	6	1	120	900
7	Polygon	7	1	459,333512	7187,695313
8	Polygon	8	1	683,564288	16591,668686
9	Polygon	9	1	170,215224	1214,867681
10	Polygon	10	1	724,568539	15670,860122
11	Polygon	11	1	113,188363	616,222286
12	Polygon	12	1	170,215224	1214,867681
13	Polygon	13	1	1193,414681	83983,307362
14	Polygon	14	1	113,188363	616,222286
15	Polygon	15	1	417,317816	9512,742099
16	Polygon	16	1	113,188363	616,222286
17	Polygon	17	1	3471,180185	265321,28668
18	Polygon	18	1	113,188363	616,222286
19	Polygon	19	1	1325,813694	30166,051063
20	Polygon	20	1	113,188363	616,222286
21	Polygon	21	1	3062,737278	206661,272165
22	Polygon	22	1	113,188363	616,222286
23	Polygon	23	1	113,188363	616,222286
24	Polygon	24	1	113,188363	616,222286
25	Polygon	25	1	113,188363	616,222286
26	Polygon	26	1	113,188363	616,222286
27	Polygon	27	1	113,188363	616,222286
28	Polygon	28	1	170,220208	1214,994013
29	Polygon	29	1	113,188363	616,222286
30	Polygon	30	1	113,188363	616,222286
31	Polygon	31	1	113,188363	616,222286
32	Polygon	32	1	113,188363	616,222286
33	Polygon	33	1	169,768422	1228,984737
34	Polygon	34	1	410,86115	8404,034668
35	Polygon	35	1	212,169546	2111,951289
36	Polygon	36	0	113,188363	616,222286
37	Polygon	37	1	113,188363	616,222286
38	Polygon	38	1	211,919838	2085,084111
39	Polygon	39	0	1107,184944	75043,050456

0 (0 out of 1884 Selected)

RasterT_rasterc1

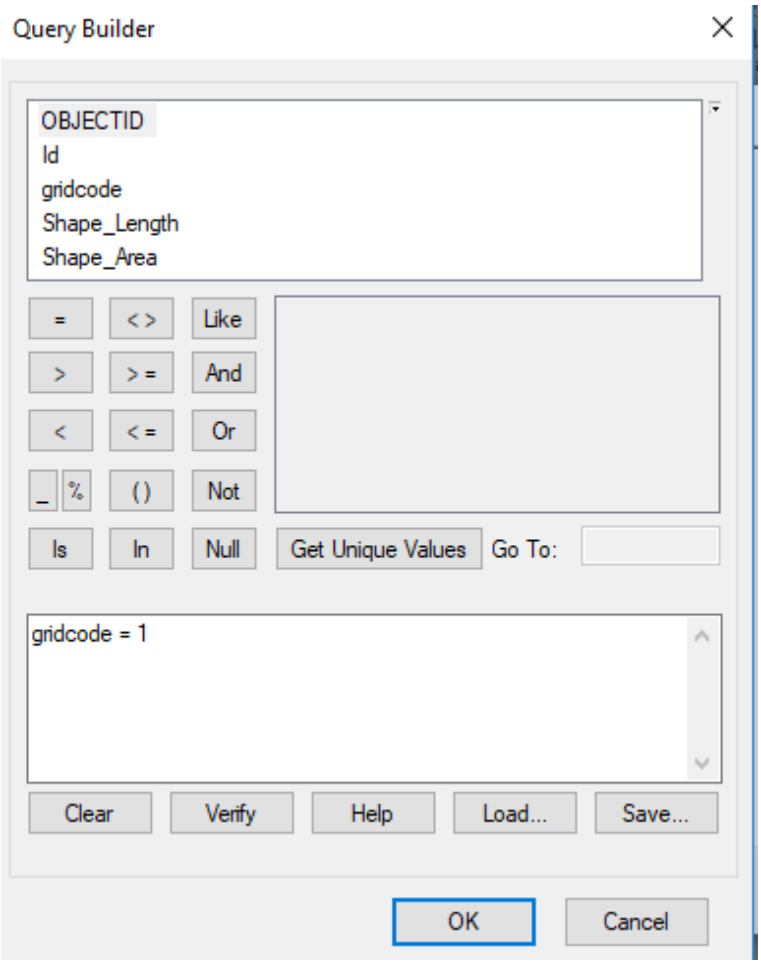
3.16 сурет – Полигон деректерінің атрибутивті кестесі

Қазіргі уақытта шейп-файлда су нысандары мен құрлық нысандары бар. Құрғақ жер объектілерінен құтылу үшін "Select"опциясын пайдаланады. Бұл опция элементтерді атрибутивті деректердің біреуін таңдауға мүмкіндік береді. Мұндай деректер grid code бағанында бар, онда объектілер су бетіне арналған 1 - ге, құрғақ жер үшін 0 - ге бөлінген.

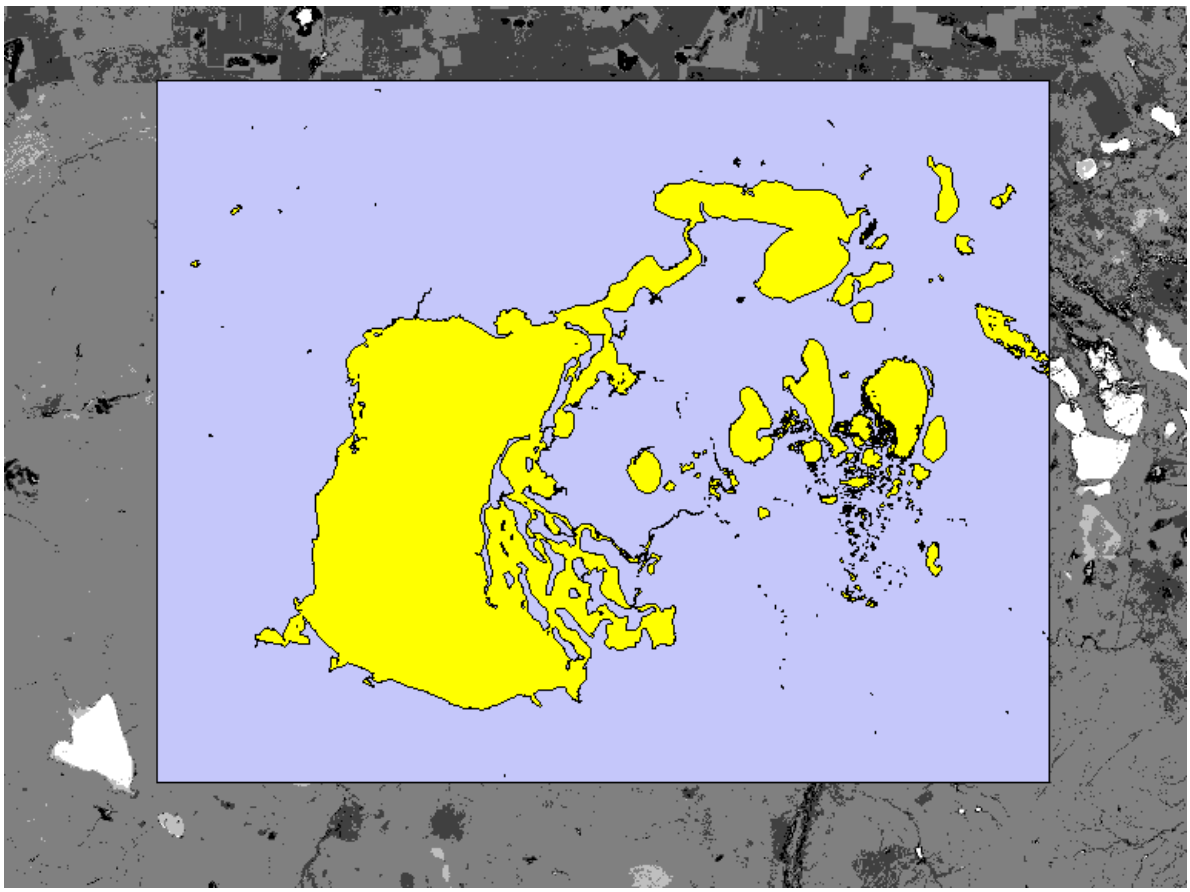


3.17 сурет – Select таңдау қызметі

"Expression" бағанында қандай объектілерді таңдау керек екенін көрсететін өрнекті енгізу үшін сұрау терезесіне өту үшін белгіге басу керек. Келесі өрнек енгізіледі: "[gridcode]=1".

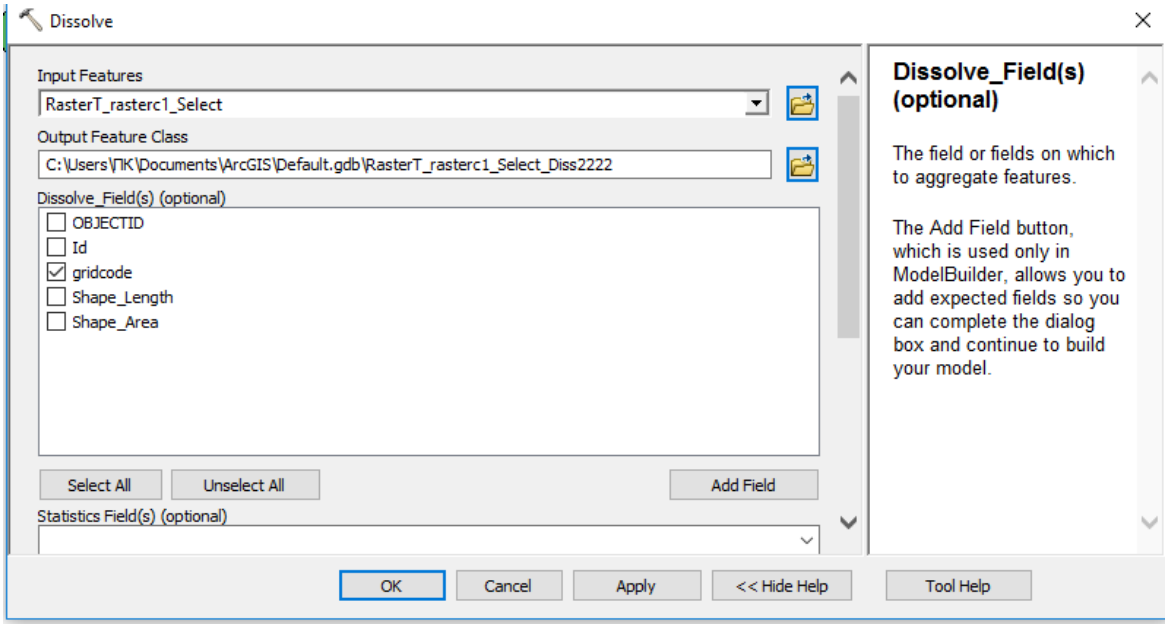


3.18 сурет – Сұрау таңдау терезесі



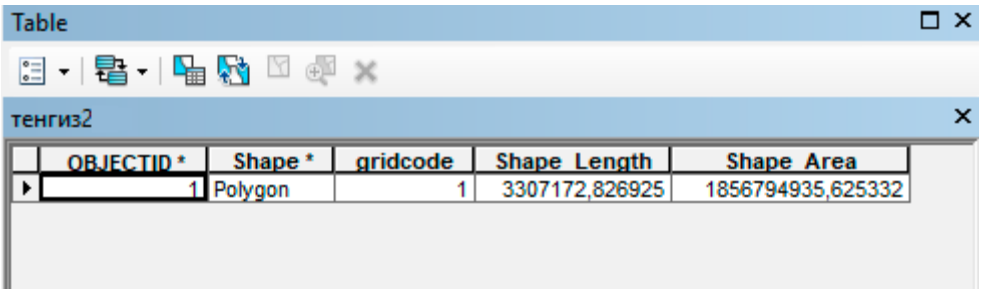
3.19 сурет – Іріктеу нәтижесі

Растрды полигондарға айырбастау нәтижесі көптеген кеңістіктік полигондар болып табылады. Аумақтың ауданын есептеу үшін оларды бір жерге біріктіріп, есеп жүргізу қажет. Ол үшін Dissolve операциясы жасалады. Dissolve әрекеті барлық нысандарды ShapeFile ішіне біріктіру арқылы орындалады. Бұл жұмыста жалпы атрибут – барлық су объектілеріне тең "gridcode".



3.20 сурет – Dissolve функциясының терезесі

Атрибутивтік кестеде су беті ауданының жиынтық мәні көрсетіледі.

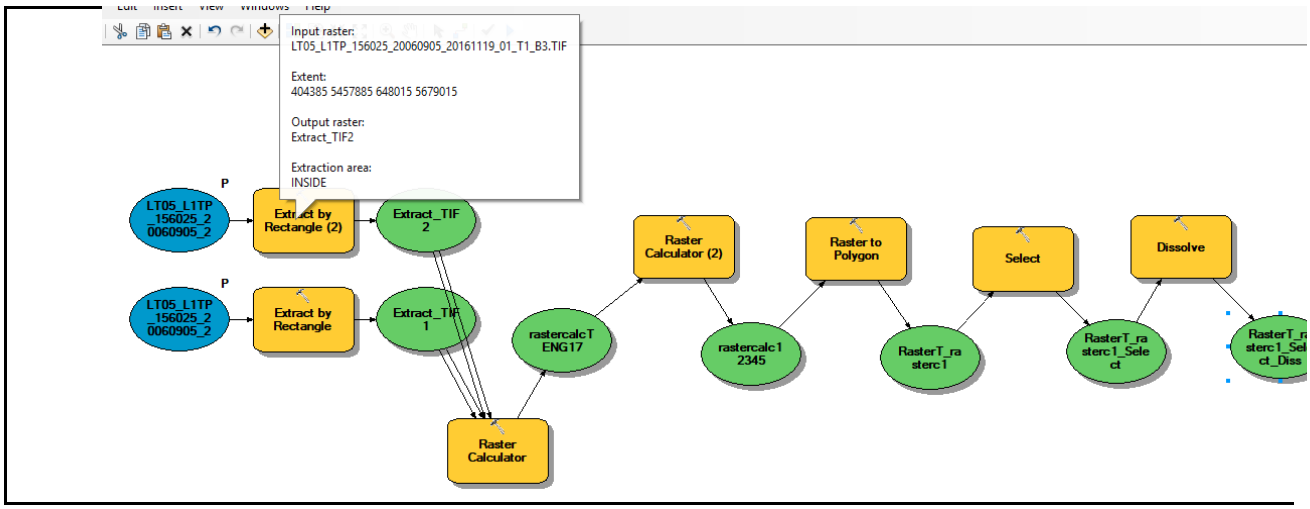


OBJECTID *	Shape *	gridcode	Shape_Length	Shape_Area
1	Polygon	1	3307172,826925	1856794935,625332

3.21 сурет – Біріктірілген объектілермен атрибутивтік кестесі

Нәтиже – сандық эквиваленттегі аумақтың ауданы, бұл су бетінің өзгеруін жеңілдетеді және көрнекі етеді.

Диссертацияның мақсаты интуитивті деңгейде пайдаланушы индекстерді есептеуге қабілетті веб-сервисті құру. Ол үшін ArcGIS бағдарламасына фотосуретті жүктеуді бастағаннан кейін бүкіл үрдісті автоматтандыру қажет. Ол үшін әрекеттер алгоритмі жасалады және жеке құрал ретінде сақталады.

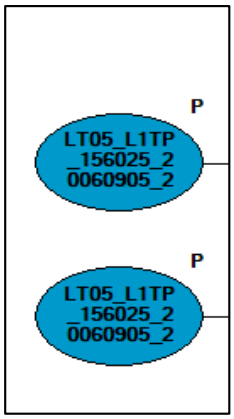


3.22 сурет – Әрекет алгоритмі құралы

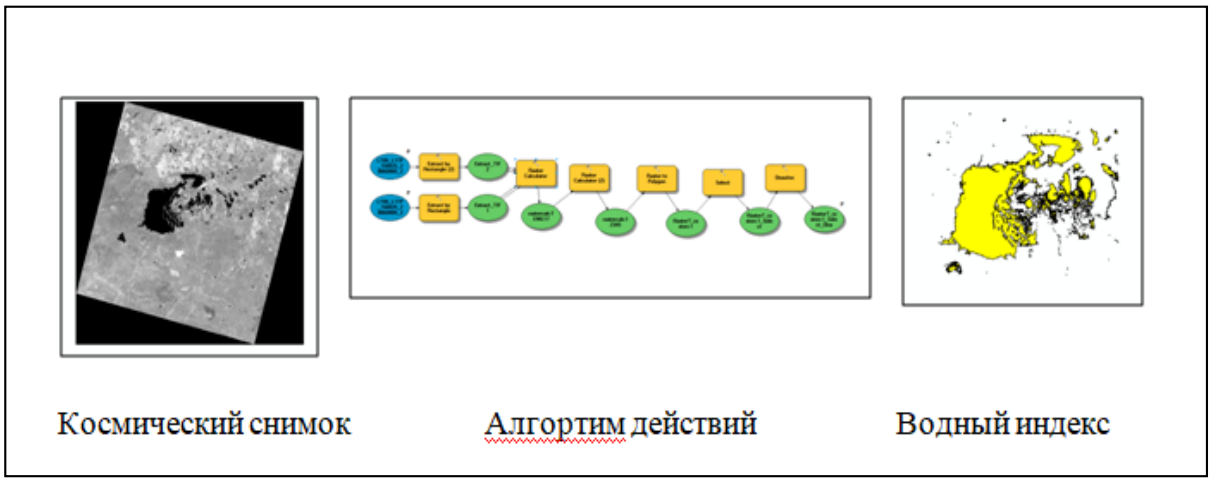
Пайдаланушы барлық сипатталған қадамдардың орнына бірнеше әрекетті орындау керек. Қалай көрсетіледі суретте 3.22, барлық көрінеді астам упрощенно, тек таңдау мүмкіндігімен қажетті арналарды және директорияның дайын файлды сақтау. Сонымен қатар, пайдаланушы келесі қадам туралы ойланудың немесе модель ішінде болып жатқан үрдісті түсінудің қажеті жоқ.

Модельдің құрылымы 3.22 суретте көрсетілгендей көрінеді. Қажетті арналары бар екі ғарыштық түсірілімді орнатудан басталатын тізбек салынды. Осыдан кейін NDVI есептеу үрдісі, жіктеу, растрды полигонға айырбастау басталады және алаңды одан әрі есептеу арқылы іріктеумен аяқталады.

Қолданушыда үлгіге қажетті ғарыштық суреттерді таңдау және қою мүмкіндігі болу үшін қажетті ұяшық "Model Parameter" ретінде көрсетіледі (3.23-сурет), содан кейін ұяшықтың жоғарғы бұрышына оңға "P" әрпі қосылады.

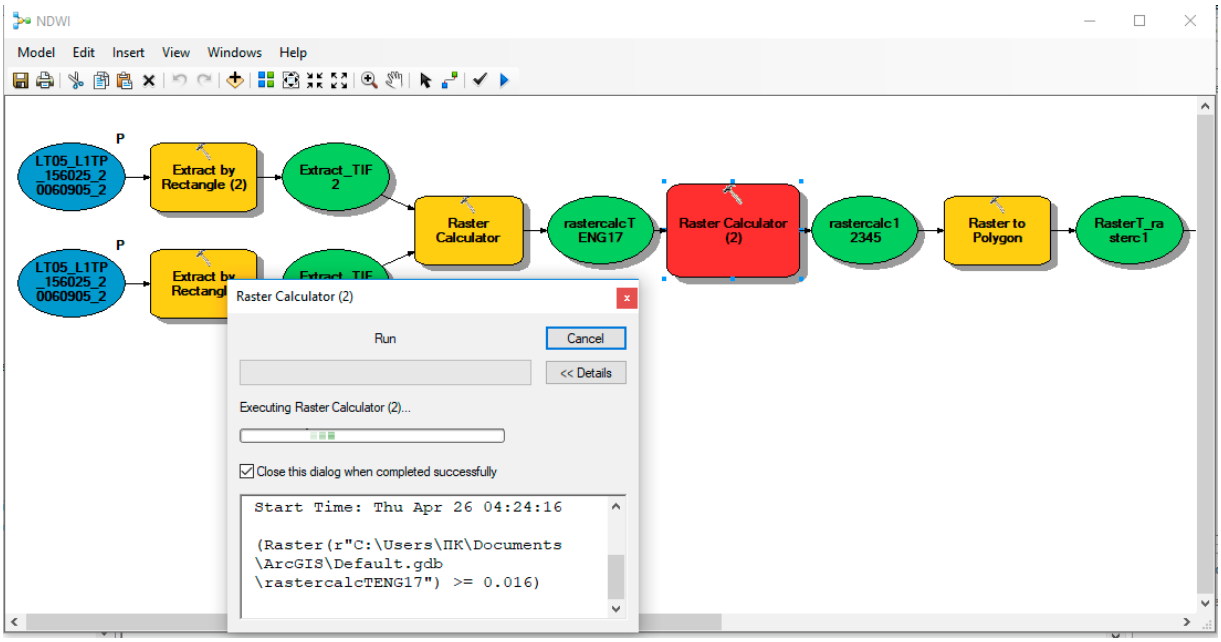


3.23 сурет – Model Parameter опциясы



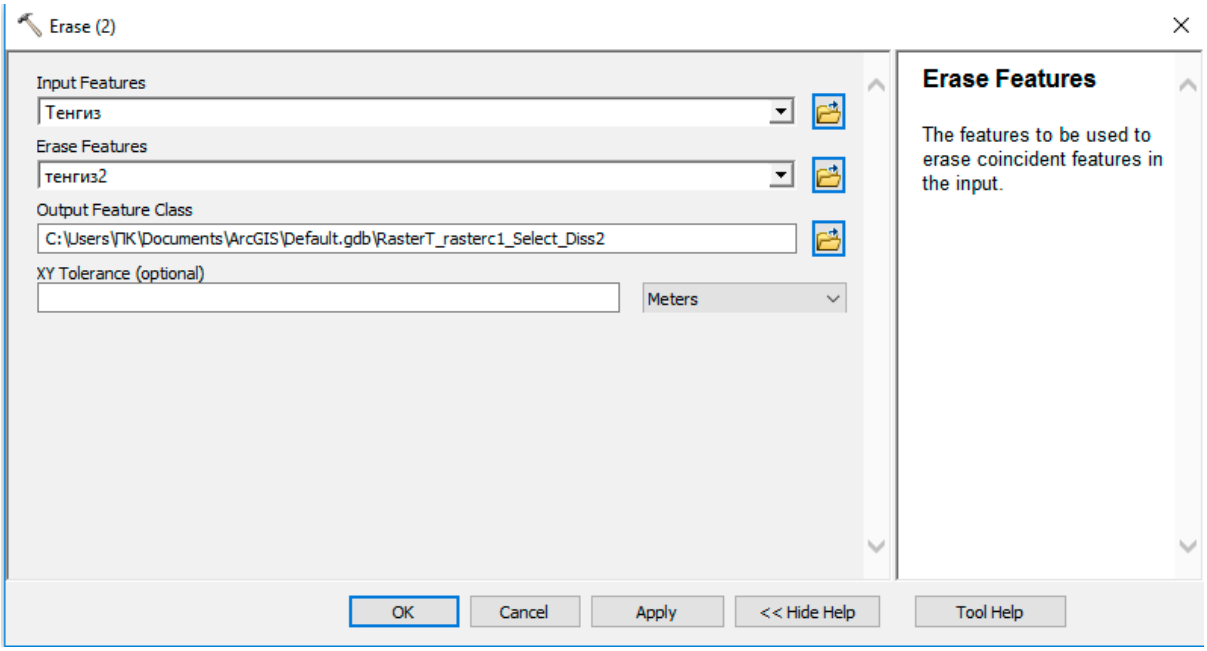
3.24 сурет - берілген жылға байланысты ауданды есептеу үшін модельді пайдалану

Кейін 2014 және 2020 жылдардағы суреттер импортталады және су индексінің есебі жүргізіледі. Соңғы нәтиже көрсетілген жылдардағы су бетінің ауданы болып табылады. Барлық есептеулер алдын ала дайындалған алгоритмді есептейді.

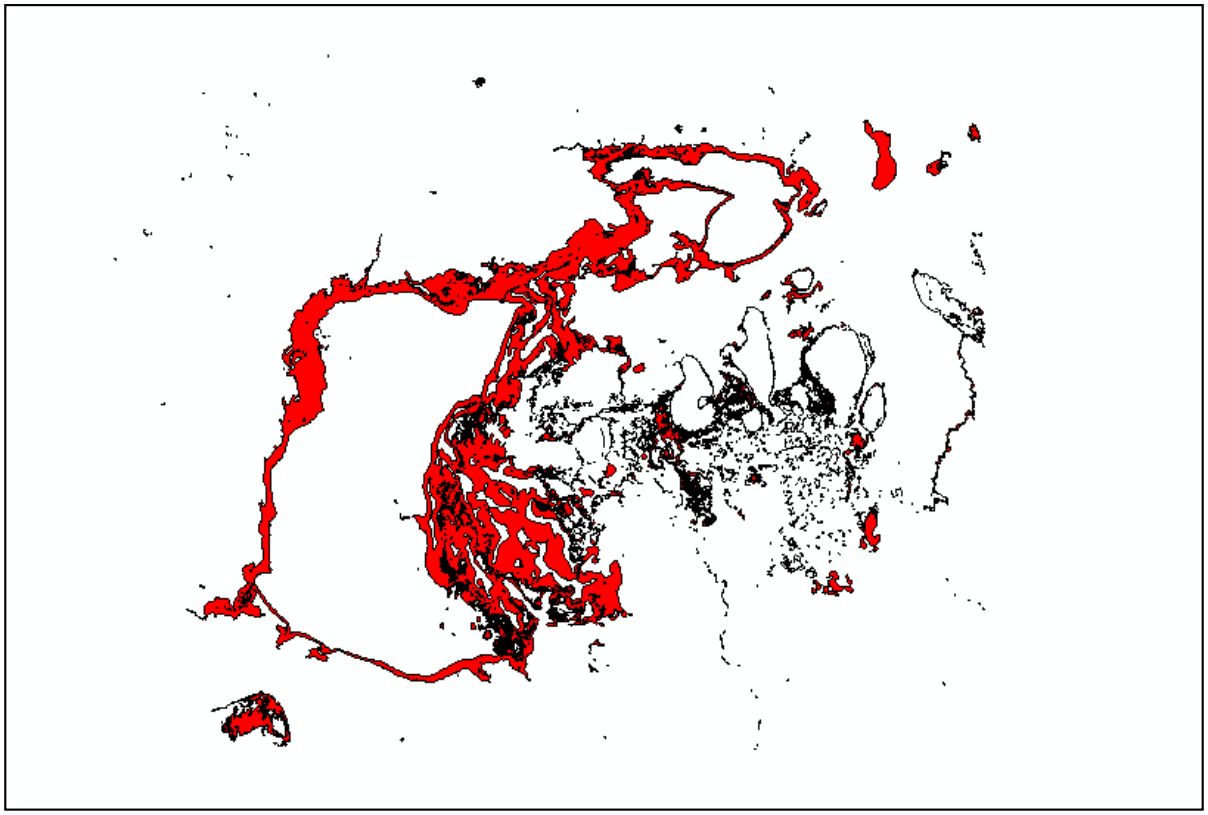


3.25 сурет – 2020 жылға NDWI есептеу алгоритмі

Аумақтар мониторингінің түпкілікті нәтижесі үшін әртүрлі жылдардағы су беті алаңдарындағы өзгерістердің айырмасы есептеледі. Ол үшін Erase құралы қолданылады.



3.26 сурет – Erase функциясы терезесі

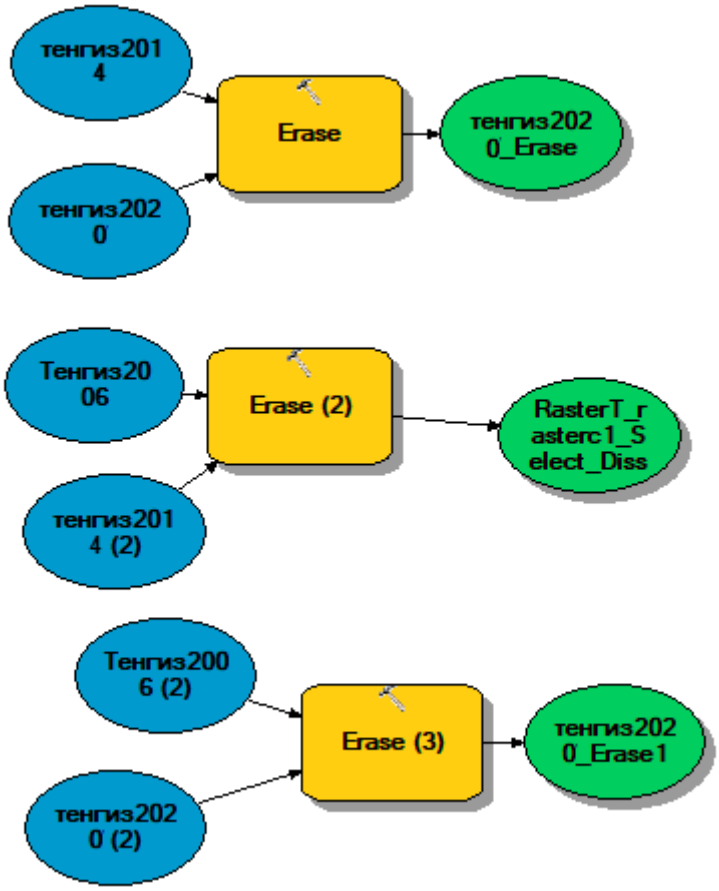


3.27 сурет – Erase операциясының нәтижесі

3.1 Кесте – Erase функциясы сандық эквивалентте.

NDWI (2014 жыл)		NDWI (2020 жыл)	Аудан айырмасы
1856794935,625332		1157930977,874693	698 963 0957, 750639

Бұл үрдісті қалған жыл ішінде автоматтандыру үшін екінші алгоритм жасалады. Онда барлық бақылау жылына "Erase" функциясы жазылады.



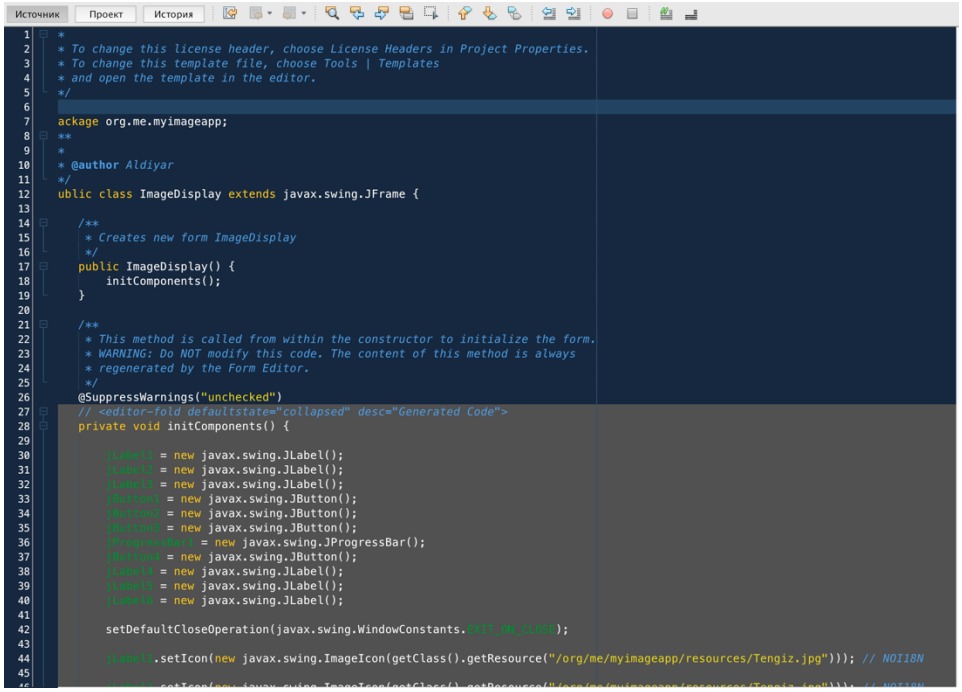
3.28 сурет - "Erase" функциясының алгортимі

3.3 JAVA сервисі үшін кодты жасау үрдісі

Соңғы нәтиже веб-сервисті әзірлеу болып табылады. Міндет-ArcGIS-те жасалған барлық әрекеттер веб-қызметке түрлендіріледі. Веб-қызмет Java бағдарламалау тілі арқылы Netbeans платформасында жазылған. Кодтар мен сервлеттердің негізгі үлгілері пайдаланылды, олар Java жүйесіне енгізілді.

Бірінші кезең интерфейстің негізгі элементтерін құрудан тұрады. NetBeans Java платформасында суреттерді оқу пакеттері жүктеледі. Ең басында Apache (веб – серверді оқу-веб-бетте көрсету үшін) және оның деректерді өңдеу

маршруты жасалады. Маршрут Jetty веб серверінен басталады, ол http сұрауларын портқа тыңдайды. Бірінші блоктың арқасында біз деректерді енгізіп, есептеулерді онлайн-платформа және ыңғайлы, интуитивті түсінікті интерфейс арқылы жүргізе аламыз.



3.29 сурет – Болашақ сервис құралдарын түсіру

Екінші кезеңде платформаға суреттерді жүктеу үшін негізгі нысандардың апплеттері жасалады. Мұндай нысандар үш болады:

№1 спутниктердің суреті қызыл диапазонда спектральды арналар бар.

№2 сурет-инфрақызыл диапазонда спектральды арналары бар спутниктік сурет.

№3 сурет – сұралатын элементтердің белгіленген аймағы бар қорытынды сурет (суреттің белгілі бір нүктесіндегі су индексі олардың қарқындылығының сомасына бөлінген қызыл және инфрақызыл диапазондағы шағылысқан жарық қарқындылығының айырмасына тең).

1 және 2 формалар "Insert" (жүктеу) командасы бойынша жұмыс істейді және дайын суреттерді тасымалдағыштардан, компьютерден немесе тікелей спутниктен онлайн-платформа арқылы жүктеуді білдіреді. 3 нысан барлық командалар мен есептеулерді орындағаннан кейін жаңа суретті есептеу нәтижесі ретінде көрсетеді.

```
44      jLabel1.setIcon(new javax.swing.ImageIcon(getClass().getResource("/org/me/myimageapp/resources/Tengiz.jpg"))); // NOI18N
45
46      jLabel2.setIcon(new javax.swing.ImageIcon(getClass().getResource("/org/me/myimageapp/resources/Tengiz.jpg"))); // NOI18N
47
48      jLabel3.setIcon(new javax.swing.ImageIcon(getClass().getResource("/org/me/myimageapp/resources/2017 tengiz.png"))); // NOI18N
49
50      jButton1.setText("Insert Photo (1)");
51      jButton1.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {
52          public void actionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
53              jButton1ActionPerformed(evt);
54          }
55      });
56
57      jButton2.setText("Insert Photo (2)");
58      jButton2.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {
59          public void actionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
60              jButton2ActionPerformed(evt);
61          }
62      });
63
64      jButton3.setText("Refresh data");
65      jButton3.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {
66          public void actionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
67              jButton3ActionPerformed(evt);
68          }
69      });
70
71      jProgressBar1.setForeground(new java.awt.Color(102, 255, 102));
72      jProgressBar1.setValue(20);
73      jProgressBar1.setMaximumSize(new java.awt.Dimension(32767, 50));
74      jProgressBar1.setPreferredSize(new java.awt.Dimension(146, 50));
75      jProgressBar1.setSize(new java.awt.Dimension(146, 50));
76
77      jButton4.setText("Calculate ");
78      jButton4.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {
79          public void actionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
80              jButton4ActionPerformed(evt);
81          }
82      });
83
84      jLabel1.setText("Download...");
85
86      jLabel7.setText("___ ___ ___ ");
```

3.30 сурет – Суреттер үшін апплеттерді жасау

Бағдарлама дұрыс жұмыс істеуі үшін және нақты нәтиже беруі үшін NDWI есептеу формулаларының форматы (нормаланған салыстырмалы су индексі) қойылады. Суреттің белгілі бір нүктесіндегі жиынтық индекс қызыл және инфрақызыл диапазондағы шағылысқан жарық қарқындылығының олардың қарқындылығының сомасына бөлінген айырмасына тең. Нәтижесінде, бағдарлама спутникті түсірілген суреттердің нақты ауқымындағы пиксель өзгерістерінің арқасында қажетті деректерді оқиды және оларды формулаға қолданады. Бұл жерде бағдарлама өз бетінше есеп айырыспайды, тек ArcGIS-те орындалған операцияларды қайталайды.

```
Проект   История
WI_Float("%Extract_TIF2%" - "%Extract_TIF1%") / Float("%Extract_TIF2%" + "%Extract_TIF1%")
            public class GenInt implements Gen<Integer> {
    private final int i;
    public GenInt(int i) {
        this.i = i;
    }
    @Override
    public Integer value() {
        return i;
    }


GenTest.java:
blic class GenTest {
    public static <A extends Gen<T>, T> T test(A a) {
        return a.value();
    }
    public static void main(String[] argv) {
        GenInt g = new GenInt(42);
        Integer i = test(g);
    }
    final boolean isSupportedBrowser = ((Supplier<Boolean>)()->{
            final BrowserType browserType = …
            final boolean isMobileBrowser = …
            final boolean isTabletBrowser = …
            final …
            final …

            if ( … && … ) {
                return true;
            }

            if ( … || … ) {
                return true;
            } else {
                if ( … ) {
                    return true;
                …

            return false;
.get();
        NDWI_Float("%Extract_TIF2%" - "%Extract_TIF1%") / Float("%Extract_TIF2%" + "%Extract_TIF1%")
            public class GenInt implements Gen<Integer> {
    private final int i;
    public GenInt(int i) {
```

3.31 сурет – Есептеу үшін формулаларды енгізу

```
167   // </editor-fold>
168
169   rivate void jButton1ActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
170
171
172
173   rivate void jButton2ActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
174
175
176
177   rivate void jButton3ActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
178       // TODO add your handling code here:
179
180
181   rivate void jButton4ActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
182       // TODO add your handling code here:
183
184
185   **
186   * @param args the command line arguments
187   */
188   ublic static void main(String args[]) {
189       /* Set the Nimbus look and feel */
190       Look and feel setting code (optional)
211
212       /* Create and display the form */
213       java.awt.EventQueue.invokeLater(() -> {
214           new ImageDisplay().setVisible(true);
215       });
216
217
218   / Variables declaration - do not modify
219   rivate javax.swing.JButton jButton1;
220   rivate javax.swing.JButton jButton2;
221   rivate javax.swing.JButton jButton3;
222   rivate javax.swing.JButton jButton4;
223   rivate javax.swing.JLabel jLabel1;
224   rivate javax.swing.JLabel jLabel2;
225   rivate javax.swing.JLabel jLabel3;
226   rivate javax.swing.JLabel jLabel4;
227   rivate javax.swing.JLabel jLabel5;
228   rivate javax.swing.JLabel jLabel6;
229   rivate javax.swing.JProgressBar progressBar1;
```

3.32 сурет – сервис интерфейсіне көмекші модульдік опцияларды түсіру

Бұл кезеңде жұмыс аймағы күлгін түске боялады. Соңғы кезең-демонстрациялық интерфейске түсіру. Терезелер, түймелер, жүктеу желілері және т.б. жасалады. Қызмет көрсету демо нұсқасы болып табылады және қашықтан зондтау деректерін пайдаланудың нақты мүмкіндіктері көрсетілмейді.

ҚОРЫТЫНДЫ

Жұмыс нәтижесі ғарыштық суреттерді өңдеу бойынша сервистің демонұсқасы болып табылады. Қазіргі әлемде технологиялар соншалық алға жылжыды, бұл компьютерлер мен бағдарламалық қамтамасыз етудің барлық пайдаланушыларында оларды игере алмайды.

Геоақпараттық жүйелер саласындағы озық технологияларды, атап айтқанда, жақсы ажыратымдылығы бар ғарыштық суреттерді және бағдарламалық қамтамасыз етуді пайдалана отырып, кейбір үрдістерді айтарлықтай жеңілдетуге болады. Осы бағдарламаның нәтижесі, атап айтқанда ғарыштан суреттерді өңдеу қызметі бірнеше минут ішінде ұзақ уақыт бойы орындауға тура келген жұмысты орындауға мүмкіндік береді. Қажетті "GeoTIFF" форматындағы суреттер бар пайдаланушы қажетті аумаққа мониторинг жүргізе алады. Оның базасында жағдайды талдау жасауға және осы аумақтағы болған өзгерістерді тіркеуге болады.

Егер бұрын ғарыштық суреттерді дешифрлеу және векторлық цифрлау жасау үшін, пайдаланушы көп уақытты жұмсауға тура келді, ал қазір индекстер формулалары мұны бірнеше есе жылдамырақ жасауға мүмкіндік береді. Сондай-ақ осы есептеулерде қателесетін адам факторы жоқ. Адам көзінің ресурстары қара-ақ суреттерде де шектеулі, адам суреттің барлық фрагменттерін жете көре алмайды.

Әрине, тиісті ынтамен, кез келген пайдаланушы осындай әрекеттерді ArcGIS бағдарламасында жасай алады, олар ұқсас нәтижеге әкелуі мүмкін. Бірақ бұл жұмыс бұл үдерісті айтарлықтай жеңілдетеді. Сандық технологиялар ғасырында көптеген міндеттерді мұнда және қазір орындау қажет, әйтпесе, міндет өз өзектілігін жоғалтуы мүмкін. Сондай-ақ, құрылған сервистің көмегімен тиісті кәсіби пысықтау кезінде климаттық, метеорологиялық өзгерістер мониторингін орындауға болады. Мысалы, ормандардың заңсыз кесілуін немесе көлдерде немесе өзендерде су деңгейінің болжанбайтын ұлғаюын дер кезінде анықтау. Тиісінше, мәселе туралы ақпарат бар болса, алдын ала дайындалуға және қажетті қарсы шараларды қабылдауға болады. Бұл үрдісті болдырмау болмаса, кем дегенде апатты салдардан аулақ болуға мүмкіндік береді.

Кез келген пайдалы жаңалықтар айтарлықтай прогреске әкелуі мүмкін. Бұл жұмыста су, вегетациялық, жылу және қар есебінің мысалында бағдарламаның тиімділігі көрсетілген. Бөлінген аумақтардың проблемалары визуалды ғана емес, сонымен қатар салыстыру әдісімен көрнекі түрде көрсетілді және сандық эквивалентте шығарылды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Щербаков В.М., Алтухов А.И., Коршунов Д.С., Воюц В.С. Технология составления микроклиматических карт с использованием данных дистанционного зондирования Земли и моделирования тепловых полей // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2016. Т. 16. № 2. С. 345–353. doi: 10.17586/2226-1494-2016-16-2-345-353.
2. Определение площадей озер по данным со спутников серии Sentinel-2. С.А. Рылов, И.А. Пестунов//Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies, 2019, 12(5), 526-535
3. Remote Sensing And Image Interpretation, Sixth Edition, Thomas M.Lillesand, Ralph W.Kiefer and Jonathan W.Chipman, University of Wisconsin – Madison.
4. В.И. Крылов Космическая геодезия и геодинамика 2017
5. Обработка данных дистанционного зондирования Земли: практические аспекты Зраенко С.М., Иванов О.Ю., Коберниченко В.Г., Сосновский А.В., Тренихин В.А. Издательство Уральского университета, Екатеринбург, 2013 г., 168 стр., УДК: 528.85 (075.8), ISBN: 978-5-7996-0867-5
6. Орбитальные методы космической геодезии. Урмаев М.С. Недра, Москва, 1981 г., 257 стр., УДК: 528:629.195
7. Институт космических исследований Российской академии наук, Журнал - Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса
8. Сутырина Е.Н. Дистанционное зондирование Земли Изд-во ИГУ, 2013. — 165 с. — ISBN 978-5-9624-0801-9.
9. Чандра А.М., Гош С.К. Дистанционное зондирование и географическая информационная система Москва: Техносфера, 2008. — 312 с
10. Шовенгер Р.А. Дистанционное зондирования. Модели и методы обработки изображения М.: Техносфера, 2010. - 560 с. ISBN: 978-5-94836-244-1
11. http://geo-politica.info
12. earthexplorer.usgs.gov
13. Landsat. Continuing to Improve Everyday Life – USGS
14. http://gis-lab.info
15. Getting to Know ArcGIS: Modelbuilder 2011 г. David W. Allen
16. netbeans.org/kb/trails/platform_ru.html
17. Язык программирования Java и среда NetBeans Вадим Монахов
18. Блох Д. «Эффективное программирование.» (2014)
19. Г.Шилдт «Java 8. Руководство для начинающих» (6-е издание) (2015)
20. Кей Хорстманн, Гари Корнелл «Java. Библиотека профессионала.
21. Том 1».10-е издание (2016, PDF)
22. Кэти Сиерра, Берт Бейтс Head First Java

23. Andreassen, LM, Paul, F, Kääb, A, & Hausberg, JE 2008, Landsat-derived glacier inventory for Jotunheimen, Norway, and deduced glacier changes since the 1930s, The Cryosphere, vol. 2, pp. 131-145.

24. Andrews, R & Pearce, J 2012, Prediction of energy effects on photovoltaic systems due to snowfall events in, 38th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, pp. 003386–003391.

25. Kääb, A, & Hausberg, JE 2008, Landsat- glacier inventory for Jotunheimen, Norway, and deduced glacier changes since the 1930s, The Cryosphere.

26. Aniya, M, Sato, H, Naruse, R, Skvarca, P & Casassa, G 1996, The use of satellite and airborne imagery to inventory outlet glaciers of the Southern Patagonian Icefield, South America. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, vol. 62, pp. 1361-1369.

27. Sahak A.,Shoganbekova D. Normalized Difference Snow Index Techniques in Distinguishing Snow from related land cover types using remote sensing.

28. Bulletin - United States Geological Survey.BiblioBazaar,2009ISBN111005615X, 9781110056156, 142 p

29. Bonan, G 2002, Ecological Climatology, Concepts and Applications, Cambridge University Press, New York.

30. Ahmad Shakib Sahak, Shoganbekova Daniya Estimating land surface temperature difference between 2014 and 2015 using Landsat data. Вестник КазГАСА 4(62) 2016

31. JIMÉNEZ-MUÑOZ, J.C., SOBRINO, J.A. 2003. A generalized single-channel method for retrieving land surface temperature from remote sensing data. Journal of Geophysical Research, 108, doi: 10.1029/2003JD003480

32. Жолобов Д.А., Баев А.В. Уточнение значений Нормализованного Вегетативного Индекса (NDVI), методом наложения транспирационной маски // Инновации в науке: сб. ст. по матер. XLV междунар. науч.-практ. конф. № 5(42). – Новосибирск: СибАК, 2015.

33. Bram G., Nele V., The Normalized Differende Vegetation Index(NDVI) GreenSeeker handheld sensor, 2009 Apdo, Postal 6-641, Mexico, D.F. Mexico

34. Brown, RD 2000, Northern Hemisphere snow cover variability and change, 1915–1997, Journal of Climate, vol. 13, pp. 2339–2355.

35. Ж. Сыдыков, А. Байбатша, Б. Комеков, К. Серикбаев, О. Смагулов, Т. Габитов, Казахстан. Национальная энциклопедия

36. Maria Shahgedanova. The Physical Geography of Northern Eurasia. — Oxford University Press, 2002. — С. 140-141. — 571 с. — ISBN 0198233841. – физико-геогр

37. Соколов А. А. Глава 21. Средняя Азия и Казахстан, раздел Озера // Гидрография СССР. — Л.: Гидрометеоиздат, 1952.

38. http://e-history.kz

39. Утешев А.С. (ред.) Климат Казахстана Л.: Гидрометеоиздат, 1959. — 360 с.

40. Е. Н. Вилесов, А. А. Науменко, К. Веселова, Б. Ж. Аубекеров ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ КАЗАХСТАНА Учебное пособие, Под общей редакцией доктора биологических наук, профессора А.А. Науменко (http://spacelife.narod.ru)