

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ MÜDAFİƏ SƏNAYESİ NAZİRLİYİ

MİLLİ AEROKOSMİK AGENTLİYİ

Əlyazması hüququnda

**AQRAR LANDŞAFT KOMPONENTLƏRİNİN VƏZİYYƏTİNİN
SPEKTROFOTOMETRİK QİYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ MƏSƏLƏLƏRİNDƏ
YENİ ÖLÇMƏ VƏ VALİDASIYA METODLARI**

SEVDA SALMAN qızı ƏLİYEVƏ

İxtisas : 3337.01-informasiya– ölçmə və idarəetmə sistemləri

Elm sahəsi: Texnika üzrə

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün təqdim edilmiş

DİSSERTASIYA

İddiaçı: _____ **Sevda Salman qızı Əliyeva**

Elmi rəhbər: _____ texnika elmləri doktoru, professor

Natiq Hacı oğlu Cavadov

Sumqayıt-2021

MÜNDƏRİCAT

GİRİŞ.....	5
I FƏSİL. AQRAR LANDŞAFTIN PARAMETRLƏRİNİN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİNDƏ ÖLÇMƏLƏRİN OPTİMALLAŞDIRILMASININ METOD VƏ ALQORİTMLƏRİ	
1.1. Bitki sahələri üzərindəki karbon qazı axınının miqdarının məsafədən təyini metodu	14
1.2. Kənd təsərrüfatı sahələri üzərində karbon qazının konsentrasiyasının inteqrallaşdırılmış ölçmələrinin optimallaşdırılması metodikası.....	20
1.3. Bitki sahələrində karbon qazının ekosistem axınının FAO Aqua Crop modelində bitkilərin biokütləsinə təsirinin tədqiqi	30
1.4. Torpaqda fosforun konsentrasiyasının təyində məsafədən zondlama metodlarının tətbiqi imkanlarının araşdırılması.....	37
I fəslin nəticələri.....	48
II FƏSİL. TORPAQ-BİTKİ SİSTEMİNİN VƏZİYYƏT GÖSTƏRİCİLƏRİNİN TƏYİNİNDƏ MÜXTƏLİF VEGETASIYA İNDEKSLƏRİNDƏN İSTİFADƏ METODLARININ İŞLƏNİLMƏSİ	
2.1. Triangulyasiya vegetasiya indekslərindən istifadə etməklə bitkilərdə azotun məsafədən təyini nəticələrinə görə yarpaqlarda xlorofilin miqdarının qiymətləndirilməsinin yeni metodu	49
2.2. ASIS FAO sistemində bitkinin vəziyyət indeksinin korreksiyası metodikasının işlənməsi.....	55
2.3. Korrelyasiya analizi əsasında torpağın quraqlığının və nəmliyinin kombinə edilmiş universal indeksinin işlənməsi.....	61
2.4. Kompleks torpaq sahələrində bitkinin pay əmsalının normallaşdırılmış diferensial vegetasiya indeksi vasitəsilə hesablanması metodikası.....	69
2.5. Məsafədən zondlama verilənlərinin emalı üçün parametrik vegetasiya	

indekslərinin işlənməsi prosedurları.....	75
II fəslin nəticələri.....	80
III FƏSİL. TORPAĞIN EROZIYA VƏ ÇIRKLƏNMƏ DƏRƏCƏSİNİN	
TƏYİNİNİN SPEKTROMETRİK METODLARI	
VƏ AĞIR METALLARIN GÖSTƏRİCİLƏRİ	
3.1. Kənd təsərrüfatı torpaqlarının eroziya dərəcəsinin müəyyənləşdirilməsində spektrozonal ölçmələrlə NDVI-dən birgə istifadə metodu	81
3.2. Torpaq sahələrində ağır metalların konsentrasiyasını məsafədən ölçən spektrometrik cihazın kalibrlənməsinin əməliyyat algoritmi	88
3.3. Torpağın azot və fosfor birləşmələri ilə çirklənmə dərəcəsinin təyində test sınaqlarının keçirilməsinin optimallaşdırma məsələsi.....	96
3.4. Torpağın ağır metallarla çirklənmə dərəcəsinin qiymətləndirilməsində inteqral göstəricinin işlənməsi.....	106
3.5. Torpaq sahələrinin ağır metallardan təmizlənməsi üzrə fitoremediasiya proseslərinin kompleks optimallaşdırılması.....	114
3.6. Torpağın ağır metallarla diffuz çirklənmə dərəcəsinin təyin edilməsinin eksperimental metodu.....	120
III fəslin nəticələri.....	130
IV FƏSİL. VEGETASIYA İNDEKSLƏRİ VASİTƏSİLƏ LANDŞAFT	
KOMPONENTLƏRİNİN MÖVSÜMİ DİNAMİKASININ	
TƏSNİFAT PROSEDURLARI	
4.1. Aqrar landşaftın mövsümi dinamikasının müxtəlif vegetasiya indeksləri vasitəsilə qiymətləndirilməsi üsulları	131
4.2. LAI indeksinin yüksək həddində doyma effekti nəzərə alınmaqla NDVI- nin korreksiya üsulunun işlənməsi.....	136
4.3. Nabran–Xaçmaz zonasının landşaft komponentlərinin xüsusiyyətləri və ilkin verilənlərin tipləri	145
4.4. Landşaft elementlərinin vegetasiya indekslərinə görə fəsillər	

üzrə təsnifatı və elektron kartoqrafik təqdimatı.....	149
IV fəslin nəticələri.....	163
NƏTİCƏ.....	165
İSTİFADƏ EDİLMİŞ ƏDƏBİYYAT SİYAHISI.....	167
İXTİSARLARIN VƏ ŞƏRTİ İŞARƏLƏRİN SİYAHISI.....	179

GİRİŞ

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi.

Məlumdur ki, aqrar landşaftda bitki ilə örtülmüş yer səthində yaranan karbon qazının (CO_2) axını fotosintezin, bitkilərin tənəffüsünün və həmçinin torpaqda olan mikroorqanizmlərin həyat fəaliyyətinin məhsuludur. Atmosferdə və ekosistemdə mövcud olan CO_2 axınlarının dinamik inkişafının tədqiqi bu göstərici ilə torpağın və havanın temperaturu arasındakı əlaqənin öyrənilməsini tələb edir. Qeyd edilməlidir ki, bitkilər inkişaf dövründə Günəş şüasından və karbon 4-oksiddən istifadə edirlər. Bununla belə Günəşin Yerə çatan optik şüası atmosferin vəziyyətindən və hava şəraitindən asılı olduğu halda, atmosferdə karbon qazının miqdarı nisbətən stabildir. Bitkilərin inkişafını sürətləndirmək üçün CO_2 -dən gübrə kimi istifadənin mümkünlüyü haqqında elmi ideyalar istiləşmə effekti yaradan karbon 4-oksidin artımının yenidən qiymətləndirilməsi zərurətini qarşıya çıxarır. FAO “Aqua Crop” modelində iqlim şəraitinin nəzərə alınması məqsədi ilə yerüstü biokütlənin modelləşdirilməsi üçün normallaşmış su məhsuldarlığından (WP^*) istifadə olunur. CO_2 -nin təsirinin nəzərə alınması üçün normallaşdırmaya CO_2 konsentrasiyasının 369,41 ppm qiymətinə qədər çatdırılması halında baxılır. Həmin tədqiqatlarda qeyd olunmuşdur ki, torpaq sahələrinin məhsuldarlığını artırmaq üçün torpağa gübrələrin verilməsi ilə əlaqədar olan bütün məsələlər onda olan bu və ya başqa qidalandırıcı maddələrin miqdarının təyini üçün aparılan test yoxlamalarından sonra həll olunmalıdır. Əsas qidalandırıcı maddələr azot (N), fosfor (P) və kalium (K) hesab olunur. Torpağın test kalibrlənməsi test nəticələri ilə becərilmiş məhsulun miqdarının torpağa verilmiş gübrənin miqdarına nisbəti arasındakı korrelyasiya səviyyəsinin müəyyənləşdirilməsi üçün aparılır. Bununlada test kalibrlənməsi prosedurunun təkmilləşdirilməsi və torpaqda olan fosforun konsentrasiyası və əlavə olaraq torpağa verilmiş fosfor gübrəsinin miqdarını nəzərə almaqla məhsulun yetişdirilməsinin mərhələlərinin optimallaşdırılması məsələləri də öz aktuallığı ilə seçilir. Belə ki, yarpaqlarda azotun miqdarı, LAI indeksi (yarpaq sahəsinin indeksi)

və qaz mübadiləsi yerüstü ekosistemlərdə karbon, azot və suyun qlobal dövriyyəsində vacib rol oynayır. Ümumiyyətlə, qeyd olunmalıdır ki, Yer üzərində baş verən qlobal proseslərin öyrənilməsi üçün məsafədən zondlama metodları və onların metodoloji təminatı vasitələri əvəzolunmazdır. Məsələn, radiasiyanın bitkilərin çətilərindən keçməsinin tədqiqi üçün müxtəlif multispektral metodlar əsasında alınmış məsafədən zondlama verilənləri vacib rol oynayır.

Yarpaqlarda azotun miqdarı və ümumiyyətlə bitkilərdə və aqrar landşaftlarda qaz mübadiləsi yerüstü ekosistemlərdə karbon, azot və suyun qlobal dövriyyəsində vacib rol oynadığından, bitkilərin vəziyyətinin düzgün qiymətləndirilməsinin məsafədən zondlama metodlarının işlənilməsi vacib və aktual məsələlərdən biri kimi qarşıya çıxır.

ASIS FAO sistemində NDVI əsasında hesablanan bitki vəziyyətinin indeksi (VCI) əsas göstərici kimi istifadə olunur.

Bu indeksdə fotosintetik aktiv optik radiasiya ilə əlaqəli spektral göstəricilər öz tətbiqini tapmış və bu indeks əsasında əldə edilmiş məlumatlar Earth Observation saytında əks etdirilir. Bununla belə bitkilərdə xlorofilin miqdarı çox olan halda NDVI indeksinin doyma effektinin nəzərə alınmaması kimi çatışmazlıq mövcuddur və onun aradan qaldırılması vacib məsələdir. Ümumilikdə torpağın bitki ilə örtülmə dərəcəsi aqrar landşaft ərazilərində hidroloji və ekoloji modelləşdirmə nəticələrinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir edir. Bu cür modellərdə enerji axınları və nəmişliyin hesablanması üçün müxtəlif təbii proseslərin zaman dinamikası və məkan dəyişiklikləri haqqında operativ məlumatlar tələb olunur. Desertifikasiya (səhrələşmə), iqlim dəyişiklikləri və antropogen fəaliyyət də daxil olmaqla aqrar landşaft sahələrində müxtəlif faktorların təsiri altında torpağın deqradasiyası baş verir. Torpağın deqradasiyası bioloji və iqtisadi məhsuldarlığın azalmasına və ya itirilməsinə gətirib çıxarır, eyni ilə deqradasiya nəticəsində torpaqda toplanmış ağır metallar, xüsusi ilə də qurğuşun, kadmium, cıvə, arsen və s. insan sağlamlığı üçün ciddi fəsadlar yaradır. Ümumilikdə, coğrafi landşaft fasialardan, təbii sərhəd və ərazilərdən ibarət sadə təbii-sahə komplekslərinin toplusu olmaqla maddələrin miqrasiya axınının, geokimyəvi landşaftın təbii və ərazi kompleksidir. Aqrarlandşaft

isə insan tərəfindən yaradılmış canlı orqanizmlərin üstünlük təşkil etdiyi antropogen landşaftdır. Landşaftların formalaşmasında suyun və maddələrin biogen dövriyyəsi, günəş enerjisi və bunların mövsümi dinamikası vacib rol oynayır. Aqrolandşaft dedikdə təbii bitki növlərinin əksəriyyətinin kənd təsərrüfatı bitkilərinin əkinləri ilə əvəzlənməsi başa düşülür. Bitki aləminin inkişafının tədqiqində vacib rol oynayan LAI indeksi fotosintetik aktiv radiasiya (FAPAR) ilə sıx əlaqədardır və bu da xalis ilkin məhsulların (NPP) formalaşmasını müəyyənləşdirən əsas amildir. Buna görə də LAI meşə sahələrinin artma xüsusiyyətinin əsas parametridir. Son onilliklərdə məsafədən zondlama (MZ) verilənləri əsasında aparılmış araşdırmalar ətraf mühit parametrlərinin dəyərləndirilməsində müvafiq metodiki əsasın yaradılması ilə nəticələnmiş, əldə edilmiş nəticə xarici aləmin monitorinq kompleksinin formalaşmasında və həmçinin ətraf aləmin qorunulması sahəsində tətbiqini tapmışdır. Bütün bunlar isə maraqlı tərəflərin bu məsələlərə cəlb olunmasına gətirib çıxarmışdır. Bitkilərin fenoloji vəziyyətinin dinamikası, bitki örtüyünün fenoloji inkişafı və aqrar landşaftın digər inkişaf göstəriciləri ekosistemə MZ-nin informasiya-ölçmə texnikası əsasında nəzarətin təşkili üçün olduqca əhəmiyyətli informasiya mənbələri olmaqla ekosistemlərin səmərəli menecmentinə xidmət edən əsas faktorlar kimi tədqiq olunmalıdır. Bununla da aqrar landşaftın dinamik xüsusiyyətlərini xarakterizə edən əsas göstəricilərin yeni spektrofotometrik ölçmə metodlarının işlənilməsinə həsr edilmiş dissertasiya işinin yerinə yetirilməsi müasir dövrün tələblərinə cavab verən əsas məsələlərdən biridir.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri.

Dissertasiya işinin əsas məqsədi aqrar landşaft komponentlərinin vəziyyət parametrlərinin və mövsümi dinamikasının qiymətləndirilməsinin təkmilləşdirilmiş MZ ölçmə və təshih metodlarının işlənilməsindən ibarətdir.

Əsas məqsədə nail olmaq üçün dissertasiya işində aşağıdakı məsələlər qoyulmuş və həll edilmişdir:

1. Torpağın səthindəki CO₂ axınlarının məsafədən ölçmə nəticələrinin dəqiqliyinə təsir edən faktorların aşkarlanması və onların kompensasiyası metodunun işlənilməsi.

2. Bütün tekstur bitki altsahələrində ağacların sayı və ölçülən morfometrik göstəricilər arasında funksional asılılıq nəzərə alınmaqla bioobyektlərin (ağacların) məhsuldarlıq göstəricilərinin və CO₂-nin bütün altsahələr üzrə inteqral ölçülməsinin optimallaşdırılması məsələsinin həlli.

3. Torpaqda və drenaj suyunda olan fosforun ölçmə nəticələri əsasında torpaqda P-nin miqdarının təyini metodunun və alqoritmin işlənilməsi.

4. Trianqulyasiya vegetasiya indeksindən istifadə etməklə bitki yarpaqlarında xlorofilin miqdarının ölçülməsi üçün yeni metodun işlənilməsi.

5. NDVI indeksinin doyma effekti səbəbindən yaranan xətanın aradan qaldırılmasına imkan verən korreksiya metodikasının işlənilməsi.

6. Bitkilərin Sağlamlıq İndeksinə analoq olan daha geniş funksional imkanlara malik yeni indeksin formalaşdırılması və onun funksional imkanlarının araşdırılması.

7. Torpağın eroziyaya uğrama dərəcəsinin spektrofotometrik qiymətləndirilməsində NDVI indekslərindən birgə istifadə metodunun və ağır metallarla çirklənməsini xarakterizə edən yeni indekslərin işlənilməsi.

8. NDVI ilə LAI arasındakı asılılığın müəyyənləşdirilməsində korreksiya prosedurlarının işlənilməsi, aqrar landşaftın təsnifat nəticələrinin kosmik təsvirlərin te-matik laylarında təqdimatı.

Tədqiqat metodları.

Dissertasiya işinin məqsədindən irəli gələn tədqiqat məsələlərinin həlli üçün əsasən atmosfer fizikasının, torpaqşünaslığın, bitkişünaslığın, məsafədən zondlamanın üsul və metodlarından, o cümlədən inteqral və diferensial hesablama nəzəriyyəsinin elementlərindən, variasiya optimallaşdırılması məsələsinin müddəalarından və s. istifadə edilmişdir. Dissertasiya işi üzrə model tədqiqatları aparılmış, alınmış nəticələr nəzəri müddəalarla müqayisə edilmişdir.

Müdafiyyə çıxarılan əsas müddəalar.

1. Torpağın səthindəki CO₂ axınlarının məsafədən ölçmə nəticələrinin torpağın və havanın temperaturundan asılılığının nəzərə alınmasının zəruriliyi barədə

müddəə və termal zondlama kamerasının daşıyıcısı kimi istifadə olunan PUA-nın uçuş hündürlüyünü dəyişməklə havanın temperaturunun təsirinin neytrallaşdırılmasını təmin edən metod.

2. Tekstur sahələrdə optimal ölçmələrin aparılmasına imkan verən yeni statistik-inteqral ölçü, bioobyektlərin məhsuldarlıq göstəricilərinin və CO₂ konsentrasiyasının xüsusi kamera ilə təyini zamanı biogöstəricilərin inteqral ölçülməsinin optimallaşdırılması məsələsi.

3. Torpaqda fosforun miqdarının təyini üçün torpaqda və drenaj suyunda olan fosforun ölçmə nəticələrinə əsaslanan metod və alqoritm.

4. Müxtəlif trianqulyasiya vegetasiya indekslərinin ölçülmə qiymətləri əsasında bitki yarpaqlarında xlorofilin miqdarının təyini metodu və konsentrasiyanın hesablanması analitik ifadəsi.

5. Bitkilərin stress vəziyyətinin qiymətləndirilməsində NDVI-nin doyma effektinin yaratdığı xətalardan aradan qaldırılmasına imkan verən korreksiya metodikası.

6. Bitkilərin sağlamlıq indeksinə analoq kimi təklif edilmiş yeni indeks, onun ekstremal qiymətinin idarə olunmasına əsaslanan rütubətliyin və quraqlıq hadisəsinin xarakterik xüsusiyyətlərinin fərqləndirilməsi prinsipi.

7. Torpağın spektrozonal tədqiqində eroziya səviyyəsi aşağı düşdükdə, spektral əksətmə xüsusiyyətinin azalması ilə müşayiət olunan uyğunsuzluğun aradan qaldırılması və alınmış nəticələrin informativliyinin artırılması üçün tərkibdəki üzvi maddələrin miqdarını da təyin etməyə imkan verən birgə ölçmə metodu.

8. Torpağın ağır metallarla çirklənmə dərəcəsini xarakterizə edən yeni indekslər və Nemero indeksi ilə geoakkumulyasiya indeksi arasındakı əlaqənin analitik ifadəsi.

Tədqiqatın elmi yeniliyi.

1. Termal zondlama kamerasının daşıyıcısı kimi istifadə olunan PUA-nın uçuş hündürlüyünü dəyişməklə torpağın səthindəki CO₂ axınlarının məsafədən ölçmə

nəticələrinə havanın temperaturunun təsirinin neytrallaşdırılması metodu təklif edilmişdir.

2. Bütün tekstur sahələr dairəsində optimal inteqral ölçmənin aparılmasına imkan verən yeni statistik-inteqral ölçü təklif olunmuş, ağacların məhsuldarlıq göstəricilərinin inteqral ölçmə metodunun optimallaşdırılması məsələsi həll edilmiş, lazer vasitəsilə CO₂ konsentrasiyasının xüsusi kamera ilə ölçülməsi zamanı biogöstəricilərin bütün altsahələr üzrə inteqral ölçülməsinin optimallaşdırılması məsələsi həll edilmişdir.

3. Torpaqda və drenaj suyunda olan fosforun ölçülmə nəticələri əsasında torpaqda olan fosforun miqdarının təyini üçün metod və alqoritm təklif olunmuşdur.

4. Müxtəlif bitkilərdə trianqulyasiya vegetasiya indeksinin ölçülmə nəticələri əsasında yarpaqlarda xlorofilin miqdarının yeni ölçmə metodu təklif edilmiş, müxtəlif bitkilərdə MTVI2-nin ölçülmüş qiymətləri məlum olan halda CHL konsentrasiyasının hesablanması analitik ifadəsi alınmışdır.

5. NDVI indeksinin doyma hadisəsinin bitki örtüyünün stress vəziyyətinin qeyri-dəqiq qiymətləndirilməsinə səbəb olduğu göstərilmiş, yaranan xətanın aradan qaldırılması üçün korreksiya metodikası təklif edilmişdir.

6. Bitkilərin Sağlamlıq İndeksinə funksional analoq təklif olunmuş, həmin indeksin ekstremal xüsusiyyətləri müəyyənləşdirilmiş, təklif olunan indeksin ekstremal qiymətinin idarə olunmasının rütubət amilinin məhdudlayıcı təsirinin mövcudluğunu, belə idarə imkanının olmamasının isə günəş şüasının məhdudlayıcı rolunun üstün olduğunu sübut etdiyi göstərilmişdir.

7. Torpağın eroziya dərəcəsi azalanda əksölünmə spektral əlamətlərin nəzərəcarpacaq dərəcədə zəifləməsi ilə müşayiət olunan çatışmazlıqların aradan qaldırılması və ölçmələrin informativliyinin gücləndirilməsi üçün paralel olaraq torpaqda üzvi maddələrin miqdarının təyini də nəzərdə tutan ümumi ölçmə metodu təklif olunmuşdur.

8. Torpağın ağır metallarla çirklənməsinin qiymətləndirilməsində istifadə edilən Nemerlo indeksi və Geoakkumulyasiya indeksləri arasında əlaqəni göstərən

tənlük tərtib edilmiş, çirklənmə dərəcəsini əks etdirən iki yeni indeks təklif olunmuş, NDVI ilə LAI arasında eksponensial asılılıq müəyyənləşdirilmişdir.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti.

1. Bitki sahələrinə bilavasitə yaxın yerlərdə CO₂ konsentrasiyasını ölçən DOAS ölçü cihazlarının kalibrlənməsi proseduru və CO₂ ekosistem axınlarının temperatur asılılığının optimallaşdırma məsələsi geniş praktiki əhəmiyyətə malikdir.

2. Məsafədən zondlama vasitələri ilə fosforun konsentrasiyasının təyində xətlərin aradan qaldırılması imkanları kənd təsərrüfatı fəaliyyətinin praktikada gəlirli aparılması şərtlərini müəyyənləşdirir.

3. Bitki örtüyünün pay əmsalının orta qiymətinin maksimuma çatması üçün yüksək NDVI indeksinə malik olan bitkilərin aşağı qiymətli NDVI_s indeksinə malik olan torpaq sahələrində yetişdirilməsi və əksinə təklif olunan qayda praktikada bitkilərin becərilməsində qarışıq piksellə real NDVI-də pay əmsalının yüksək orta qiymətini almağa imkan verir.

4. Bitki örtüklü və bitki olmayan sahələrdən ibarət kompozit sahələrin ağır metallarla yekun çirklənməsinin məsafədən ölçülməsinin kalibrlənməsi metodunun reallaşdırılması alqoritmi praktiki cəhətdən əhəmiyyətlidir.

5. Ölçmə nöqtələrinin sayının sınaq ərazisinin sahəsindən asılılığının riyazi ifadəsi torpağın azot və fosforla çirklənmə dərəcəsinin təyində sınaq sahələrinin optimal seçilməsinə bununlada əldə olunmuş məlumatların həcmnin azalmasına imkan verir.

6. LAI-in yüksək qiymətlərində doyma effekti nəzərə alınmaqla NDVI qiymətlərinin korreksiyası metodikası aqrar landşaftın vəziyyət parametrlərinin təyində dəqiqliyin təmin olunmasına xidmət edər.

Aprobasiya və tətbiqi.

Dissertasiya işinin əsas müddəaları MAKA-nın və Kosmik Cihazqayırma Məxsusi Konstruktor Bürosunun Elmi-Texniki Şurasının iclaslarında, həmçinin aşağıdakı elmi-texniki konfrans və forumlarda müzakirə edilmişdir: V Международная научно-техническая конференция, «Актуальные проблемы

физики», Bakı, 2008; “ Xəzərneftqazyataq ” elmi-təcrübi konfransı, Bakı 2016, 22-23 dekabr; Azərbaycan xalqının ümumilli lideri Heydər Əliyevin anadan olmasının 94-cü ildönümünə həsr olunmuş “ Gənclər və elmi innovasiyalar ” mövzusunda Respublika elmi-texniki konfransının materialları, I hissə, Bakı, 2016; Алтайский Государственный Аграрный Университет, « Аграрная наука-сельскому хозяйству», Сборник статей XII Международная научно-практическая конференция, Барнаул, 2017; Сборник статей VIII Заочной Международной научно–практической конференции «Актуальные проблемы экологии и охраны труда», Курск, 2016; Юго Западный Государственный Университет, Сборник статей IX Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы экологии и охраны труда», Курск, 2017; Сборник статей X Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы экологии и охраны труда», Курск, 2018; Azərbaycan xalqının ümumilli lideri Heydər Əliyevin anadan olmasının 96-cı ildönümünə həsr olunmuş «Gənc tədqiqatçıların III Beynəlxalq elmi konfransı», Bakı, 2019.

Dissertasiya işinin əsas nəticələri iddiaçının bilavasitə iştirakı ilə MAKA-da 2015-2020-ci illərdə yerinə yetirilmiş aşağıdakı elmi tədqiqat işlərində realizə edilmişdir.

-Spektrometrik məlumatlar əsasında Nabran-Xaçmaz regionunun landşaft komponentlərinin dinamikasının elektron kartoqrafik bazasının yaradılması (ETİ hesabatı, şifr “ Nabran”, Bakı, 2015, 51 səh.- topoqrafik və elektron xəritələrin yaradılması, hazırlanması).

-Kosmik təsvirlər əsasında Quba-Qusar regionunun landşaft elementlərinin geoinformasion modelləşdirilməsi və dinamikasının elektron kartoqrafik təqdimatı (ETİ hesabatı, şifr “ Qusar”, Bakı, 2016, 38 səh.- topoqrafik və elektron xəritələrin yaradılması, hazırlanması).

-Coğrafi informasiya sistemləri və kosmik təsvirlər əsasında İsmayıllı rayonunun infrastruktur komponentlərinin qiymətləndirilməsi (ETİ hesabatı, şifr

“İnfrastruktur”, Bakı, 2017, 39 səh.- topoqrafik xəritələrin və kosmik təsvirlərin tematik emalı).

-Naxçıvan Muxtar Respublikasının Şahbuz rayonunun landşaft elementlərinin məsafədən zondlama verilənləri əsasında tədqiqi (ETİ hesabatı, şifr “ Şahbuz”, Bakı, 2018, 40 səh.- kosmik təsvirlər üzərində tematik emal prosedurlarının aparılması).

-Landşaft strukturunun vəziyyət parametrlərinin məsafədən zondlama verilənləri əsasında qiymətləndirilməsi (ETİ hesabatı, şifr “Struktur”, Bakı, 2019, 29 səh.-topoqrafik xəritə üzərində tematik emal prosedurlarının aparılması).

-GIS texnologiyaları və kosmik verilənlər əsasında Azərbaycanın müxtəlif regionları üzrə landşaft elementlərinin elektron kartoqrafik təqdimatı (ETİ hesabatı, şifr “Element”, Bakı, 2020, 30 səh.-arxiv materiallarının toplanması).

Dissertasiya işi MAKA-nın Kosmik Cihazqayırma Məxsusi Konstruktor Bürosunda yerinə yetirilmişdir:

Dissertasiya işi girişdən, 4 fəsildən, nəticədən, 99 adda istifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. Dissertasiyanın girişi 20278 işarədən, I fəsli 33855 işarədən, II fəsli 35071 işarədən, III fəsli 48086 işarədən, IV fəsli 35601 işarədən ibarətdir.

I FƏSİL. AQRAR LANDŞAFTIN PARAMETRLƏRİNİN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİNDƏ ÖLÇMƏLƏRİN OPTİMALLAŞDIRILMASININ METOD VƏ ALQORİTMLƏRİ

1.1. Bitki sahələri üzərindəki karbon qazı axınının miqdarının məsafədən təyini metodu

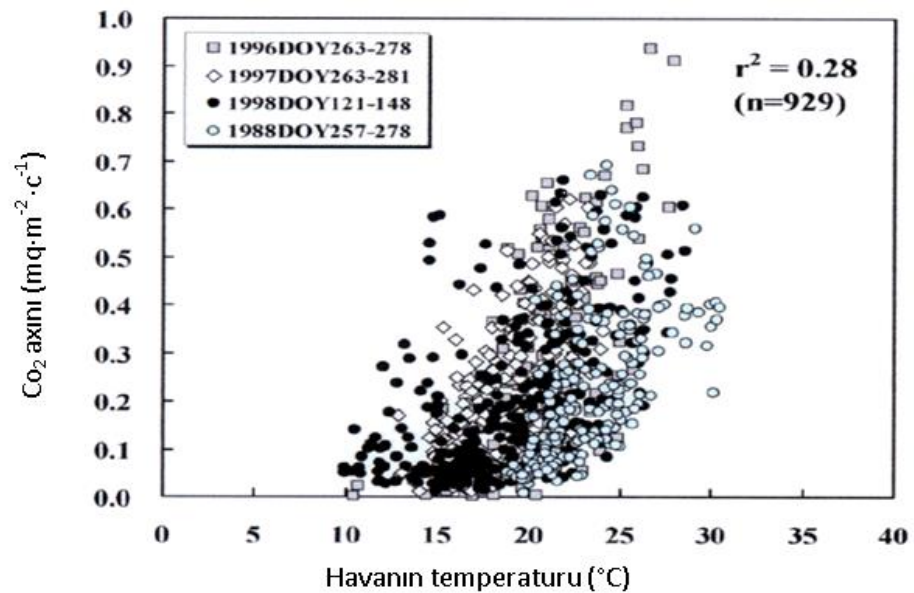
Bitki örtüyü qlobal karbon dövriyyəsində mühüm rol oynayır. Yer səthində yerləşən ekosistemlər, həmçinin onları əhatə edən mühit heterogen xüsusiyyətlərə malikdir ki, bu da bitkilərin böyüməsi və istixana qazları axınının əmələgəlmə proseslərinin öyrənilməsi zərurətini qarşıya çıxarır [80, s. 811-841]. Buna görə də ekosistem komponentləri və məsafədən zondlama metodu ilə müəyyən edilən müxtəlif “istixana” qazlarının axınları arasındakı mövcud əlaqəni tədqiq etmək vacibdir. Qeyd etmək lazımdır ki, bitki ilə örtülmüş yer səthində, məsələn, kənd təsərrüfatı tarlalarında və ya meşə massivlərində yaranan CO_2 axını fotosintezin və ya bitkilərin tənəffüsünün, həmçinin torpaqda olan mikroorqanizmlərin məhsuludur. Atmosfer və ekosistem (ESF_{CO_2}) arasında mövcud olan CO_2 axınları çılpaq torpaq səthi üzərində (SSF_{CO_2}) mövcud olan CO_2 axınlarına ekvivalentdir. SSF_{CO_2} bitki köklərinin tənəffüsünün və mikroorqanizmlərin məhsulundan ibarətdir. SSF_{CO_2} -nin dinamik inkişafının tədqiqinin əsas məsələlərindən biri bu göstərici və torpağın temperaturu arasındakı qarşılıqlı əlaqənin öyrənilməsidir. [52, s. 375-390]-a uyğun olaraq torpağın səth temperaturunun və SSF_{CO_2} axınlarının aparılmış ölçmələri bu göstəricilər arasında kifayət qədər güclü korrelyasiyanın ($r^2 = 0,66$; $n = 929$) olduğunu göstərir.

Məlumdur ki, bitki sahələri üzərində olan CO_2 axınlarının hesablanması təcrid edilmiş şəkildə, bu axınlara torpaq səthinin temperaturu və havanın temperaturunun birgə təsirinin təhlili aparılmadan yerinə yetirilə bilməz.

Deməli, yuxarıda deyilənlər nəzərə alınarsa, planetdə karbon dövrünün öyrənil-məsinə və xüsusilə də, SSF_{CO_2} göstəricisinin təyininə rəasional yanaşma kimi CO_2 axınlarının (selinin) torpağın səth temperaturu üzrə, havanın temperaturunun təsirinin kompensasiyası şərti daxilində, müəyyənləşdirilməsini göstərmək olar.

Beləliklə, baxılan bölmədə əsas məqsəd hava temperaturunun göstərilən axınların qiymətinə təsirinin kompensasiyasını təmin etdikdə, bitki sahələri üzərində CO_2 axınlarının optimal qiymətləndirmə metodikasının işlənilməsidir [8, s. 61-65].

Hər şeydən əvvəl hava temperaturunun torpaq səthindəki CO_2 axınlarının qiymətinə təsirini analiz edək. [52, s. 375-390]-na müvafiq olaraq SSF_{CO_2} qiyməti və havanın temperaturu arasında müəyyən korrelyasiya mövcuddur. Uyğun skateroqramma şəkil 1.1.1- də göstərilmişdir [52, s. 375-390].

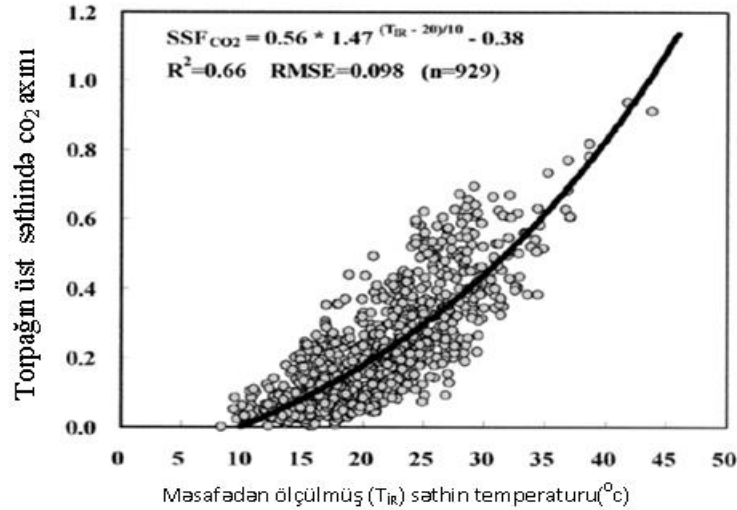


Şəkil 1.1.1. Torpaq səthindəki CO_2 axınlarının havanın temperaturundan asılılığı skateroqramması ($r^2 = 0,28$; $n = 929$)

Eyni zamanda, [52, s. 375-390]-da göstərildiyi kimi CO_2 axınları ilə torpaq səthi temperaturunun məsafədən ölçülmüş səth temperaturu arasında mövcud olan

korrelyasiya daha güclüdür, nəinki yuxarıda verilən korrelyasiya əlaqəsi (şəkil 1.1.2).

Belə ki, birinci halda determinasiya əmsalı $r^2 = 0,66$; ikinci halda isə $r^2 = 0,28$ (şəkil 1.1.2).



Şəkil 1.1.2. Torpağın səthində məsafədən ölçülmüş CO_2 axınlarının torpağın temperaturundan asılılığının skateroqramması [52, s.375-390]

[52, s.375-390] –a uyğun olaraq SSF_{CO_2} qiyməti və T_{IR} arasında aşağıdakı asılılıq mövcuddur:

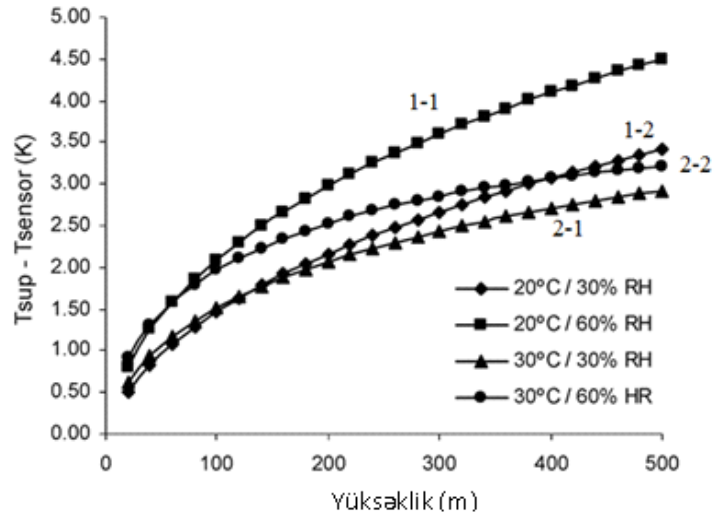
$$SSF_{CO_2} = aQ_{10}^{(T_{IR}-20)/10} - b \quad (1.1.1)$$

Burada Q_{10} - temperatur əmsalı;

T_{IR} - torpaq səthinin məsafədən zondlama metodu ilə ölçülmüş temperaturu;
 $a, b = const.$

Təklif olunan SSF_{CO_2} -nin ölçü nəticələrinə havanın temperaturunun təsirini neytrallaşdırma metodu torpağın məlum səth temperaturunun ölçülən qiymətinin havanın temperaturu T_{air} və havanın rütubəti RH kimi faktorlardan asılılığı faktına əsaslanır [37, s.722-738]. Həmin araşdırmalarda göstərildiyi kimi torpağın səthinin temperaturunun Termovision A40M (FLIR, USA) istilik kamerasının köməyi ilə

ölçülən qiyməti T_{air} və RH -dan həmçinin uçuşun hündürlüyündən əhəmiyyətli dərəcədə asılıdır (şəkil 1.1.3).



Şəkil 1.1.3. Torpağın səth temperaturunun ölçülən qiymətinin üzərində Termovision A40M istilik kamerası qoyulmuş PUA-nın uçuş hündürlüyündən asılılıq qrafikləri [37, s. 722-738]:1-1(20°C temperaturda; 60% nisbi rütubətdə); 1-2 (20°C temperaturda; 30% nisbi rütubətdə); 2-1 (30°C temperaturda; 30% nisbi rütubətdə); 2-2 (30°C temperaturda; 60% nisbi rütubətdə)

Havanın temperaturunun torpağın səthi üzərindəki CO_2 axınlarının ölçülən qiymətinə təsirinin kompensasiyasının təklif olunan metodu aşağıdakılardan ibarətdir.

1.1.1. CO_2 axınlarının ölçülməsi mənbə [52, s.375-390]-da şərh edilmiş metodla, Yaponiyada istehsal edilmiş müasir səs anomometri və həmçinin bu ölkədə istehsal edilmiş müasir trassa qazoanalizatoru istifadə olunmaqla həyata keçirilir.

1.1.2. Korrelyasiya asılılığı nəzərə alınmaqla şəkil 1.1.1 və şəkil 1.1.2 -də 1.1.1. bəndinə əsasən ölçmənin nəticəsi aşağıdakı şəkildə əks etdirilir (sonralar $RH=const$ hesab edəcəyik):

$$SSF_{CO_2} = f(T_{sup}, T_{air}) \quad (1.1.2)$$

1.1.3. T_{sup} göstəricisinin ölçülməsi PUA -da quraşdırılmış istilik kamerasının köməyi ilə həyata keçirilir, ölçmənin nəticələri isə [21, s.24-31]-ə əsasən aşağıdakı şəkildə ifadə olunur:

$$T_{sup} = \varphi(H, T_{air}) . \quad (1.1.3)$$

1.1.4. (1.1.2) və (1.1.3) ifadələrini nəzərə almaqla aşağıdakı asılılığı alırıq:

$$SSF_{CO_2} = f(\varphi(H, T_{air}), T_{air}) . \quad (1.1.4)$$

1.1.5. SSF_{CO_2} ölçmələrinin nəticələrinə T_{air} -in təsirinin neytrallaşdırılması məsələsinin həlli PUA-nın uçuş hündürlüyünün (H) elə seçimindən ibarətdir ki, aparılan ölçmələrin nəticələrinə T_{air} -in təsirini maksimum zəiflətmək mümkün olsun. Belə neytrallaşdırmanın əldə olunması şərtlərini müəyyənləşdirmək üçün aşağıdakı model hesablamalarını aparaq:

(1.1.2) funksiyasını birinci yaxınlaşmada aşağıdakı sıra şəklində göstərək:

$$SSF_{CO_2} = f_0(T_{sup0}, T_{air0}) + \frac{df}{dT_{sup}} \cdot \Delta T_{sup} + \frac{df}{dT_{air}} \cdot \Delta T_{air} . \quad (1.1.5)$$

(1.1.3) funksiyasını da həmçinin birinci yaxınlaşmada analogi şəkildə göstərsək, alarıq:

$$T_{sup} = \varphi_0(H_0, T_{air0}) + \frac{d\varphi}{dH} \cdot \Delta H + \frac{d\varphi}{dT_{air}} \cdot \Delta T_{air} . \quad (1.1.6)$$

Şərti olaraq

$$f_0(T_{\text{sup}0}, T_{\text{air}0}) = \varphi_0(H_0, T_{\text{air}0}) = 0, \quad (1.1.7)$$

həmçinin $\Delta H = H_{\text{uçuş}}$ qəbul etməklə, alırıq:

$$H_{\text{uçuş}} = - \frac{\left[\left(\frac{df}{db} \right) \cdot \left(\frac{db}{dT_{\text{air}}} \right) + \frac{df}{dT_{\text{air}}} \right]}{\frac{df}{da} \cdot \frac{da}{dT_{\text{air}}}}. \quad (1.1.8)$$

Burada

$$a = \frac{d\varphi}{dH}; b = \frac{d\varphi}{dT_{\text{air}}}. \quad (1.1.9)$$

Beləliklə, (1.1.8) və (1.1.9) şərtlərini yerinə yetirdikdə T_{air} - in SSF_{CO_2} - nin PUA -da qoyulan termal zondlama kamerasının köməyi ilə ölçülən qiymətinə təsirini neytrallaşdırmağa nail olmaq olur.

Bununla yanaşı, (1.1.8) ifadəsindən görüldüyü kimi $H_{\text{uçuş}}$ -un qiyməti T_{air} -in qiymətindən asılı deyil, yəni xətti modeldə PUA-nın kompensasiya edici uçuş hündürlüyü havanın temperaturunun konkret qiymətindən asılı olmur.

Beləliklə, göstərilmişdir ki, torpağın səthindəki CO_2 axınlarının məsafədən ölçmələrini aparan zaman bu axınların ölçülən qiymətlərinin torpağın temperaturundan, eləcə də havanın temperaturundan asılılığını nəzərə almaq lazımdır. Havanın tempera-turunun ölçmələrin nəticələrinə təsirini kompensasiya etmək üçün termal zondlama kamerasının daşıyıcısı kimi istifadə olunan PUA-ın uçuş hündürlüyünü dəyişməklə bu təsiri neytrallaşdırmaq metodu təklif olunur.

1.2. Kənd təsərrüfatı sahələri üzərində karbon qazının konsentrasiyasının inteqrallaşdırılmış ölçmələrinin optimallaşdırılması metodikası

Bitkilər tərəfindən inkişaf dövründə fotosintez prosesi zamanı günəş şüasının təsiri altında inkişaf prosesi baş verdikdə CO_2 -nin sərf olunması hamıya yaxşı məlumdur. Həmçinin məlumdur ki, bu prosesdə zəruri olan günəşin optik şüası hava şəraitindən xeyli dərəcədə asılıdır. Bununla belə atmosferdə daima mövcud olan CO_2 -nin miqdarı əsasən sabit meylliyə malikdir. Son illər ərzində bitkilərin inkişafında məlum müsbət faktor kimi qiymətləndirilmiş CO_2 -nin bitkilərin inkişafını daha da stimullaşdırma bilən amil kimi istifadə edilməsi barədə bir çox nəzəriyyələr irəli sürülmüşdür [94]. Bu dediklərimiz məntiqi olaraq CO_2 -nin artım meyllərinin qiymətləndirilməsi üzrə daha geniş tədqiqatların aparılması zərurətini irəli sürür [92, s.1-28]. Yuxarıda göstərilən effektlərin belə qarşılıqlı əlaqəsi birinci növbədə teksturalı bitki sahələri üzərində karbon 4-oksidi ümumi miqdarının etibarlı ölçülməsinin aparılmasını, həmçinin fotosintetik aktiv günəş şüasının bitkiyə çatan ümumi miqdarına hava şəraitinin təsirinin adekvat nəzərə alınmasını tələb edir. Ümumi qəbul edilmiş fikir ondan ibarətdir ki, verilən məsələnin həllində məsafədən zondlama metodları daha səmərəli hesab edilir. Digər müəlliflərin araşdırmalarında göstərildiyi kimi məsafədən zondlama aparatının ən aşağı yol verilən spektral ayırdetmə qabiliyyətində kənd təsərrüfatı sahələrinin təsnifat dəqiqliyinin yaxşılaşdırılması tekstura əlamətlərindən istifadə yolu ilə əldə oluna bilər [63, s.761-770]. Həmin tədqiqatlarda göstərildiyi kimi piksel strukturlu təsvirlərdə olduğu kimi obyekt yönümlü təsvirlərin analizi üçün də tekstur əlamətlərinin əlavə olunması obyektlərin təsnifat dəqiqliyinin yaxşılaşdırılmasına gətirib çıxarır.

Digər tədqiqatlarda [57, s.767-776] isə göstərilmişdir ki, topoqrafik obyektlərin seqmentasiyası, xüsusilə, kompleks mənzərələrin struktur və heterogen əlamətlərinin aşkarlanması multispektral və tekstur informasiyaların birgə emalı nəticəsində əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşdırıla bilər.

Bu səbəbdən də göstərilən məsələni həll etmək üçün teksturun yeni ölçülmə metodunu işləmək xüsusi əhəmiyyətə malikdir. Baxılan halda teksturanın yeni inteqral-statistik ölçülməsi yanaşması əsasında teksturalı sahələr üzərində CO_2 -nin konsentrasiyasının optimal inteqrallaşdırılmış ölçülməsi metodu təklif olunmuşdur [4, s.46-1,11, s.46-56,16, s.56-60,17, s.67-72].

Bu bölmədə əsas məqsəd teksturanın təklif olunan inteqral statistik ölçülməsindən istifadə etməklə teksturalı bitki sahələri üzərində CO_2 -nin konsentrasiyasının optimal inteqrallaşdırılmış ölçülməsinin yeni metodunun işlənilməsidir.

Tədqiqatın məsələləri aşağıdakılardan ibarətdir:

- inteqral-statistik ölçmənin yeni üsulunun teksturalı bitki sahələrinə tətbiqi;
- bitki sahələri üzərində CO_2 -nin konsentrasiyasının inteqrallaşdırılmış ölçülməsinin yeni metodunun işlənilməsi;
- meşə ekosisteminin təmiz məhsuldarlığının ağacların hündürlüyündən optimal asılılığının aşkarlanması üçün təklif olunan metod əsasında nəzəri tədqiqatların aparılması.

Hər şeydən əvvəl öyrənilən obyektlərin müxtəlifliyinin təyini üçün istifadə olunan məlum statistik ölçünü təhlil edək. [50, s.61-87] -də göstərildiyi kimi seçimdə hər hansı bir növün nisbi payının qiymətləndirilməsi üçün müxtəlif indekslərdən, o cümlədən ekoloji sistemlərin müxtəliflik indekslərindən istifadə olunur. Bütün müxtəliflik indekslərinin əsasını ümumi seçimdə i - ci növün nisbi sayının göstəricisi P_i təşkil edir, yəni

$$P_i = \frac{N_i}{N} \quad . \quad (1.2.1)$$

Burada N - seçim elementlərinin cəm sayı,

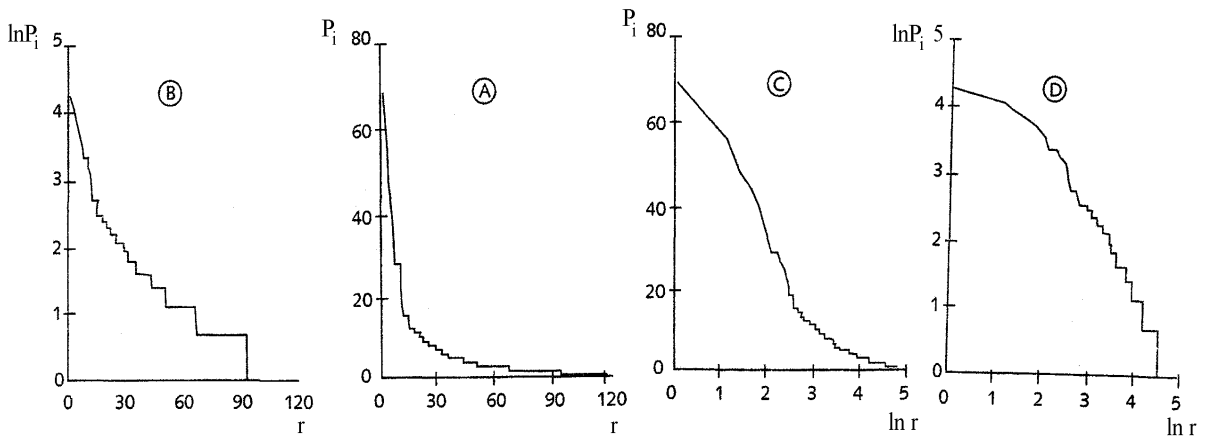
N_i - seçilmiş növə uyğun olan elementlərin miqdarıdır.

Məsələn, N elementdən ibarət ümumi seçimdə i -ci növə aid olan ağacların miqdarı N_i -dir. Beləliklə,

$$N = \sum_{i=1}^S N_i \quad (1.2.2)$$

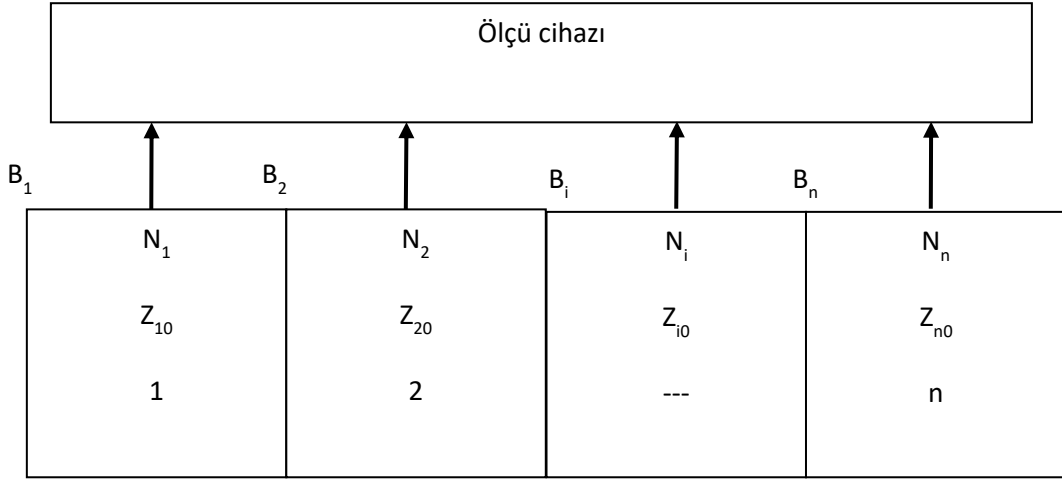
Burada s - seçilmiş növlərin ümumi miqdarıdır.

N_i - nin P_i -dən asılılığının qrafik təsviri məsələsinə baxaq. Mənbə [50, s.61-87]-yə uyğun olaraq seçimdə növlərin tərkib göstəricisi əyriyə iki ölçülü koordinat sistemində tərtib olunur. Burada ordinat oxunda parametrlərin qiymətləri, absis oxunda isə növün dərəcəsi daha doğrusu i göstərilir. Qrafiklərə i növünün mövqə nömrəsi ilə üst-üstə düşən “qradasıya” və ya rəng (r) anlayışı daxildir. Buna görə birinci rəngə uyğun gələn növ verilmiş seçimdə üstünlük təşkil edən növ sayılır, s -rənginin növü seçimdə ən az miqdarda rast gəlinən növdür. P_i -nin r rəngdən asılılıq əyriələrinin mümkün olan variantları şəkil 1.2.1 (A, B, C, D)- də göstərilmişdir.



Şəkil 1.2.1. P_i -nin r -dən asılılığının mümkün variantlarının qrafik təsviri

Nəzərdən keçirilən tekstur obyektin spesifikasiyası belədir: vahid teksturalı sahə n sayda altsahələrdən ibarətdir və hər altsahədə N_i sayda müəyyən i -ci bionöv bitir.



Şəkil 1.2.2. Teksturalı sahənin strukturu

Hər bir i -ci bionöv B_i göstəricisini formalaşdırır ki, buna da sonradan karbon-4 oksid (CO_2) kimi baxılır. Bu zaman i -ci bionövün ölçülən parametri Z_i ilə B_i arasında $B_i = \varphi(Z_i)$ funksional asılılığını yazmaq olar (məsələn, Z_i - ağacın hündürlüyü, B_i - CO_2 qazının konsentrasiyasıdır).

Əgər sahədə ancaq bir bionöv olarsa, onda sahə üzrə B_n göstəricisinin ümumi qiyməti aşağıdakı kimi müəyyən edilir:

$$B_{i\Sigma} = \sum_{i=1}^{N_i} \varphi(Z_i) = N_i \varphi(Z_i), \quad (1.2.3)$$

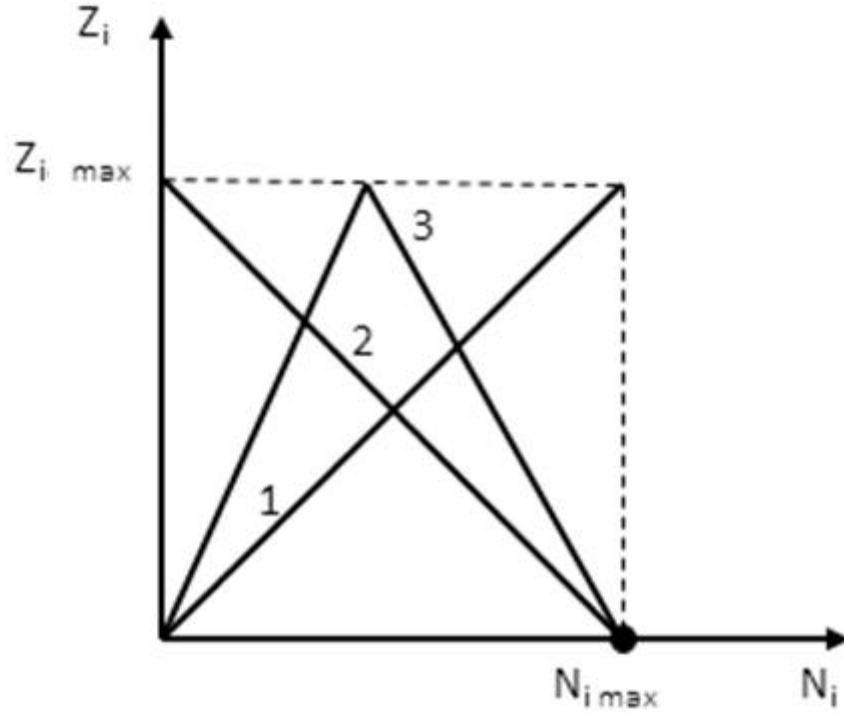
belə ki, bütün $\varphi_i(Z_i)$, $i = \overline{1, n}$ funksiyaları eynidir.

Kəsilməz halda (1.2.3) ifadəsini aşağıdakı kimi təqdim edə bilərik: Növlərin sayı çox olan halda, şərti olaraq kəsilməz yazılış formasına keçə bilərik.

$$B_o = \int_0^{N_{max}} N \cdot \varphi(Z) dN. \quad (1.2.4)$$

Burada B_0 kəmiyyəti B -nin cəm inteqral qiymətidir.

Z_i -nin N_i - dən asılılığının qrafik təsviri baxılan halda enən və qalxan tipli əyri, həmçinin üçbucaq formalı görüntüdə ibarət ola bilər (şəkil 1.2.3).



**Şəkil 1.2.3. $Z_i = f(N_i)$ asılılığının qrafik təsviri
(1-qalxan xətt, 2-enən xətt, 3-sınıq xətt)**

Tədqiq olunan statistik verilənlərin baxılan təsviri aşağıdakı yeni nəticələrin alınmasına imkan verir:

- bir çox hallarda ölçmələrin yerinə yetirilməsinə imkan verən (1.2.1)-(1.2.4) düsturları ilə təsvir olunmuş yeni tekstur ölçmə işlənilə bilər;
- teksturun bir sahə dairəsində bütün integral ölçmə prosesinin optimallaşdırılması mümkün olar.

Təklif olunan riyazi ifadənin izahını verək. Şəkil 1.2.3-də göstərilən qrafiklərdən görüldüyü kimi $Z_{imax} = const$; $N_{imax} = const$ olduqda, aşağıdakı bərabərliyin həmişə doğru olduğunu hökm edə bilərik:

$$\chi = \int_0^{N_{imax}} Z(N) dN = C ; C = const \quad (1.2.5)$$

χ göstəricisi teksturun inteqral ölçüsü kimi qəbul edilə bilər. Elə obyekt kvaziheterogen tekstur obyekt adlana bilər ki, onun bütün tekstur sahələri eyni χ göstəricisinə malik olsun.

Çoxlu sayda altsahələrdən ibarət kvaziheterogen tekstur obyektin bir tekstur sahəsi əhatəsində aparılmış inteqral ölçmənin optimallaşdırılması məsələsinə baxaq.

(1.2.4) ifadəsi nəzərə alınmaqla ölçü cihazının şəkil 1.2.3-də göstərilmiş çıxış signalı kəsilməz halda aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$S_1 = \int_0^{N_{\max}} N \cdot \varphi(Z(N)) dN \quad (1.2.6)$$

$\varphi(Z)$ funksiyasını Teylor sırasının birinci iki hədləri şəklində təqdim edək:

$$\varphi(Z) = \varphi_0 + \varphi'_z \cdot (Z - Z_0) + \frac{\varphi''_z (Z - Z_0)^2}{2!}, \quad (1.2.7)$$

$\varphi_0=0$; $Z_0=0$ qəbul etsək, bu halda (1.2.7) ifadəsi aşağıdakı kimi olar:

$$\varphi(Z) = \varphi'_z \cdot Z + \frac{\varphi''_z \cdot Z^2}{2!} \quad (1.2.8)$$

(1.2.4) və (1.2.6) ifadələrini nəzərə almaqla alarıq:

$$S_1 = \int_0^{N_{\max}} N \cdot \left[\varphi'_z \cdot Z(N) + \frac{\varphi''_z \cdot Z(N)^2}{2!} \right] dN \quad (1.2.9)$$

(1.2.6) və (1.2.8) ifadələrini nəzərə almaqla variasiyalı şərtsiz optimallaşdırma məsələsini tərtib edək:

$$S_2 = \int_0^{N_{\max}} N \cdot \left[\varphi'_z \cdot Z(N) + \frac{\varphi''_z \cdot Z(N)^2}{2!} \right] dN + \lambda \left[\int_0^{N_{\max}} Z(N) dZ - C \right] \quad (1.2.10)$$

Beləliklə, təklif edilmiş variasiyalı optimallaşdırma məsələsinin həlli S_2 ekstremal qiymətə çatdıqda, $Z(N)$ optimal funksiyasını almağa imkan verir. Optimallaşdırma məsələsinin konkret həlli nümunələri aşağıdakı model tədqiqatlarının nəticələrində verilmişdir.

Mənbə [28]-də göstəriləndiyi kimi ekosistemin təmiz məhsuldarlıq göstəricisinin (NEP) heterogen kompleks landşaft üzrə paylanması məsələsi aşağıdakı ardıcılıqla həll edilə bilər :

- qüllədə qoyulmuş lidarla skanerləmə vasitəsilə kənd təsərrüfatı sahələrindən çıxan kumulyativ CO_2 axını təyin edilir;
- hesab edilir ki, məkan üzrə CO_2 axınının ölçmə nəticələri kompleks landşaft çərçivəsində NEP göstəricilərinin qiymətlərinə uyğundur;
- yekun CO_2 axınının yaradılmasında bioloji obyektlərin payı eyni olmadığından, landşaft NEP -lə müqayisədə heterogenliklə xarakterizə olunur;
- NEP göstəricisi nəzəri olaraq

$$NEP = GPP - R_A - R_B \quad (1.2.11)$$

kimi müəyyən edilə bilər.

Burada GPP -ümumi birinci məhsul;

R_A -bioobyektlərin (ağacların) yer səthindən yuxarıdakı tənəffüsü;

R_B -bioobyektlərin (ağacların) yer səthindən aşağıdakı tənəffüsüdür.

- R_B -nin ölçülməsi torpaqdan çıxan CO_2 axınını aşkarlayan xüsusi kameranın köməyi ilə həyata keçirilir. Belə ölçmə texnologiyası [43] -də ətraflı şərh edilmişdir;

- bioobyekt göstəriciləri Z (məsələn, ağacların hündürlüyü), GPP və R_A arasındakı əlaqə aşağıdakı ifadə ilə təyin edilir:

$$GPP - R_A = k \cdot Z^b \quad (1.2.12)$$

Burada k - sabit əmsal;

b - qeyri-xəttiliyin göstəricisidir.

Beləliklə, heterogen sahələrdə NEP göstəricisi və R_B məlum olduqda, lidar kamera ölçmələri əsasında (1.2.12) düsturu vasitəsilə bioobyektlərin müəyyən göstəricilərini (məsələn, ağacların hündürlüyü, yarpaq indeksi və s.) müəyyənləşdirmək olar [43, s.1-13].

Təklif edilən model tədqiqatlarında kənd təsərrüfatı sahələrinin heterogenliyi nəzərə alınmaqla Z göstəricisinin müəyyən edilməsi prosesinin optimallaşdırılması məsələsi qoyulmuşdur. Daha ümumi həlli almaq üçün sonradan Z -in NEP -dən daha ümumi asılılığına baxılmış, kənd təsərrüfatı sahələri isə kvaziheterogen xassələrə malik olan tekstur obyekt kimi nəzərdə tutulmuşdur.

Onda (1.2.12) düsturuna uyğun olaraq alarıq:

$$B = k \cdot Z(N)^b \quad (1.2.13)$$

Burada

$$\int_0^{N_{max}} Z(N) dN = C; \quad C = \text{const} \quad (1.2.14)$$

Bütün altsahələrdən yaranan yekun CO_2 -ni aşağıdakı kimi qiymətləndirək:

$$B_0 = \int_0^{N_{max}} k \cdot N \cdot Z(N)^b dN \quad (1.2.15)$$

(1.2.13) və (1.2.14) -ü nəzərə almaqla şərtsiz optimallaşdırmanın variasiyalı həllini

$$B_0 = \int_0^{N_{\max}} k \cdot N \cdot Z(N)^b dN + \lambda \left[\int_0^{N_{\max}} Z(N) dN - C \right]. \quad (1.2.16)$$

kimi tərtib edə bilərik.

Eyler metoduna uyğun olaraq [10, s.54-61]-də $Z(N)$ optimal funksiyası

$$\frac{d\{k \cdot N \cdot Z(N)^b + \lambda \cdot Z(N)\}}{dZ(N)} = 0 \quad (1.2.17)$$

şertini təmin etməlidir. (1.2.17) ifadəsindən

$$b \cdot k \cdot N \cdot Z(N)^{b-1} + \lambda = 0. \quad (1.2.18)$$

olduđu alınır. (1.2.18) ifadəsindən

$$Z(N) = \sqrt[b-1]{\frac{-\lambda}{b \cdot k \cdot N}}. \quad (1.2.19)$$

olduđunu alarıq. (1.2.19) ifadəsindən tapılır:

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt[b-1]{\int_0^{N_{\max}} \sqrt[b-1]{\frac{1}{b \cdot k \cdot N}} dN}} = -\lambda_0 \quad (1.2.20)$$

(1.2.20) - ni nəzərə almaqla (1.2.18) ifadəsindən alarıq:

$$Z(N) = \sqrt[b-1]{\frac{\lambda}{b \cdot k \cdot N}}. \quad (1.2.21)$$

Buna görə də (1.2.21) şerti təmin edildikdə, B_0 ekstremal qiymətə çatır. Beləliklə, $b > 1$ olduqda, $Z(N)$ azalan (N -  görə), $b < 1$ olduqda isə artan funksiya olur.

Ekstremumun tipini müəyyənləşdirmək  c n məqsəd funksionalında inteqralaltı ifadənin ikinci tərtib törəməsi hesablanır. Burada $b > 1$ olduqda, həmin

ifadə müsbət, $b < 1$ olduqda isə mənfi qiymət alır. Nəticədə $b < 1$ olduqda, $Z(N)$ artan funksiya olur və (1.2.16) ifadəsinin qiyməti maksimuma çatır. $b > 1$ olduqda isə $Z(N)$ azalan funksiya olur və (1.2.16) özünün minimum qiymətinə çatır.

Beləliklə də model hesablamaları ilə alınan nəticələr məntiqi olaraq belə şərh edilə bilər: artan xarakterli $Z(N)$ funksiyasında, yəni maksimal əlverişli hava şəraitində tekstur obyektə $b < 1$ olduqda, böyük Z qiymətli biotiplər üstünlük təşkil edir ki, bu da (1.2.9) funksiyasının maksimum qiymətinə uyğun gəlir; azalan xarakterli $Z(N)$ funksiyasında, yəni $b > 1$ olduqda, (1.2.16) funksiyasının qiyməti minimuma çatır. Bu halda hesab etmək olar ki, tekstur obyektin sahəsində kiçik Z qiymətli biotiplər üstünlük təşkil edir. Bu şərtlər zamanı (1.2.16) funksiyası minimum qiymətə çatır. Belə ki, inteqrallaşdırılmış ölçülmənin optimallaşdırılmasından ibarət bəyan edilən tədqiqatın məqsədinə ağacların bioloji göstəricilərinin $b < 1$ olduqda, artan xarakterli $Z(N)$ funksiyası vasitəsilə nail olunur.

Bununla da aparılmış tədqiqatların nəticəsi olaraq qeyd edə bilərik ki, bütün tekstur sahələr dairəsində optimal inteqrallaşdırılmış ölçmənin aparılmasına imkan verən yeni statistik-inteqral ölçü təklif olunmuşdur.

Altsahələrdə sayı ölçülən göstəricilərin qiymətindən monoton funksional asılılıqla xarakterizə edilən bioobyektlərin (ağacların) göstəricilərinin inteqrallaşdırılmış ölçülməsinin optimallaşdırılması məsələsinin həlli yolu göstərilmişdir. Lazerin köməyi ilə CO_2 konsentrasiyasının və yer altında vegetasiyanın tənəffüsünün xüsusi kamera ilə ölçülməsi zamanı biogöstəricilərin (ağacların hündürlüyü və ya LAI indeksi) tekstur obyektin sahələrinin bütün altsahələr üzrə inteqrallaşdırılmış ölçməsinin optimallaşdırılması məsələsinin həlli yolu təqdim edilmişdir. Göstərilmişdir ki, altsahələrdə biogöstəricilərin ağacların sayından asılılığı artan funksiya olduğu halda, inteqrallaşdırılmış optimal ölçmə rejimi əldə edilir.

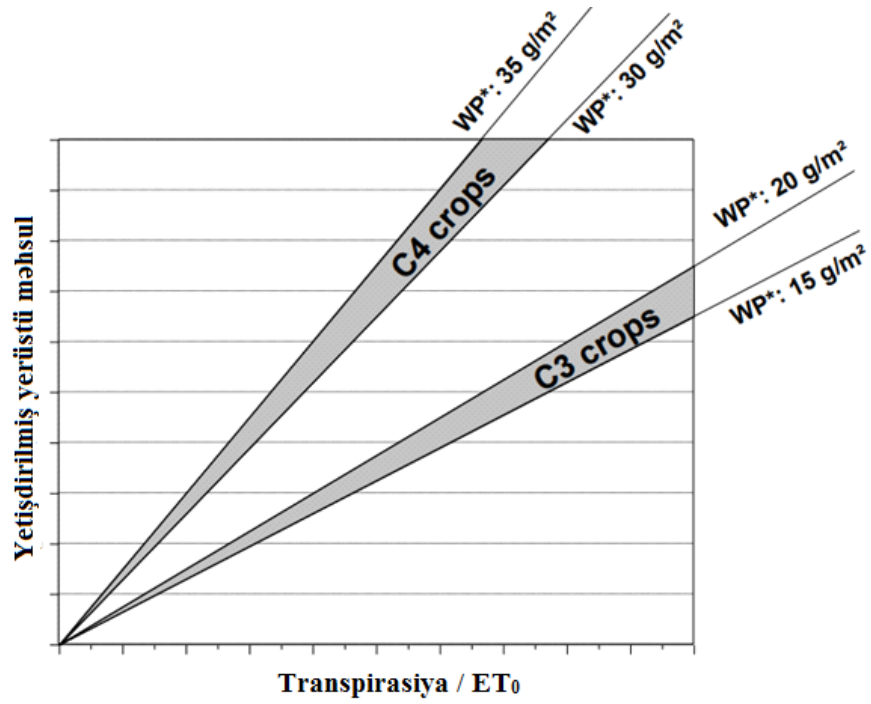
1.3. Bitki sahələrində karbon qazının ekosistem axınının FAO “Aqua Crop” modelində yetişdirilmiş biokütləsinə təsirinin tədqiqi

Məlumdur ki, bitkilərin buxarlanma prosesi (transpirasiya) onların bütün həyatı boyu gecə-gündüz baş verir. Gün ərzində bitkilər həm fotosintez üçün CO_2 udur və həm də buxarlanma yolu ilə ondan azad olunurlar.

Nəticədə ayrılan oksigen miqdarca CO_2 -dən çox olur. Günün qaranlıq vaxtında oksigen ayrılır [28]. FAO “Aqua Crop “ modelində (bitkilərin məhsuldarlığının sudan asılılığını izah edən model) bitkinin aşağıdakı inkişaf proseslərinə baxılmışdır [41]:

- bitkinin inkişafı;
- bitkinin hava mübadiləsi;
- biokütlənin istehsalı;
- məhsulun formalaşdırılması.

[41]-ə əsasən məhsulun su məhsuldarlığı (WP) vahid su buxarlanması (mm) zamanı vahid torpaq sahəsində yaradılan yerüstü quru maddəni (qr və ya kq) əks etdirir. Bununla yanaşı, yetişdirilən biokütlənin və tələb olunan suyun miqdarı arasındakı xətti əlaqənin mövcudluğu təcrübi olaraq müəyyən edilmişdir (şəkil 1.3.1).



Şəkil 1.3.1. “ Aqua Crop” modelində müəyyənləşdirilmiş C3 və C4 tipli bitkilər üçün yerüstü yetişdirilən biokütlə ilə C3 və C4 tipli bitkilər üçün buxarlanan suyun ümumi miqdarı arasındakı asılılıq. Burada ET_0 - buxarlanma qabiliyyətidir (etalon bitkinin buxarlanması göstəricisidir)

Yaxşı məlumdur ki, FAO “Aqua Crop” modelində yerüstü biokütlənin modelləşdirilməsi probleminin həlli sahəsində iqlim şəraitinin təsirinin daha dolğun qiymətləndirilməsi üçün normallaşmış su məhsuldarlığı termini tətbiq edilmişdir [41]. CO_2 -nin təsirinin qiymətləndirilməsi məqsədi ilə normallaşdırma prosesi CO_2 konsen-trasiyasının 369,41 ppm qiymətində olması şərti daxilində yerinə yetirilir. FAO “Aqua Crop” modelində yerüstü biokütlənin gündəlik miqdarını hesablamaq üçün aşağıdakı ifadə istifadə olunur:

$$B = k \cdot WP^* \cdot \sum_i \frac{T_{ri}}{ET_{0i}} \quad (1.3.1)$$

Burada WP^* - normallaşmış su məhsuldarlığı;

ET_0 - dayaq evapotranspirasiya;

T_r - buxarlanma;

i - günlər;

k -atmosferdə CO_2 konsentrasiyasının dəyişməsinə nəzərə alan korreksiya əmsəlidir.

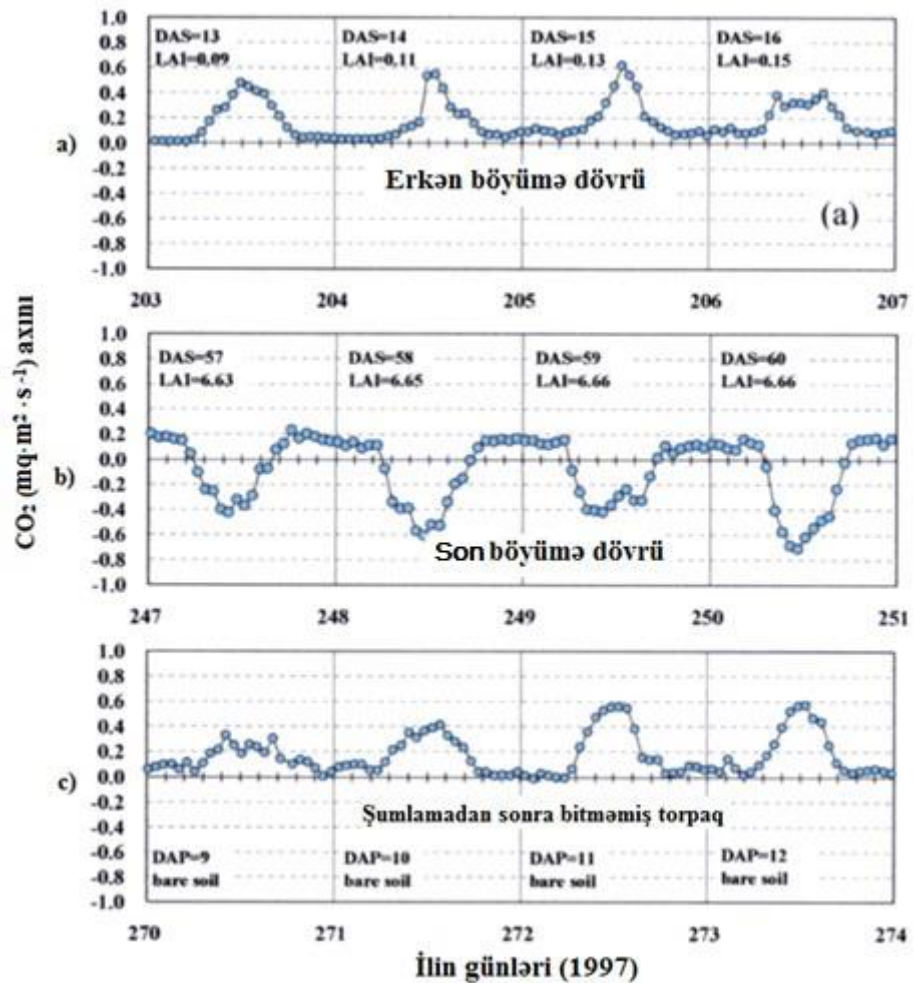
Mənbə [41]-ə uyğun olaraq korreksiya qaydası aşağıdakı kimidir:

Əgər atmosferdə CO_2 konsentrasiyası 369,41 ppm-dən çoxdursa, $k > 1$; əgər 369,41 ppm-dən azdırsa, $k < 1$ qəbul edilir. Qeyd etmək lazımdır ki, bitkilərin böyüməsinə CO_2 -nin təsirini nəzərə alan bir sıra aqro-ekosistem modelləri mövcuddur. Məsələn, [69, s.79-87]-də göstərilir ki, CO_2 -nin artımı C3 tipli bitkilərdə fotosintezin sürətinin artmasına gətirib çıxarır, həmçinin sudan istifadə effektivliyini artırmaqla stomatal keçiriciliyi azaldır. [38, s.213-224] -də CO_2 və bitki radiasiyasından istifadənin xüsusi effektivliyi arasında empirik əlaqə qurulur, [79, s.69-82] -də isə fotosintez-işıq əyrisinin CO_2 konsentrasiyasından asılılığı vurğulanır. Bununla yanaşı, atmosferdəki CO_2 -nin təsirini nəzərə alınmasında əsas problem mövcud modelin seçilməsi yox, vaxtında atmosferdə CO_2 -nin miqdarı haqqında dəqiq informasiyanın alınmasıdır. Formal olaraq bir çox tədqiqatlarda atmosferdə CO_2 konsentrasiyasının etalon miqdarı kimi NASA-nın Mauna Loa-da yerləşən hündür dağlıq stansiyasında aparılan kalibrəmə ölçmələri nəticəsində alınmış göstərici qəbul edilir [80, s.811-841]. Lakin reallıqda atmosferdə CO_2 konsentrasiyası həm dünya bölgələri üzrə, həm də hava kütləsinin növündən asılı olaraq çox müxtəlifdir. [35, s.3612-3618]-ə əsasən mövsümi tərəddüdlər nəzərə alınmaqla bölgələr üzrə dəyişkənlik 3-5 ppm-ə, hava kütləsi üzrə isə 4-5 ppm-ə çata bilər [21, s.24-31]. Göstərilən şərait əslində Mauna Loa-da yerləşən kalibrasiya stansiyasının məlumatlarının nəzərə alınmasının mənasını itirir və yerli ölçü məlumatlarının nəzərə alınmasının məqsədəuyğunluğunu göstərir. Digər tərəfdən, atmosferdə CO_2 konsentrasiyasının bitkinin böyüməsinə təsirini xüsusiyyəti ondan ibarətdir ki, yerin üst qatı və troposferin alt qatı arasında həmişə CO_2 axınları mövcuddur. Bitkiçilik zonasında bu axınlar aşağıdakı amillərlə şərtləndirilir:

-torpaqdakı mikrobial aktivlik;

- gündüz vaxtlarında fotosintez prosesində bitkilərin CO_2 - ni udması;
- bitkilərin gündüzlər CO_2 və O_2 generasiyası;
- gecə vaxtlarında bitkilərin CO_2 generasiyası;
- gündüz vaxtlarında bitkilərin CO_2 - ni udması;
- gecə vaxtlarında bitkilərin CO_2 - ni udması.

Bütün bu proseslər bitkidən atmosfərə və ya atmosferdən bitkiyə yönəldilmiş CO_2 axınlarının mühüm dəyişkənliyini təmin edir. [52, s.375-390]-na əsasən, erkən inkişaf dövründə LAI-nin (yarpaq sahəsi indeksi) kiçik qiymətlərində ekosistemdə CO_2 -nin səth axınları müsbət olur və CO_2 konsentrasiyasının gündüz dəyişkənliyi nümunələri məhsuldan sonrakı dövrdə baş verənlərə oxşayır. Bu axınların gündüz dəyişkənliyinin ümumi görünüşü şəkil 1.3.2-də göstərilmişdir. Bunun əksinə olaraq, bitkinin böyüməsi dövründə bitkilərdə fotosintez məqsədi ilə CO_2 toplandığına görə, LAI indeksinin böyük qiymətində verilən axınlar mənfi qiymət alır, eyni zamanda gecə vaxtlarında bu axınlar müsbət olur.



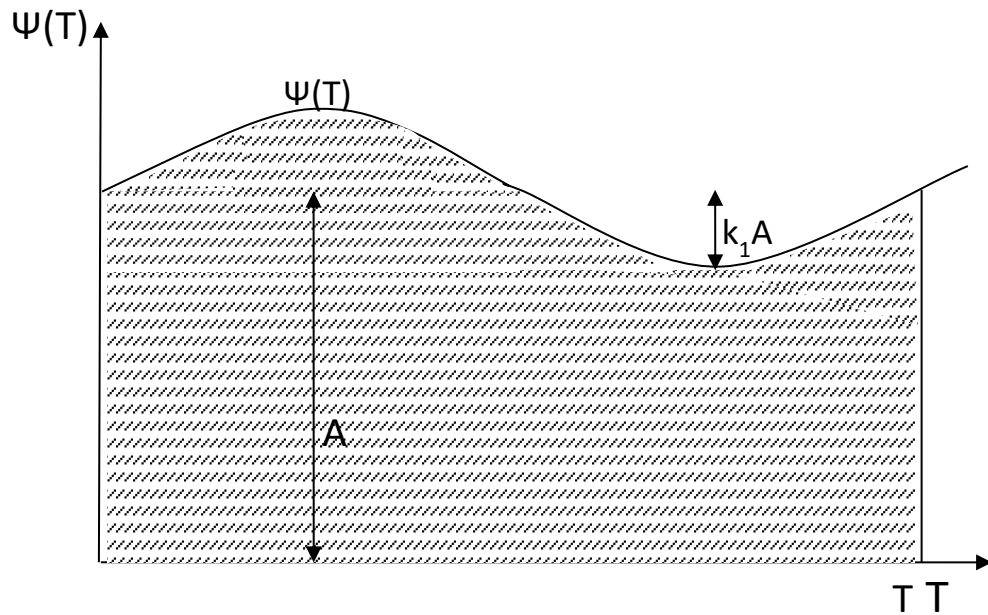
Şəkil 1.3.2. Bitkinin müxtəlif vegetasiya dövrlərində CO_2 - nin ekosistem səth axınları [52, s.375-390]: a) böyümənin erkən dövrləri; b) böyümənin son dövrləri; c) şumlamadan sonra bitkisiz torpaq

CO_2 konsentrasiyasını ölçən cihazın kalibrləndirilməsi üçün təklif edilən metodda aşağıdakı parameterlərin məlum olması zəruridir:

- sahədə əkilən bitkinin tipi;
- bitkinin tədqiq edilən vegetasiya dövrünün növü;
- CO_2 ekosistem axınlarının zaman asılılığı funksiyasının görünüşü.

Bitki sahəsi daxilində CO_2 konsentrasiyasını ölçən DOAS cihazının təklif olunan kalibrlənmə prosedurunun izahı şəkil 1.3.3-də göstərilmişdir.

Burada CO_2 -nin ekosistem bipolyar axınlarının fəaliyyəti səbəbindən yaranan modulyasiya sxematik şəkildə təqdim olunmuşdur.



Şəkil 1.3.3. Bitki sahəsində CO_2 konsentrasiyasını ölçən sahə cihazının kalibrlənməsi üçün təklif olunan metodun formalaşdırılmasının sxematik təqdimatı

$\psi(T)$ - CO_2 - nin axın gücünün zamana görə dəyişkənlik funksiyası; A - CO_2 -nin fon konsentrasiyası; $k_1 A - \psi(T)$ funksiyasının A -dan asılı olan amplitudası. Birinci yanaşmada $\psi(T)$ funksiyasını şəkil 1.3.3-də göstərilədiyi kimi bipolyar dövrü funksiya kimi qəbul edək. Bu halda şəkil 1.3.3-də ştrixlənmiş S sahəsini aşağıdakı kimi təyin edirik:

$$S = \int_0^{T_x} [A + A \cdot k_1 \cdot \psi(T)] dT \quad (1.3.2)$$

Burada k_1 - bitkinin növündən asılı olan əmsal;

T_x - ölçü aparılan zaman müddətidir.

Ölçü cihazının kalibrlənməsi üçün aşağıdakı tələb ödənilməlidir:

$$A = \frac{1}{k_2} \int_0^{T_x} [A + A \cdot k_1 \cdot \psi(T)] dT \quad (1.3.3)$$

Burada $k_2 - \psi(T)$ axının əyrisi formasının əmsalı.

(1.3.3) ifadəsindən

$$k_2 = \int_0^{T_x} [1 + k_1 \cdot \psi(T)] dT \quad (1.3.4)$$

şərtini alırıq. Beləliklə, T_x , k_1 və $\psi(T)$ qiymətlərini verməklə, (1.3.4) düsturu əsasında A qiyməti üzrə ölçməni kalibrləməyə imkan verən k_2 əmsalının qiymətini hesablamaq olar. Sistemdə küyün təsirini nəzərə alsaq, aşkardır ki, A -nın böyük qiymətlərində kalibrlənmə daha dəqiq alınmalıdır ki, bu da k_2 əmsalının minimum qiymətinin əldə olunması tələbinə bərabərdir. Sonra digər tədqiqatlara uyğun olaraq nəzərə alınır ki, CO_2 ekosistem axınları t_p torpağın səthi temperaturunun funksiyasıdır [31, s.424].

(1.3.4) düsturunda $k_1\psi(T)$ funksiyası ekosistem axınlarının seperabel funksiyası şəklində qəbul edilmişdir, yəni K_1 əmsalı t -nin, ψ isə T -nin funksiyasıdır. k_1 belə təyin edilir [31, s.424]:

$$k_1 = a \cdot Q_{10}^{\frac{(t-20)}{10}} - b . \quad (1.3.5)$$

Burada $a, b = const$;

Q_{10} - temperatur əmsalıdır.

$$t = t(T), \quad (1.3.6)$$

şərtini nəzərə almaqla yazsa bilərik:

$$\int_0^{T_x} t(T) dT = C_1; \quad (1.3.7)$$

Burada $C_1 = const$.

Baxılan funksiyalara bəzi məhdudiyyəti qəbul etməklə və (1.3.4), (1.3.5), (1.3.7) ifadələrini nəzərə almaqla, k_2 əmsalını minimum qiymətə çatdıran $t(T)$ funksiyasının tapılması üzrə variasiya optimallaşdırma məsələsini aşağıdakı kimi formalaşdırma bilərik:

$$k_2 = \int_0^{T_x} \left[1 + \left[a \cdot Q_{10}^{\frac{(t(T)-20)}{10}} - b \right] \cdot \psi(T) \right] dT + \lambda \int_0^{T_x} t(T) dT . \quad (1.3.8)$$

Eyler - Laqranj tənliyinin tətbiqi ilə (1.3.7), (1.3.8) optimallaşdırma məsələsinin həlli yolu ilə aşağıdakı $t(T)$ optimal funksiyası alınır ki, bununla da k_2 minimuma çatır.

$$t(T) = C_2 + C_3 \ln \frac{\lambda_0}{C_4 \varphi(T)} . \quad (1.3.9)$$

Burada, $C_2, C_3, C_4 = \text{const}$

(1.3.9) ifadəsindən göründüyü kimi, k_2 indeksi o halda minimum qiymətə çatır ki, T -nin artması nəticəsində $\psi(T)$ -nin T arqumenti üzrə artması t -nin azalması ilə nəticələnir. Beləliklə, t göstəricisinin T -dən asılı qarşılıqlı dəyişməsinin aşağıdakı qanunauyğunluğu aşkar edilmişdir ki, bununla da A -nın maksimum qiyməti əldə olunmuş, yəni daha dəqiq kalibrlənmə təmin edilmişdir:

- T üzrə $\psi(T)$ funksiyasının artması zamanı $t(T)$ funksiyası azalan olmalıdır;
- T üzrə $\psi(T)$ funksiyasının azalması zamanı $t(T)$ funksiyası artan olmalıdır.

Belə şərtlərin təmin edilməsi kalibrlənməni A göstəricisinin daha böyük qiymətləri ilə real-laşdırmağa və DOAS ölçü cihazının daha dəqiq kalibrlənməsinə, CO_2 konsentrasiyasının biokütlənin (1.3.1) formulu üzrə hesablanmış qiymətinə təsirini daha dəqiq nəzərə almağa imkan verir.

Bununla da aparılmış tədqiqatlar nəticəsində bitki sahələri üzərində CO_2 konsentrasiyasının dəqiq təyini məsələsi həll edilmiş və daha dürüst ifadə alınmışdır.

CO_2 ekosistem axınları nəzərə alınmaqla bitki sahələrinə bilavasitə yaxın yerlərdə CO_2 konsentrasiyasını ölçən DOAS ölçü cihazlarının kalibrlənməsi proseduru təklif olunmuş, kalibrlənmə zamanı CO_2 ekosistem axınlarının temperatur asılılığını nəzərə almağa imkan verən optimallaşdırma məsələsi həll edilmişdir.

1.4. Torpaqda fosforun konsentrasiyasının təyində məsafədən zondlama metodlarının tətbiqi imkanlarının araşdırılması

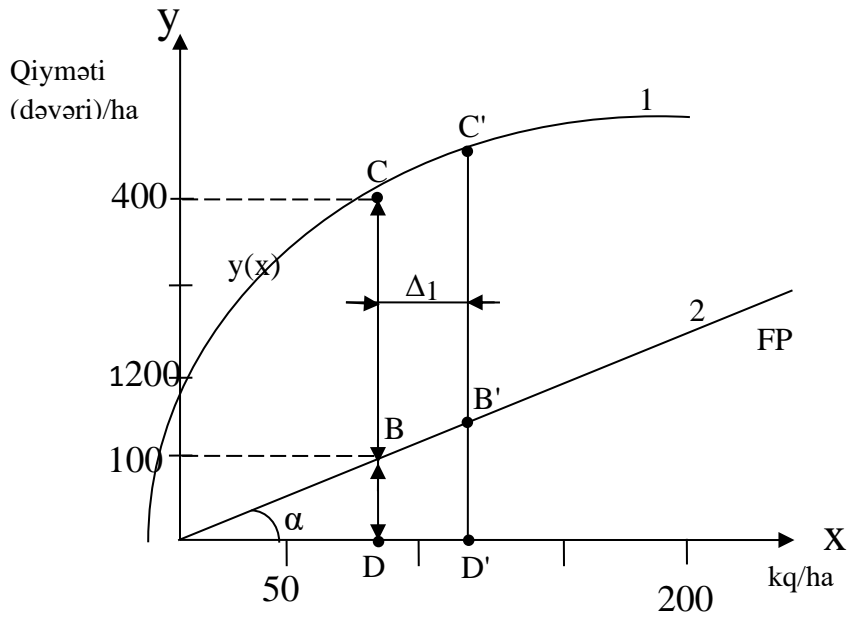
Heç bir şübhə yoxdur ki, torpağın gübrələnməsi yolu ilə torpağın məhsuldarlığının yüksəlməsi problemi əkin sahələrində mövcud olan digər üzvi və qeyri-üzvi faydalı elementlərin kəmiyyətə qiymətləndirilməsi üçün yerinə yetirilməli olan sınaqlardan sonra həll edilə bilər. Torpaqda bitkinin inkişafı üçün faydalı olan elementlərə azot, fosfor və kalium aid edilir [52, s.375-390]. Torpağın keyfiyyətinin müəyyənləşdirilməsi üçün müəyyən testlər aparılmalıdır ki, bu testlər

vasitəsilə torpaq keyfiyyətə kalibrasiya edilir. Bu cür kalibrasiya sınaq nəticələrinin və alınmış məhsulun sərf olunmuş gübrə miqdarına nisbəti arasındakı korrelyasiyanın qiymətləndirilməsi üçün aparılır. Hazır ki, tədqiqatda test sınaqları vasitəsilə kalibrasiyanın yeni qaydada aparılması və mövcud olan fosforun miqdarı, o cümlədən sahəyə verilmiş fosfor gübrəsinin həcmi qeydə alınmaqla sahələrdə məhsul alınması prosesinin optimallaşdırılması məsələləri təhlil edilir. Kənd təsərrüfatı fəaliyyətinin gəlirli aparılması şərtləri və məsafədən zondlama üsulları vasitəsi ilə fosforun konsentrasiyasının təyində xətalardan aradan qaldırılması imkanları təhlil edilmişdir. Göstərilmişdir ki, suvarma və ya drenaj proseslərində torpaqda fosforun ümumi miqdarının təyini üçün istifadə olunan su kütləsində fosforun miqdarı haqqında əlavə informasiyanın olması lazımdır.

İstifadə olunan suda ilkin olaraq fosfor olduqda, təklif olunan metod və ölçmə algoritmi istifadə olunmalıdır. Əgər istifadə olunan suda fosfor yoxdursa, onda istifadə olunan drenaj suyunda olan fosforla torpaqdakı fosforun miqdarı arasındakı korrelyasiya əlaqəsindən istifadə yaxşı nəticələr verə bilər. Suda fosforun miqdarının ölçmə nəticələrindən istifadə etməklə torpaqda olan fosforun təyini üçün metod və alqoritm təklif olunmuşdur. Drenaj suyunun tərkibində P olmadığı hal üçün təklif olunan metodun sadə variantı təqdim edilmişdir:

Torpağın kalibrlənməsinin mahiyyəti test nəticələri ilə yetişdirilmiş məhsulun arasındakı korrelyasiyanın torpağa verilmiş gübrədən asılılığının təyindən ibarətdir. Burada əsas məqsəd sınaqlar vasitəsilə kalibrasiyanın daha yüksək səviyyədə aparılması və mövcud olan fosforun miqdarının, o cümlədən əlavə daxil edilmiş fosforun miqdarı qeydə alınmaqla sahələrdən məhsulun alınması prosedurunun mərhələlərinin optimal təşkil edilməsi qaydasının müəyyənləşdirilməsindən ibarətdir.

Optimallaşdırılma prosedurunun ümumi mexanizmi şəkil 1.4.1-də izah edilmişdir.



**Şəkil 1.4.1. Verilən gübrənin optimal qiymətinin seçilməsi:
1-maksimal məhsulun dəyər əyrisi; 2-gübrə xərcləri xətti**

Optimal təhlilin aparılması üçün VCR göstəricisi (gəlir və xərclər nisbətinin maksimal qiyməti) araşdırılmış və aşağıdakı kimi təyin olunmuşdur:

$$VCR = \frac{y}{x} \quad (1.4.1)$$

Burada y parametri x gübrəsinin verilməsi zamanı məhsuldan alınan gəlirlərin artımıdır.

Bu halda şəkil 1.4.1-ə uyğun olaraq alarıq:

$$y = CD - BD \quad (1.4.2)$$

$$x = BD \quad (1.4.3)$$

(1.4.1), (1.4.2), (1.4.3) ifadələrini nəzərə almaqla, şəkil 1.4.1-ə uyğun olaraq aşağıdakı ifadəni alırıq:

$$VCR = \frac{CD - BD}{BD} = \frac{CD}{BD} - 1 \quad (1.4.4)$$

Bununla yanaşı C, B, D çöl tədqiqatları aparmaqla eksperimental təyin edilirlər. Öz növbəsində x göstəricisi aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$x = x_0 + \Delta x \quad (1.4.5)$$

Burada x_0 -torpaqda gübrənin əsas miqdarı,
 Δx -əlavə olaraq verilmiş gübrənin miqdarıdır.

Göründüyü kimi x_0 -in dəqiq təyini vacib əhəmiyyət kəsb edir, belə ki, x_0 - in müəyyənləşdirilməsində Δ_I -in istənilən xətası C, B, D nöqtələrinin absis üzrə Δ_I qədər sürüşməsinə səbəb olur. VCR' - in yekun göstəricisi isə aşağıdakı qiymətə qədər azalır.

$$VCR' = \frac{C'D'}{B'D'} - 1 \quad (1.4.6)$$

Beləliklə, məhsulun gəlirinin ümumi itkisi x_0 -in təyinin xətalarna görə

$$\Delta VCR = \frac{CD}{BD} - \frac{C'D'}{B'D'} \quad (1.4.7)$$

ifadəsi ilə təyin edilə bilər. Göstərmək olar ki, Δ_I - in qiymətindən asılı olmayaraq Δ_I xətası həmişə aşağıdakı şərtlərdə kompensasiya edilə bilər:

$$y'(x) = \frac{CD \cdot \operatorname{tg} \alpha}{BD} . \quad (1.4.8)$$

Bunu göstərmək üçün aşağıdakı hesablamaları aparaq:

$$C'D' = CD + y'(x) \cdot \Delta_1 ; \quad (1.4.9)$$

$x=D$ olanda;

$$B'D' = BD + k \cdot \Delta_1 , \quad (1.4.10)$$

burada $x=\operatorname{tg} \alpha$.

$\Delta VGR = 0$ şərti (1.4.7) ifadəsini nəzərə almaqla aşağıdakı kimi yazırıq :

$$\frac{CD}{BD} = \frac{C'D'}{B'D'} , \quad (1.4.11)$$

(1.4.11) ifadəsindən alırıq:

$$CD \cdot B'D' = BD \cdot C'D' . \quad (1.4.12)$$

(1.4.9) və (1.4.10) -u (1.4.12) -də yazmaqla

$$CD \cdot BD + CD \cdot k \cdot \Delta_1 = BD \cdot CD + BD \cdot y'(x) \cdot \Delta_1 , \quad (1.4.13)$$

ifadəsini alırıq. (1.4.13)-dən

$$\frac{CD}{BD} = \frac{y'(x)}{k} . \quad (1.4.14)$$

olduğu alınır.

(1.4.14) -ün fiziki mənası ondan ibarətdir ki, x oxu üzərində həmişə elə bir nöqtə var ki, orada x -in ölçülməsi xətlərinin təsiri tam kompensasiya edilir. Digər tərəfdən bu nəticədə praktik istifadə aşağıdakı iki səbəbə görə müəyyən problemlərlə bağlıdır:

- tədqiq olunan sahədə x -in kompensasiyasının (1.4.14) ifadəsi ilə müəyyənləşdirilən qiymətə bərabər olması ehtimalı çox kiçikdir;

- x -in təyini üçün yenə axırda P -nin konsentrasiyasını dəqiq ölçən cihaz tələb olunur ki, bunun da icrası mümkün deyil.

Beləliklə, vəziyyətdən praktiki çıxış yolu göstərilən məqsədlər üçün əlverişli mövcud məsafədən zondlama metodlarının təkmilləşdirilməsindən ibarətdir.

[38, s.213-224]-də göstərildiyi kimi, LANDSAT TM kimi bort aparaturası torpağın element tərkibinin dəyişilməsinin xəritələşdirilməsi üçün tam yararlıdır.

Həmin araşdırmalara uyğun olaraq P konsentrasiyasını ölçmək üçün aşağıdakı tənliklər istifadə oluna bilər [38, s.213-224]:

$$C(P) = 4156 - 1690(R_{5,1}) + 2257(R_{7,3}). \quad (1.4.15)$$

Burada $R_{5,1}$ və $R_{7,3}$ spektral əlaqələr adlanır və

$$R_{5,1} = \frac{k(5)}{k(1)} \qquad R_{7,3} = \frac{k(7)}{k(3)}$$

kimi təyin olunur.

Burada $k(5)$; $k(7)$, $k(3)$ və $k(1)$ uyğun olaraq 5, 1, 7 və 3-cü kanalların çıxış siqnalarıdır.

Cədvəl 1.4.1-də LANDSAT TM - in bütün 7 kanalının dalğa uzunluğu göstərilmişdir.

Landsat-TM peykinin spektral intervalları

Kanal	Dalğa uzunluğu, nm
1	450 – 520
2	520 – 600
3	630 – 900
4	760 – 900
5	1556 – 1750
6	-
7	2086 – 2350

Mənbə [38, s.213-224] -ə uyğun olaraq hal-hazırda tərkibində K , Na , P kimi qidalandırıcı elementlər olan müxtəlif su tullantıları ilə suvarma təcrübəsi geniş inkişaf etmişdir. Bununla yanaşı olaraq yuxarıda göstəriləndiyi kimi bitkiçilikdə maksimal effekt əldə etmək üçün belə qidalandırıcı maddələrin konsentrasiyası nəzarət altında olmalıdır. Ona görə də torpaqda fosforun miqdarına distansion nəzarətin balans metodu təklif olunmuşdur. Təklif olunan metodun reallaşma alqoritmi aşağıdakı mərhələlərdən ibarətdir:

Sahənin suvarılmasına qədər torpaqda olan P - nin konsentrasiyasının $C(P)_{SO}$ təyini.

Sahənin suvarılmasına qədər suvarma suyunda olan P -nin konsentrasiyasının $C(P)_{WO}$ təyini.

Sahənin suvarılmasından sonra torpaqda P -nin konsentrasiyasının $C(P)_{SO1}$ təyini

Sahənin suvarılmasından sonra suvarma suyunda olan P -nin konsentrasiyasının $C(P)_{WO1}$ təyini

Aşağıdakı fərqin mütləq qiymətinin hesablanması:

$$\Delta_S = |C(P)_{SO} - C(P)_{SO1}|. \quad (1.4.16)$$

Torpağa verilən P -nin ümumi miqdarının suvarma suyunun məsafədən zondlama məlumatları istifadə olunmaqla hesablanmış qiymətləri $F_{1S}(P)$ kimi işarə olunur.

Aşağıdakı fərqin mütləq qiymətinin hesablanması

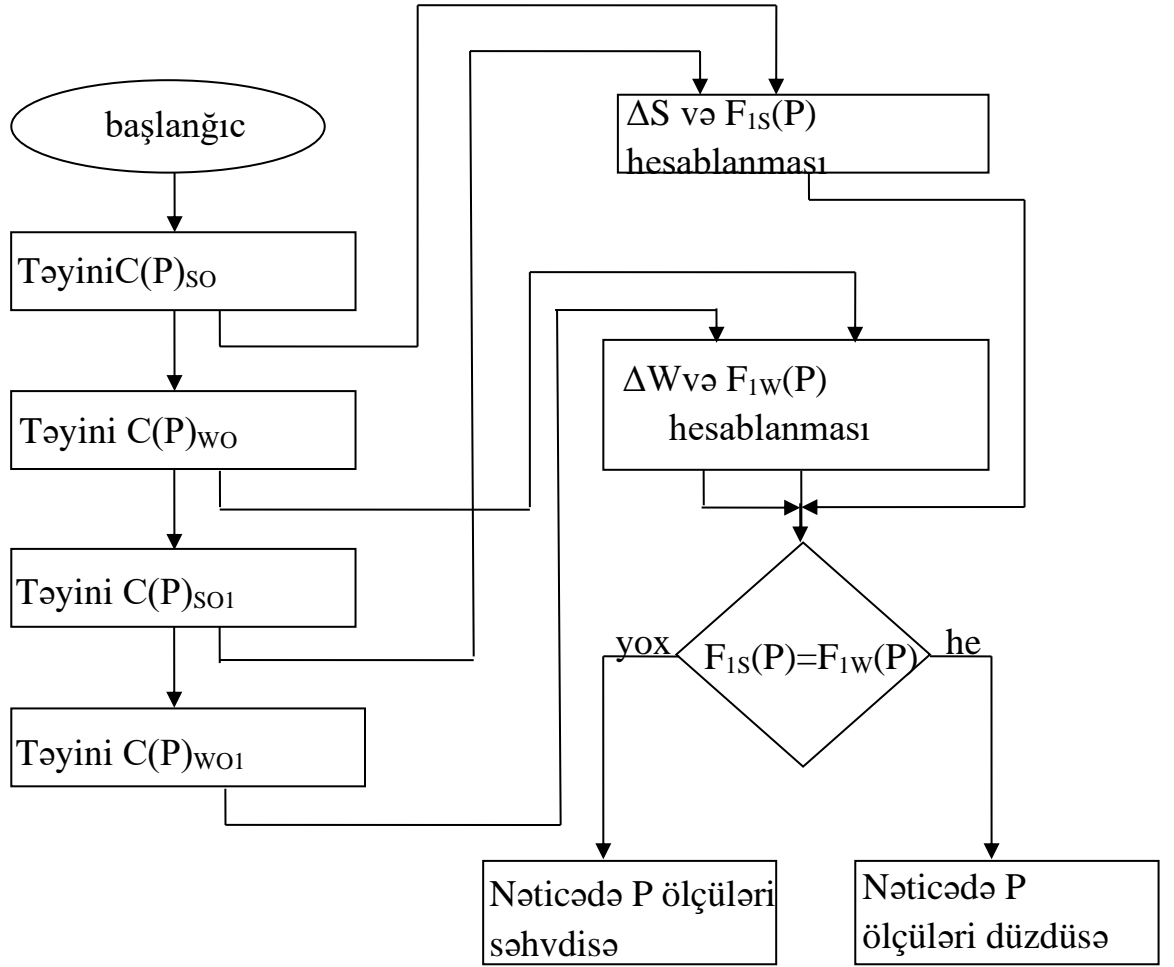
$$\Delta_W = |C(P)_{WO} - C(P)_{WO1}|. \quad (1.4.17)$$

$F_{1W}(P)$ kimi işarə olunan P -nin ümumi miqdarının suvarmadan əvvəl və sonra torpağın zondlama məlumatları istifadə olunmaqla hesablanması və

$$F_{1S}(P) = F_{1W}(P), \quad (1.4.18)$$

şərtinin yoxlanılması.

Təklif olunan metodun reallaşma alqoritminin blok sxemi şəkil 1.4.2-də göstəril-mişdir.



Şəkil 1.4.2. Təklif olunan metodun reallaşma algoritminin blok sxemi

Təklif olunan metodun praktiki yerinə yetirilməsi üçün yararlı olan P -nin mövcud distansion zondlama metodlarına qısaca baxaq. [43]-ə uyğun olaraq torpaqda fosforun miqdarı törəmə spektroskopiyası metodu istifadə edilməklə aşağıdakı düsturla təyin edilə bilər:

$$TP = -0,213 \times \ln \left(\frac{(r'_{1444} - r'_{695})}{(r'_{1444} + r'_{695})} \right) + 2,865 \quad (1.4.20)$$

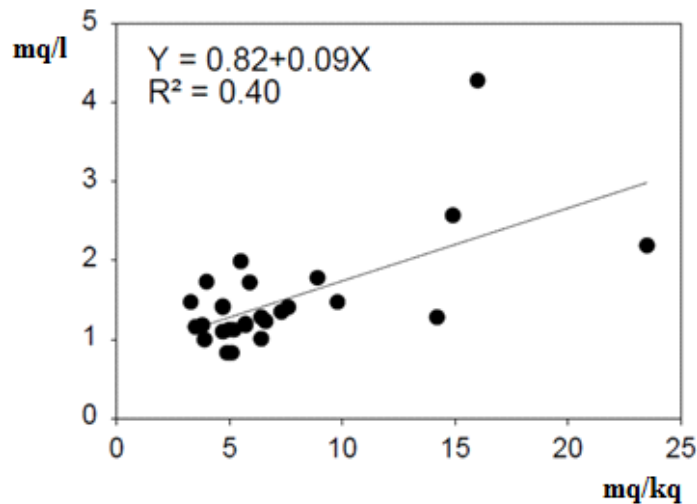
Burada r'_λ - dalğa uzunluğunun λ -ya uyğun əksətmə spektrinin birinci törəməsinin qiymətidir.

Suda fosforun konsentrasiyasının ölçülməsinə gəldikdə isə [65, s. 151-167]-də uyğun olaraq aşağıdakı hesablama düsturu istifadə edilməklə kompakt (yığcam) CASI təyyarə spektral təsviredici qurğusu fosforun ümumi miqdarını (*TP*) müəyyənləşdirməyə imkan verir:

$$TP = 0,1981 \cdot \log\left(\frac{554}{675}\right) - 0,0371 \quad (1.4.21)$$

Bununla yanaşı torpağın suvarılması və ya drenaj zamanı *P* olmayan su resursları istifadə olunmaqla yuxarıda verilən alqoritm bir qədər sadələşir. Belə ki, təmiz sulara *P*-nin konsentrasiyasının ölçülməsi tələb olunmur. Qeyd edilməlidir ki, alqoritmin sonrakı sadələşməsi [49]-də alınan nəticələr istifadə olunduqda mümkün olur. Həmin araşdırmalara uyğun olaraq torpaqdakı fosforun miqdarı (*z*) ilə uzaqlaşdırılmış drenaj sularında olan fosforun miqdarı (*χ*) arasında kifayət qədər güclü korrelyasiya əlaqəsi mövcuddur. (şəkil 1.4.3):

$$\chi = 0,82 + 0,09z \quad (1.4.22)$$



Şəkil 1.4.3. Torpaqda fosforun absis oxu üzrə qeyd olunmuş miqdarı və uzaqlaşdırılmış suda olan fosforun ordinat oxu üzrə qeyd olunmuş miqdarı arasındakı korrelyasiya əlaqəsi

(1.4.22) ifadəsindən alırıq:

$$z = \frac{\chi - 0,82}{0,09} . \quad (1.4.23)$$

Alınmış ifadəyə uyğun olaraq z -in qiymətinin təyini üçün (məsələn, 554 nm və 675 nm dalğa uzunluqlarında) CASI sensor istifadə edilməklə distansion ölçmələrin aparılması kifayətdir.

Beləliklə, göstərilmişdir ki, suvarma və ya drenaj prosesi zamanı torpaqda fosforun ümumi miqdarının təyini üçün su kütləsində istifadə olunan p -nin miqdarı haqqında informasiyanın olması tələb edilir. Su kütləsində P olduqda təklif olunan ölçmə metodundan və alqoritmlərindən istifadə etmək, suda fosfor olmadıqda isə torpaqda və istifadə olunan drenaj suyunda olan p -nin miqdarı arasındakı korrelyasiya əlaqəsindən istifadə daha yaxşı nəticə verə bilər. Bununla da aparılmış tədqiqatlarda kənd təsərrüfatı fəaliyyətinin gəlirli aparılması şərtləri araşdırılmış və məsafədən zondlama vasitələri ilə fosforun konsentrasiyasının təyinində xətlərin aradan qaldırılması imkanları təhlil edilmişdir. Torpaqda və suda olan fosforun ölçülməsi nəticələrindən istifadə edilməsinə əsaslanmaqla torpaqda olan P -nin miqdarının təyini üçün metod və alqoritm təklif olunmuş, drenaj suyunun tərkibində fosfor olmadığı halda, təklif olunan metodun sadələşdirilmiş variantı təqdim edilmişdir.

I fəslin nəticələri

1. CO_2 axınlarının səth üzrə paylanması məsafədən zondlama qurğuları daşıyıcıları vasitəsilə ölçmə nəticələrinə havanın və torpağın temperaturunun təsirinin kompensasiyası metodu təklif edilmişdir.

2. Havanın temperaturunun CO_2 -nin konsentrasiyasının ölçmə nəticələrinə təsirinin minimuma endirilməsi üçün müvafiq model hesablamaları aparılmış və PUA-nın uçuş hündürlüyünün seçiminin analitik ifadəsi alınmışdır.

3. Tədqiq olunan obyektlərin tekstur xüsusiyyətləri nəzərə alınmaqla bitki sahələri üzərində CO_2 -nin konsentrasiyasının ölçülməsinin inteqral metodu işlənmişdir.

4. Biogöstəricilərin ağacların sayından asılılığı nəzərə alınmaqla CO_2 konsentrasiyasının xüsusi lazer kamerası vasitəsilə təyini zamanı tekstur obyektlərin sahələrinin optimal ölçmə rejiminin əldə olunma şərti müəyyənləşdirilmişdir.

5. CO_2 konsentrasiyasının bitki sahələri üzərində təyin edilməsinin analitik təqdimatı verilmiş, CO_2 ekosistem axınlarının temperaturdan asılılığı nəzərə alınmaqla DOAS ölçü cihazlarının kalibrlənməsi proseduru təklif edilmişdir.

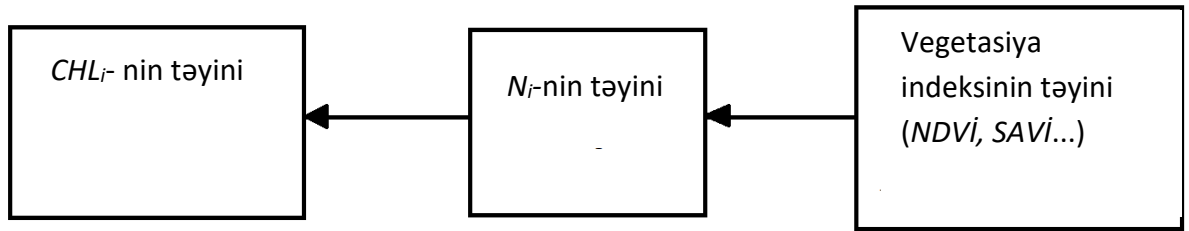
6. Kənd təsərrüfatı fəaliyyətinin səmərəliliyinin artırılması məqsədilə məsafədən zondlama sistemləri vasitəsilə torpaqda fosforun konsentrasiyasının təyini metodu və alqoritmi işlənmişdir.

II FƏSİL. TORPAQ-BİTKİ SİSTEMİNİN VƏZİYYƏT GÖSTƏRİCİLƏRİNİN TƏYİNİNDƏ MÜXTƏLİF VEGETASIYA İNDEKSLƏRİNDƏN İSTİFADƏ METODLARININ İŞLƏNİLMƏSİ

2.1. Trianqulyasiya vegetasiya indekslərindən istifadə etməklə bitkilərdə məsafədən təyini nəticələrinə görə yarpaqlarda ab xlorofilinin miqdarının qiymətləndirilməsinin yeni metodu

Yaxşı məlumdur ki, bitkilərin yarpaqlarında mövcud olan N-nin kəmiyyət göstəricisi, LAI indeksi, o cümlədən, qazın dövranı yer səthində olan ekoloji sistemlərdə C-nin, N-nin və H_2O -nun dövriyyəsi prosesində olduqca əhəmiyyətli rola malikdir. Qəbul olunmuşdur ki, Yer səthində baş verən qlobal proseslərin öyrənilməsində peyklə məsafədən zondlama metodları və sistemləri, onların metodoloji təminat vasitələri əvəzolunmazdır. Məsələn, bitkilərin çətirlərindən radiasiyanın keçməsinin VERS modelləşdirilməsi üçün istifadə olunan REGFLEG məlumat-hesablama sistemi LAI (yarpaq sahəsinin indeksi), CHL_i (yarpaqlarda xlorofilin miqdarı), N_i -SPOT peykinin multispektral sensorlarından alınmış məsafədən zondlama verilənləri əsasında yarpaqlarda azotun miqdarı kimi göstəricilərin qiymətini müəyyənləşdirməyə imkan verir [18]. Digər tədqiqatçılar tərəfindən göstərildiyi kimi görünən spektral sahədə N_i -nin miqdarının zondlanması yolu ilə CHL_i göstəricisinin təyini nəzərəcarpacaq xətalara gətirib çıxara bilər. Belə ki, N təkcə CHL_i -də deyil, həm də karotenoid və antosianin kimi piqmentlərdə də olur [75, s. 267-274]. Buna görə də yarpaqlarda azotun miqdarını məlum vegetasiya indekslərinin (NDVI, SAVI, OSAVI, MCARI2 və s.) köməyi ilə təyin etmək məqsədəuyğundur [13, s.140-147]. Daha sonra N_i qiymətlərinə görə CHL_i

göstəricisini müəyyən etmək olar. Aparılan ölçmələrin uyğun sxemi şəkil 2.1.1-də göstərilmişdir.



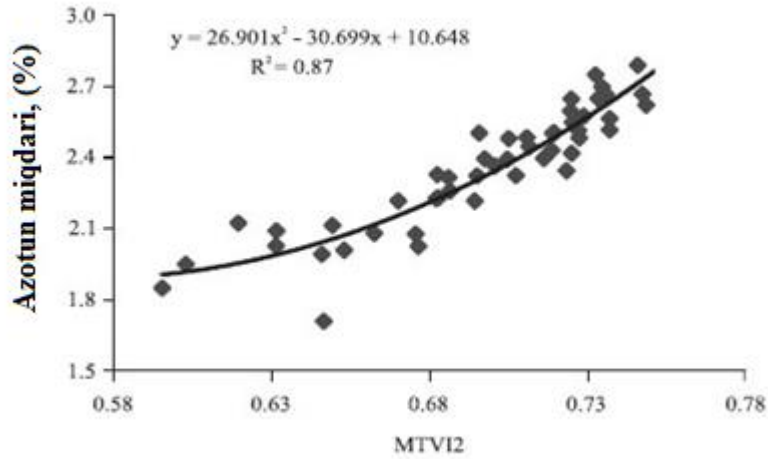
Şəkil 2.1.1. CHL_i göstəricisinin təyini üçün aparılan ölçmələrin sxemi

Mənbə [3, s.165-170] uyğun olaraq NDVI, SAVI, OSAVI, MCARI2 və MTVI2 indekslərinin qiymətləri və bitkilərin yarpaqlarında N -in miqdarı arasındakı korrelyasiya səviyyəsinin müəyyənləşdirilməsi üzrə tədqiqatların nəticələri göstərmişdir ki, ən böyük korrelyasiya əmsalı aşağıdakı düstur üzrə müəyyən edilən MTVI2 (modifikasiya edilmiş trianqulyasiya vegetasiya indeksi 2) istifadə edildikdə alınır:

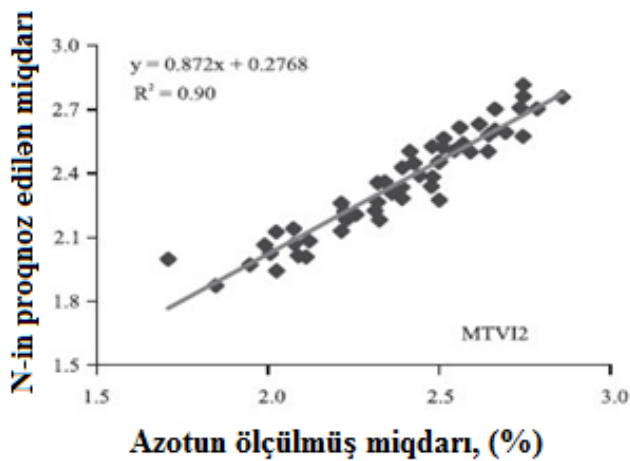
$$MTVI2 = \frac{1,8 \cdot (NIR - G) - 3,75(Re d - G)}{\sqrt{(2NIR + 1)^2 - (6NIR - 5\sqrt{Re d})} - 0,5} \quad (2.1.1)$$

Burada NIR, G, Red uyğun olaraq yaxın infraqırmızı, yaşıl və qırmızı diapazonlarda əks olunan siqnallardır.

Yarpaqda olan azotun MTVI2 indeksindən asılılıq əyrisi şəkil 2.1.2-də göstərilmişdir. Beləliklə şəkil 2.1.1-də göstərilən ölçmə sxeminin reallaşdırılması nöqteyi nəzərdən MTVI 2 indeksinin istifadə edilməsi daha məqsədəuyğundur.



Şəkil 2.1.2. Yarpaqlarda azotun miqdarının MTVI2 indeksinin qiymətindən asılılığının reqressiya əyrisi



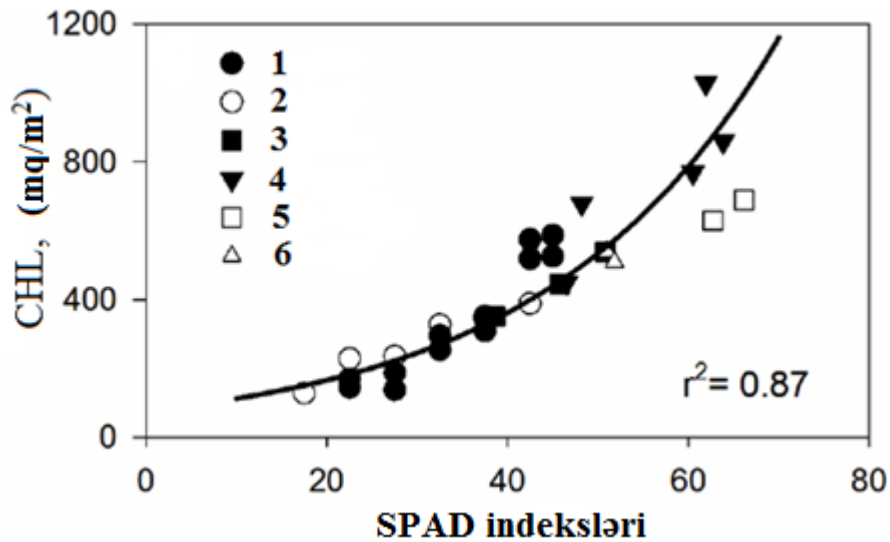
Şəkil2.1.3. N- nin proqnozlaşdırılan qiyməti və laborator tədqiqatlar yolu ilə alınan azotun miqdarı arasındakı reqressiya asılılığı

CHL-nin qiymətini təyin etmək üçün SPAD [18] spektrometri vasitəsilə təyin edilən *N* və *CHL* arasındakı qarşılıqlı əlaqəyə əsaslanan üsul təklif edilmişdir. Həmin üsulun mahiyyətini açıqlamaq üçün şəkil 2.1.2-yə müvafiq olaraq məsafədən müəyyənləşdirilən azotun miqdarından SPAD [18] spektrometri vasitəsilə kontakt üsulla müəyyənləşdirilən azotun miqdarına keçmək üçün şəkil 2.1.3-də göstərilən reqressiya əyrisindən istifadə edək.

N -nin hesablanmış qiyməti əsasında CHL -nin qiymətinin müəyyənləşdirilməsinin təklif olunan üsuluna baxaq. Məlum olduğu kimi indiki dövrdə CHL və N -nin laborator tədqiqatlarının aparılması üçün SPAD(SPAD 502 DL, Minolta, USA) tipli dağıtmayan ölçü cihazı ən əlverişli sayılır.

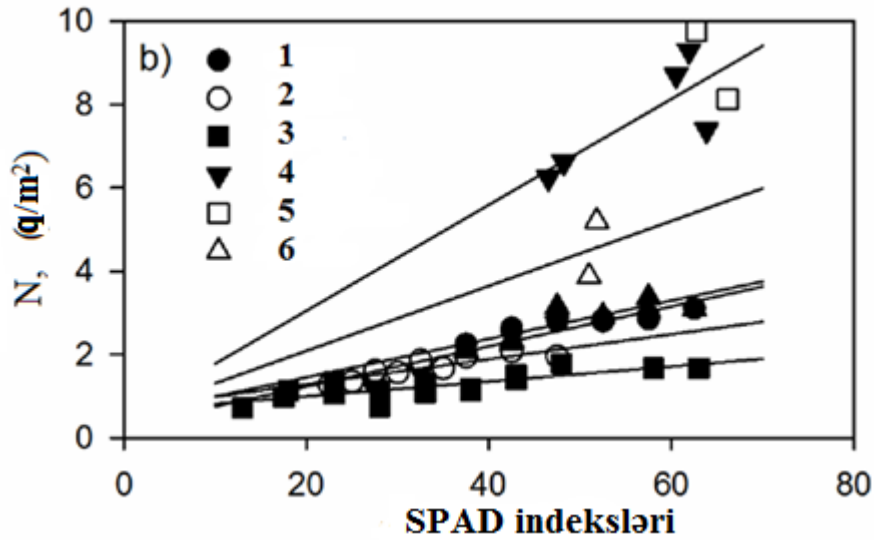
Bu cihazın iş prinsipi 0,6-0,7 mkm və 0,86-1,06 mkm dalğa uzunluğunda şüalandırma və bu diapazonlarda yarpaqların buraxma qabiliyyətinin ölçülməsindən ibarətdir[18]. Bu cihazdan istifadə metodologiyası belədir ki, CHL_i və N_i göstəricilərinin bu cihazla təyini üçün cihaz özü fərdi qaydada hər bir bitki növü üçün kalibrlənməlidir. Cihazın kalibrlənmə qaydası həmin tədqiqatlarda ətraflı təsvir edilmişdir[18].

SPAD spektrometrinin kalibrlənmə əyriləri şəkil 2.1.4 və şəkil 2.1.5-də verilmişdir.



Şəkil 2.1.4. Bitkilərə CHL_i -i ölçmək üçün tətbiq olunan SPAD aparatının kalibrlənmə əyrisi:

1- buğda, 2-arpa, 3-qarğıdalı, 4-pomidor, 5-ənginar, 6-qara yonca[18]



Şəkil 2.1.5. Bitkilər üçün kalibrasiya əyriləri [18]:

1-buğda, 2-arpa, 3-qarğıdalı, 4-pomidor, 5-ənginar, 6-qara yonca

Şəkil 2.1.5-də verilmiş qrafiklərdən göründüyü kimi bitkilərin yarpaqlarında N_i -nin miqdarı “SPAD indeksləri” göstəricilərindən demək olar ki, xətti asılı olur, yəni aşağıdakı münasibət doğrudur:

$$N = \alpha_1 \cdot (\text{Ind.SPAD}) + \alpha_2 \quad (2.1.2)$$

Burada $\alpha_1, \alpha_2 = \text{const}$;

SPAD indeksləri - SPAD aparatının göstəricisi.

Qeyd etmək lazımdır ki, α_1 və α_2 qiymətləri fərdi olaraq bitkilərin tədqiq olunan növləri üçün müxtəlifdir. Eyni zamanda CHL_i -in “SPAD indeksləri”-dən asılılıq qrafiki prinsip etibarlı ilə tədqiq olunan bütün bitki növləri üçün eynidir.

N_i -nin təyini nəticələrinə əsasən CHL_i -nin hesablanması üçün tam hesablama düsturunun alınması üçün [30,s.424]-ə müraciət edək. Həmin tədqiqatlara müvafiq olaraq şəkil 2.1.4-də göstərilən əyri aşağıdakı funksiya ilə approksimasiya oluna bilər:

$$CHL_i = A_i \cdot \exp(A_2 \cdot SPAD) - A_3. \quad (2.1.3)$$

Burada arpa, buğda və qarğıdalıya uyğun olaraq $A_1=6,34299$; $A_2=0,04379$; $A_3=6,10629$ qiymətlərini alır.

(2.1.2) və (2.1.3) ifadələrini nəzərə almaqla CHL_i -nin N_i -dən birbaşa asılılığını tapırıq:

$$CHL_i = A_i \cdot \exp \left[A_2 \left(\frac{N_i - a_2}{a_1} \right) \right] - A_3. \quad (2.1.4)$$

Əgər N_i və $MTVI2$ arasındakı regressiya tənliyini (şəkil 2.1.2) aşağıdakı şəkildə nəzərə alsaq,

$$N_i = 26,901x^2 - 30,699x + 10,648; x = MTVI2. \quad (2.1.5)$$

Onda (2.1.4) və (2.1.5) ifadələrindən alırıq:

$$CHL_i = A_i \cdot \exp \left[A_2 \cdot \left(\frac{26.901x^2 - 30.699x + 10.648 - a_2}{a_1} \right) \right] - A_3. \quad (2.1.6)$$

Beləliklə, alınmış (2.1.6) ifadəsi $MTVI2$ indeksinin ölçülmüş qiymətlərinə əsasən bitkilərin yarpaqlarında CHL_i -in miqdarını müəyyən etməyə imkan verir.

Yuxarıda deyilənlərin əsasında $MTVI2$ göstəricilərinin aparılmış ölçülmə nəticələri üzrə CHL_i göstəricisinin təyininin aşağıdakı metodikasını təklif etmək olar:

2.1.1. NIR, Red və G diapazonlarında ölçmələrin aparılması və $MTVI2$ indeksinin qiymətinin hesablanması.

2.1.2. Mövcud SPAD aparatının kalibrənmə əyrisindən istifadə olunmaqla tədqiq olunan bitki növlərinə uyğun CHL_i -in N_i -dən birbaşa asılılığının hesablanması.

2.1.3. Seçilmiş bitki növü üçün (2.1.5) regressiya tənliyinin təyini

2.1.4. (2.1.6) ifadəsi üzrə CHL_i -nin hesablanması.

Aparılan tədqiqatların əsas nəticəsi kimi qeyd edə bilərik ki, trianqulyasiya vegetasiya indeksinin ölçülmə nəticələri əsasında CHL_i -nin təyini üçün yeni sxem təklif olunmuş və əsaslandırılmışdır. MTVI2 -nin ölçülmüş qiymətləri olan halda CHL_i -nin təyini üçün hesablama düsturu alınmışdır.

2.2. ASIS FAO sistemində VCI bitki vəziyyətinin indeksinin korreksiyası metodikasının işlənilməsi

Məlumdur ki, ASIS FAO sistemində normallaşdırılmış diferensial vegetasiya indeksi (NDVI) əsasında hesablanan bitkinin vəziyyət indeksindən (VHI) tətbiq edilir. Bu göstəricidə günəşin şüalanması nəticəsində yaranan sintez prosesində iştirak edən radiasiya ilə bağlı olan spektral parametrlər istifadə olunduğundan daha da bitki aləmində olan fotosintetik aktiv optik radiasiya ilə əlaqəli spektral göstəricilər istifadə olunduğundan, onlar bitkinin vəziyyətini qiymətləndirməyə imkan verir. VHI indeksi əsasında formalaşdırılmış məlumatların Earth Observation saytında əyani şəkildə təqdim edilməsinə baxmayaraq, bu məlumatlarda bitki aləmində mövcud olan xlorofilin miqdarının çox olduğu halda NDVI indeksinin doyma hadisəsinin təsirinin qiymətləndirilməməsi kimi çatışmazlıqlar vardır. Deyilənlər nəzərə alınmaqla riyazi olaraq göstərilmişdir ki, VCI indeksində doyma effekti özünü daha güclü biruzə verir, nəinki NDVI indeksində. Bu səbəbdən Earth Observation saytında göstərilən ədədi və qrafik verilənlərin korreksiya məsələsi aktual hesab edilmiş və ASIS FAO sistemində verilənlərin korreksiya metodikası təklif olunmuşdur [14, s.194-199].

Elmi ədəbiyyatdan məlum olduğu kimi BMT-nin Ərzaq və Kənd Təsərrüfatı Təşkilatı (sonradan FAO kimi işarə olunur) kənd təsərrüfatı sahələrində quraqlığın vəziyyətinin monitorinqinin həyata keçirilməsi və peyk məlumatları əsasında

müvafiq risklərin idarə edilməsi üçün metodik vasitələr işləmişdir. Bu metodik vasitələrin hər bir ölkə üçün spesifik olan versiyası bitkilərin stres indeksinin (ASIS) qlobal sisteminin metodoloji prinsiplərinə əsaslanır. ASIS indeksi FAO mənzil qərargahında qlobal informasiya və erkən bildirişlər sistemini (GIEWS) dəstəkləmək üçün istifadə olunan vasitədir. GIEWS-in əsas vəzifəsi ərzaq təchizatı və tələbata görə bütün dünya miqyasında hava şəraitinə uyğun yaranan problemləri aşkar etmək üçün geoməkan məlumatları istifadə olunmaqla fasiləsiz monitorinqin həyata keçirilməsindən ibarətdir. ASIS sistemində normallaşdırılmış diferensial vegetasiya indeksi (NDVI) əsasında hesablanan bitkilərin vəziyyəti indeksi istifadə olunur. Vəziyyət indeksi dolayısıyla birinci məhsuldarlığı qiymətləndirməyə imkan verir. VHI indeksi ətraf mühitin tədqiqi üçün nəzərdə tutulmuş ABŞ peykinin hazırlanması proqramında təklif olunmuşdur. ASIS-də birinci addım kimi VHI indeksinin orta qiyməti hesablanır və bu zaman METOP-AVHRR verilənləri 1 km ayırdetmə ilə istifadə olunur.

İkinci addım kimi kənd təsərrüfatında $VHI < 35$ olan sahələrdə quraqlıq faizi hesablanır.

Sonra ASIS qiymətləri çoxfaktorlu reqressiyanın köməyi ilə kənd təsərrüfatı məhsulunun proqnozlaşdırılması üçün istifadə oluna bilər. Bunun üçün məhsuldarlıq göstəriciləri (məhsulun miqdarı), VCI indeksi (vegetasiya vəziyyəti indeksi) və TCI (temperatur vəziyyəti indeksi) arasında reqressiya analizi aparılır və region üçün reqressiya tənliyi tərtib olunur. Alınmış çəki əmsalları α və b VHI indeksini aşağıdakı kimi qiymətləndirməyə imkan verir:

$$VHI = \alpha \cdot VCI + b \cdot TCI . \quad (2.2.1)$$

Bu zaman VCI və TCI əmsalları aşağıdakı kimi müəyyənləşdirilir:

$$VCI_i = \frac{100 \cdot (NDVI_i - NDVI_{\min})}{NDVI_{\max} - NDVI_{\min}} . \quad (2.2.2)$$

Burada $NDVI_t$ -on günlük dövr üzrə $NDVI$ -nin qiyməti;

$NDVI_{max}$ -vegetasiya indeksləri seriyasında $NDVI$ -nin maksimum qiyməti;

$NDVI_{min}$ - vegetasiya indeksləri seriyasında $NDVI$ -nin minimum qiymətidir.

Temperatur vəziyyəti indeksi 10 günlük dövr üzrə aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$TCI_i = \frac{100 \cdot (T_{max} - T_i)}{T_{max} - T_{min}} \quad (2.2.3)$$

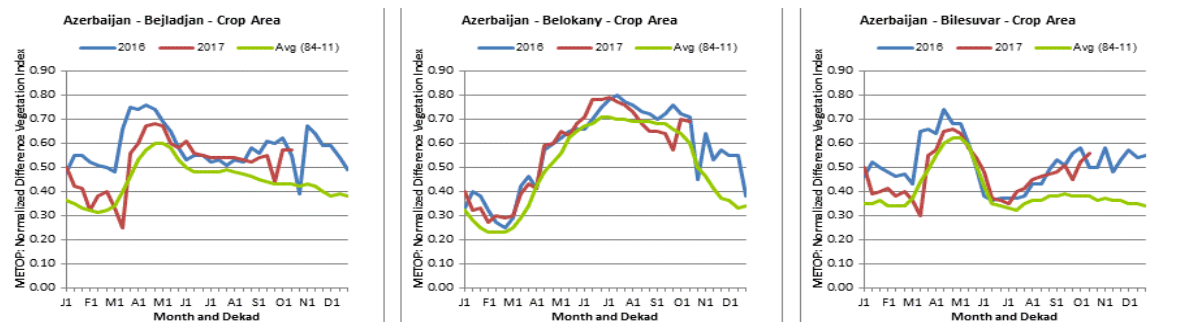
Burada TCI_t - temperatur vəziyyəti indeksinin on günlük dövr üzrə qiyməti;

T_t - on günlük dövr üzrə temperatur;

T_{max} - ölçmələr seriyasında maksimal temperatur;

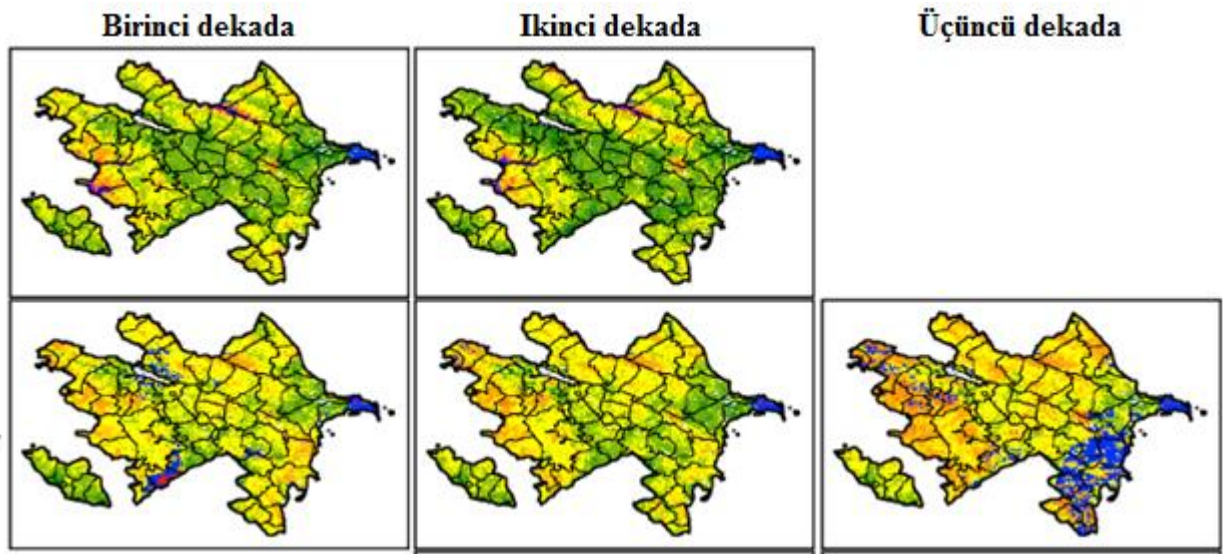
T_{min} - ölçmələr seriyasında minimal temperaturdur.

[25, s.219, 62, s.235-248]-də göstərildiyi kimi $NDVI$ -dən fərqli olaraq VCI yağıntıların dinamikasını qeyd etməyə, iqlimin bitki örtüyünə təsirinin zaman və məkan dəyişkənliyini qiymətləndirməyə imkan verir. Qeyd edilməlidir ki, http://www.fao.org/giews/earthobservation/asis/data/country/AZE/MAP_ASI/HR saytında Azərbaycan daxil olmaqla müxtəlif ölkələrin və onların rayonlarının ASI qiymətini, rayonlar üzrə illik $NDVI$ asılılığı qrafiklərini əks etdirən xəritələr, həmçinin VCI və VHI -nin dekadalar üzrə vəziyyətini göstərən xəritələr yerləşdirilmişdir. Nümunə olaraq şəkil 2.2.1-də Azərbaycan Respublikasının Beyləqan, Balakən və Biləsuvar rayonları üzrə $NDVI$ -nin zaman ölçmələrinin qrafikləri göstərilmişdir.



**Şəkil 2.2.1. 2016, 2017-ci illər üzrə il ərzində və 1984 - 2011-ci illər üzrə
NDVI-nin orta hesabla zamana görə dəyişməsi**

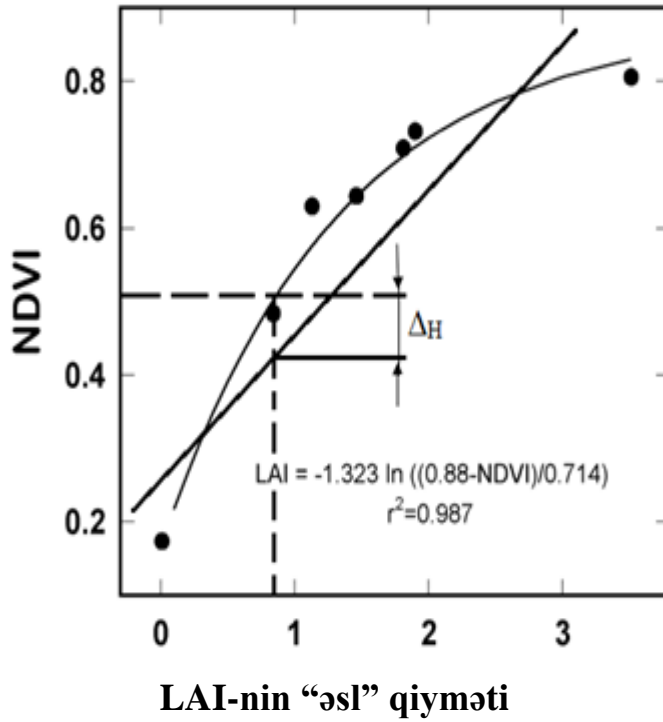
Həmin saytda NDVI-nin şəkil 2.2.1-də verilmiş, qrafikləri əsasında hesablanmış, VCI indeksinin xəritələri verilmişdir. Nümunə olaraq şəkil 2.2.2-də 2017-ci ilin iyul, avqust aylarına görə Azərbaycanın xəritəsi verilmişdir.



**Şəkil 2.2.2. 2017-ci ilin iyul, avqust aylarına görə Azərbaycan ərazisində
VCI-nin paylanması xəritəsi**

Müvafiq məlumatların Earth Observation saytında əyani verilməsinə baxmayaraq, NDVI indeksinin doyma effektinin nəzərə alınmaması kimi mövcud çatışmazlıqları var [25, s.219]. Saytda göstərilən bu çatışmazlıqların alınmış nəticələrə təsirini ətraflı təhlil edək. Yuxarıda qeyd edildiyi kimi VCI indeksi (2.2.2) düsturuna əsasən NDVI-nin normallaşdırılmış qiymətləri əsasında formalaşdırılır. [62,s.235-248] uyğun olaraq vegetasiya indeksinin belə formalaşdırılması NDVI-yə nisbətən bir sıra üstünlüklərə malikdir.VCI yağıntıların dinamikasını izləməyə, iqlimin bitki örtüyünə təsirini öyrənməyə, bitkinin böyüməsinin zaman və məkan dəyişkənliyini tədqiq etməyə imkan verir. Bununla bərabər göstərmək olar ki, VCI

indeksində doyma effekti NDVI-də olduğundan daha güclü təzahür edir. Bunu riyazi olaraq göstərək. Nisbi xətalərin müqayisəsi üçün hər şeydən əvvəl qeyd edək ki, [28,57, s.767-776]-da göstərildiyi kimi doyma səbəbindən NDVI xətası 20%-ə çata bilər (NDVI=0,4÷0,8 olduqda). Şəkil 2.2.3-də LAI indeksi ilə müqayisədə NDVI-nin doymasını göstərən əyri verilmişdir [57, s.767-776].



Şəkil 2.2.3. NDVI və LAI indekslərinin müqayisəsi zamanı NDVI-də Δ_H doyma xətasının formalaşması

Şəkildə NDVI=0,5 olduqda, Δ_H indeksinin formalaşması halı göstərilmişdir [57, s.767-776]. Doyma nəticəsində VCI indeksinin nisbi xətasının NDVI indeksinin nisbi xətasından böyük olması şərti aşağıdakı kimi göstərilə bilər:

$$\lg(NDVI) < \lg\left(\frac{NDVI - NDVI_{\min}}{NDVI_{\max} - NDVI_{\min}}\right). \quad (2.2.4)$$

(2.2.4) şərtini aşağıdakı şəkildə yazmaq.

$$\lg(NDVI) < \lg(NDVI - NDVI_{\min}) - \lg(NDVI_{\max} - NDVI_{\min}). \quad (2.2.5)$$

(2.2.5) şərtinə məlum törəmələrin alınması qaydasını tətbiq edək və diferensialın artımla əvəzlənməsini icra etməklə alırıq:

$$\frac{\Delta NDVI_H}{NDVI} < \frac{\Delta NDVI_H}{NDVI - NDVI_{\min}} - \frac{\Delta NDVI_H}{NDVI_{\max} - NDVI_{\min}}. \quad (2.2.6)$$

Burada $\Delta NDVI_H$ - NDVI doymasının mütləq xətası;

$\Delta NDVI_{\max}$ -doyma xətasının maksimal qiymətidir.

Qeyd edək ki, ifadələrin yazılışında iki mülahizə qəbul olunmuşdur:

- doymanın mütləq xətası $NDVI_{\min}$ sıfıra bərabərdir;
- doymanın maksimal mütləq xətası $NDVI_{\max} \Delta NDVI$ - yə bərabərdir.

Bununla yanaşı, hər iki ehtimal (2.2.4) bərabərsizliyinin göstərilən sübutunun düzgünlüyünə təsir etmir. (2.2.6) ifadəsindən aşağıdakı bərabərsizliyi almaq olar:

$$\frac{1}{NDVI} < \left(\frac{1}{NDVI - NDVI_{\min}} + \frac{1}{NDVI_{\max} - NDVI_{\min}} \right). \quad (2.2.7)$$

Sonrakı çevrilmələri etməklə (2.2.7) bərabərsizliyini aşağıdakı şəklə salmaq olar:

$$NDVI_{\min}(NDVI_{\min} - NDVI_{\max}) < NDVI(NDVI - NDVI_{\min}). \quad (2.2.8)$$

Alınmış (2.2.8) şərtinin sadə məntiqi analizi onu deməyə əsas verir ki, bu bərabərsizlik həmişə yerinə yetirilir, yəni NDVI VCI indeksi ilə müqayisədə daha az doyma effektinə məruz qalır.

Qeyd etmək lazımdır ki, yuxarıda göstərilən fakt bir daha onu göstərir ki, VHI indeksinin müəllif tərəfindən təklif olunan TCIM indeksinə dəyişdirilməsi məqsədəuyğundur [2, s. 364-365]. Beləliklə, Earth Observation saytında verilən

ədədi və qrafik verilənlərin korreksiyası məsələsini aktual hesab etmək olar. ASIS FAO sistemindəki verilənlərin təklif olunan korreksiyası aşağıdakı metodika əsasında yerinə yetirilə bilər:

-[28,57, s.767-776] mənbələrində verilən eksperimental məlumatlar əsasında NDVI-nin doyma xətası müəyyənləşdirilir;

-araşdırılan rayon üçün Earth Observation saytında verilən NDVI-nin zamandan asılılığının qrafik verilənlərinin uyğun korreksiyası həyata keçirilir;

-xəritədə uyğun ölkələrin araşdırılan rayonunun konturları müəyyənləşdirilir; burada bütün regionlar üçün VCI qiyməti göstərilir və uyğun olaraq baxılan xəritənin təsviri ilə verilən regionun VCI indeksi təyin edilir;

-tədqiq olunan region üçün real VCI_p qiyməti hesablanır;

- VCI_p qiymətinin xəritədə göstərilən VCI-dən hiss olunacaq artımı olduqda xəritənin uyğun korreksiyası həyata keçirilir.

Beləliklə, göstərilmişdir ki, [28,57, s.767-776] mənbələrində qeyd olunan NDVI indeksinin doyma hadisəsi bitki örtüyünün stress vəziyyətinin qeyri-dəqiq qiymətləndirilməsinə gətirib çıxarır. Bunu aradan qaldırmaq üçün yuxarıda şərh olunan korreksiya prosedurunun yerinə yetirmək məqsəduyğundur.

2.3. Korrelyasiya analizi əsasında torpağın quraqlığının və nəmliyinin kombinə edilmiş universal indeksinin işlənilməsi

Quraqlıq təbiət hadisəsi olmaqla yağıntıların düşməməsinin və torpağın su təchizatının çatışmamasının nəticəsidir. Quraqlığın mövcud indeksləri yağıntılar və buxarlanma haqqında məlumatlardan istifadə etməklə torpağın quraqlıq dərəcəsinin kəmiyyətə qiymətləndirilməsini xarakterizə edir. [54, s.1-24]-də göstərilirdiyi kimi hazırkı dövrə qədər 150-dən çox quraqlıq indeksləri mövcuddur. Qeyd etmək lazımdır ki, quraqlıq anlayışı bu hadisənin tətbiq sahəsindən asılı olaraq dəyişilir. Belə ki, kənd təsərrüfatında əsasən torpaqda nəmliyin olmaması nəzərdə tutulduğu

halda, hidrologiyada yağıntıların çatışmazlığının gecikmiş nəticəsi kimi baxılır. [97, s.333-349]-yə uyğun olaraq üç kateqoriya quraqlıq indeksləri məlumdur:

- meteoroloji quraqlıq indeksləri;
- kənd təsərrüfatı quraqlıq indeksləri;
- hidroloji quraqlıq indeksləri.

Bununla yanaşı digər tədqiqatlarda əlavə olaraq daha üç kateqoriya verilmişdir [54, s.1-24]

- hərtərəfli quraqlıq indeksləri;
- qarışıq quraqlıq indeksləri
- məsafədən zondlama məlumatları əsasında formalaşdırılmış quraqlıq indeksləri.

Hərtərəfli quraqlıq indeksləri quraqlığın xüsusiyyətlərinin ümumi təsvirinin formalaşması üçün müxtəlif meteoroloji, kənd təsərrüfatı, hidroloji quraqlıq indekslərindən istifadə edilməklə formalaşdırılır. Buna nümunə olaraq (PDSI) Quraqlıq Dərəcəsinin Palmer İndeksini göstərmək olar.

Məsafədən zondlama verilənləri əsasında hesablanan quraqlıq indeksləri torpağın vəziyyətinə dair xəritələrin yaradılması üçün müxtəlif çəkiliş sistemlərindən əldə olunmuş çıxış məlumatlarından istifadə edirlər. Burada NDVI (Bitkinin Normallaşdırılmış Vegetasiya İndeksi) tipik nümunədir.

Qarışıq quraqlıq indeksləri məlum indekslərin istifadəsi ilə formalaşdırılır. Nümunə kimi “ABŞ Quraqlıq Monitoru” (ABŞ-ın quraqlığa nəzarət sistemi) indeksini misal göstərmək olar [69, s.79-87].

İndi isə quraqlıq indeksinə əsaslanaraq kənd təsərrüfatı torpaqlarının vəziyyətini nəzərdən keçirək. Qeyd edilməlidir ki, hələ 1990-cı ildə ətraf mühitin stres təsiri yaradan indikatoru (göstəricisi) kimi Bitkinin Vəziyyəti İndeksi (VCI) təklif olunmuşdur ki, bu da aşağıdakı kimi təyin olunur [40, s.241-252]:

$$VCI = \frac{(NDVI_i - NDVI_{\min})}{(NDVI_{\max} - NDVI_{\min})}. \quad (2.3.1)$$

Burada $NDVI_t$ - NDVI-nin həftəlik orta qiyməti,

$NDVI_{\min}$ - beş il müddətində mütləq minimum qiyməti,

$NDVI_{\max}$ - beş il müddətində mütləq maksimum qiymətidir.

1995-ci ildə Temperatur Vəziyyətinin İndeksi (TCI) təklif olunmuşdur [39, s.6279-6307]. Mənbə [63, s.761-770]-də TCI-nin aşağıdakı kimi təyin olunan modifikasiya olunmuş variantı (MTCI) təklif olunmuşdur:

$$MTCI = \frac{(LST_t - LST_{\min})}{(LST_{\max} - LST_{\min})}. \quad (2.3.2)$$

Burada LST_t - temperaturun həftəlik orta qiyməti,

LST_{\max} , LST_{\min} -bir neçə il ərzində aşkarlanmış minimum və maksimum qiymətlərdir.

Torpağın nəmlik vəziyyətinin indeksi (SMCI) bu düsturla təyin olunur:

$$SMCI = \frac{(SSM_t - SSM_{\min})}{(SSM_{\max} - SSM_{\min})}. \quad (2.3.3)$$

Burada SSM - torpağın səthinin nəmlik indeksidir.

Həmin araşdırmalarda təklif olunmuş kənd təsərrüfatı quraqlıq indeksi (SMADI) aşağıdakı kimi müəyyənləşdirilmişdir[63, s.761-770].

$$SMADI = SMCI \cdot \frac{MTCI}{VCI}. \quad (2.3.4)$$

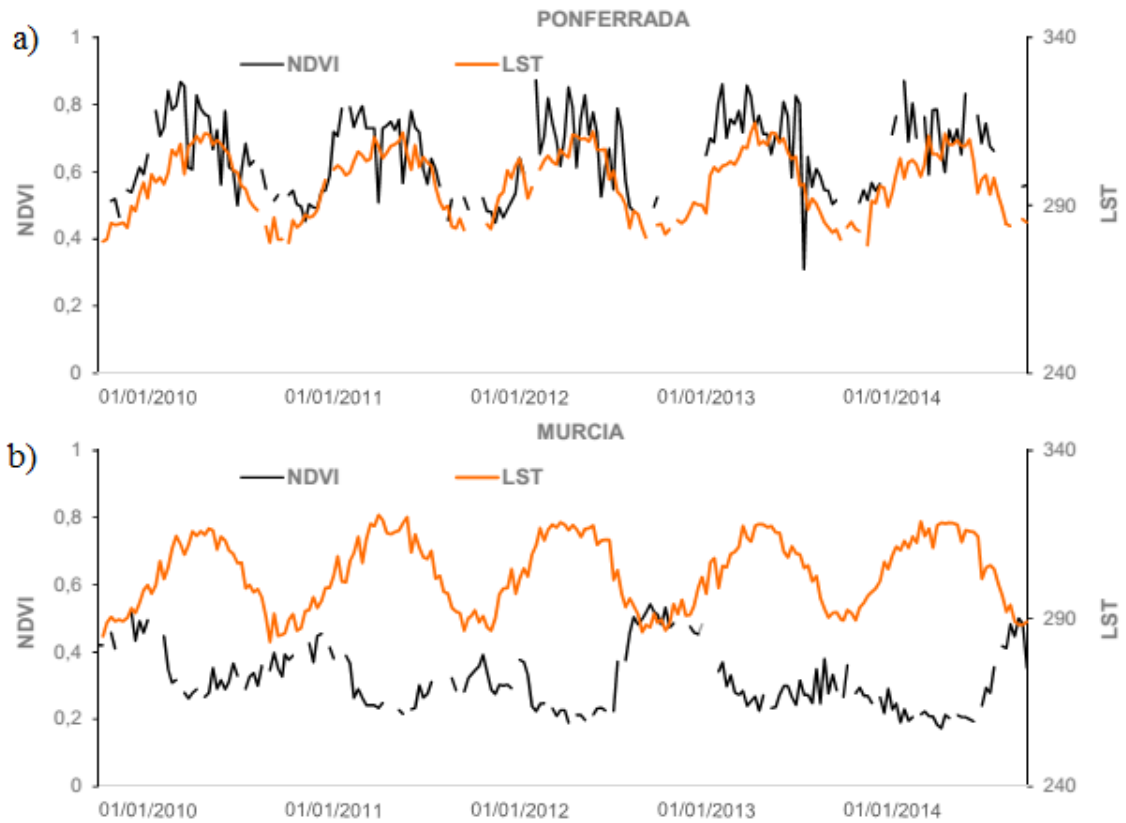
Qeyd edək ki, (2.3.1)÷(2.3.4) indeksləri peyk təsvirlərinin hər pikselinə uyğun hesablanır.

Torpağın quraqlığının və nəmliyinin təklif olunan universal indeksinin mahiyyətini şərh edək.

Yuxarıda baxılan torpağın vəziyyəti indekslərindən göründüyü kimi yekun SMADI quraqlıq indeksini hesablamaq üçün (2.3.1)÷(2.3.4) düsturları üzrə nisbətən

çox hesablamalar aparmaq tələb olunur. Bundan başqa, SMADI indeksi əksər spektral obyekt indeksləri kimi interaktivlik xüsusiyyətlərinə malik deyildir. Başqa sözlə onda xüsusi idarə olunan parametr olmadığından, belə bir parametr dəyişdirildikdə tədqiq olunan obyektin xüsusiyyəti indeksin qiymətinin dəyişdirilməsi ilə müəyyənləşdirilə bilmir. Deyilənlər nəzərə alınmaqla torpağın sadə və universal quraqlıq indeksinin işlənilməsi məsələlərini nəzərdən keçirmək zərurəti yaranmışdır.

Əvvəlcə NDVI və LST kimi geniş yayılmış indekslər arasındakı mövcud korrelyasiya əlaqələrinə baxaq(şəkil 2.3.1).



Şəkil 2.3.1. NDVI və LST arasındakı korrelyasiya əlaqələri: a) rütubətli torpaq şəraitində müsbət korrelyasiya b) quraqlıq torpaq şəraitində mənfi korrelyasiya

NDVI və LST-nin zamana görə dəyişməsi xüsusiyyətləri eksperimental tədqiqatlarının nəticəsinə uyğun olaraq, NDVI və LST-nin arasındakı korrelyasiya

əlaqələrinin xarakterində torpağın rütubətli vəziyyətindən quraqlıq vəziyyətinə keçdikdə, keyfiyyətli dəyişiklik yaranır ki, bu da şəkil 2.3.1-də verilmiş qrafikdə aydın göstərilmişdir [64,s.187]. Qeyd edilməlidir ki, rütubətli və quru iqlim şəraitini NDVI və LST arasındakı dəyişkən işarəli korrelyasiya əlaqələrinin olması daha ətraflı əks etdirmişdir. [34, s.1394-1401]-də qeyd olunduğu kimi, əgər su bitkinin böyüməsinin məhdudlaşdırıcı amilidirsə (bu aşağı en dairələri və bitkilərin inkişaf mövsümünün ortaları üçün səciyyəvidir), NDVI və LST arasındakı korrelyasiya əmsalı mənfidir. Lakin günəş enerjisi bitkinin böyüməsini məhdudlaşdıran amildirsə, (bu yüksək en dairələri və bitkilərin inkişaf mövsümünün başlanğıcı üçün səciyyəvidir), NDVI və LST arasındakı korrelyasiya əmsalı müsbətdir. Beləliklə, [34, s.1394-1401]-də qeyd olunduğu kimi bu indekslər arasında mənfi korrelyasiyalı zonalarda quraqlıq səviyyəsinin təyini üçün LST və NDVI arasında empirik əlaqə istifadə olunduqda, məsələyə daha diqqətlə yanaşılmalıdır. Bununla əlaqədar torpağın quraqlıq dərəcəsinin monitorinqi məqsədi ilə göstərilən indekslərdən istifadənin etibarlılığını artırmağa imkan verən üsul təklif olunmuşdur. [39,s.6279-6307]-də təklif edilən Bitkilərin Sağlamlıq İndeksinin (VHI) funksional analoqunu nəzərdən keçirək:

$$VHI = \alpha_1 VCI + (1 - \alpha) TCI . \quad (2.3.5)$$

Burada α - çəki əmsalıdır.

TCI - temperatur vəziyyətinin indeksi olmaqla, aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$TCI = \frac{(BT_{\max} - BT')}{(BT_{\max} - | BT_{\min})}; \quad (2.3.6)$$

Burada BT -parlaqlıq temperaturu;

BT' - baxılan zaman intervalında BT-nin orta qiymətidir.

(2.3.5) ifadəsinə analogi olaraq təklif etdiyimiz indeks belə formalaşdırılır:

$$TCIM = \alpha_1 \cdot NDVI + \alpha_2 LST ; \quad \alpha_1 + \alpha_2 = 1, \quad (2.3.7)$$

LST və NDVI arasındakı mənfi korrelyasiyalı zonalarda TCIM indeksindən istifadənin etibarlığını artırmaq üçün aşağıdakı üsul təklif edilmişdir. $f_1(t) = NDVI(t)$ və $f_2(t) = LST(t)$ işarələmələrini qəbul edərək $f_1(t)$ və $f_2(t)$ -ni Teylor sırasının birinci üç həddi şəklində təqdim edək:

$$f_1(t) = f_1(0) + f_1' \cdot \Delta t + \frac{f_1'' \cdot \Delta t^2}{2!}, \quad (2.3.8)$$

$$f_2(t) = f_2(0) + f_2' \cdot \Delta t + \frac{f_2'' \cdot \Delta t^2}{2!}. \quad (2.3.9)$$

(2.3.7), (2.3.8), (2.3.9) ifadələrini nəzərə almaqla, $f_1(0) = f_2(0) = 0$ və $\Delta t = t$ qəbul etməklə yazırıq:

$$TCIM = \alpha_1 f_1' \cdot t + \alpha_2 f_2' \cdot t + \frac{\alpha_1 f_1'' \cdot t^2}{2!} + \frac{\alpha_2 f_2'' \cdot t^2}{2!}. \quad (2.3.10)$$

(2.3.10) ifadəsini törəmələrin analizi metodundan istifadə etməklə və t -yə görə ekstremumu araşdırmaqla alırıq:

$$(TCIM)'_2 = \alpha_1 f_1' + \alpha_2 f_2' + \alpha_1 f_1'' \cdot t + \alpha_2 f_2'' \cdot t = 0. \quad (2.3.11)$$

(2.3.11) ifadəsindən tapırıq:

$$t_{opt} = - \frac{(\alpha_1 f_1' + \alpha_2 f_2')}{\alpha_1 f_1'' + \alpha_2 f_2''}. \quad (2.3.12)$$

Burada ardıcıl olaraq iki hala baxırıq:

2.3.1.LST və NDVI arasındakı güclü mənfi korrelyasiyanın olması, yəni korrelyasiya əmsalının $k = -1$ qiymətini alması.

2.3.2. LST və NDVI arasındakı güclü müsbət korrelyasiyanın olması, yəni korrelyasiya əmsalının $k = 1$ qiymətini alması.

Determinə edilmiş (2.3.8) və (2.3.9) modellərinə uyğun olaraq mənfi korrelyasiya əlaqəsi $f_1(t)$ və $f_2(t)$ -nin qarşılıqlı əlaqəsini aşağıdakı kimi təqdim etməyə imkan verir:

$$f_2(t) = A_1 - f_1(t). \quad (2.3.13)$$

Yəni $f_1(t)$ və $f_2(t)$ qarşılıqlı invers funksiya şəklində təsvir olunur. Bu zaman müsbət korrelyasiya əlaqəsi halı üçün $f_1(t)$ və $f_2(t)$ aşağıdakı şəkildə təsvir olunur:

$$f_2(t) = f_1(t). \quad (2.3.14)$$

(2.3.12), (2.3.13) ifadələri, həmçinin $\alpha_2 = 1 - \alpha_1$ bərabərliyini nəzərə almaqla alırıq:

$$t_{opt1} = -\frac{(\alpha_1 f_1' - (1 - \alpha_1) \cdot f_1')}{\alpha_1 f_1'' - (1 - \alpha_1) \cdot f_1''} = -\frac{2\alpha_1 f_1' - f_1'}{2\alpha_1 f_1'' - f_1''} = -\frac{f_1'}{f_1''}. \quad (2.3.15)$$

(2.3.10) və (2.3.15) ifadələri nəzərə alınmaqla $TCIM_{eks}$ ekstremal qiymətini hesablayırıq:

$$TCIM_{\text{экс } 1} = \frac{f_1'^2}{f_1''} \left(\frac{1}{2} - \alpha_1 \right). \quad (2.3.16)$$

Beləliklə, $TCIM_{eks}$ qiyməti α_1 -in funksiyası olur. $\alpha_1 < \frac{1}{2}$ olduqda, ekstremium maksimum, $\alpha_1 > \frac{1}{2}$ olduqda isə minimum olur.

(2.3.12) və (2.3.14) ifadələrini, həmçinin $\alpha_2 = 1 - \alpha_1$ bərabərliyini nəzərə almaqla alırıq:

$$t_{opt2} = -\frac{(\alpha_1 f_1' + (1 - \alpha_1) \cdot f_1')}{\alpha_1 f_1'' + (1 - \alpha_1) \cdot f_1''} = -\frac{f_1'}{f_1''}. \quad (2.3.17)$$

(2.3.18) və (2.3.10) nəzərə alınmaqla alırıq.

$$TCIM_{\text{экс } 2} = -\frac{f_1'^2}{f_1''}. \quad (2.3.18)$$

Beləliklə, yuxarıda aparılmış analizin nəticələri göstərir ki, birinci halda $TCIM_{eks.1}$ çəki əmsalının funksiyası olur, ikinci halda isə belə asılılıq müşahidə olunmur.

Alınan nəticə tədqiq olunan sahələrin quraqlıq dərəcəsini qiymətləndirmək üçün TCIM indeksinin etibarlı istifadəsi üçün aşağıdakı praktik tövsiyəni irəli sürməyə imkan verir.

2.3.1. LST(t) və NDVI(t) haqqında məlumatların toplanması.

2.3.2. TCIM indeksi ekstremal qiymətə çatan halda t_{opt} -in təyini.

2.3.3. α_1 -in qiymətinin dəyişdirilməsinin təmin edilməsi.

2.3.4. Əgər α_1 -in qiymətinin dəyişdirilməsi $TCIM_{eks}$ ekstremal qiymətinin uyğun dəyişdirilməsi ilə müşayiət olunursa, onda məhdudlayıcı amil olan rütubətin mövcudluğu barədə fikir irəli sürülür. Bununla yanaşı, $\frac{f_1'^2}{f_1''}$ vuruğu nə qədər böyük olarsa, məhdudlayıcı amil daha güclü təsir göstərir, yəni rütubət çatışmazlığı haqqında qərar qəbul olunur.

2.3.5. Əgər α_1 -in qiymətinin dəyişdirilməsi $TCIM_{eks}$ ekstremal qiymətinin uyğun dəyişdirilməsinə gətirib çıxarmırsa baxılan halda məhdudlayıcı amil günəş enerjisi hesab edilir.

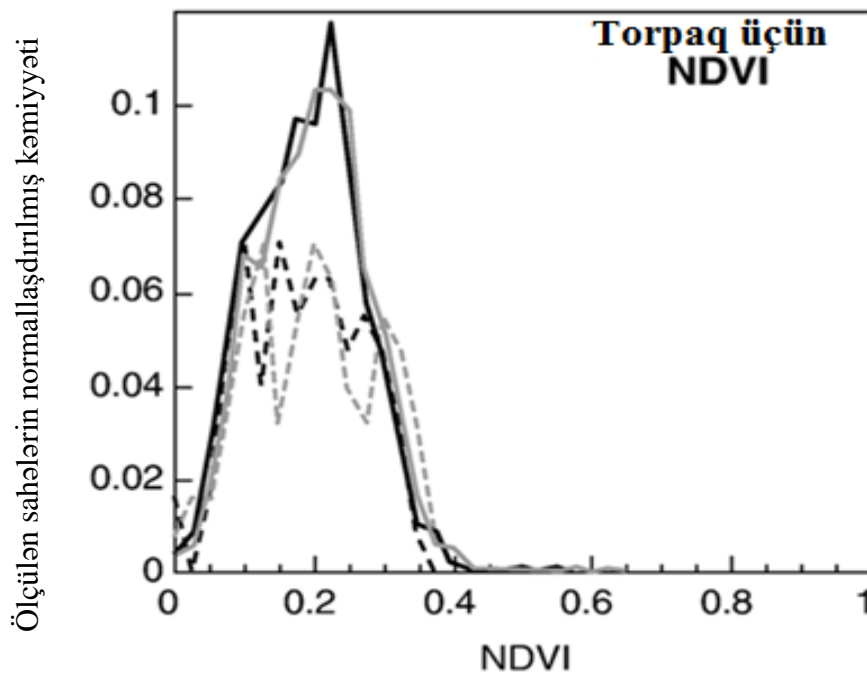
Bununla da məlum NDVI və LST indeksləri əsasında təklif olunmuş quraqlıq indekslərinin qısa icmalı verilmiş, Bitkilərin Sağlamlıq İndeksinə funksional analoq təklif olunmuş, həmin indeksin ekstremallıq xüsusiyyətləri araşdırılmışdır.

Göstərilmişdir ki, təklif olunan indeksin ekstremal qiymətinin çəki əmsalının dəyişdirilməsi yolu ilə idarə olunması rütubət amilinin məhdudlayıcı təsirinin mövcudluğunu, yəni quraqlığın baş verdiyini təsdiqləyir. Belə idarə etmənin olmaması günəş şüasının məhdudlayıcı rolunun üstünlüyünü və quraqlıq əlamətlərinin olmamasını göstərir.

2.4. Kompleks torpaq sahələrində bitkinin pay əmsalının normallaşdırılmış diferensial vegetasiya indeksi vasitəsilə hesablanması metodikası

Tədqiqatlar göstərir ki, torpağın bitki ilə örtülmə dərəcəsi arid və yarımarid (quraq və yarımquraq) ərazilərdə hidroloji və ekoloji modelləşdirmənin aparılmasında əhəmiyyətli rol oynayır [60, s.91-100]. Qlobal dövriyyə modellərində enerji axınları və nəmişliyin hesablanması üçün bitki örtüyünün mövsümi dinamikası və məkan dəyişiklikləri haqqında məlumatlar olmalıdır. Torpağın hər piksel ölçü səthindən şüalanan radiasiya axını iki hissəyə bölünə bilər: birincisi çılpaq torpaqdan şüalanan radiasiya, digəri bitkidən şüalanan radiasiya. Beləliklə, bitkilərdən ayrılan radiasiya enerjisinin piksel ölçülü torpaq sahəsindən ayrılan ümumi enerjiyə nisbəti bitki örtüyünün göstəricisi kimi istifadə oluna bilər. Baxılan hal üçün aparılmış tədqiqatlar nəticəsində bitkinin pay əmsalının maksimum orta qiymətinin qarışıq piksellə NDVI qiymətinə çatması üçün belə qəbul edilmişdir ki, yüksək NDVI-yə malik olan bitkilər aşağı $NDVI_s$ -ə malik torpaq sahələrində becərilməlidir və əksinə. Aparılmış analizlərə uyğun olaraq bitkilərin bu qaydada becərilməsi zamanı real qarışıq piksellə NDVI-yə malik olan sahələrdə bitkilərin yüksək orta pay əmsalını almaq olar. Məlum araşdırmalarda qeyd olunduğu kimi

bitkinin pay əmsalı iqlim və hidroloji modellərdə vacib parametrdır [51, s.186-202]. Bu əmsalın ümumi qəbul olunmuş qaydalarla hesablanması bitkisiz torpaqların NDVI əmsalının ($NDVI_v$) və bitki ilə tam örtülmüş torpaq sahələrinin NDVI əmsalının ($NDVI_s$) xətti kombinasiyalarının tərtibatından ibarətdir. Bu sahədə aparılan tədqiqatlar göstərir ki, 2906 müxtəlif növlü torpaq sahələrində $NDVI_s$ -in orta qiyməti 0,2-yə bərabərdir [51, s.186-202]. Bununla yanaşı orta kvadratik meylectmə nəzərə çarpacaq dərəcədə böyükdür və 0,1-ə bərabərdir. Ölçmə nəticələrinin paylanma histoqramı şəkil 2.4.1-də verilmişdir.



Şəkil 2.4.1. İki çoxluq üçün NDVI qiymətlərinin paylanma histoqramı:

1-bütöv xətt - vahid növdə çılpaq torpağın (quru torpaq) 2826 sayda sahə üçün; 2-punktir xətt-rütubətli vəziyyətdə olan 80 sayda sahə üçün.

(Qalın xətlə AVHRR spektorradiometrinin, nazik xətlə isə MODIS spektorradiometrinin köməyi ilə alınmış nəticələr göstərilmişdir)

Baxılan halda tədqiqat məsələsi aşağıdakı kimi formalaşdırılmışdır. Müəyyən sayda çılpaq torpaq sahələrindən ibarət kompleks bitkiçilik təsərrüfatına baxılır. Bu

sahələrin $NDVI_s$ indeksləri müəyyən çoxluq təşkil edir ki, bu çoxluq elementləri belə təyin olunur:

$$NDVI_{s,i+1} = NDVI_{s,i} + \Delta NDVI; \quad \Delta NDVI = \text{const}, \quad i = \overline{(1, N-1)},$$

$NDVI_x$ və $NDVI_s$ arasında mövcud olan aşağıdakı funksiyanın optimal növünü tapmaq tələb edilir:

$$NDVI_v = f(NDVI_s), \quad (2.4.1)$$

Bu zaman axtarılan optimal funksiya aşağıda göstərilən skalyar bürünmə ifadəsinin

$$NDVI = f_c \cdot NDVI_v + (1 - f_c) \cdot NDVI_s, \quad (2.4.2)$$

sabitliyi şərti daxilində f_c əmsalının bütün sahələr üzrə orta inteqral qiymətinin ekstremal qiymətə çatmasını təmin etməlidir.

Məsələnin təklif olunan həllinin əsaslandırılması üçün qıscaca olaraq izahlı məlumat verək.

Məsafədən zondlama metodu ilə bitki örtüyünün tədqiqi zamanı spektral vegetasiya indeksləri və onların torpaq-bitki örtüyü göstəricisi ilə empirik əlaqələri tez-tez istifadə olunur. Mənbə [60, s.91-100]-ə uyğun olaraq göstərilən əlaqə aşağıdakı qaydada daxil edilir. Əgər yerin bitki örtüyü göstəricisini f_c ilə işarə etsək, onda torpağın çılpaq səthinin göstəricisi $(1-f_c)$ kimi qiymətləndirilə bilər. Məsafədən zondlama qurğusunun nəticə signalı belə qiymətləndirilə bilər:

$$S = f_c \cdot S_v + (1 - f_c) \cdot S_s. \quad (2.4.3)$$

Burada S_v -bir piksel ölçüdə səth sahəsində bitki örtüyü hesabına formalaşan signal;

S_s - bir piksel ölçüdə çılpaq torpaq sahəsində formalaşan siqnaldır.

(2.4.3) modifikasiya tənliyi normal differensial veqetasiya indeksinin [77, s.140-148] tətbiq olunması ilə (2.4.2) ifadəsini almağa imkan verir. (2.4.2) ifadəsindən alırıq [60, s.91-100]:

$$f_c = \frac{NDVI - NDVI_s}{NDVI_v - NDVI_s} . \quad (2.4.4)$$

Qeyd edilməlidir ki, elmi ədəbiyyatlarda (2.4.4) ifadəsinin müxtəlif funksional analoqları mövcuddur. Bəzi tədqiqatlarda bitki örtüyünün pay əmsalı üçün aşağıdakı təklif olunmuşdur [15, s.370-374]:

$$f_1 = 1 - \left(\frac{NDVI_\infty - NDVI}{NDVI_\infty - NDVI_s} \right)^{0,6175} . \quad (2.4.5)$$

Burada $NDVI_\infty$ - yarpaq səthi indeksi (LAI) sonsuzluğa bərabər olduğu hal üçün NDVI-nin qiymətidir.

Digər araşdırmalarda bitki örtüyünün pay əmsalı üçün aşağıdakı ifadə təklif olunmuşdur [19, s.136-141]:

$$f_2 = 1 - \left(\frac{NDVI - NDVI_s}{NDVI_\infty - NDVI_s} \right)^2 . \quad (2.4.6)$$

Bəzi müəlliflər tərəfindən qarışıq pikselli NDVI-nin hesablanması üçün aşağıdakı düstur təklif olunmuşdur:

$$NDVI = f \cdot NDVI_\infty + (1 - f_c) \cdot NDVI_s . \quad (2.4.7)$$

Burada bitki örtüyünün pay əmsalı aşağıdakı kimi müəyyən edilir:

$$f_3 = \frac{NDVI - NDVI_s}{NDVI_\infty - NDVI_s} . \quad (2.4.8)$$

Belə mülahizə irəli sürmək olar ki, bitki örtüyünün pay əmsalları dəsti sırasında f_c ən üstünüdür. Belə ki, $(f_1 \div f_3)$ -də olan $NDVI_\infty$ kəmiyyəti ideallaşdırılmışdır və praktiki tədqiqatlar üçün qeyri-müəyyəndir. Yuxarıda formalaşdırılan f_c -nin ekstremal qiymətə çatdığı halda, $NDVI_v = f(NDVI_s)$ funksiyasının optimal növünün tapılması məsələsinin təklif olunan həllinə baxaq. (2.4.8) ifadəsini nəzərə almaqla inteqralı tərtib edək:

$$F_1 = \int_0^{NDVI_{s,max}} \frac{NDVI - NDVI_s}{NDVI_v(NDVI_s) - NDVI_s} dNDVI_s . \quad (2.4.9)$$

Funksiya üçün məhdudlaşdırıcı $NDVI_v(NDVI_s)$ şərtini qəbul edək:

$$F_2 = \int_0^{NDVI_{s,max}} NDVI_v(NDVI_s) dNDVI_s = C_1; C_1 = const . \quad (2.4.10)$$

(2.4.9) və (2.4.10) ifadələrini nəzərə almaqla şərtsiz variasiya optimallaşdırma məsələsinin riyazi ifadəsini tərtib edək:

$$F_0 = \int_0^{NDVI_{s,max}} \frac{NDVI - NDVI_s}{NDVI_v(NDVI_s) - NDVI_s} dNDVI_s + \lambda \int_0^{NDVI_{s,max}} NDVI_v(NDVI_s) dNDVI_s . \quad (2.4.11)$$

Burada λ –Laqranj vuruğudur.

Eyler – Laqranj tənliyinə əsasən $NDVI_v(NDVI_s)$ optimal funksiyası aşağıdakı şərti ödəməlidir [9, s.140-147]:

$$\frac{d \left\{ \frac{NDVI - NDVI_s}{NDVI_v(NDVI_s) - NDVI_s} + \lambda \cdot NDVI_v(NDVI_s) \right\}}{dNDVI_v(NDVI_s)} = 0. \quad (2.4.12)$$

(2.4.12) ifadəsini nəzərə almaqla alırıq:

$$\frac{-(NDVI - NDVI_s)}{[NDVI_v(NDVI_s) - NDVI_s]^2} + \lambda = 0. \quad (2.4.13)$$

(2.4.13) ifadəsindən aşağıdakı bərabərliyi alırıq:

$$NDVI_v(NDVI_s) = NDVI_s + \sqrt{\frac{NDVI - NDVI_s}{\lambda}}. \quad (2.4.14)$$

Laqranj vuruğunun qiymətini hesablamaq üçün (2.4.14) ifadəsini (2.4.10) düsturunda integral altında yazsaq, alırıq:

$$\int_0^{NDVI_{s,max}} \left[NDVI_s + \sqrt{\frac{NDVI - NDVI_s}{\lambda}} \right] dNDVI_s = C_1. \quad (2.4.15)$$

(2.4.15) ifadəsindən alırıq:

$$\lambda = \frac{\int_0^{NDVI_{s,max}} \sqrt{NDVI - NDVI_s} dNDVI_s}{C_1 - \frac{NDVI_{s,max}^2}{2}} = \lambda_0. \quad (2.4.16)$$

Beləliklə, axtarılan funksiyanın optimal qiyməti aşağıdakı kimidir:

$$NDVI_v(NDVI_s) = NDVI_s + \sqrt{\frac{NDVI - NDVI_s}{\lambda_0}}. \quad (2.4.17)$$

(2.4.11) funksiyasında ekstremum tipinin təyini üçün (2.4.17) funksiyası ilə yanaşı (2.4.11) funksiyasının inteqrantının ikinci törəməsini götürmək kifayətdir və əmin olmaq lazımdır ki, o müsbətdir. Beləliklə, (2.4.11) funksiyası (2.4.17)-nin həllində minimum qiymətə çatır. Göstərilən nəticə kompleks piksellə NDVI qiymətində bitki örtüyünün pay əmsalının orta qiymətinin maksimuma çatması üçün belə bir tövsiyəni formalaşdırmağa imkan verir ki, yüksək qiymətli NDVI olan bitkilər aşağı qiymətli $NDVI_s$ olan torpaq sahələrində yetişdirilməlidir və əksinə. Yuxarıda aparılan analizlərə əsasən, belə qaydada bitkilərin becərilməsində qarışıq piksellə real NDVI-də pay əmsalının yüksək orta qiymətini almaq olar.

2.5. Məsafədən zondlama verilənlərinin emalı üçün parametrik vegetasiya indekslərinin işlənməsi prosedurları

Hərbi əməliyyatlar zonasında labüd olaraq yaranan ekoloji çirklənmə ətraf mühitin demək olar ki, bütün komponentlərini, o cümlədən torpağı, havanı və su mənbələrini əhatə edə bilər. Torpaq, hava və suyun anomal çirklənməsinin integrasiya edilmiş obyekt kimi bitkilər çox informativ tədqiqat obyektinə hesab edilirlər. Yaxşı məlumdur ki, bitkilərin yarpaqlarında “a” və “b” tipli xlorofil mövcuddur və onlar işıq enerjisini potensial kimyəvi enerjiyə çevirən vacib pigmentlərdir. Bitkilərdə olan xlorofilin miqdarı onların fotosintez potensialını müəyyənləşdirir ki, bu da bitkilərin stres halı kimi hadisələrlə sıx əlaqədardır və əsasən bitkilərin qidalılıq xassələrini müəyyənləşdirir [28].

Ənənəvi olaraq bitkilərdə xlorofilin miqdarını absorpsion spektrometriya üsulları ilə təyin etmək məqsədilə 660 nm və 940 nm dalğa uzunluqlarında işləyən spektral ölçmə qurğuları istifadə olunur [93, s. 1-28].

Məsafədən zondlama texnikasında bu məqsədlər üçün əksetmə spektrometriyası metodları geniş istifadə olunur [66, s. 107-110]. Əksetmə spektroskopiyanın böyük informativliyi çoxlu sayda vegetasiya indekslərinin yaradılmasına səbəb olmuşdur ki, bu da öz növbəsində həm mövcud olan indekslər sırasından ən yaxşısının seçilməsi, həm də bitki örtüyünün məsafədən zondlanması siqnallarının qeyri-müəyyənliyi şərtləri daxilində onların müəyyənləşdirilməsi üçün birqiymətli şərtlərin reallaşdırılmasında çətinliklər yaratmışdır. Bu bölmədə geniş yayılmış normallaşdırılmış differensial vegetasiya indekslərinin küylənmə və qırmızı zonanın siqnalının doyma effekti ilə əlaqədar olan problemləri təhlil edilmiş və həmçinin, bitkilərin vegetasiya dövrünün ilkin fazalarında onların inkişafının tədqiqi üçün yararlı olan vegetasiya indekslərinin hesablanması üçün əksetmə spektrində ölçmələr apararkən dalğa uzunluqlarının təklif edilən qarşılıqlı əlaqəliliyi prinsipini reallaşdıran parametrik vegetasiya indekslərinin işlənilməsi imkanı nəzərdən keçirilmişdir.

Bununla əlaqədar tədqiqat məsələləri aşağıdakı kimi formalaşmışdır:

- (1) əksetmə spektroskopiyanın siqnallarında küylənmə və doyma hadisələrinin vegetasiya indekslərinin hesablanması prosedurunun reallaşdırılmasının düzgünlüyünə təsirinin tədqiqi;
- (2) RED və NIR zonalarında ölçmələrin aparılması üçün istifadə edilən dalğa uzunluqlarının parametrik qarşılıqlı əlaqəsi prinsipinin formalaşdırılması;
- (3) RED və NIR diapazonlarında ölçmələrin dalğa uzunluqlarının qarşılıqlı əlaqəli seçilməsi üçün məlum çoxkriterialı optimallaşdırma prinsiplərindən istifadə etməklə parametrik normallaşdırılmış differensial vegetasiya indekslərinin işlənilməsi və istifadə edilməsi imkanlarının təhlili;
- (4) bitkilərin vegetasiya dövrünün ilkin fazalarında məlum NDVI indeksi ilə müqayisədə daha yaxşı xəttiliyə malik olan yeni vegetasiya indeksinin-qarşılıqlı əlaqəli normallaşdırılmış differensial vegetasiya indeksinin formalaşdırılması.

Hər şeydən əvvəl vegetasiya indekslərinin hesablanması zamanı küy siqnallarının təsirinin nəzərə alınmasına dair mövcud olan praktikanı nəzərdən keçirək. İdeal halda vegetasiya indeksi hər hansı bir fiziki parametmə (məsələn, LAI, PAR və ya yarpaqlarda xlorofil konsentrasiyasına qarşı) həssas olmalı və bu parametrlər artdığı halda doyma hadisəsi baş verməməlidir.

Məlumdur ki, vegetasiya indeksi torpağın, atmosferin, bitki çətinin strukturunun, günəş-bitkiölçmə qurğusunun qarşılıqlı yerləşməsi faktorunun və həmçinin, ərazinin topoqrafiyasının yaratdığı küylənmə effektlərinə qarşı qeyri həssas olmalıdırlar.

Göstərilən faktorları iki qrupa bölmək olar: (1) nəzərə alınan faktorlar (torpaq, atmosfer, günəş, bitki və ölçmə qurğusunun qarşılıqlı yerləşməsi); (2) nəzərə alınmayan və ya çətin nəzərə alınan faktorlar (bitki çətinin strukturu, bitkilərin fərdi xüsusiyyətləri, bitkilərin qarşılıqlı təsiri və s.) Küy siqnallarının təsirini nəzərə almaq üçün mənbələr [31,s.424]-də nisbi ekvivalent küy, bitkinin ekvivalent küyü, həssaslıq funksiyası kimi göstəricilər təklif edilmişdir ki, bunlar bitkilərin biofiziki göstəricilərinin çöl və laboratoriya ölçmələrinin aparılmasını tələb edirlər. Bitkilərin inkişafının topoqrafik və geostatik xüsusiyyətlərinin nəzərə alınması üçün siqnal/küy nisbətinin homogen sahə metodu, geostatik metod və s. kimi metodlar işlənmişdir.

Bununla belə, çətinin strukturu, bitkilərin qarşılıqlı təsiri və s. kimi çətin nəzərə alınan faktorlar, prinsip etibarlı ilə bitkinin özünün inkişafına birbaşa təsir edir, yəni əksətmə spektroskopiyası metodu vasitəsilə bitkilərdən alınan faydalı siqnalın dəyişikliyinə səbəb olur.

Bu hal onu göstərir ki, küy faktoru həm additiv, həm də multiplikativ qaydada təsir edir, yəni, spektrometr vasitəsilə alınmış əks olunmuş siqnal aşağıdakı kimi təqdim edilə bilər:

$$I_{\text{əks}}(\lambda) = \alpha_1(\lambda) \cdot I_p(\lambda) + \alpha_2(\lambda) \quad (2.5.1)$$

Burada $I_{\text{əks}}(\lambda)$ –spektroradiometrin çıxışında küysüz ideal siqnal;

$\alpha_1(\lambda)$ –multiplikativ küy əmsalı;

$I_p(\lambda)$ – bitkinin əksolunma siqnalı;

$\alpha_2(\lambda)$ – additiv küy siqnalı toplananıdır.

Yuxarıda göstərilənlərdən əlavə qırmızı zonada bitkilərdən əks olunan siqnalın doyma effektinin olması yaxşı məlumdur ki, bu da qırmızı zonanın informasiya cəhətdən qeyri-müəyyənliyini daha da artırır. Bütün bu deyilənlər RED və NIR zonalarında ölçmələrin aparılması üçün dalğa uzunluqlarının seçilməsi məsələsində xeyli qeyri-müəyyənlik yaradır.

Mənbə [60, s.91-100]-də göstəriləndi kimi, AVHRR spektroradiometrində qırmızı zonanın yaratdığı qeyri-müəyyənliklərin aradan qaldırılması üçün bu zonanın siqnalı yaşıl zonanın siqnalı ilə əvəz edilmişdir. MODIS və AVHRR göstəricilərinin identikliyi problemi həmin tədqiqat işində MODIS-in qırmızı zona siqnalının qırmızı və yaşıl zonaların çəki əmsallı xətti kombinasiyasından ibarət olan bürünmə siqnalı ilə əvəz olunması yolu ilə həll edilmişdir. Hətta bu halda da göstərilən iki spektroradiometrin göstəricilərinin tam identikliyi əldə edilməmişdir.

Bu vəziyyətdən çıxış yolu kimi aşağıdakılar təklif edilir:

1. RED və NIR zonalarında aparılan ölçmələrin dalğa uzunluqlarının qarşılıqlı əlaqəli olmadan seçilməsi yerinə yetirməməlidir.

2. RED və NIR zonalarında aparılan ölçmələrin dalğa uzunluqlarının qarşılıqlı əlaqəli seçilməsi üçün parametrik kriteriya işlənilməlidir.

Təklif edilən RED və NIR zonalarında aparılan ölçmələrin dalğa uzunluqlarının qarşılıqlı əlaqəli seçilməsi prinsipi aşağıda göstəriləndi kimi izah oluna bilər.

İlk növbədə

$$S_1 = \alpha_1 \cdot R_{NIR}(Chl) + \alpha_2 R_{RED}(Chl) \quad (2.5.2)$$

skalyar kəmiyyət tərtib edilir.

Burada $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$; R_{NIR} , R_{RED} -müvafiq olaraq, yaxın infraqırmızı və qırmızı zonalarda əks olunma siqnallarıdır.

α_1 əmsalı məlum olduqda, xlorofilin konsentrasiyası (Chl) aşkar olduğu halda λ_{RED} dalğa uzunluğu elə seçilir ki, xlorofilin konsentrasiyası $2Chl$ olduğu halda (2.5.2) ifadəsi maksimuma çatsın.

NDVI – nin aşağıda göstərilən məlum ifadəsi

$$NDVI_{mpad} = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (2.5.3)$$

əvəzində belə bir modifikasiya edilmiş normallaşdırılmış differensial indeks təklif olunur:

$$NDVI_{mod} = \frac{NIR - RED^*}{\alpha_1 NIR + \alpha_2 RED^*} \quad (2.5.4)$$

Burada RED^* - qırmızı zonada elə λ_{RED} dalğa uzunluğunda aparılmış ölçmə nəticəsidir ki, bu dalğa uzunluğu yuxarıda göstərilən prinsipə müvafiq olaraq λ_{NIR} dalğa uzunluğu ilə əlaqədardır.

Modifikasiya edilmiş normallaşdırılmış differensial indeksinin təklif edilmiş (2.5.4) düsturundan görüldüyü kimi bu düsturun məxrəci (2.5.2) ifadəsindən ibarətdir. Deməli, Chl-in konsentrasiyası artdıqca, $NDVI_{mod}$ kəmiyyətinin qiyməti maksimuma doğru artacaqdır. $NDVI_{mod}$ indeksinin bu xassəsi imkan verir ki, xlorofilin konsentrasiyasının böyük qiymətlərində NDVI-nin doyma xüsusiyyəti bir qədər zəiflədilsin.

Beləliklə, bitki sahələrinin əks etmə spektrində qırmızı və yaxın infraqırmızı zonalarda dalğa uzunluqlarının qarşılıqlı əlaqəli seçilməsi prinsipi və həmçinin həmin prinsip əsasında təklif edilmiş yeni normallaşdırılmış differensial vegetasiya indeksi xlorofilin yüksək konsentrasiyalarında qırmızı zonanın siqnalının doyması nəticəsində məlum NDVI indeksində yaranan qeyri-xəttiliyi xeyli azaltmağa imkan verir.

II fəslin nəticələri

1. Spektrin görünən oblastında məsafədən zondlama ölçmələri əsasında bitkilərdə azotun miqdarının hesablanmış qiymətlərinə görə yarpaqlarda xlorofil göstəricilərinin təyini proseduru təklif edilmişdir.

2. MTVI 2 vegetasiya indeksi ilə bitkilərdə azotun miqdarı arasındakı qeyri xətti reqressiya asılılığı əsasında yarpaqların xlorofil göstəricisinin təyininin eksponensial modeli işlənmişdir.

3. Bitki örtüyünün stress vəziyyətinin qiymətləndirilməsində NDVI-nin doyma effektinin aradan qaldırılması üçün korreksiya proseduru təklif edilmişdir.

4. NDVI və LST indeksləri əsasında işlənmiş quraqlıq indeksinin xüsusiyyətləri araşdırılmış, Bitkilərin Sağlamlıq İndeksinə analoq kimi təklif olunmuş yeni indeksin ekstremal qiymətinin idarə olunmasının qeyri mümkünlüyü nəzərə alınaraq günəş şüasının məhdudlaşdırıcı rolunun yüksək olduğu göstərilmişdir.

5. Bir piksel çərçivəsində seyrək bitki sahəsinə uyğun qarışıq NDVI-nin qiymətində bitki örtüyünün pay əmsalının orta qiymətinin maksimuma çatması üçün yüksək NDVI-yə malik bitkilərin aşağı NDVI_S-ə malik torpaq sahələrində becərilməsinin məqsədəuyğunluğu göstərilmiş, vegetasiya dövrünün ilkin fazasında bitkilərin tədqiqi üçün parametrik vegetasiya indeksinin işlənməsi proseduru təklif edilmişdir.

III FƏSİL. TORPAĞIN ÇİRKƏNƏN DƏRƏCƏSİNİN TƏYİNİNİN SPEKTROMETRİK METODLARI VƏ AĞIR METALLARIN GÖSTƏRİCİLƏRİ

3.1. Kənd təsərrüfatı torpaqlarının eroziya dərəcəsinin müəyyənəşdirilməsində spektrozonal ölçmələrlə NDVI-dən istifadə metodu

Məlumdur ki, hiperquraq, quraq, yarıquraq və quru subrütubət sahələr də daxil olmaqla səhralıq və quraqlıq ekosistemlər bütün yerüstü torpaq kütləsinin təxminən 41%-ni təşkil edir. Səhralıq və hiperquraq zonalarda ilin 12 ayı müddətində yağıntılar olmur. Quraqlıq zonalarda yağıntıların miqdarı ildə 250 mm-dən az, yarıquraq torpaqlarda illik yağıntı 250-500 mm təşkil edir [93,s.1-28]. Həmin tədqiqatlara uyğun olaraq desertifikasiya (səhralaşma) iqlim dəyişiklikləri və antropogen (insan) fəaliyyəti də daxil olmaqla quraq, yarıquraq və quru subrütubət sahələrdə müxtəlif səbəblərdən yaranan torpağın deqradasiyası (tənəzzülü) kimi təyin edilir. Məlumdur ki, torpağın deqradasiyası bioloji və iqtisadi məhsuldarlığın azalması və ya itirilməsi ilə nəticələnir. Digər araşdırmalarda desertifikasiyanı yaradan aşağıdakı üç proses müəyyən edilmişdir[71, s.203-209]:

-ağacların kəsilməsi, meşələrdə yanğınlar və mal-qaranı yemləmək üçün otlaq adı altında həddən artıq torpaq sahələrinin ayrılması nəticəsində bitki örtüyünün vəziyyətinin pisləşməsi;

-külək və suyun təsiri altında yanlış idarə etməyə görə yaranan torpaq eroziyası;

-düşünülmemiş irriqasiya (süni suvarma) təcrübəsinə görə torpaq sahələrinin şoranlaşması.

Bununla əlaqədar baxılan bölmədə əsasən kənd təsərrüfatı torpaqlarında rütubətin həddən çox və ya defisit olmasından yaranan eroziya səviyyəsinin eksperimental təyini məsələsinə baxılmışdır.

Burada rütubətlilik dərəcəsi, bitki örtüyündə biokütlənin miqdarı, torpaqda üzvi maddələrin miqdarı, NDVI kimi göstəricilərin ilkin analizinin aparılması ilə torpağın eroziya dərəcəsinin spektral üsullarla müəyyən edilməsi metodu təklif edilir[15, s.370-374].

Hər şeydən əvvəl qeyd etmək lazımdır ki, rütubətin həddən çox və defisit olmasına görə sahələrin identifikasiyası üçün 1955-ci ildə Törnveyt və Mater tərəfindən təklif edilmiş aşağıdakı kimi müəyyən edilən rütubətlilik indeksindən istifadə etmək məqsədəuyğundur[76, s.213-233]:

$$MI = [(P - PET) / PET]^* \cdot 100 \quad (3.1.1)$$

Burada *MI* - rütubətlilik indeksi;

P - yağış yağıntıları (mm);

PET - potensial evapotranspirasiyadır (buxarlanma).

Müxtəlif növ iqlim şəraitində formalaşmış torpaqlar üçün rütubətlilik indeksinin qiymətlər intervalı cədvəl 3.1.1-də verilmişdir.

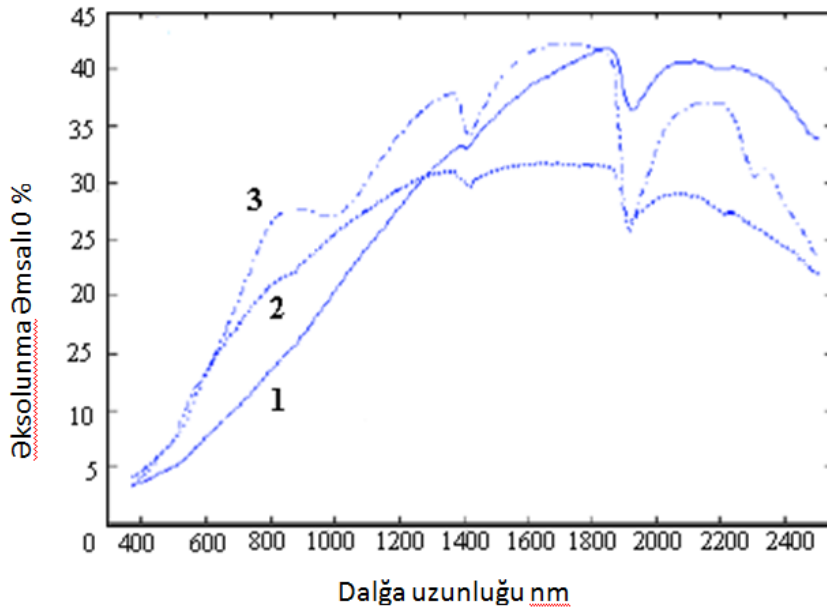
Cədvəl 3.1.1.

Torpağın rütubətlik indeksinin dəyişmə intervalları

İqlim növü	Rütubətlilik indeksi
Yarıquraq torpaqlar	66,7 ÷ 33,3
Quru subrütubət	33,3 ÷ 0
Rütubətli - subrütubətli	0 ÷ 20
Rütubətli	20 ÷ 100
Tam rütubətli	> 100

Göstərilənlər nəzərə alınmaqla kənd təsərrüfatı torpaqlarının eroziyalılıq dərəcəsinin müəyyən edilməsinin birgə spektrozonal metodu təklif edilmişdir. Bu metod aşınmış torpaqların əksolunma spektrinin eksperimental tədqiqat nəticələrinə əsaslanmışdır. Şəkil 3.1.1-də üzvi maddələrin miqdarına görə müxtəlif tərkibli üç növ torpaqdan əksolunma spektri göstərilmişdir. Təqdim olunan spektral əyrilərdən göründüyü kimi üzvi maddələrin torpaqdakı tərkibi minimum əksolunma intensivlikli xarakterik (səciyyəvi) spektral zonalarda spektral ölçmələr həyata keçirməklə eksperimental olaraq asanlıqla müəyyən edilə bilər. Bu halda ölçmələr aşağıdakı spektral nöqtələrin ətraflarında aparılmalıdır:

$\lambda_1 = 1000 \text{ nm}$; $\lambda_2 = 1400 \text{ nm}$; $\lambda_3 = 1900 \text{ nm}$.



Şəkil 3.1.1. Üç növ torpaqdan əksolunma spektrləri: 1-yüksək miqdarda üzvi maddəli və az miqdarda dəmir tərkibli torpaq; 2-orta miqdarda üzvi maddəli və orta miqdarda dəmir tərkibli torpaq; 3-az miqdarda üzvi maddəli və yüksək miqdarda dəmir tərkibli torpaq [93,s.1-28]

Şəkil 3.1.1-də verilən qrafiklərdən göründüyü kimi aşınma dərəcəsinin müəyyən edilməsi üçün bu qrafiklərdə göstərilən verilənlərdən bilavasitə istifadə

olunması bir çox çətinliklərlə bağlıdır. Birincisi, göstərilən ayrılar torpağın eroziyasının, rütubətin çox olması və ya çatışmamazlığı nəticəsində baş verməsi haqqında mülahizə yürütməyə imkan vermir. İkincisi, əks etdirilmiş radiasiyanın spektrozonal ölçmələrinin aparılması şəraiti aşınma dərəcəsindən asılı olaraq dəyişir. Belə ki, yüksək və orta səviyyəli aşınmada ölçməni yuxarıda göstərilən üç spektral zonada aparmaq zəruridir. Ancaq zəif dərəcəli aşınmalarda $\lambda_1 = 1000$ nm olduqda, ölçmələr qeyri-informativ olur, $\lambda_2 = 1400$ nm nöqtəsində isə faydılı siqnaldan güclü küy siqnalı şəraitində alınan informasiyanın dəqiqliyi çox aşağı düşür. Bütün bunlar torpağın aşınma dərəcəsinin müəyyən edilməsi üçün nəzərəcarpacaq çətinliklər yaradır. Təklif olunan kənd təsərrüfatı torpaqlarının eroziyalılıq dərəcəsinin müəyyən edilməsi metodu $\lambda_1 = 1000$ nm; $\lambda_2 = 1400$ nm; $\lambda_3 = 1900$ nm dalğa uzunluğu ətrafında spektrozonal ölçmələrin aparılmasından, həmçinin paralel olaraq NDVI-nin təyini və alınan nəticələrin birgə analizindən ibarətdir. Təklif olunan metodun reallaşdırılması alqoritmi aşağıdakı addımlardan ibarətdir:

3.1.1. $\lambda_1 = 1000$ nm \pm 100 nm; $\lambda_2 = 1400$ nm \pm 100 nm; $\lambda_3 = 1900$ nm \pm 100 nm dalğa uzunluqlarında spektrozonal ölçmələrin aparılması və əksölünmə spektrində səciyyəvi minimumların qeyd edilməsi.

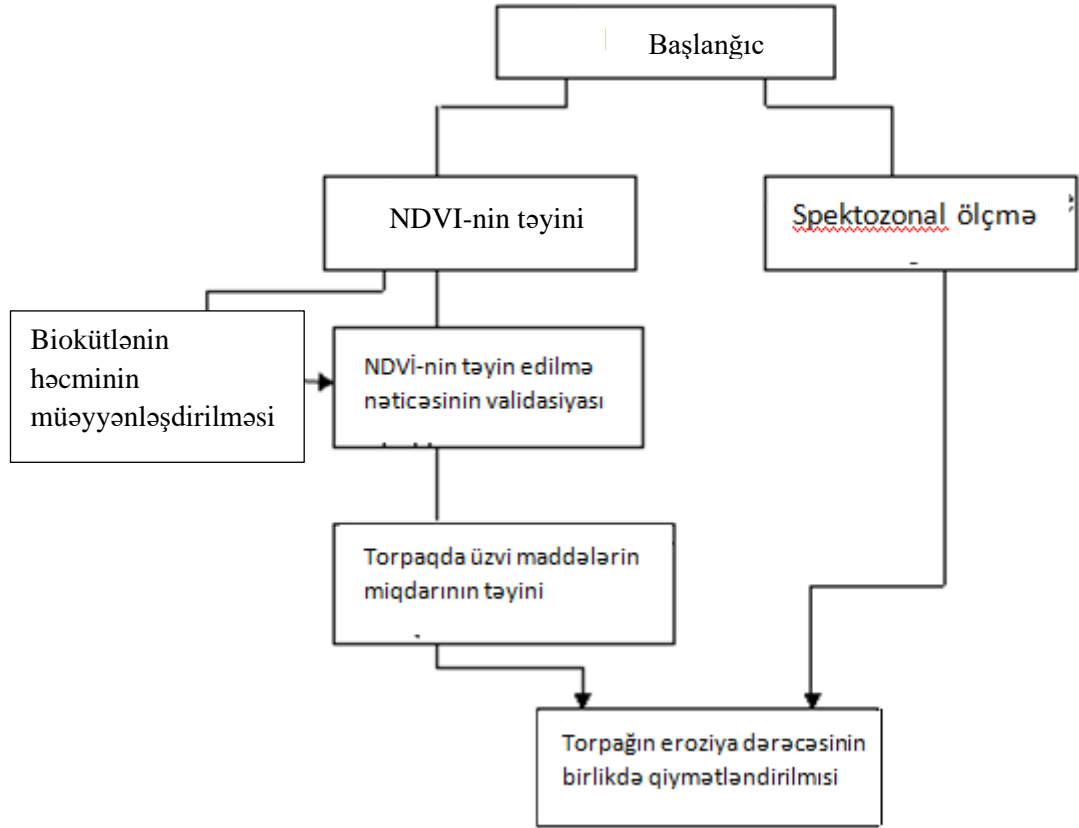
3.1.2. Paralel olaraq tədqiqat obyektində NDVI indeksinin müəyyənləşdirilməsi.

3.1.3. Sahələrdə NDVI-nin qiymətləri və biokütlə ölçüləri arasındakı statistik asılılıqdan istifadə etməklə NDVI-nin müəyyən edilmiş nəticələrinin həqiqiliyinin qiymətləndirilməsinin validasiyası.

3.1.4. NDVI-nin qiymətləri və torpaqda üzvi maddələrin miqdarı arasındakı statistik asılılıqdan istifadə etməklə NDVI ölçmələrinin nəticəsinə görə torpağın eroziyalılıq (aşınma) dərəcəsinin təyini.

3.1.5. Paralel spektrozonal ölçmələrin aparılması və NDVI-nin təyini nəticəsində alınan informasiyaların birgə emalı.

Təklif olunan metodun alqoritminin blok-sxemi şəkil 3.1.2-də verilmişdir



Şəkil 3.1.2. Torpağın eroziyalılıq dərəcəsinin birgə müəyyən edilməsi üçün təklif olunan metodun alqoritminin blok-sxemi

Təklif olunan metodun elmi-metodik əsaslandırılmasını şərh edək.

Mənbə [21, s.24-31]-də göstərildiyi kimi yaşıl biokütlənin qiymətləndirilməsi üçün normallaşdırılmış diferensial vegetasiya indeksindən (NDVI) istifadə daha məqsədəuyğundur. Həmin tədqiqatlarda bir il ərzində biokütlə və ya quru maddələrlə NDVI-nin maksimum qiyməti arasında qarşılıqlı əlaqə tənliyi verilmiş və bu məqsədlə NOAA AVHRR-dan alınmış məlumatlardan istifadə olunmuşdur:

$$DM = (1.615 \cdot NDVI_{max})^{1.318}. \quad (3.1.2)$$

Burada DM - biokütlə və ya quru kütlə;

$NDVI_{max}$ - bir il ərzində NDVI-nin maksimum qiymətidir.

Eyni zamanda başqa müəlliflər tərəfindən NDVI və biokütlə arasındakı aşağıdakı statistik model verilmişdir[53, s.1496-1513]:

$$y = a \cdot x^b . \quad (3.1.3)$$

Burada x -normallaşdırılmış diferensial vegetasiya indeksi;

y -biokütlə, qır/m²;

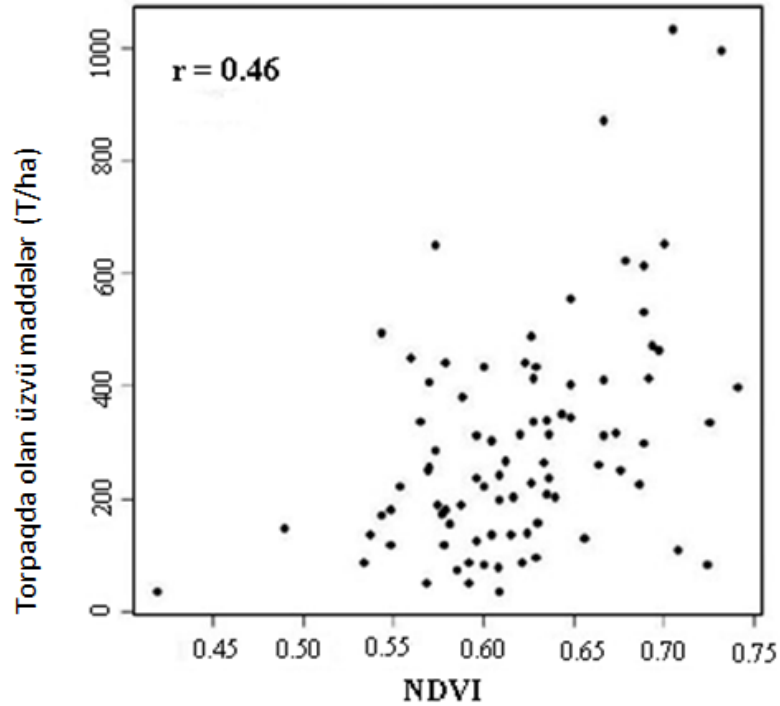
a, b -baxılan sahənin növündən asılı olan sabit kəmiyyətlərdir.

Torpaqdakı üzvi maddələrə gəldikdə isə, digər tədqiqatlara görə üzvi maddələr təkcə torpağın deqradasiya indikatoru deyil, həm də torpaqda baş verən müxtəlif biogeokimyəvi proseslərin nizamlayıcısıdır [74, s.539-579].

Ölçü eksperimentinin aparılmasının optimallaşdırılması üçün NDVI indeksinin qiymətinin müəyyənləşdirilməsi yolu ilə eroziyalılıq dərəcəsinin ilkin təxmini qiymətləndirilməsi məqsədəuyğundur. Başqa müəlliflər tərəfindən göstərildiyi kimi (3.1.3) düsturu torpağın bitki örtüyündə biokütlənin miqdarı haqqında fikir yürütməyə imkan verir[42, s.185-191]. Bu isə sonralar biokütlənin başqa metodlarla qiymətləndirilməsi yolu ilə NDVI-nin müəyyənləşdirilməsi üçün istifadə oluna bilər. Bununla yanaşı, [42, s.185-191; 91]-ə əsasən NDVI-nin qiymətinə görə həmçinin, torpaqdakı üzvi maddələrin miqdarını da müəyyən etmək olar. Bu məsələni aşağıda verilən model tədqiqatları vasitəsilə tədqiq edək. Model tədqiqatların aparılmasının məqsədi NDVI indeksinin müəyyən edilməsi yolu ilə torpaqdakı üzvi maddələrin cəminin müəyyənləşdirilməsinin dəqiqlik dərəcəsinin təyin edilməsidir. Məlumdur ki, iki təsadüfi x, y kəmiyyətləri arasındakı r korrelyasiya əmsalı, korrelyasiya momenti $M(x,y)$ və σ_x, σ_y orta kvadratik meyl etmələr arasında aşağıdakı qarşılıqlı əlaqə mövcuddur:

$$r = \frac{M(x, y)}{\sigma_x \cdot \sigma_y} . \quad (3.1.4)$$

Nümunə kimi, mənbə [42, s.185-191]-də göstərilmiş ölçmə nəticələrindən istifadə edək. NDVI və torpaqdakı üzvi maddələrin ölçülən miqdarının paylanması skateroqramması şəkil 3.1.3-də göstərilmişdir.



Şəkil 3.1.3. NDVI və torpaqda üzvi maddələrin ölçülən miqdarının birgə paylanması skateroqramması [42, s.185-191]

Korrelyasiya əmsalının hesablanmış qiyməti $r = 0,46$ təşkil edir. (3.1.4) ifadəsindən $x = \text{NDVI}$, $y = \text{SOM}$ (torpaqda üzvi maddələrin ümumi miqdarı) halı üçün ($\sigma_{\text{NDVI}} = 0,1$ olduqda) alırıq:

$$\sigma_{\text{SOM}} = \frac{M}{r \cdot \sigma_{\text{NDVI}}} = \frac{M}{0.046} \quad (3.1.5)$$

$M = 0,5$ qəbul etsək, (3.1.5) ifadəsindən $\sigma_{\text{SOM}} = 10,9$ T/ha olduğunu alırıq. Beləliklə, NDVI vasitəsilə qiymətləndirmə metodu tətbiq edildikdə baxılan modeldə $\text{SOM} = 200$ ton/ha olduqda, SOM qiymətinin müəyyənləşdirmə dəqiqliyi ilə 5% təşkil edir. Alınan nəticə göstərir ki, NDVI-dən SOM-un təyini məqsədi ilə istifadə

kənd təsərrüfatı sahələrində eroziyalılıq dərəcəsinin qiymətləndirilməsinin təklif olunan birgə metodunda kifayət qədər informativdir.

Beləliklə, göstərilmişdir ki, torpağın eroziyalılıq dərəcəsinin təyini üçün torpağın əksolunma spektrinin spektrozonal ölçmələrindən istifadə torpağın eroziya dərəcəsinin azalması ilə əks olunma spektrində əsas spektral əlamətlər nəzərəcarpacaq dərəcədə zəiflədiyindən, müəyyən çətinliklərlə nəticələnir. Bu çatışmazlıqları aradan qaldırmaq və ölçmələrin informativliyini artırmaq üçün paralel olaraq torpaqda üzvi maddələrin miqdarının təyini də nəzərdə tutan birgə (ümumi) ölçmə metodu təklif olunmuşdur. Aparılan model araşdırmalar torpaqda üzvi maddələrin ümumi miqdarının təyini üçün NDVI-dən istifadənin kifayət qədər informativ olduğunu göstərdi ki, bu da torpağın əksolunma spektrinin spektrozonal ölçülməsinin, həmçinin torpağın eroziya dərəcəsinin müəyyənləşdirilməsi üçün NDVI-nin təyini prosedurundan birgə istifadənin məqsədəuyğun olduğunu göstərir.

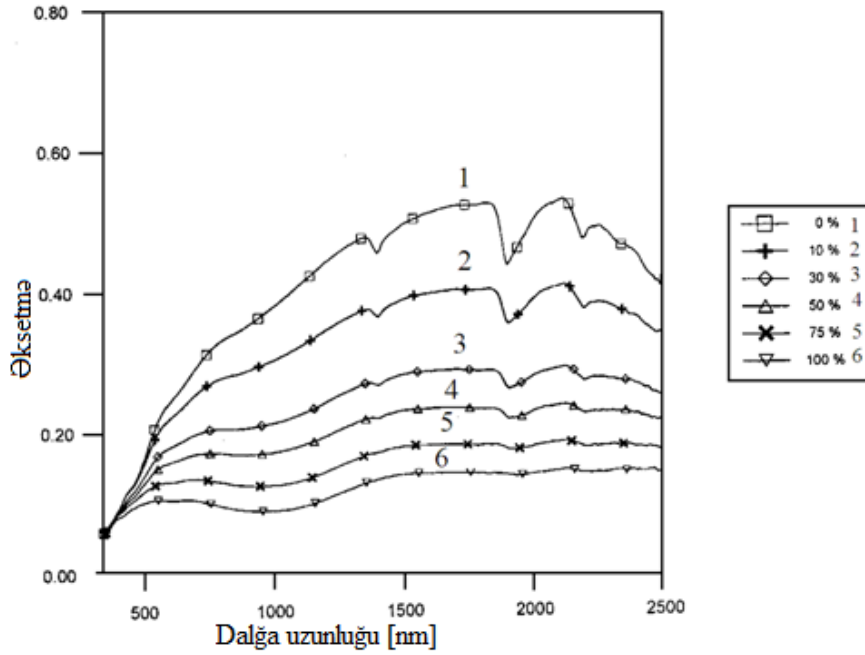
3.2. Torpaq sahələrində ağır metalların konsentrasiyasını məsafədən ölçən spektrometrik cihazın kalibrlənməsinin əməliyyat algoritmi

Məlumdur ki, ağır metallar, o cümlədən Pb, Cd, Hg, Ar və digərləri canlı orqanizmin sağlamlığına ciddi ziyan vuraraq xərcəng, ağ ciyərin zədələnməsi və neyrotoksik effektlər kimi xəstəliklər yarada bilər. Havanın, suyun və torpağın ağır metallarla çirklənməsi zamanı insan onun öz orqanizminə təsirini mütləq hiss edir ki, bu da ətraf mühitin çirklənməsinə nəzarət üçün müxtəlif sistemlərin tətbiq edilməsi və ətraf mühitin çirklənməsi barədə məlumat verilməsi zərurətini qarşıya çıxarır. [87, s.75-79]-da qeyd edildiyi kimi ağır metalların torpaqda paylanması qiymətləndirilməsi üçün ənənəvi metod, nümunələrin götürülməsi və laboratoriya analizlərinin aparılmasıdır ki, bu da baha başa gəlir və vaxt itkisinə səbəb olur. Başqa bir üsul spektroskopik (spektral) analizin nəticələrindən istifadə olunmasından ibarətdir. Lakin torpağın qeyri-üzvi çirkləndiriciləri kimi ağır metalların birbaşa

müəyyənləşdirilməsi həmin ağır metalların konsentrasiyasının az (10^4 mq/kq-quru torpaq) olması səbəbindən və onların görünən və yaxın infraqırmızı diapazonlarda dəqiq xüsusi spektral əlamətlərinin olmamasına görə bu metodun tətbiqi müəyyən çətinliklərlə bağlı olur. Bununla yanaşı, ağır metalların müxtəlif üzvi maddələrlə kombinasiyası (birləşməsi) və həmçinin hidrooksidlər və karbonatlarla assosiasiyası (əlaqələnməsi) ağır metalların dolayısı ilə müəyyənləşdirilməsini həyata keçirməyə imkan verir. Araşdırmalara görə hiperspektral ölçü texnikası səthin daha ətraflı spektral xüsusiyyətlərinin və torpağın mineral tərkibinin aşkarlanması üçün yararlı olmaqla kifayət qədər dolğun və fasiləsiz informasiyanı almağa imkan verir və torpaq çirklənmələrinin monitorinqi üçün istifadə edilə bilər [66, s.107-110]. Əksetmə spektroskopiya metodu kimyəvi analiz və müəyyənləşdirmə ilə müqayisədə daha az xərc tələb edir və yüksək sürətli olur. 400-2500 nm dalğa uzunluğu diapazonunda torpağın müxtəlif komponentləri kifayət qədər güclü spektral əlamətlərə malik olduğuna görə torpağın ağır metallarla çirklənmə dərəcəsinin qiymətləndirilməsi üçün istifadə oluna bilər. Mənbə [45, s.242-253]-də qeyd olunduğu kimi aparılan eksperimental tədqiqatlar göstərmişdir ki, Pb, Zn, Mn kimi ağır metalların əks etmə spektrində 610/500 nm nisbətinin qiyməti ilə yaxşı korrelyasiya edir, Ni və Cr isə 980 nm dalğa uzunluğunda spektral xəttin mailliyinin qiyməti ilə yüksək korrelyasiya asılılığına malikdir.

Digər tədqiqatlarda göstərildiyi kimi torpağın əks olunan spektral şüalanmasının intensivliyi ağır metalların konsentrasiyası ilə tərs mütənasib olaraq dəyişir [56, s.333-343].

Şəkil 3.2.1-də pirit, jarosit, kopiapit, ferrihidrid və hetit kimi minerallar qarışığı ilə çirklənmiş torpağın əksetmə spektri verilmişdir [56, s.333-343].



Şəkil 3.2.1. Torpaqda jarosit, kopiapit, ferrihidrid və hetit qarışıqlarının müxtəlif konsentrasiyalarında əks etmə spektrləri:

1–0%; 2–10%; 3–30%; 4–50%; 5–75%; 6–100% [56, s.333-343]

Bununla belə, birtəmspektrometrik qurğusunun məsafədən aşkar etmə və yer səthində ağır metalların konsentrasiyasının dəyişmə dərəcəsinin qiymətləndirilməsi üçün istifadə olunması bir sıra səbəblərdən yüksək dəqiqliklə informasiya alınmasına imkan vermir. Birtəms ölçü informasiyasının dəqiqliyini aşağı salan səbəblər kimi aşağıdakıları göstərmək olar [10, s.46-56]:

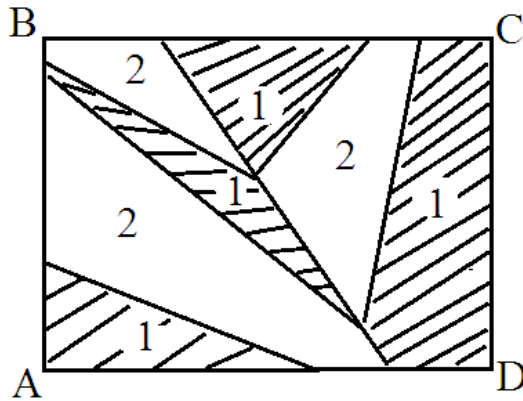
3.2.1. Birtəms ölçü qurğusunun onlayn kalibrlənməsi zamanı aşağıdakı səbəblərdən yaranan problemlər:

- spektrometrik ölçü sisteminin əhatə sahəsində analogi xüsusiyyətlərinin torpağın əks etmə xüsusiyyətlərindən fərqlənən analogi xüsusiyyətli bitkilərin olması;
- torpağın çirklənməsinin qiymətləndirilməsi üçün yalnız bir əlamətdən torpaqda ağır metalların konsentrasiyasından istifadə olunması (eyni zamanda bitkilərdə ağır metalların tərkib miqdarı kimi əlavə əlamət nəzərə alınmır);

3.2.2. Test aparılan sahələrdə bitkilər bitmiş və bitməmiş ərazilərin nisbətinin nəzərə alınma kriteriyasının olmaması.

Ona görə də baxılan bölmənin məqsədi yer səthində ağır metalların konsentrasiyasının məsafədən qiymətləndirilməsi üçün elə onlayn kalibrlemə metodunun işlənilməsindən ibarətdir ki, həmin yeni metodda mövcud olan kalibrasiya metodlarının yuxarıda göstərilən çatışmamazlıqları aradan qaldırılmış olsun.

Göstərilən məsələni həll etmək üçün birinci yaxınlaşmada həndəsi xətaları nəzərə almasaq, spektrometrik ölçmə aparatının görmə sahəsi bir nümunə olaraq şəkil 3.2.2-də göstərilən sahə kimi təqdim edilə bilər.



Şəkil 3.2.2. Bort spektrometrik aparatın görmə sahəsində bitki bitmiş (1) və bitkisiz (2) düzbucaqlı kompozit sahə

Qeyd edilmiş λ_0 dalğa uzunluğunda bort ölçmə aparatı ilə onlayn kalibrlemə zamanı alınan yekun spektrometrik siqnal aşağıdakı ifadə ilə qiymətləndirilə bilər:

$$U_{\Sigma}(\lambda_0) = \alpha_1 \cdot U_1(\lambda_0) + (1 - \alpha_1) \cdot U_2(\lambda_0). \quad (3.2.1)$$

Burada α_1 -aşağıdakı kimi müəyyən olunan çəki əmsəlidir:

$$\alpha_1 = \frac{S(1)}{S_{ABCD}}. \quad (3.2.2)$$

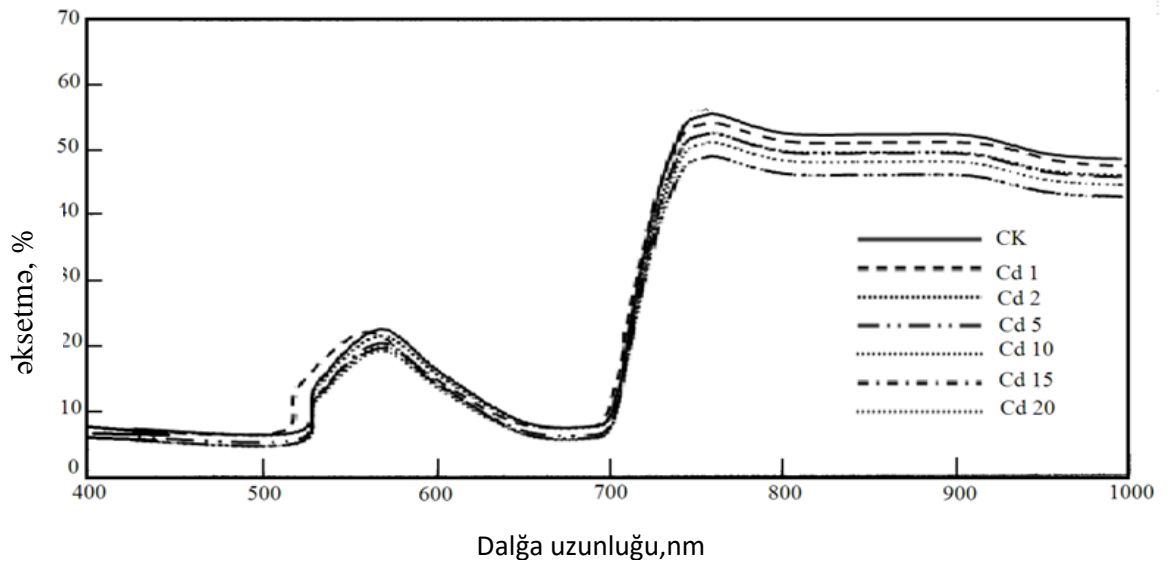
Burada $S(I)$ -bitki sahələrinin ümumu (yekun) sahəsi;

S_{ABCD} -ABCD düzbucaqlısının sahəsi;

$U_1(\lambda_0)$ -spektrometrin girişində λ_0 dalğa uzunluğunda bitkidən xaric olunan yekun radiasiya axını;

$U_2(\lambda_0)$ - bitki olmayan torpaqdan xaric olunan yekun radiasiya axınıdır.

Məlumdur ki, bitkilərin əksətdirmə qabiliyyəti, həmçinin onlarda olan ağır metallardan da güclü asılıdır. Nümunə olaraq şəkil 3.2.3-də düyü bitkisinin yarpaqlarının onlarda olan kadmiumdan asılı olaraq əksətdirmə spektrləri verilmişdir [47, s.2735-2738].



Şəkil 3.2.3. Düyü bitkisi yarpaqlarının kadmiumla çirklənmə dərəcəsindən asılı olaraq əksətdirmə spektrləri:

CK-çirklənmə yoxdur; Cd1-minimum çirklənmə; Cd20-maksimum çirklənmə

Mənbə [47, s.2735-2738]-də qeyd olunduğu kimi qırmızı zonada bitkinin çirklənmə dərəcəsinin artması ilə siqnal böyüyür, yaxın İQ diapazonda isə kiçilir.

Beləliklə (35, s.3612-3618) ifadəsini belə yazmaq olar:

$$U_{\Sigma}(\lambda_0) = \alpha_1 \cdot U_1(\lambda_0, C_V) + (1 - \alpha_1) \cdot U_2(\lambda_0, C_S). \quad (3.2.3)$$

Burada C_V - bitkilərdə ağır metalların konsentrasiyası;

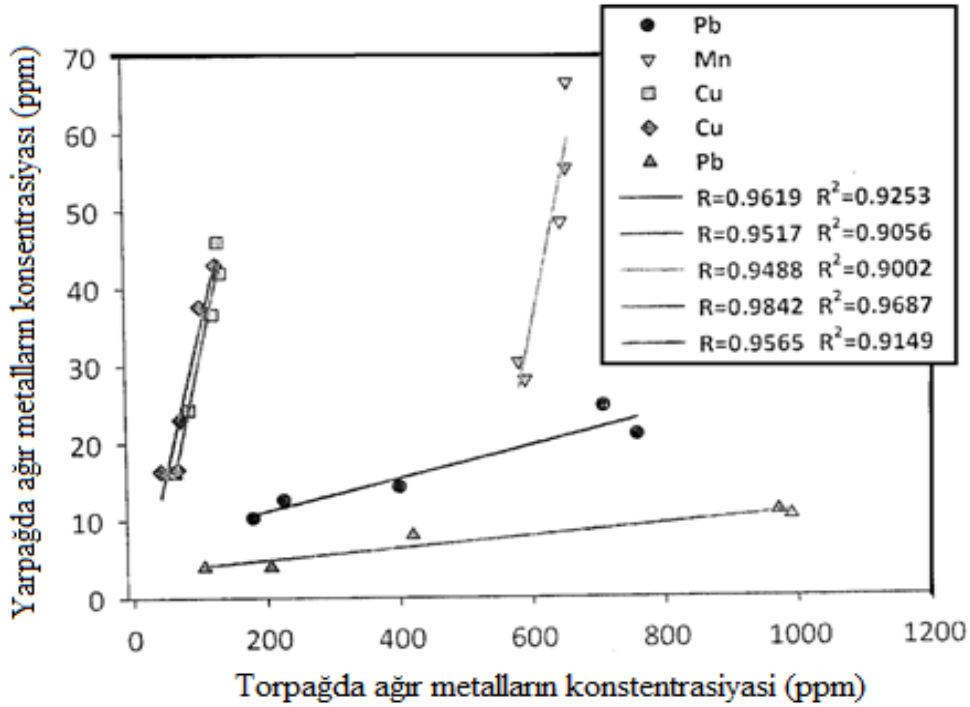
C_S - torpaqdakı ağır metalların konsentrasiyasıdır.

Digər tədqiqatlarda alınmış nəticələrə müvafiq olaraq torpağın ağır metallarla çirklənmə dərəcəsi C_S ilə çirklənmiş torpaqda bitən bitkilərin çirklənmə dərəcəsi C_V arasında güclü korrelyasiya mövcuddur, yəni aşağıdakı yazılış doğrudur [67]:

$$C_V = \beta \cdot C_S + a . \quad (3.2.4)$$

Burada β - korrelyasiya əmsalı; a =const.

Nümunə kimi şəkil 3.2.4-də bitkilərin müxtəlif növləri üçün korrelyasiya əslihlığının qrafiki verilmişdir [67].



Şəkil 3.2.4. Bitkilərin müxtəlif növləri üçün onların yarpaqlarında olan ağır metalların konsentrasiyası və torpaqdakı ağır metalların konsentrasiyası arasındakı korrelyasiya əslihlığı [67]

Yuxarıda deyilənləri və (3.2.4) ifadəsini nəzərə almaqla (3.2.3) ifadəsini aşağıdakı kimi yazırıq:

$$U_{\Sigma}(\lambda_0) = \alpha_1 \cdot U_1(\lambda_0, \beta \cdot C_S + a) + (1 - \alpha_1) \cdot U_2(\lambda_0, C_S). \quad (3.2.5)$$

Beləliklə, (3.2.5) tənliyi α_1 , λ_0 , β , α -nın məlum qiymətlərində ölçülmüş $U_{\Sigma}(\lambda_0)$ üzrə C_S -in qiymətini müəyyənləşdirməyə imkan verir.

Göstərək ki, alınmış (3.2.5) tənliyi λ_0 -ın lazım olan seçimində, α_1 , β və a sabit olduqda, torpaqdakı ağır metalların konsentrasiyasının məsafədən ölçmə qurğusunun onlayn kalibrləməsini həyata keçirməyə imkan verir.

λ_0 dalğa uzunluğunun lazım olan seçimi dedikdə qırmızı zonada ölçmələrin aparılması başa düşülür. Bu zonada torpağın çirklənmə dərəcəsi artdıqca, bitkilərdən olan siqnalda artacaq, çılpaq torpaqdan olan siqnal isə kiçiləcək. Deməli, sadələşdirilmiş halda baxılan məsələ aşağıdakı çoxhədlinin ekstremumunu müəyyənləşdirməyə gətirib çıxarır:

$$U_{\Sigma}(C_S) = \alpha_1 \cdot U_1(C_S) + (1 - \alpha_1) \cdot U_2(C_S). \quad (3.2.6)$$

Burada $U_1(C_S)$ -artan funksiya;

$U_2(C_S)$ - azalan funksiya.

Bu zaman (3.2.6) ifadəsinin ekstremumundan torpaqda olan ağır metalların konsentrasiyasını məsafədən ölçən cihazın kalibrləməsinin yerinə yetirilməsi üçün əlamət kimi istifadə edəcəyik.

Qeyd edilməlidir ki, öz arqumentlərinin parafaz(bir-birinə əks olan) qeyri-xətti funksiyaları olan $U_1(C_S)$ və $U_2(C_S)$ kimi funksional asılılıqlara malik olan (3.2.7) tipli skalyar bürünmə ifadələrində ekstremumun mövcud olması çoxkriteriyalı optimallaşdırma nəzəriyyəsində yaxşı müəyyənləşdirilmiş bir faktır.

$U_{\Sigma}(C_S)$ -ekstremal qiyməti əldə edə bildiyi hal üçün C_S -in konkret ifadəsini almaq məqsədiylə $U_1(C_S)$ və $U_2(C_S)$ funksiyalarını Teylor sırasının birinci üçhədlişi şəklində təqdim edirik:

$$U_1(C_S) = U_{10} + U'_1(C_S) \cdot C_S + \frac{U''_1(C_S) \cdot C_S^2}{2!}; \quad (3.2.7)$$

$$U_2(C_S) = U_{20} + U'_2(C_S) \cdot C_S + \frac{U''_2(C_S) \cdot C_S^2}{2!}. \quad (3.2.8)$$

Asanlıqla göstərmək olur ki, (3.2.6), (3.2.7) və (3.2.8) ifadələrini nəzərə almaqla aşağıdakı kvadrat tənliyi almaq olar:

$$C_S^2 + m_1 \cdot C_S + m_2 = 0. \quad (3.2.9)$$

Burada :

$$m_1 = \frac{\alpha_1 U'_1(C_S) + U'_2(C_S) - \alpha_1 U'_2(C_S)}{\frac{\alpha_1 U''_1(C_S)}{2} + \frac{U''_2(C_S)}{2} - \frac{\alpha_1 U''_2(C_S)}{2}}, \quad (3.2.10)$$

$$m_2 = \frac{\alpha_1 U_{10} + U_{20} - \alpha_1 U_{20} - U_{\Sigma}(C_S)}{\frac{\alpha_1 U''_1(C_S)}{2} + \frac{U''_2(C_S)}{2} - \frac{\alpha_1 U''_2(C_S)}{2}}. \quad (3.2.11)$$

(3.2.9) kvadrat tənliyinin həlli C_S -in elə qiymətini müəyyən etməyə imkan verir ki, bu zaman daşıyıcı (3.2.9) tənliyinin müəyyən edilmiş qiymətli sabit əmsallı sahələr üzərində uçarkən daşıyıcının bortunda spektrometrin göstəricisi ekstremuma çatsın. Yuxarıda şərh edilənləri nəzərə almaqla torpaqdakı ağır metalların konsentrasiyasını ölçən distansion ölçü cihazının onlayn kalibrlənməsinin həyata keçirmək üçün aşağıdakı alqoritmi təklif etmək olar:

3.2.1. Spektrometrik ölçü sisteminin daşıyıcısı uçarkən (3.2.9) tənliyinin sabit əmsallarının qiymətinin fasiləsiz təyini.

3.2.2. Spektroradiometrin çıxış siqnalının ekstremal qiymətə çatma anının qeyd edilməsi.

3.3.3. Spektroradiometrin çıxış siqnalının maksimuma çatma anında (3.2.9) tənliyinin həlli yolu ilə ağır metalların konsentrasiya kəmiyyətinin təyini.

Beləliklə, torpaqda ağır metalların konsentrasiyasını məsafədən ölçmənin kalibrlənməsi üçün təklif olunan metod daşıyıcının hərəkəti zamanı bort spektrodrometrinin çıxışında ekstremal siqnalın yaranmasını nəzərdə tutur.

(3.2.7) və (3.2.8) ifadələrini nəzərə almaqla C_S -ə görə ikinci tərtib törəməli (3.10) ifadəsinin analizi əsasında ekstremumun xarakterinin analitik təyini böyük həcmli ifadələrə gətirib çıxarır və burada göstərilir. Qeyd edilməlidir ki, ağır metalların konsentrasiyasının məsafədən ölçmə qurğusunun kalibrlənməsi üçün təklif edilən metod kompozit tədqiqat sahələrində ağır metallarla yekun çirklənmə haqqında daha həqiqi qiymətlər almağa imkan verir, belə ki, həmin metod sahələrin komponentlərinin qarşılıqlı əlaqəsini və xüsusiyyətlərini nəzərə alır.

Beləliklə, aparılan tədqiqatların əsas nəticələri kimi bitki örtüklü və bitki olmayan sahələrdən ibarət kompozit sahələrin ağır metallarla yekun çirklənməsinin məsafədən ölçülməsinin kalibrlənməsi metodu təklif olunmuşdur. Baxılan kompozit sahələrdə ağır metallarla yekun çirklənmənin məsafədən ölçülməsinin kalibrlənməsi metodunun reallaşdırılması alqoritminin fəaliyyət ardıcılığı şərh olunmuşdur.

3.3. Torpağın azot və fosfor birləşmələri ilə çirklənmə dərəcəsinin

təyində test sınaqlarının keçirilməsinin optimallaşdırma məsələsi

Məlum olduğu kimi torpağın sınaqdan keçirilməsi torpağın fiziki-kimyəvi metodla diaqnostikasının həyata keçirilməsidir [58, s.2-84]. Burada əsas məqsəd torpaqda olan müxtəlif qidalandırıcı maddələrin mövcudluq dərəcəsinin, həmçinin

torpağın məhsuldarlıq qabiliyyətinin qiymətləndirilməsindən ibarətdir. Torpağın sınaqdan keçirilməsində başqa bir vacib məqsəd torpağın gübrəyə tələbat dərəcəsinin müəyyənləşdirilməsindən ibarətdir [58, s.2-84]. Bu sadə aparılmış məlum tədqiqatlara [58, s.2-84] uyğun olaraq torpağın sınaqdan keçirilməsi 4 mərhələdə yerinə yetirilir:

- seçib ayırma;
- analiz;
- interpretasiya (şərh);
- tövsiyə.

Deyilənlərlə yanaşı torpaq nümunələrinin götürülməsi də vacib məsələdir. Amma, torpağın tərkibinin geterogenliyinə (müxtəlif cinsli) görə məkanda güclü dəyişkənlik mövcuddur və nümunə seçiminin təmsil edə bilmə qabiliyyətinə olan tələbat həmişə yerinə yetirilmir. Digər tədqiqatlarda torpağın azot və fosforla çirklənmə dərəcəsinin sınaq tədqiqatları zamanı torpaq nümunəsinin aşağıdakı şəkildə götürülməsinin qaydaları məsləhət görülür[88]:

3.3.1. Nümunələr torpağın üst qatından, bağ sahələrindən 6 düym qalınlıqda və ya başqa torpaq sahələrindən 2 düym qalınlıqda götürülməlidir.

3.3.2. Kompozit sınaq nümunəsi 5-10 nöqtədən götürülmüş nümunələrlə qarışdırılmaqla götürülməlidir.

3.3.3. Hər sınaq sahəsindən ən azı 3 kompozit nümunə götürmək lazımdır.

3.3.4. Böyük torpaq sahələri (100 fut x 100 fut) kiçik sınaq sahələrinə bölünməlidir.

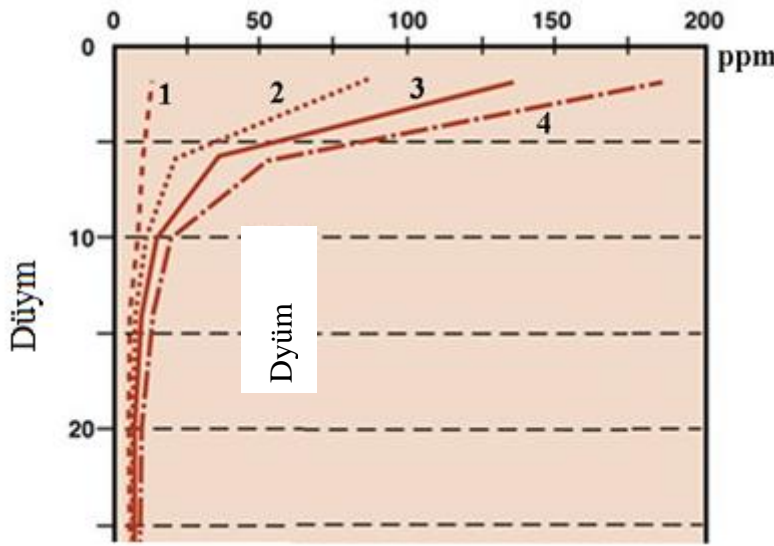
Bəzi mənbələrdə torpaqda azotun olmasına səbəb kimi aşağıdakılar göstərilmişdir[68]:

- qeyri-üzvi gübrələr;
- atmosfer yağıntıları;
- əkin toxumları;
- simbiotik bioloji fiksasiya;
- qeyri-simbiotik bioloji fiksasiya.

Azotun torpaqdan təmizlənməsinin aşağıdakı konseptual istiqamətləri mövcuddur:

- toxumun təmizlənməsi;
- drenaj iřləri;
- gübrələrin buxarlanması;
- denitrifikasiya.

Həmin tədqiqatlarda göstərildiyi kimi torpaqda fosfor üzvi və qeyri-üzvi formada mövcud olur. Bir çox torpaq növlərində fosfor qeyri-üzvi formada 50-70 % olur. Torpağın fosforla çirklənmə dərəcəsinin sınağının aparılması zamanı fosforun dərinlik üzrə qeyri-bərabər paylanması nəzərə alınmalıdır (řekil 3.3.1).



řekil. 3.3.1. Azotun konsentrasiyasının  lcm  dərinliyindən v  axırncı 10 il ərzində torpağa daxil edilmiř gübrələrin miqdarından asılılığı[68]:
1 - gübrə yoxdur, 2 – 40 funt P/akr/ il, 3 – 90 funt P/akr/ il, 4 – 110 funt P/akr/il

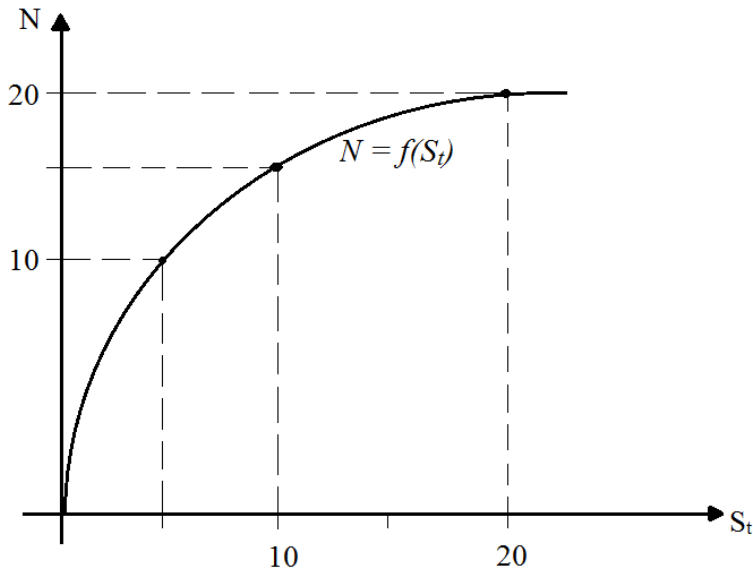
řekil 3.3.1-də göstərilən qrafiklərdən göründüyü kimi sınaq  lcm ləri həyata keçirilən zaman torpaqda P-nin konsentrasiyasının dərinlik üzrə daxil edilmiř gübrələrin miqdarından asılı olaraq güclü qeyri-bərabərliyini nəzərə almaq lazımdır.

Mənbə [58, s.2-84]-də göstərildiyi kimi nümunələr götürülən sahələrin  l l ri bir akr-dan (0,4047 ha) 15 akr- a qədər d yiř  bilər. Bu zaman kompozit nümunələr

üçün götürülmüş nöqtələrin sayı sınaq yerlərinin sahəsindən asılı olaraq aşağıdakı kimi dəyişir:

- 20 akr sınaq sahəsində 20 nöqtədən;
- 10 akr sınaq sahəsində 15 nöqtədən;
- 5 akr sınaq sahəsində 10 nöqtədən.

Nümunə götürülən nöqtələrin sayının (N) sınaq yerlərinin sahəsindən (S_i) asılılığı şəkil 3.3.2-də göstərilmişdir.



Şəkil 3.3.2. Ölçü nöqtələrinin sayının sınaq yerlərinin sahəsindən asılılığı
[58, s.2-84]

Bu qanunauyğunluğun nə qədər əsaslandırılmış olduğunu müəyyən etmək üçün tutaq ki, çoxlu sayda sınaq sahələri vardır:

$$S = \{S_i\} ; i = \overline{1, n} .$$

Hər bir S_i sınaq sahəsində N_i sayda ölçmə həyata keçirilir, yəni $N_i = f(S_i)$ şərti ödənilir. Bir ölçmədə informasiyanın miqdarı (M_i) belə təyin edilir:

$$M_1 = \log_2 \frac{U_m(S)}{\Delta}. \quad (3.3.1)$$

Burada $U_m(S)$ -ölçmənin maksimum signalının sınaq sahəsinin ölçüsündən asılılığı;

Δ -ölçülən signalın kvantıdır.

N_i sayda ölçü zamanı informasiyanın miqdarı aşağıdakı kimi hesablanır:

$$M(N_i) = f(S_i) \cdot \log \frac{U_m(S_i)}{\Delta}. \quad (3.3.2)$$

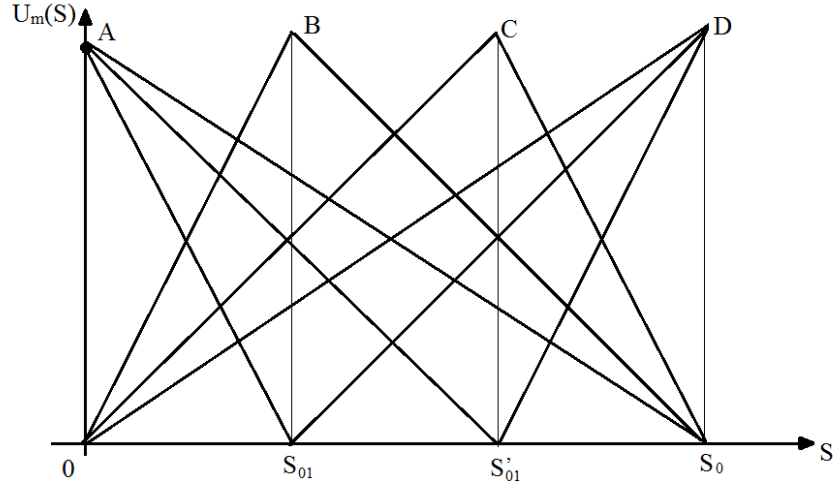
(3.3.2)-ni bütün S_i üzrə inteqralladıqdan sonra alırıq:

$$M_\Sigma = \int_0^{S_m} f(S) \cdot \log_2 \frac{U_m(S)}{\Delta} dS. \quad (3.3.3)$$

$U_m(S)$ - ə verilən aşağıdakı məhdudlaşdırma şərtinə baxaq:

$$M[U_m(S)] = \int_0^{S_m} U_m(S) dS = C_1; C_1 = const \quad (3.3.4)$$

(3.3.4) məhdudlaşdırıcı şərtin mənası ondan ibarətdir ki, $U_m(S)$ funksiyasının mümkün dəyişikliklərini xarakterizə edən $AS'_{01}D$; $AS_{01}D$; AOS_0 ; BOS_0 ; COS_0 ; DOS_0 üçbucaqlarının sahələri bərabərdirlər (şəkil 3.3.3)



Şəkil 3.3.3. Məhdudlaşdırmanın (3.3.4) şərtinin həndəsi şərh

Beləliklə də $U_m(S)$ funksiyasının mümkün formaları aşağıdakı funksiyalarla məhdudlaşdırılır:

- 3.3.1. Monoton (xətti) artan funksiya,
- 3.3.2. Monoton (xətti) azalan funksiya,
- 3.3.3. Hissə-hissə monoton funksiya, yəni:
- 3.3.4. $(0 - S_{01})$ intervalında artan, $(S_{01} - S_0)$ intervalında azalan.
- 3.3.5. $(0 - S_{01})$ intervalında azalan, $(S_{01} - S_0)$ intervalında artan.
- 3.3.6. $(0 - S'_{01})$ intervalında artan, $(S'_{01} - S_0)$ intervalında azalan.
- 3.3.7. $(0 - S'_{01})$ intervalında azalan, $(S'_{01} - S_0)$ intervalında artan.

(3.3.4) və (3.3.5) ifadələrini nəzərə almaqla şərtsiz variasiya optimallaşdırma tənliyini

$$M_{\Sigma} + \lambda \cdot M[U_m(S)] = \int_0^{S_m} f(S) \log_2 \frac{U_m(S)}{\Delta} dS + \lambda \left[\int_0^{S_m} U_m(S) dS - C_1 \right]. \quad (3.3.5)$$

kimi təqdim edə bilərik.

Burada λ -Laqranj vuruğudur.

Eyler qaydasına əsasən $U_m(S)$ optimal funksiyası aşağıdakı şərtədən hesablanabilir:

$$\frac{d\left\{f(S)\log_2 \frac{U_m(S)}{\Delta} + \lambda[U_m(S) - C_1]\right\}}{dU_m(S)} = 0. \quad (3.3.6)$$

Baxılan optimallaşdırma məsələsinin həlli aşağıdakı şəkildə alınmışdır :

$$f(S) = C_2 \cdot U_m(S). \quad (3.3.7)$$

$$C_2 = \frac{1}{C} \int_0^{S_m} f(S) dS \quad (3.3.8)$$

Beləliklə (3.3.4) və (3.3.8) məhdudiyət şərtləri ödənilən halda bütün S_i sahələrində aparılan cəm ölçmələrin sayı (3.3.7) düsturu ilə hesablanmalıdır.

Beləliklə, $f(s)$ funksiyasının tapılması məsələsinin həlli sınaq sahəsində aparılan ölçmə nəticəsində alınan optimal siqnalın tapılması məsələsinə ekvivalentdir. Digər tədqiqatların nəticələrinə uyğun olaraq torpaqdan və ya torpaq örtüyündən istifadənin tipi və torpaq üzərindəki suyun keyfiyyəti ilə bir tərəfdən, azot və fosforun konsentrasiyaları arasında digər tərəfdən sıx əlaqə mövcuddur [95]. Həmin araşdırmalarda qeyri-nöqtəvi çirklənmə əmsalına görə aşağıdakı zonalar ayrılmışdır:

- 1-azot və fosforla qeyri-nöqtəvi çirklənmə əmsalı 5 %-dən az olmayan zonalar;
- 2-bu əmsal - 5 %-dən 5 %-ə dək qiymətə malik olan zonalar;
- 3-bu əmsal - 5%-dən az olan zonalar.

Qeyd edilməlidir ki, qeyri-nöqtəvi çirklənmə əmsalı aşağıdakı kimi təyin edilir[95]:

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^m b_i x_i. \quad (3.3.9)$$

Burada X_i -torpaqdan istifadənin baxılan növləri;

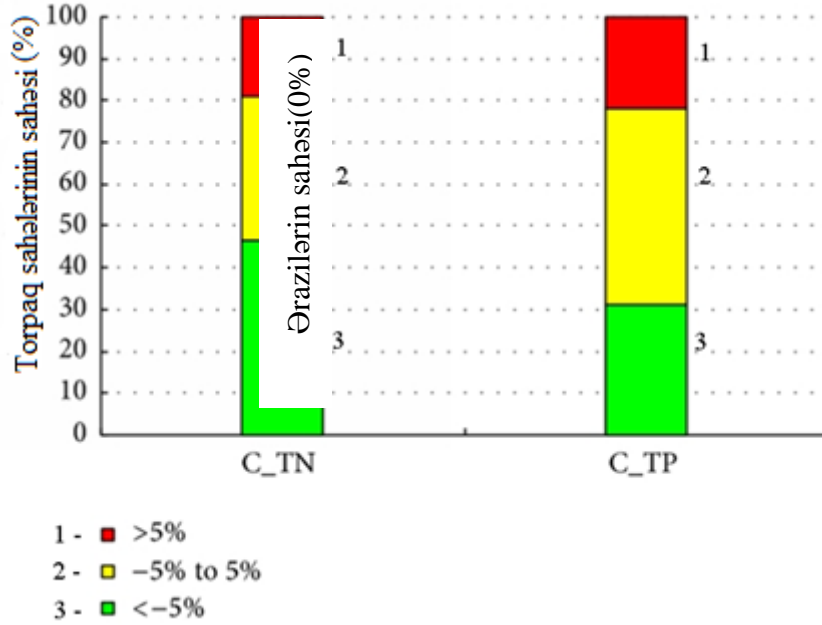
y - qeyri-nöqtəvi çirklənmə indeksi;

m - növlərin sayı;

$b_0 = \text{const}$;

b_i - regressiya əmsalıdır.

Tədqiq edilən regionun bu cür zonalara bölünməsi üzrə (3.3.5)-də alınmış nəticələr qrafik olaraq şəkil 3.3.4-də göstərilmişdir.



Şəkil 3.3.4. Tədqiqat ərazilərin azot (N) və fosforla (P) çirklənmə zonalarına bölünməsi: (1) qeyri-nöqtəvi çirklənmə əmsalı + 5 %-dən yuxarı hədlərdə dəyişən zonalar; (2) -5% ÷ +5% hədlərdə; (3) -5% - dən aşağı olan hədlərdə

Yuxarıda deyilənləri nəzərə almaqla torpaqda N və P -nin konsentrasiyasının təyini məqsədilə sınaq sahələrinin ölçüsünün təklif olunan optimal seçilməsi üsuluna baxaq. Tutaq ki, "1" tipli potensial sınaq sahələri üçün aşağıdakı məhdudlaşdırıcı şərt verilmişdir (şəkil 3.3.3-ə bax);

$$S(N_1) \cdot N_1 + S(P_1) \cdot P_1 \leq A_1. \quad (3.3.10)$$

Burada $S(N_1)$ - çirklənmə əmsalı 5 %-dən yuxarı azotla çirklənmiş sınaq yerinin sahəsi;

N_1 -azotun müvafiq konsentrasiyası;

$S(P_1)$ -çirklənmə əmsalı 5 %-dən yuxarı fosforla çirklənmiş sınaq yerinin sahəsi;

P_1 -fosforun uyğun konsentrasiyası;

$A_1 = \text{const}$ verilmiş qiymətdir.

Analoji olaraq, "2" və "3" tipli sahələr üçün aşağıdakı bərabərsizliyi yazmaq olar (şəkil 3.3.4-ə bax):

$$S(N_2) \cdot N_2 + S(P_2) \cdot P_2 \leq A_2; \quad A_2 = \text{const}, \quad (3.3.11)$$

$$S(N_3) \cdot N_3 + S(P_3) \cdot P_3 \leq A_3; \quad A_3 = \text{const}. \quad (3.3.12)$$

Bununla da aşağıdakılar doğru olur:

$$S(N_1) = S(N_2) = S(N_3) = S(N), \quad (3.3.13)$$

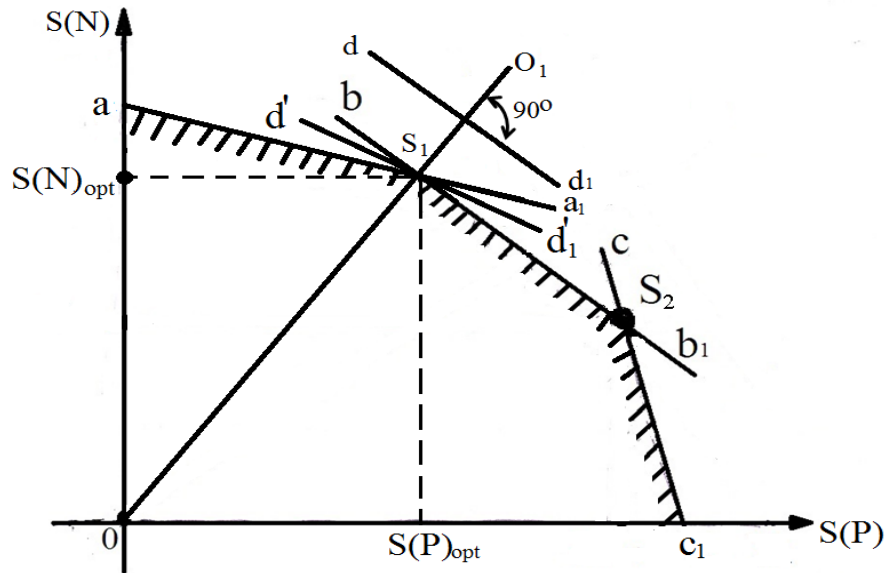
$$S(P_1) = S(P_2) = S(P_3) = S(P). \quad (3.3.14)$$

(3.3.10), (3.3.11), (3.3.12) məhdudiyyətləri verildiyi halda aparılan optimallaşdırmanın məqsəd funksiyası $S(N)$ və $S(P)$ sahələrinin orta çirklənməsi mənasını verir, yəni

$$F = S(N) \cdot \left(\frac{\sum N_i}{3} \right) + S(P) \cdot \left(\frac{\sum P_i}{3} \right). \quad (3.3.15)$$

$F \rightarrow \max$

Məsələnin xətti proqramlaşdırma üsulu ilə ifadə edilmiş şərti qrafiki həlli şəkil 3.3.5-də göstərilmişdir.



Şəkil 3.3.5. Sınaq sahələrinin optimal qiymətləndirilməsi üçün formulə edilmiş xətti proqramlaşdırma məsələsinin şərti qrafiki həlli:

$aa_1; bb_1; cc_1$ - (3.3.10), (3.3.11), (3.3.12) şərtlərinə uyğun məhdudlaşdırıcı parçalar;
 OO_1 - mərkəzi xətt ($F=0$ olduqda, (3.3.13) ifadəsindən formalaşan mərkəzi xətt);
 $dd_1; d'd'_1$ - sürüşdürülmüş dayaq müstəvilərinin əsası;
 S_1, S_2 - düyün nöqtələri;
 $S(N)_{opt}; S(P)_{opt}$ - axtarılan sahələrin optimal qiymətləri.

Bununla da optimallaşdırma məsələsinin təklif edilmiş həlli (3.3.13) və (3.3.14) ifadələrinə uyğun olaraq sınaq ölçmələrinin aparılması üçün 2 ədəd $S(N)$, $S(P)$ sahələrinin seçilməsinə imkan verir.

Beləliklə bir neçə məhdudiyət şərti daxilində ölçü nöqtələrinin sayının sınaq ərazisinin sahəsindən asılılığının optimal növünün təyini məsələsi həll edilmiş və dürüst ifadə olunmuşdur.

P -nin və N -nin konsentrasiyalarının müəyyən edilməsi üçün sınaq yerlərinin sahələrinin optimal seçilməsi məsələsi öz həllini tapmışdır.

3.4. Torpağın ağır metallarla çirklənmə dərəcəsinin qiymətləndirilməsində inteqral göstəricinin işlənməsi

Bəzi tədqiqatlarda göstərildiyi kimi gübrə, pestisidlər, axar suların üzvi çöküntüləri və s. kimi qeyri-nöqtəvi çirklənmə mənbələri kənd təsərrüfatı torpaqlarının ağır metallarla çirklənməsinə səbəb olur [32, s.127-134]. Bununla belə istilik elektrik stansiyalarının tullantıları, müxtəlif zibil tullantılarından, yol-nəqliyyat təsərrüfatından yaranan emissiya kimi antropogen istehsal faktorları da həmçinin müxtəlif metallarla çirklənməyə gətirib çıxarır.

Torpağın dörd növünə görə ağır metalların paylanması keyfiyyətcə müxtəlifdir və aşağıdakı kimi təqdim edilir [32, s.127-134]:

-minerallaşmış torpaq: $As(87,5) > Cd(72\%) > Pb(65\%) > Zn(60\%) >> Cu(54\%);$

-şəhər torpağı: $As(80\%) > Zn(60\%) > Cd(60\%) > Pb(35\%) > Cu(54\%);$

-kənd təsərrüfatı torpağı: $As(90\%) > Pb(60\%) > Zn(50\%) > Cd(40\%) >>>> Cu(54\%);$

-meşə torpağı: $As(76\%) > Pb(44\%) > Zn(17\%) > Cd(17\%) > Pb(13\%) > Cu(7,4\%).$

Yuxarıda sadalananlardan başqa kənd təsərrüfatı torpaqlarının ağır metallarla çirklənməsinin əsas mənbələrindən biri axar sulardan istifadə etməklə irriqasiya (süni suvarma) işlərinin aparılması, həmçinin müxtəlif tullantıların kütləvi yandırılmasıdır [99].

Başqa müəlliflərin göstərdiyi kimi, torpağın qurğuşunla (Pb) çirklənməsi əsasən bu metalın yanacaqda antidetonasiya agentı kimi istifadə olunmasıdır [67]. *Cd*, *Zn*, *Ni* kimi elementlərlə çirklənmə pnevmatik qurğular və nəqliyyat vasitələrində müxtəlif yağların geniş miqyasda istifadəsi nəticəsində baş verir. Elektrik aparatlarından geniş istifadə olunması mislə çirklənməyə səbəb olur, manqanla çirklənmə isə, əsasən təbii mənbələrdən yaranır.

Başqa tədqiqatlarda ağır metallarla torpağın çirklənmə dərəcəsinin ilin fəslindən, yəni torpağı yuyan güclü yağışların intensivliyindən nəzərəcarpacaq

dərəcədə asılı olduğu göstərilmişdir[82, s.584-601]. Belə ki, yağıntı vaxtı ağır metalların torpaqda konsentrasiyası (miqdarı) 30-50 % azala bilər.

Torpağın ağır metallarla yeddi kateqoriya üzrə çirklənmə dərəcəsini qiymətləndirmək üçün adətən Geoakkumulyasiya indeksi (I_{geo}), göstəricisindən istifadə olunur və aşağıdakı düsturdan istifadə etməklə hesablanır [82, s.584-601]:

$$I_{geo} = \log_2 \left(\frac{C}{1,5 \cdot B} \right) \quad (3.4.1)$$

Burada C - torpağın yuxarı qatında ağır metalın konkret növünün ölçülən konsentrasiyası;

B - torpaqda həmin elementin fon konsentrasiyasıdır.

I_{geo} indeksi üzrə yerin çirklənmə dərəcələri cədvəl 3.4.1-də göstərilmişdir.

Cədvəl 3.4.1.

I_{geo} indeksi üzrə torpağın çirklənmə dərəcələri [82, s.584-601]

I_{geo} dərəcələr	I_{geo} qiymətləri	Çirklənmə dərəcəsi
0	$I_{geo} \leq 0$	Çirklənməyib
1	$0 < I_{geo} < 1$	Çirklənməyib/ orta çirklənib
2	$1 < I_{geo} < 2$	Orta çirklənib
3	$2 < I_{geo} < 3$	Orta / güclü çirklənib
4	$3 < I_{geo} < 4$	Güclü çirklənib
5	$4 < I_{geo} < 5$	Güclü/ ekstremal çirklənib
6	$5 < I_{geo}$	Ekstremal çirklənib

Bundan başqa torpağın ağır metallarla çirklənmə dərəcəsi Nemero indeksi vasitəsilə təyin olunur və aşağıdakı düsturla hesablanır[99]:

$$N = \sqrt{\frac{\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i\right)^2 + [\max(P_i)]^2}{2}}, \quad (3.4.2)$$

$$P_i = \frac{C_i}{B_i}, \quad (3.4.3)$$

Burada C_i -ağır metalın i -seriyalı faktiki ölçülən konsentrasiyası (mq/kq);
 B_i - həmin ağır metalın fon konsentrasiyasıdır.

N indeksi üzrə torpağın çirklənmə dərəcələri cədvəl 3.4.2-də verilmişdir [99].

Cədvəl 3.4.2.

N indeksi üzrə torpağın çirklənmə dərəcələri [99]

Dərəcələr	N	Çirklənmə dərəcələri
I	$p \leq 0,7$	Əla
II	$0,7 < p \leq 1,0$	Təmiz
III	$1 < p \leq 2,0$	Yüngül çirklənib
IV	$2,0 < p \leq 3,0$	Orta çirklənib
V	$p > 3,0$	Ağır çirklənib

Sonra yuxarıda göstərilən hər iki göstəricini özündə birləşdirən ağır metallı torpağın çirklənmə dərəcələrinin yeni göstəricilərinin sintezi məsələsinə baxılır [29, s.36-41].

(3.4.1) ifadəsini nəzərə almaqla alırıq ki,

$$\frac{C}{B} = 1,5 \cdot 2^{I_{geo}}. \quad (3.4.4)$$

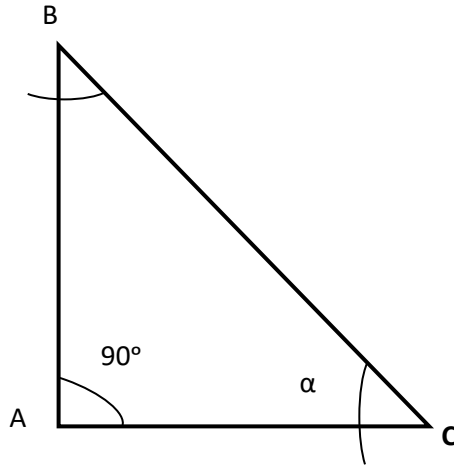
Bütün ağır metallar üçün (3.4.4) düsturunu tətbiq etməklə, həm də $C_i = C$ və $B_i = B$ qəbul etməklə (3.4.2), (3.4.3), (3.4.4) ifadələrindən aşağıdakını alırıq:

$$N = \sqrt{\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 1,5 \cdot 2^{I_{geo.i}}\right)^2 + \left(1,5 \cdot 2^{I_{geo.max}}\right)^2} \quad (3.4.5)$$

Nəticə etibarını ilə N və I_{geo} göstəriciləri arasındakı qarşılıqlı əlaqə şəkil 3.4.1-də göstərilən ABC üçbucaqlı fiqurunda aydınlaşır, hansı ki, aşağıdakılar qəbul olunur:

$$AB = 1,5 \cdot 2^{I_{geo.max}} ; BC = N ; AC = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 1,5 \cdot 2^{I_{geo.i}} .$$

Yuxarıdakı ifadələri nəzərə almaqla torpağın ağır metallarla çirklənməsinin α və β bucaqları şəklində universal indeks dərəcəsini təklif etmək olar.



Şəkil 3.4.1. N və I_{geo} indekslərinin qarşılıqlı əlaqəsini aydınlaşdıran düzbucaqlı üçbucaq

Şəkil 3.4.1-də göstərilən üçbucaqdan aşağıdakıları alırıq:

$$\cos \alpha = \frac{1,5 \cdot \sum_{i=1}^n 2^{I_{geo.i}}}{n \cdot N} , \quad (3.4.6)$$

$$\sin \alpha = \frac{1,5 \cdot 2^{I_{geo.max}}}{N}, \quad (3.4.7)$$

$$tg\beta = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 2^{I_{geo.i}}}{2^{I_{geo.max}}} \quad (3.4.8)$$

Əgər $\Delta I_{geo.i} = I_{geo.i} - I_{geo.max}$ kimi ifadə etsək, onda (3.4.8) düsturunu aşağıdakı şəkildə yazmaq olar:

$$tg\beta = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 2^{\Delta I_{geo.i}}. \quad (3.4.9)$$

Pifaqor teoreminə əsasən ABC üçbucağından (şəkil 3.4.1) alırıq:

$$1,5 \cdot 2^{I_{geo.max}} = \sqrt{N^2 - \frac{1}{n^2} \left(\sum_{i=1}^n 1,5 \cdot 2^{I_{geo.i}} \right)^2}, \quad (3.4.10)$$

və ya

$$I_{geo.max} = \log_2 \sqrt{\frac{N^2}{1,5^2} - \frac{1}{n^2} \left(\sum_{i=1}^n 2^{I_{geo.i}} \right)^2}. \quad (3.4.11)$$

(3.4.6) və (3.4.7) ifadələri əsasında aşağıdakı invariantı dürüst ifadə etmək olar:

$$\left(\frac{1,5 \cdot \sum_{i=1}^n 2^{I_{geo.i}}}{n \cdot N} \right)^2 + \left(\frac{1,5 \cdot 2^{I_{geo.max}}}{N} \right)^2 = 1. \quad (3.4.12)$$

Beləliklə, alınmış (3.4.6)-(3.4.12) düsturları torpağın ağır metallarla çirklənməsinin geniş istifadə olunan N və I_{geo} indekslərinin qarşılıqlı əlaqəsini tam müəyyən edir.

$I_{geo.max}$ və N göstəriciləri arasındakı optimal qarşılıqlı əlaqənin tapılması haqqında məsələyə baxaq. Optimallıq şərti kimi aşağıdakı inteqral kriteriyanı seçirik:

$$\gamma = \frac{1}{1,5} \cdot \int_0^{N_{max}} \sin \alpha(N) dN . \quad (3.4.13)$$

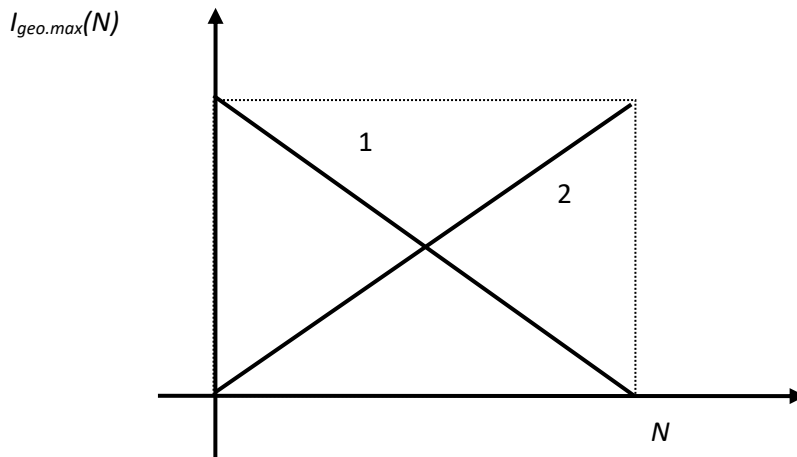
(3.4.7) və (3.4.13) nəzərə alınmaqla alırıq:

$$\gamma = \int_0^{N_{max}} \frac{2^{I_{geo.max}(N)}}{N} dN . \quad (3.4.14)$$

Şərtsiz variasiyalı optimallaşdırma məsələsini tərtib etmək üçün aşağıdakı məhdudiyyət şərti seçilir:

$$\int_0^{N_{max}} I_{geo.max}(N) dN = C , \quad C = const . \quad (3.4.15)$$

(3.4.15) məhdudiyyətini sözlə ifadə etsək, deyə bilərik ki, $I_{geo.max}(N)$ funksiyası birinci yaxınlaşmada təxminən xətti artan və ya azalan funksiyalarla $[0; N_{max}]$ intervalında uyğunlaşdırılır (şəkil 3.4.2).



Şəkil 3.4.2.(3.4.15) məhdudiyət şərtinin sxematik təsviri

1) $I_{geo.max}(N) = I_{geo.max.0} - kN$ tipli funksiyadır.

(Burada $k = \frac{I_{geo.max.0}}{N_{max}}$);

2) $I_{geo.max}(N) = kN$ tipli funksiyadır.

(3.4.14) və (3.4.15) ifadələrini nəzərə almaqla aşağıdakı şərtsiz variasiyalı optimallaşdırma funksiyasını formalaşdırırıq:

$$F = \int_0^{N_{max}} \frac{2^{I_{geo.max}(N)}}{N} dN + \lambda \int_0^{N_m} I_{geo.max}(N) dN. \quad (3.4.16)$$

Eyler metoduna görə optimallaşdırma məsələsinin həlli, yaxud $I_{geo.max}(N)$ optimal funksiyası aşağıdakı şərtləri ödəməlidir:

$$\frac{d \left\{ \frac{2^{I_{geo.max}(N)}}{N} + \lambda \cdot I_{geo.max}(N) \right\}}{dI_{geo.max}(N)} = 0. \quad (3.4.17)$$

Burada λ – Laqranj vuruğudur.

(3.4.17) şərtindən ehtimalda Laqranj vuruqlarının mənfi qiyməti haqqında aşağıdakını alırıq:

$$\frac{2^{I_{geo.max}(N)} \cdot \ln 2}{N} = |\lambda|. \quad (3.4.18)$$

(3.4.18) ifadəsindən tapırıq ki,

$$2^{I_{geo.max}(N)} = \frac{|\lambda| \cdot N}{\ln 2}. \quad (3.4.19)$$

(3.4.18) ifadəsini loqarifmlədikdən sonra tapırıq:

$$I_{geo.max}(N) = \log_2 \frac{|\lambda| \cdot N}{\ln 2} = \log_2 |\lambda| + \log_2 \left(\frac{N}{\ln 2} \right). \quad (3.4.20)$$

(3.4.20) və (3.4.15) ifadələrindən alırıq:

$$|\lambda| = 2^{\frac{1}{N_m} \left[C - \int_0^{N_m} \log_2 \left(\frac{N}{\ln 2} \right) dN \right]}. \quad (3.4.21)$$

(3.4.18) ifadəsini nəzərə almaqla tapırıq:

$$I_{geo.max}(N) = \log_2 \left[\frac{|\lambda \cdot N|}{\ln 2} \right], \quad (3.4.22)$$

Beləliklə, (3.4.13) inteqral göstəricisinin funksional xüsusiyyətləri aydınlaşdırılır və aparılmış analiz göstərir ki, (3.4.22) funksional asılılığı ödənildikdə, γ ekstremal qiymət alır.

Ekstremumun tipini aydınlaşdırmaq üçün aşağıdakı ifadəni hesablayıb və əmin olmaq kifayətdir ki,

$$\frac{d^2 \left\{ \frac{2^{I_{geo.max}(N)}}{N} + \lambda \cdot I_{geo.max}(N) \right\}}{dI_{geo.max}(N)^2}$$

ifadəsi müsbətdir.

Bu səbəbdən də təklif olunan (3.4.13) çirklənmənin inteqral göstəricisi (3.4.22) şərti ilə minimal qiymətə çatır.

Beləliklə, tərkibində ağır metallar olan torpağın təklif olunan iki çirklənmə göstəricisindən birincisi ($\sin \alpha$) indi istifadə olunan çirklənmə göstəricisini əks

etdirir, ikinci inteqral göstərici isə məlum çirklənmə göstəriciləri arasındakı bir neçə asılılıq təmin edildikdə, minimum həddə çatır.

3.5. Torpaq sahələrinin ağır metallardan təmizlənməsi üzrə fitoremediasiya proseslərinin kompleks optimallaşdırılması

Yaxşı məlumdur ki, fitoremediasiya torpaq sahələrinin ağır metallardan təmizlənməsinə imkan verən, ekoloji cəhətdən ən təmiz olan texnologiyadır. Torpağın Pb və Cd kimi ağır metallarla çirklənmə mənbələrindən ən əsasları kimi yüksək toksikliyə malik olan irriqasiya sularını göstərmək olar.

Hal-hazırda fitoremediasiyanın yerinə yetirilməsi üçün bu və ya digər bitki növündən istifadə edilməsinə dair xeyli miqdarda elmi araşdırmalar mövcuddur. Həmçinin fitoremediasiya prosesinin optimallaşdırılması üzrə bir sıra təkliflər irəli sürülmüşdür. Məsələn, mənbə [32, s.127-134]-də fitoekstraksiyanın artırılması və həmçinin, istifadə edilən bitkinin tolerantlığının yüksəldilməsi üçün EDTA (etilen-diamen tetraasetat) göstəricisindən optimal istifadə edilməsi məsələsinə baxılmışdır. Mənbə [87, s. 75-79]-da torpaqda Cd və Zn-in konsentrasiyası nəzərə alınmaqla və həmçinin, pH nəzərə alınmaqla bu metalların torpaqdan optimal xaric edilməsi məsələsi nəzərdən keçirilmişdir. Mənbə [29,s.36-41]-də torpağın çirklənmə konsentrasiyası və fitoremediasiya prosesinin davamiyyəti nəzərə alınmaqla Ni-in torpaqdan optimal xaric edilməsi məsələsinə baxılmışdır. Mənbə [67]-də fitoremediasiyanın effektivliyini artırmaq üçün çirklənmiş torpağa üzvi maddələrin optimal əlavə edilməsi nəzərdən keçirilmişdir.

Ümumilikdə qeyd etmək lazımdır ki, fitoremediasiyanın optimallaşdırılması sahəsində tədqiqatlar sistemləşdirilməmiş qaydada aparılır və elə xüsusi texnoloji məsələlər nəzərdən keçirilir ki, bunların həlli fitoremediasiyanın effektivliyini artırmış olsun.

Bununlada belə qənaətə gəlmək olur ki, fitoremediasiyanın optimallaşdırılması sahəsində göstərilən səylərin sistemləşdirilməsi və bir nəticə olaraq, bu və ya digər dərəcədə ağır metallarla çirklənmiş torpaq sahələrinin təmizlənməsi prosesinin kompleks şəkildə optimallaşdırılmasının yerinə yetirilə bilməsi zəruri məsələlərdən biridir.

Təklif edilən kompleks optimallaşdırma metodunun izahından əvvəl fitoremediasiya texnikasında istifadə edilən əsas göstəriciləri və bir çox elmi nəşrlərdə tədqiq edilən asılılıqları nəzərdən keçirək.

Fitoremediasiya prosesində istifadə edilən əsas göstəricilər aşağıdakılardır:

1. Aşağıdakı kimi müəyyənləşdirilən translokasiya əmsalı:

$$TF = \frac{C_{sh}}{C_r} \cdot \quad (3.5.1)$$

Burada C_{sh} -bitkinin budaqlarında və cücərtilərində olan metalın konsentrasiyasıdır (mq/kq);

C_r - bitkinin köklərində olan metalın konsentrasiyasıdır (mq/kq).

2. Bioakkumulyasiya əmsalı (BAF) aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$BAF = \frac{C_{sh}}{C_s} \cdot \quad (3.5.2)$$

Burada C_s - torpaqda olan metalın konsentrasiyasıdır.

3. Metalın ekstraksiya nisbəti (MER) aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$MER = \frac{C_p \cdot M_p}{C_s \cdot M_r} \cdot \quad (3.5.3)$$

Burada C_p - yığılmış biokütlədə olan metalın biokonsentrasiyası;

M_p - yığılmış biomaterialın kütləsi;

C_s - torpaqda olan metalın konsentrasiyası;

M_r - biomaterialdan istifadə etməklə emal edilən torpağın kütləsidir.

Fitoremediasiya üzrə işləri yerinə yetirərkən tədqiq edilən və təklif edilən optimallaşdırma proseduru üçün müəyyən maraq doğuran əsas funksional asılılıqlar aşağıdakılardan ibarətdir:

1. Bitki budaqlarının çəkisinin (P_{sh}) torpaqda olan ağır metalların konsentrasiyasından asılılığı:

$$P_{sh} = f_1(C_s). \quad (3.5.4)$$

2. Translokasiya faktorunun torpaqda olan metalın konsentrasiyasından asılılığı:

$$TF = f_2(C_s). \quad (3.5.5)$$

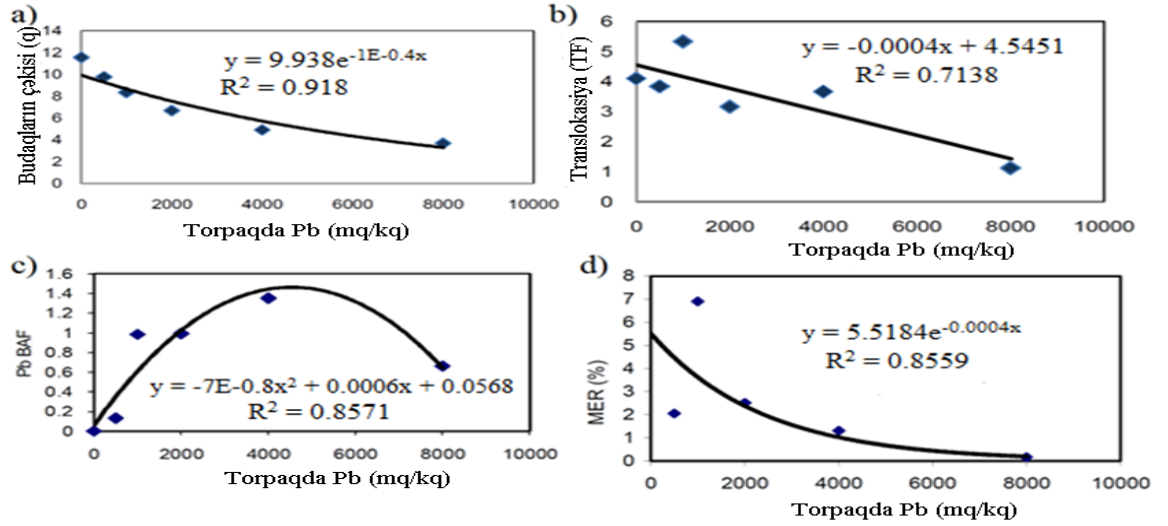
3. Bioakkumulyasiya əmsalının torpaqda olan ağır metalların konsentrasiyasından asılılığı:

$$BAF = f_3(C_s). \quad (3.5.6)$$

4. Metalın ekstraksiya nisbətinin torpaqda olan metalın konsentrasiyasından asılılığı:

$$MER = f_n(C_s). \quad (3.5.7)$$

Nümunə olaraq şəkil 3.5.1 (a,b,c,d)-də (3.5.4)-(3.5.6) funksiyalarının tipik əyriləri verilmişdir. Bu əyrilər mənbə [32, s.127-134]-də Cd və Pb kimi ağır metallar üçün eksperimental olaraq alınmışdır. Fitoekstraktor kimi *A littoralis* tipli bitki istifadə edilmişdir.



Şəkil 3.5.1. Müxtəlif parametrlərin torpaqdakı ağır metalların konsentrasiyasından asılılığı: a) budaqların çəkisi; b) translokasiya faktoru; c) bioakkumulyasiya əmsalı; d) metalın ekstrasiya nisbəti [32, s.127-134]

Fitoremediasiya prosesinin optimallaşdırılması üçün təklif edilən metodika nizamlanmış S çoxluğunun elementlərinə münasibətdə fitoremediasiya nəticələrinin birgə nəzərdən keçirilməsini nəzərdə tutur.

$$S = \{s_j\}; j = \overline{1, n}; s_{j+1} > s_j > s_{j-1}$$

Burada S_j -j-ci çirklənmiş ərazinin sahəsidir.

Təklif edilən optimallaşdırma metodikasında aşağıda göstərilən məhdudiyyət şərti qəbul edilir:

$$F_1 = \int_0^{S_m} x(s)ds = C_1 = const \quad (3.5.8)$$

Burada $x(s)$ - metalın konsentrasiyasının sahədən asılılıq funksiyasıdır.

Yuxarıdakı (3.5.8) şərti fiziki olaraq baxılan çirkli sahələrdə mövcud olan ağır metalların cəm miqdarının sabitliyi şərtini göstərir. Bu şərt onunla izah edilir ki, torpaq sahələrinin hansı qaydada bölünüb seçilməsindən asılı olmayaraq, baxılan torpaq sahəsində çirklənmə mənbəyinin çirkləndirmə qabiliyyəti eyni olduğu üçün, cəm çirkləndirici metalın miqdarı sabit qalır.

Fitoremediasiyanın (3.5.4)-(3.5.7) funksiyaları ilə ifadə edilmiş cəm göstəricilərinin qiymətləndirilməsi üçün ümumiləşdirilmiş Z göstəricisindən istifadə edək. Z göstəricisi belə təyin edilir:

$$Z = \int_0^{S_m} f_j(x(s)) \cdot s ds . \quad (3.5.9)$$

Burada $x = C_s$.

(3.5.8) və (3.5.9) ifadələri nəzərə alınmaqla qeyri-şerti variasiya optimallaşdırılmanın vahid funksionalını belə tərtib etmək olar:

$$M = \lambda \cdot F_1 + Z = \int_0^{S_m} f_j(x(s)) \cdot s ds + \lambda \cdot \int_0^{x_m} x(s) dx . \quad (3.5.10)$$

Eyler metoduna əsasən M funksionalını ekstremal qiymətə çatdıran $x(s)_{opt}$ optimal funksiyası aşağıdakı şərt əsasında təyin edilir:

$$M_1 = \frac{d\{f_j(x(s)) \cdot s + \lambda x(s)\}}{dx(s)} = 0 . \quad (3.5.11)$$

Bu zaman $M_2 < 0$ şərti ödənilmədiyi halda, M maksimuma çatır.

Burada

$$M_2 = \frac{d^2\{f_j(x(s)) \cdot s + \lambda \cdot x(s)\}}{dx(s)^2} . \quad (3.5.12)$$

$M_2 > 0$ olduğu halda isə M minimuma çatır.

Model tədqiqatını yerinə yetirmək üçün ən ümumi halı nəzərdən keçirək. Hesab edirik ki, şəkil 3.5.1 (a) və 3.5.1(d)-də göstərilmiş reqressiya asılılıqları ümumi halda belə yazıla bilər:

$$Y = d_1 e^{-d_2 x} + d_3 . \quad (3.5.13)$$

(3.5.10) və (3.5.13) ifadələri nəzərə alınmaqla yazıla bilər:

$$M = \int_0^{x_m} (d_1 \cdot e^{-d_2 x(s)} + d_3) \cdot s dx + \lambda \cdot \int_0^{x_m} x(s) dx. \quad (3.5.14)$$

(3.5.11) və (3.5.14) ifadələrindən alırıq:

$$M_1 = -d_1 d_2 e^{-d_2 x(s)} \cdot s + \lambda = 0. \quad (3.5.15)$$

(3.5.15) ifadəsindən yazmaq olar ki,

$$x(s) = \frac{1}{d_2} \ln \left(\frac{d_1 d_2 S}{\lambda} \right). \quad (3.5.16)$$

(3.5.8) və (3.5.16) ifadələrindən yazıla bilər:

$$\frac{1}{d_2} \int_0^{s_m} \ln \left(\frac{d_1 d_2 S}{\lambda} \right) ds = C_1. \quad (3.5.17)$$

(3.5.17) ifadəsindən Lagranj vuruğunun ifadəsini yazıla bilər:

$$\lambda = \exp \left[\frac{1}{S_m} \int_0^{s_m} \ln(d_1 \cdot d_2 \cdot S) ds - \frac{d_2 C_1}{S_m} \right]. \quad (3.5.18)$$

Beləliklə, (3.5.16) şərti ödənilməyi halda (3.5.14) funksionalı ekstremal qiymətə çatır. (3.5.12) şərtindən istifadə etməklə göstərmək olar ki, bu ekstremum minimumdur. Deməli, fitoremediasiyanın yüksək effektivliyinin əldə edilməsi üçün x və s kəmiyyətləri arasında əks əlaqə təmin edilməlidir, yəni böyük torpaq sahələrində çirkləndirici ağır metalın konsentrasiyası kiçik olmalı, kiçik torpaq sahələrində isə böyük olmalıdır.

$f_1(C_s)$ funksiyasına münasibətdə bütün torpaq sahələri üzrə istifadə edilən bitkinin budaqlarının ən yüksək çəki göstəricisi əldə edilə bilər. Eyni zamanda, $f_4(C_s)$

funksiyasına münasibətdə bütün sahələr üzrə MER cəm göstəricisinin ən yüksək qiyməti əldə edilə bilər.

Qeyd edək ki, yuxarıda deyilənlərə müvafiq olaraq müxtəlif ölçülü çirklənmiş sahələr çoxluğuna münasibətdə $f_2(C_s)$ və $f_3(C_s)$ funksiyaları üçün fitoremediasiyanın ən yaxşı nəticəsinin alınması şərtləri də tədqiq edilə bilər. Lakin, bu cür tədqiqatlar metodoloji yenilik kəsb etmədiyi üçün, onların nəticələri burada verilmir.

Yekun olaraq qeyd edilməlidir ki, hazırkı bölmədə fitoremediasiya proseslərinin kompleks optimallaşdırılması üzrə işlənmiş metodika iri istehsal zonaları miqyasında torpağın təmizlənməsi məsələlərinin həllinə kompleks yanaşmanı yerinə yetirməyə və baxılan zonanın bütün çirklənmiş sahələrində ağır metalların fitoekstraksiyası üzrə işləri optimal planlaşdırmağa imkan verir.

3.6. Torpağın ağır metallarla diffuz çirklənmə dərəcəsinin təyin edilməsinin eksperimental metodu

Yaxşı məlumdur ki, ağır metalların görünən diapazonda və ya infraqırmızı diapazonda işləyən spektrofotometr vasitəsilə birbaşa miqdarının qiymətləndirilməsi mümkün deyildir, çünki metal ionların əksəriyyəti həmin diapazonlarda əhəmiyyətli xüsusiyyətə malik deyildirlər. Lakin, “d” örtüyü dolmamış Ni, Cu, Ca və Cr kimi metallar kristallik sahə effekti nəticəsində spektral udma xüsusiyyətlərinə malik ola bilərlər. Məsələn, torpağın metalla çirklənməsi 1000 mq/kq-dan az olduqda absorbsiya spektroskopiyası üsulu ilə aşkar edilə bilmirlər. Yalnız filiz maddələri və ya kəskin çirkli sahələrdə çirklənmə konsentrasiyası 4000 mq/kq-dan çox olduqda Cr və Cu absorbsiya xüsusiyyətlərini 610 nm və 830 nm dalğa uzunluqlarında göstərə bilərlər. Çirklənmiş kənd təsərrüfatı torpaqlarında ağır metallarla az və diffuz çirklənmə baş verir və bu çirklənmə dərəcəsinin birbaşa

absorbsiya üsulu ilə spektroskopik tədqiqi mümkün deyildir. Buna görə də çirklənmə dərəcəsini müəyyənləşdirmək üçün dolaylı metodlar istifadə edilir.

Ağır metallar torpağın çirkləndiriciləri kimi kiçik konsentrasiyada rast gəlinirlər (10,00 mq/kq). Qeyri-üzvi maddələr bir qayda olaraq görünən diapazonda və qısa dalğalı infraqırmızı diapazonda udma (absorbsiya) xassələrinə malik deyildirlər. Buna görə də qeyri-üzvi torpaq çirkləndiricilərini və xüsusilə də ağır metalları birbaşa aşkar etmək çətindir. Dolaylı ölçmə metodlarından biri proksimal zondlama (və ya yaxından zondlama) üsuludur. Proksimal zondlamayı uzaq məsafədən zondlamadan fərqləndirmək lazımdır. Proksimal zondlama tədqiqat obyektinin yaxınlığında aparılır (laboratoriyada və ya çöldə) və sensor yalnız obyektin spektrini müəyyən edir. Obyekt günəşlə və ya Volfram-hologen lampası ilə işıqlandırılır, infraqırmızı və ya görünən oblastda əks etmə spektri portativ spektrometrlə ölçülür. Uzaq məsafədən zondlama zamanı isə aşağıdakı prosedurlar həyata keçirilir:

- hiperspektral təsvirlər alınır;
- sensor təyyarə və ya peykdə quraşdırılır;
- ölçmə göstəriciləri sahə üzrə inteqrallaşdırılır.

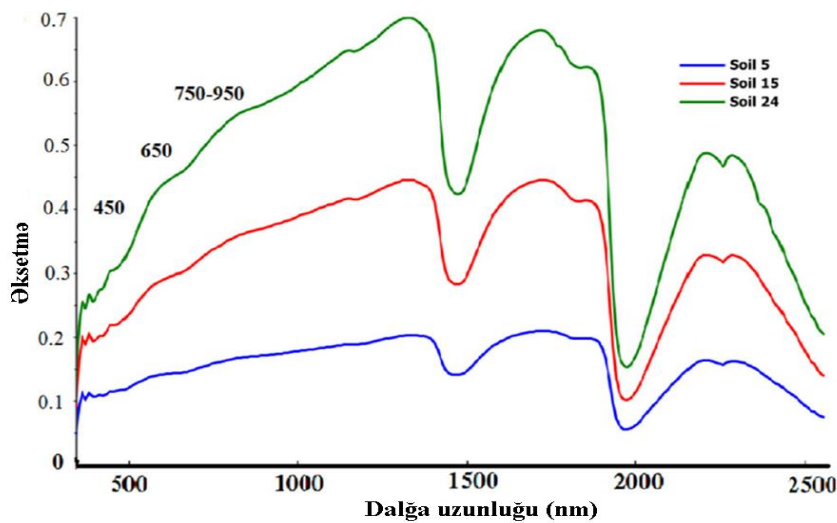
Metalların torpaqlara sorulması əsasən Fe və Al oksidləri, gil mineralları və üzvi maddələr hesabına baş verir. Buna görə də sorulmuş metal ionları ilə həmin spektral aktiv torpaqların tərkib hissələri arasındakı korrelyasiyanın tədqiqinə geniş yer verilir. Burada əsas məsələ həmin torpağın tərkib hissələrinin metal kationlarını sorbsiya etdiyini müəyyənləşdirməkdən ibarətdir. Burada əsas prinsip metal kationlarının (M^{2+}) hidrosilləşdirilmiş sahələrlə əlaqələnməsidir.

Çox çirklənmiş torpaqlarda ROH azala bilər və nəticədə RO arta bilər. Bu öz növbəsində torpağın əks etmə spektrində dəyişikliklərə səbəb olur. Metalın spektral aktiv olan torpaq komponentləri ilə bu cür əlaqəsinə əsaslanaraq çirklənmə dərəcəsinin qiymətləndirilməsi üçün bir sıra üsullar, o cümlədən ən kiçik kvadratlara əsaslanan qismən reqressiya üsulu; prinsipial komponentlər reqressiyası üsulu, çoxsaylı xətti reqressiya üsulu, süni neyron şəbəkəsi üsulu və s. istifadə edilir.

Pb, Zn, As kimi metalların müvafiq olaraq konsentrasiyaları 96-18811; 61-728; 62-826mq·kq⁻¹ olduqda gil və oksidlərin səthində olan hidrosil çərçivəsinin spektral xassəsinin dəyişməsinə səbəb olur, aparılmış təhlil göstərir ki, Pb ilə 610-500 nm diapazonunda udma dərəcəsi arasında, Zn ilə 2200 nm dalğa uzunluğu ətrafında udma dərəcəsi arasında əhəmiyyətli korrelyasiya mövcuddur [45, s.242-253].

Çay çöküntülərində olan Cd 400-530nm diapazonunda, 630 nm dalğa uzunluğunda udma dərəcəsi ilə və 624/564nm absorbsiya nisbəti göstəricisi əsasında korrelyasiya aşkar edilə bilər. Cd, Cu, Ni və Zn kimi metallar orta infraqırmızı oblastda aşkar edilirlər. Pb fenolik hidrosil və ya karboksilik qrupları ilə kompleks təşkil etdiyi üçün 5848nm dalğa uzunluğunda (1710sm⁻¹) aşkar edilir.

Əgər ağır metal təmiz halda görünən, yaxın infraqırmızı və orta infraqırmızı oblastlarda absorbsiya xassəsinə malik olmazsa, bu halda onları dolay yolla, üzvi maddələrlə kompleks yaratdıqda, hidroxid, sulfid, karbonat və ya oksidlər şəklində olmaqla, nəmliklə assosiasiya şəklində aşkar etmək olar və ya gil tərəfindən adsorbsiya edildikdən sonra gilin absorbsiya xassəsindən istifadə etməklə aşkar etmək olar. Şəkil 3.6.1-də müxtəlif dərəcədə ağır metallarla çirklənmiş torpaq nümunələrinin əksətmə spektrləri göstərilmişdir. Bu xarakteristikalardan görüldüyü kimi, görünən diapazonda (350-650 nm) əksətmə siqnalı zəif, 1400, 1900 və 2200 nm dalğa uzunluqları ətrafında isə əks edilmiş siqnal güclüdür.



Şəkil 3.6.1. Ağır metalla müxtəlif konsentrasiyalarla çirklənmiş torpaq nümunələrinin əksetmə spektrləri: 1-kiçik konsentrasiyada çirklənmiş torpaq; 2-orta konsentrasiyada çirklənmiş torpaq; 3-yüksək konsentrasiyada çirklənmiş torpaq [93, s.1-28]

Əksetmə spektrinin tətbiqi nöqtəyi nəzərdən torpaq nümunəsində ağır metalların mövcudluq dərəcəsini təyin etmək üçün iki spektral göstərici istifadə edilə bilər:

- ən çox əhəmiyyətli spektral göstərici (Z_1);
- ən çox əhəmiyyətli spektral diapazon (Z_2).

Cədvəl 3.6.1-də bir sıra ağır metalların eksperimental təyin edilmiş Z_1 və Z_2 göstəricilərinin qiymətləri verilmişdir [93, s.1-28].

Cədvəl 3.6.1

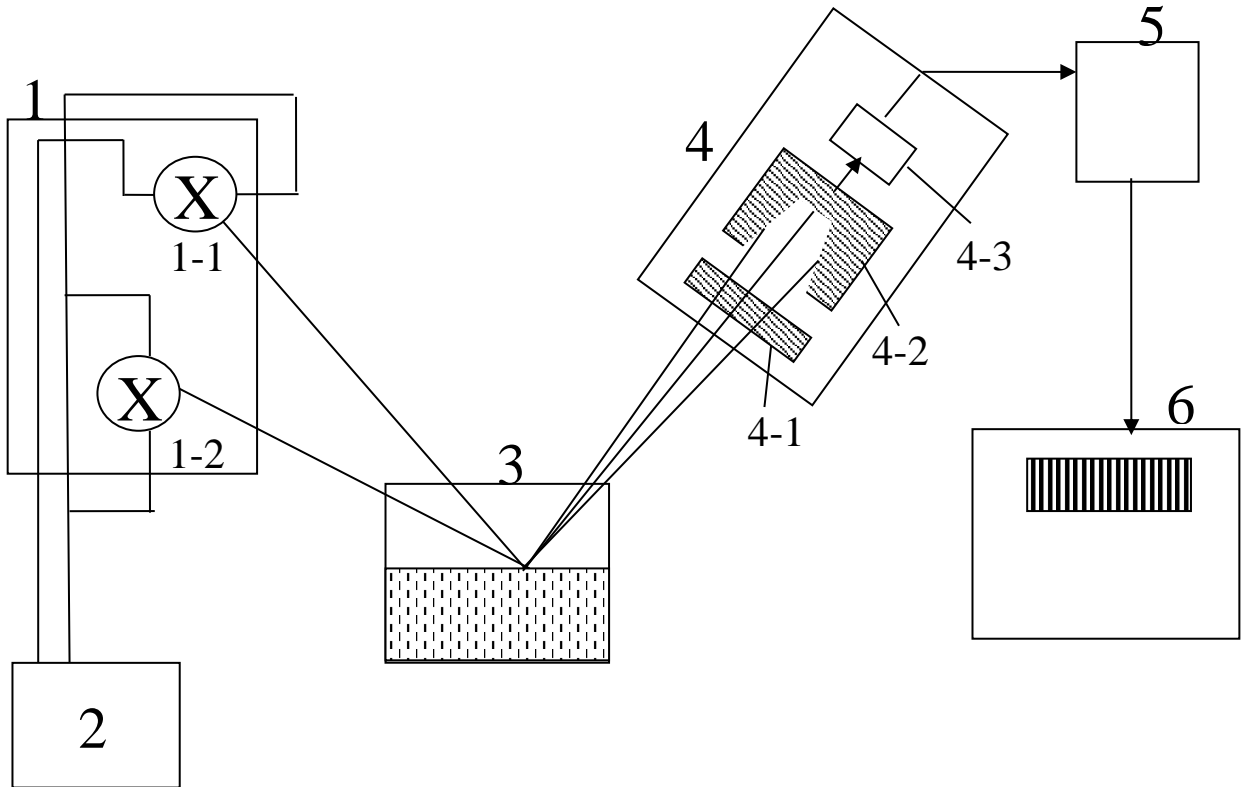
Ağır metalların spektral göstəricilərinin qiymətləri

Ağır metallar	Əhəmiyyətli spektral göstərici		Əhəmiyyətli spektral Diapazon	
	Z_1	R^2	Z_1 (nm)	R^2
Pb	610/500	0,887	440 - 584	0,77
Zn	610/500	0,89	430 - 570	0,75
Mn	610/500	0,744	390 - 550	0,79
Ni	980 (nm)	0,715	870 - 990	0,65
Cr	980 (nm)	0,702	860 - 1001	0,69

Cədvəl 3.6.1-dən göründüyü kimi Z_2 göstəricisinin R^2 göstəricisi kifayət qədər yüksəkdir. Bu faktı və həmçinin laboratoriya spektrofotometrələrinin proksimal

zondlama üsulu ilə aparılan eksperimental tədqiqatlarda istifadə edilməsinin texniki çətinliklərini nəzərə alınmaqla Z_2 parametrinin qiymətləndirilməsi zərurəti qarşıya çıxmışdır.

Eksperimental tədqiqatların aparılması üçün MAKA-da proksimal zondlama qurğusu yaradılmışdır və sınaqdan keçirilmişdir. Bu qurğunun funksional sxemi şəkil 3.6.2-də verilmişdir.



Şəkil 3.6.2. Proksimal zondlama qurğusunun funksional sxemi:
1-volframli holoqen lampalar bloku; 2-qida mənbəyi; 3-içərisində torpaq nümunəsi olan şəffaf conteyner; 4-spektrometrik qurğu; 4-1-interferensiya süzgəci; 4-2-konik fokuslayıcı qurğu; 4-3-həssas fotoelement; 5-siqnal gücləndiricisi; 6-voltmetr

Proksimal zondlama qurğusunun kalibrasiyası metodikası aşağıdakı addımlardan ibarətdir.

1. Müxtəlif konsentrasiyalarda Pb, Zn və Mn ilə çirklənmiş torpaq nümunələrinin çirklənmə konsentrasiyaları belə seçilir:

$$C_1=0; C_2=10\text{mq/kq}; C_3=20\text{mq/kq}; C_4=30\text{mq/kq}.$$

2. $C_1=0$ olduqda ölçmələrin hər bir metal üçün aparılmış qiymətləri əldə edilir: $X_{Pb}(0)$; $X_{Zn}(0)$ və $X_{Mn}(0)$ qiymətləri əldə edilir.

Bu zaman çirklənmiş torpaq nümunəsi dəyişdirildikdə müvafiq interferensiya süzgəci daxil edilir.

3. $C=C_i$; $i = \overline{2,4}$ olduqda ölçmələrin aparılması nəticəsində $X_{Pb}(C_i)$; $X_{Zn}(C_i)$ və $X_{Mn}(C_i)$ qiymətləri əldə edilir.

4. Kalibrasiya əmsalları arasındakı kimi hesablanır:

$$K_{Pb} = \frac{X_{Pb}(C_i)}{X_{Pb}(0)}; i = \overline{2,4}; X_{Pb}(C_i) = \left[\frac{U_{Pb}(610)}{U_{Pb}(500)} \right]_{C_i};$$

$$K_{Zn} = \frac{X_{Zn}(C_i)}{X_{Zn}(0)}; i = \overline{2,4}; X_{Zn}(C_i) = \left[\frac{U_{Pb}(610)}{U_{Pb}(500)} \right]_{C_i};$$

$$K_{Mn} = \frac{X_{Mn}(C_i)}{X_{Mn}(0)}; i = \overline{2,4};$$

5. $K_{Pb} = f_1(C_i)$; $K_{Zn} = f_2(C_i)$; $K_{Mn} = f_3(C_i)$ əyriləri qurulur.

Proksimal zondlama qurğusunun hazırlanması aşağıdakı prosedur ardıcılıqla yerinə yetirilmişdir.

İşıq mənbəyi kimi HALOPAR tipli volfram spirali olan halogen lampası istifadə edilmişdir. Lampa 220V gərginlik şəbəkəsinə qoşulur. Ağır metallarla çirklənmiş torpaq nümunələrinin saxlanılması üçün pleksiqlardan şəffaf konteyner hazırlanmışdır. Ağır metallarla çirklənmiş torpaq nümunələrin hazırlamaq üçün Pb, Zn və Mn tozu hazırlanmış və müvafiq konsentrasiyada 100q torpaqla qatışdırılmışdır. Hər ölçmədən əvvəl konteynerdən çirklənmiş torpaq boşaldılmış, onun içinə müvafiq konsentrasiyalı torpaq daxil edilmişdir. Spektrometrik qurğu üç hissədən ibarətdir: 1. İnterferensiya süzgəci kimi Kiyevin “Arsenal” zavodunda hazırlanmış interferensiya filtrləri istifadə edilmişdir. Filtrlərin buraxma zolaqları (0,7 səviyyəsində) cədvəl 3.6.2-də verilmişdir.

Cədvəl 3.6.2

İnterferensiya filterlərinin buraxma zolağı

Ağır metal	Buraxma zolağı (nm)
Pb	520 ± 20
Zn	480 ± 20
Mn	450 ± 20

Müxtəlif C_i konsentrasiyalarında ölçülmüş U_{Pb} , U_{Zn} , U_{Mn} kəmiyyətlərinin (cədvəl 3.6.3) hesablanmış X_{Pb} , X_{Zn} , X_{Mn} kəmiyyətlərinin (cədvəl 3.6.4), hesablanmış Z_{Pb} , Z_{Zn} və Z_{Mn} kəmiyyətlərinin (cədvəl 3.6.5) hesablanmış qiymətləri verilmişdir.

Cədvəl 3.6.3

U_{Pb} , U_{Zn} , U_{Mn} kəmiyyətlərinin hesablanmış qiymətləri

	U_{Pb} ($\lambda=610nm$)			U_{Zn} ($\lambda=610nm$)			U_{Mn} ($\lambda=610nm$)			U_{Pb} ($\lambda=500nm$)			U_{Zn} ($\lambda=500nm$)			U_{Mn} ($\lambda=500nm$)		
	Nümunələr			Nümunələr			Nümunələr			Nümunələr			Nümunələr			Nümunələr		
C_1	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
0	1.03	1.01	1.05	0.95	0.93	0.97	0.90	0.88	0.86	0.82	0.79	0.81	0.70	0.70	0.71	0.70	0.69	0.74
C_2	0.89	0.91	0.88	0.89	0.86	0.88	0.81	0.82	0.83	0.79	0.76	0.72	0.68	0.65	0.66	0.66	0.65	0.68
C_3	0.76	0.79	0.80	0.81	0.80	0.80	0.71	0.70	0.69	0.70	0.64	0.68	0.64	0.62	0.61	0.58	0.57	0.58
C_4	0.64	0.67	0.66	0.72	0.74	0.73	0.70	0.64	0.62	0.60	0.56	0.58	0.59	0.57	0.56	0.53	0.54	0.55

Cədvəl 3.6.4

X_{Pb} , X_{Zn} , X_{Mn} kəmiyyətlərinin hesablanmış qiymətləri

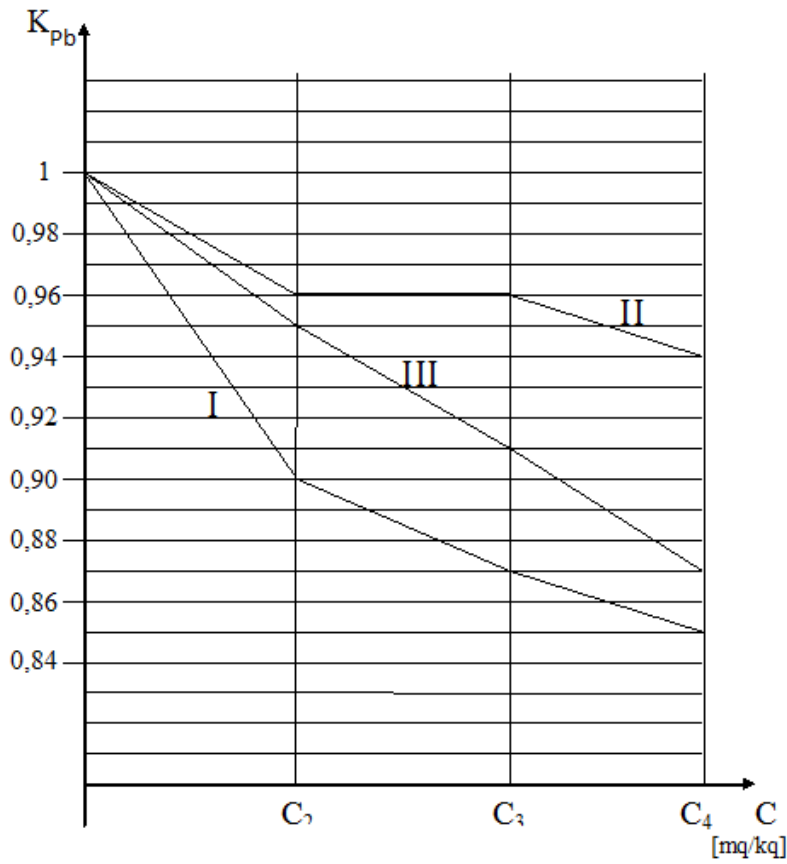
C_i X	C_1			C_2			C_3			C_4		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
X_{Pb}	1.26	1.28	1.29	1.13	1.23	1.22	1.09	1.23	1.18	1.07	1.2	1.14
X_{Zn}	1.30	1.33	1.37	1.24	1.32	1.33	1.16	1.29	1.31	1.22	1.3	1.3
X_{Mn}	1.29	1.28	1.16	1.23	1.26	1.22	1.22	1.23	1.19	1.32	1.19	1.08

Cədvəl 3.6.5

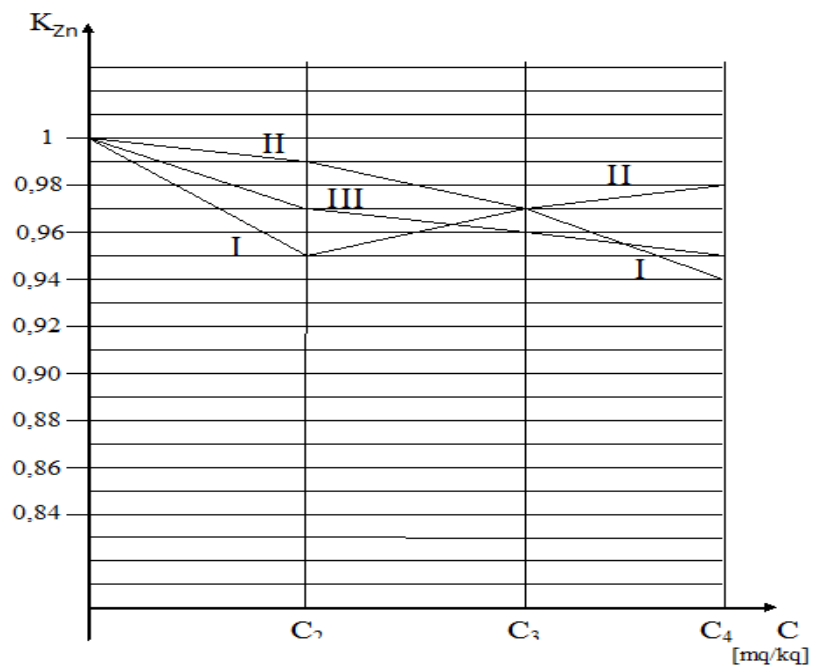
Z_{Pb} , Z_{Zn} və Z_{Mn} kəmiyyətlərinin hesablanmış qiymətləri

i Z	C_1			C_2			C_3			C_4		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Z_{Pb}	1	1	1	0.9	0.96	0.95	0.87	0.96	0.91	0.85	0.94	0.88
Z_{Zn}	1	1	1	0.95	0.99	0.97	0.89	0.97	0.96	0.94	0.98	0.95
Z_{Mn}	1	1	1	0.95	0.98	1.05	0.94	0.98	1.03	1.02	0.93	0.93

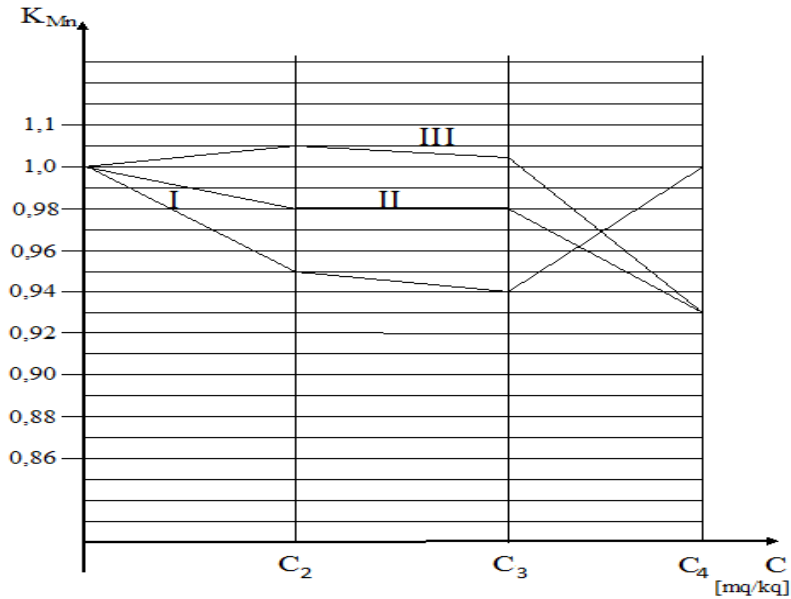
Sonra isə hər bir ağır metal üçün seriyalar üzrə hesablanmış nümunələr əsasında konsentrasiyadan asılılıqlar qrafik təqdim edilmişdir (şəkil 3.6.3; şəkil 3.6.4; şəkil 3.6.5).



Şəkil 3.6.3. Seriyalar üzrə hazırlanmış nümunələr üçün $K_{Pb}=f(C_i)$ asılılığının qrafikləri: I-1-ci seriya nümunələrinin ölçmə nəticələri; II-2-ci seriya nümunələrinin ölçmə nəticələri; III-3-cü seriya nümunələrinin ölçmə nəticələri



Şəkil 3.6.4. Seriyalar üzrə hazırlanmış nümunələr üçün $K_{Zn}=f(C_i)$ asılılığının qrafikləri: şərti işarələr şəkil 3.6.3-də göstərilmişdir



Şəkil 3.6.5. Seriyalar üzrə hazırlanmış nümunələr üçün $K_{Mn}=f(C_i)$ asılılığının qrafikləri: şərti işarələr şəkil 3.6.3-də göstərilmişdir

Cədvəl 3.6.6-da olan məlumatlardan şəkil 3.6.3, 3.6.4, 3.6.5-də verilmiş qrafiklərdən göründü ki, ümumilikdə torpaqda ağır metalların konsentrasiyası artdıqca əksetmə signalının nisbi göstəricisi azalmağa meyllidir. Azalmağa meylliyin artıma meylliklə əvəz edilməsi ölçmə xətası və nümunələrin hazırlanmasındakı xəta ilə izah edilə bilər.

III fəslin nəticələri

1. Torpağın eroziya dərəcəsinin azalması nəticəsində əksolunma spektrində əsas spektral əlamətlərin nəzərəcarpacaq dərəcədə zəifləməsi ilə müşayiət olunan çatışmazlıqların aradan qaldırılması və ölçmələrin informativliyinin artırılması eyni zamanda torpaqdakı üzvi maddələrin miqdarının təyininə NDVI-dən istifadəni nəzərdə tutan ümumi ölçmə metodu təklif olunmuşdur. Həmçinin torpağın eroziya dərəcəsinin müəyyənləşdirilməsi üçün spektrozonal ölçmələrlə yanaşı NDVI-dən birgə istifadənin məqsədəuyğunluğu göstərilmişdir.

2. Bitki örtüklü və çılpaq torpaqlardan ibarət sahələrin ağır metallarla çirklənməsinin məsafədən ölçülməsinin kalibrlənməsi metodu təklif olunmuş, müvafiq alqoritm işlənmişdir.

3. Torpağın azot və fosforla çirklənmə dərəcəsinin təyində ölçmə nöqtələrinin sayının sınaq ərazisinin sahəsindən asılılığının müəyyən edilməsi üçün optimal funksiyanın axtarışı məsələsi nəzəri cəhətdən əsaslandırılmış, konsentrasiyanın müəyyən edilməsi məqsədilə sınaq sahələrinin optimal seçilməsi məsələsi həll edilmişdir.

4. Torpağın ağır metallarla çirklənməsinin qiymətləndirilməsində istifadə olunan Nemero və geoakkumulyasiya indeksləri arasındakı əlaqə tənliyi qurulmuş, çirklənmə dərəcəsini müəyyənləşdirən iki yeni indeks təklif edilmişdir.

5. Fitoremedasiya prosesinin kompleks optimallaşdırılması metodikası təklif edilmiş, istehsal zonalarında ağır metalların fitoekstraksiyası prosesində bu metodun əhəmiyyəti göstərilmişdir.

IVFƏSİL. VEGETASIYA İNDEKSLƏRİ VASİTƏSİLƏ LANDŞAFT KOMPONENTLƏRİNİN MÖVSÜMİ DİNAMİKASININ TƏSNİFAT PROSEDURLARI

4.1. Aqrar landşaftın mövsümi dinamikasının müxtəlif vegetasiya indeksləri vasitəsilə qiymətləndirilməsi üsulları

[26] - da göstərilədiyi kimi landşaftın aşağıdakı növləri mövcuddur:

- coğrafi landşaft;
- geokimyəvi landşaft;
- aqrolandşaft.

Coğrafi landşaftın komponentləri bir-birinə bağlı birliyin formalaşmasına səbəb olan qayalar, relyef, iqlim, torpaq, su, flora və faunadır. Yaxşı məlumdur ki, coğrafi landşaft məhfumu dedikdə fasialar, mövcud sərhədlər və ərazi sahələrinin toplamından təşkil olunmuşdur. Canlı və cansız aləmdə baş verən miqrasiyaaxını, enerji, kimyəvi elementlər mövcud geoloji və kimyəvi xassələrə malik olan landşaftla xarakterizə edilən kompleksdir. Kənd təsərrüfatı sahələri ilə xarakterizə edilən landşaft, antropogen faktorun təsiri ilə süni yaradılan canlı aləm elementlərinin sayca çoxluğa malik olan landşaftdır. Landşaftların formalaşması üçün ən mühüm proseslər H_2O -nun dövrünü, torpaqların formalaşması, bioloji aləm elementlərinin dövr etməsi, günəşdən yerə daxil olan enerjinin və H_2O ilə təmin olunan mövsümi dinamikalardır. Kənd təsərrüfatı ilə xarakterizə edilən landşaft anlayışı altında canlı aləmdə mövcud olan bitkilər nəzərdə tutulur ki, bu da insan tərəfindən yaradılan bitki örtüyü, iqlim, torpaq və digər şərait baxımından homogen bir ərazini formalaşdırır.

Müvafiq ədəbiyyat mənbələrində nəzərdən keçirilmiş müxtəlif tədqiqatlarda istifadə olunan aqrar landşaftın dinamikasını tədqiq etmək üçün aşağıdakı üsullar müəyyən edilmişdir:

4.1.1. NDVI-nin mövsümi dəyişikliyinə analiz üsulu.

4.1.2. Aqrar landşaftın komponentləri üçün ayrıca nəm və quru mövsümlərdə vegetativ indekslərin hesablanması üsulu.

4.1.3. Torpaqlardan istifadə üçün xəritələrin təşkili üsulu.

Aqrar landşaftın mövsümi dəyişikliklərinin mövcud tədqiqat üsullarına baxaq. [2, s.364-365]-ci mənbədə istifadə olunan metodika NDVI indeksindən istifadə prinsipinə əsaslanır və həmin üsula əsasən aşağıdakı addımlar yerinə yetirilir (cədvəl4.1.1)

cədvəl 4.1.1.

NDVI-nin təyin edilməsi üsulları

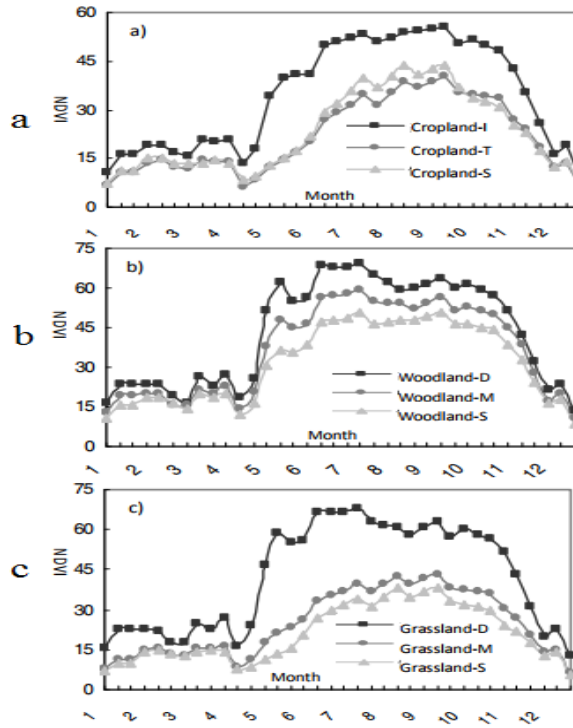
Qısa işarələnmə	Təyin etmə	Metrika
1	2	3
On T	Mövsümi aşağı qiymətlərdən başlayaraq NDVI-nin artması başa çatdıqdan sonrakı dövr	NDV-nin yüksək qiymətlər mövsümünün başlama tarixi. Yaşıllaşmanın başlanması.
On V	Əyriyə kəsişmə zonasında NDVI-nin artma qiymətləri	NDVI yüksək qiymətlərin başlama dövrü
Max T-1	Təxmini korreksiya edilmiş NDVI-nin I maksimum vaxtı	NDVI-nin I maksimum tarixi
Max V-1	NDVI-nin I maksimum qiyməti	NDVI-nin I maksimumu
Max T-2	Təxmini korreksiya edilmiş NDVI-nin II maksimum vaxtı	NDVI-nin II maksimum tarixi
Max V-2	NDVI -nin II maksimum qiyməti	NDVI-nin II maksimumu

End T	NDVI qiymətinin azalmasının başla-ma mövsümü	NDV-nin yüksək qiymətlər mövsümünün sonu
End V	Əyrilərin kəsişmə zonasında NDVI -nin azalma qiymətləri	NDVI yüksək qiymətlərin son periodunda. Bitkilərin solması.

2-ci mərhələdə aqrar landşaftın struktur tərkibi təyin edilir. Məsələn, [65, s.151-167]-ci mənbədə aqrar landşaftın aşağıdakı tərkib hissələrinə baxılmışdır:

- Cropland - I : şumluq torpaqlar; suvarılan,
- Cropland -T: düzənlik şumluq torpaqlar;
- Cropland- S: dağlıq şumluq torpaqlar;
- Woodland-D: sıx meşə massivi;
- Woodland-M: orta sıx meşə massivi;
- Woodland-S: seyrək meşə massivi;
- Grassland-D: sıx çəmənlik;
- Grassland -M: orta sıx çəmənlik;
- Grassland -S: seyrək çəmənlik.

Sonuncu mərhələdə kosmik spektrometrik məlumatların (MODIS) emalına əsasən aqrar landşaftın dinamikası, yəni mövsümi vegetativ fəaliyyəti müəyyən edilir. Şəkil 4.1.1 də nümunə kimi aqrar landşaftın yuxarıda göstərilən tərkibi üçün NDVI -nin mövsümi dəyişikliklərinin qrafikləri göstərilmişdir.



Şəkil 4.1.1.NDVI-nin mövsümi dəyişikliklərinin əyani təqdimatı

[65,s.151-167]: a- şumluq torpaqlar; b - meşə massivləri; c - çəmənliklər.

Aqrar landşaftın dəyişikliklərinin mövsümi dinamikasının [44, s.534-550]-də istifadə olunmuş tədqiqat üsulu aşağıdakılardan ibarətdir:

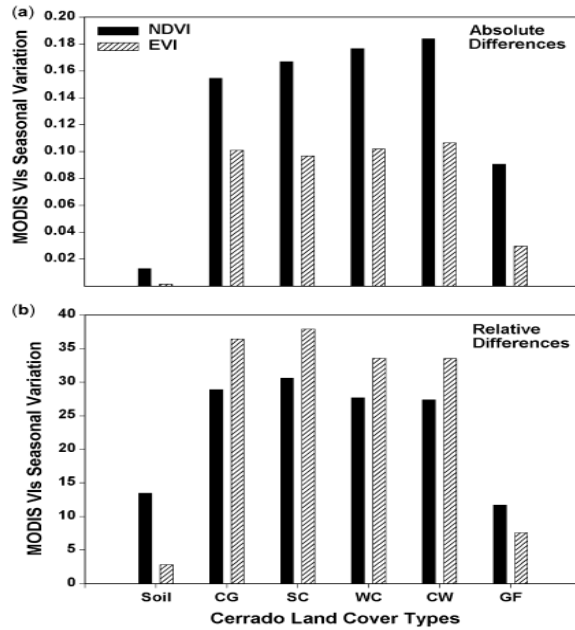
- ilin iki müxtəlif mövsümlərinə baxılır (quraqlıq və rütubətli mövsüm);
- MODIS və AVHRR verilənləri bazasında hesablanmış növbəti NDVI, EVI vegetasiya indeksləri istifadə olunur.

dəyişikliklərin mütləq və nisbi qiymətləri istifadə olunur:

$$\begin{aligned}
 \text{Mütləq mövsümi dəyişiklik} = & [Rütubətli _mövsum (\% GC.VI) - Quraqlıq _mövsum \\
 & (\% GC.VI)] = [Rütubətli _mövsum (\% GC.VI) - Quraqlıq _mövsum (\% GC.VI)] / \\
 & Rütubətli _mövsum (\% GC.VI)] \times 100
 \end{aligned}
 \tag{4.1.2}$$

Burada *GCVI* – çəmənlik üçün vegetasiya indeksidir.

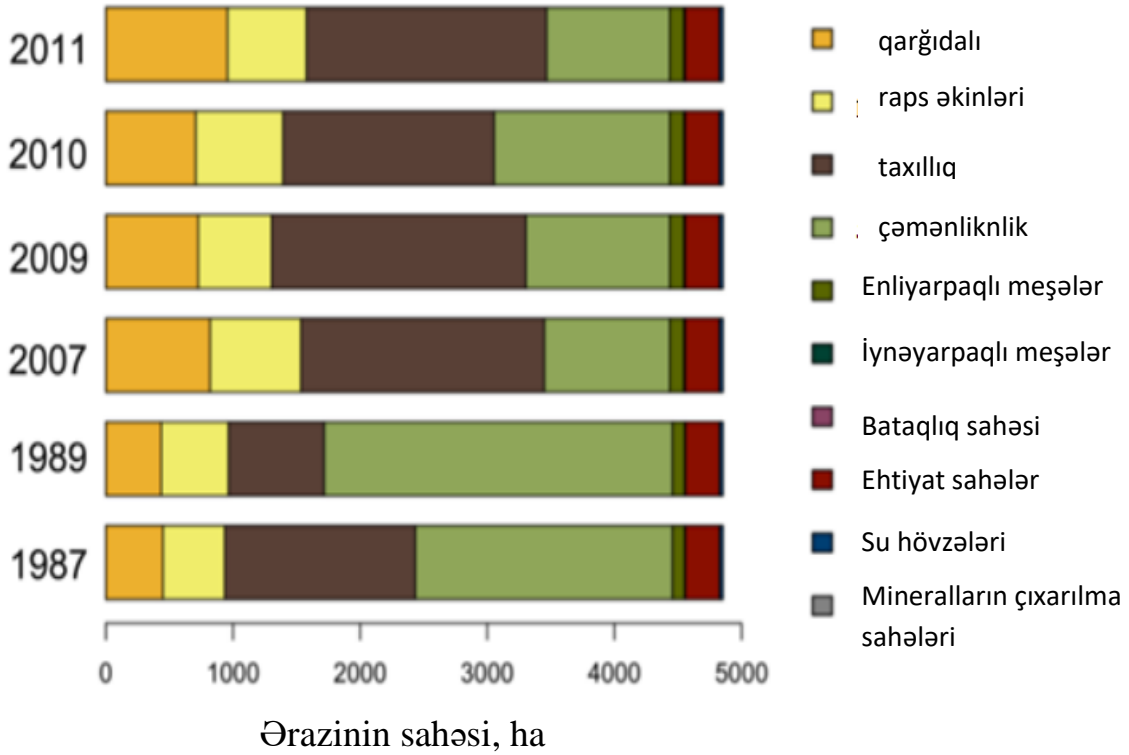
-mövsümi dəyişikliklər diaqramları spektrometr məlumatları əsasında hazırlanmış vegetativ göstəricilərlə hesablanır. Diaqramlar nümunə kimi 4.1.2-ci şəkildə aqrar landşaftın müxtəlif komponentlərinə mövsümi dəyişikliklərin mütləq və nisbi qiymətləndirmələri üçün verilmişdir [44, s.534-550].



Şəkil 4.1.2. Aqrar landşaftın müxtəlif elementləri üçün vegetasiya indekslərin mütləq və nisbi mövsümi dəyişiklik diaqramları: Soil - şumlanmamış torpaqlar; CG çəmənlik; SC - kol ; WC - kiçik meşə sahəsi; CW- meşə massivi;GW- kəsilmiş meşə zolağı

[33,s.288-294]-də aqrar landşaftda baş vermiş dəyişikliklərin dinamikasını tədqiq etmək üçün torpaqlardan və torpaq örtüyündən istifadə xəritələrinin hazırlanması üsulları verilmişdir. Həmçinin, ekosistem xidmətinin həyata keçirilməsinin qiymətləndirilməsi üçün kənd təsərrüfatının tərkibində və həcmində olan dəyişikliklərdə tədqiq olunmuşdur.

Aparılan analiz nəticəsində aqrar landşaft komponentlərinin illər boyu dəyişmə diaqramları tərtib edilmişdir. Misal olaraq 4.1.3-cü şəkildə Almaniyanın [54, s.1-24] Kılştau hövzəsində 1987-2011-ci illər ərzində aqrar landşaft elementlərinin dəyişiklik diaqramı göstərilmişdir.



Şəkil 4.1.3. Aqrar landşaft elementlərinin dəyişmə diaqramları

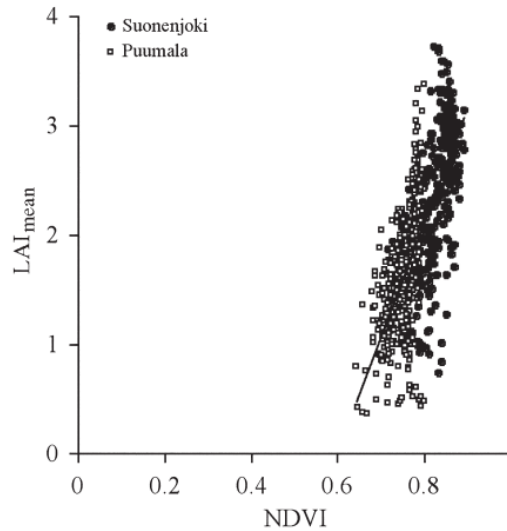
[54, s.1-24]:1-qarğıdalı; 2- raps əkinləri; 3- dənli bitkilər; 4- çəmən; 5- enli yarpaq meşələr; 6- iynə yarpaq meşələr; 7- bataqlıq ərazi; 8- ehtiyat sahələr; 9- su hövzələri;10 -minerallar çıxarılan sahələr

4.2. LAI indeksinin yüksək həddində doyma effekti nəzərə alınmaqla, NDVI-nin korreksiya üsulunun işlənilməsi

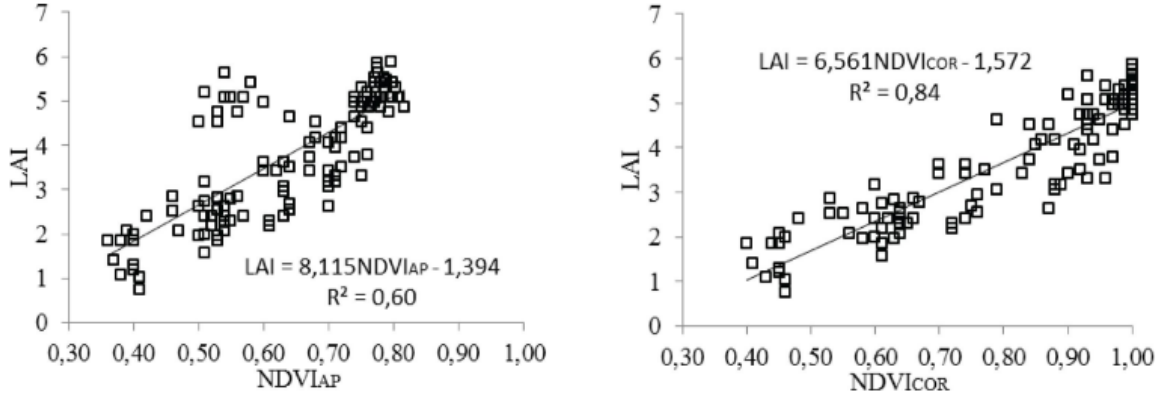
Ümumən qəbul edildiyi kimi yarpaq sahəsinin indeksi (LAI) meşə sahələrinin vacib göstəricilərindən biridir. Belə ki, yaşıl yarpaqlar enerji axınına və maddələr mübadiləsinə səbəb olan bioloji və fiziki proseslərə nəzarət edir[89, s.3-14]. LAI udulmuş fotosintetik aktiv radiasiyanın (FAPAR), saf birinci məhsulların (NPP) əmələ gəlməsinə səbəb olan fraksiyası ilə güclü korrelyasiya əlaqəsindədir. Buna

görə də LAI meşə sahələrinin genişlənmə xüsusiyyətinin əsas parametri hesab edilir. Yarpaq sahəsi müxtəlif stres amillərinə və iqlim şəraitinə uyğun baş verən dəyişikliklərə tez reaksiya verdiyindən, LAI meşə ekosisteminin vəziyyətini xarakterizə edən faydalı bir göstərici kimi istifadə edilə bilər. [62, s.235-248] mənbədə qeyd olunduğu kimi, NDVI LAI-nin qiymətləndirilməsi üçün kifayət qədər dinamik göstərici hesab olunmur. İynəyarpaqlı meşələrdə LAI-nin orta qiymətində NDVI doymaya məruz qalır ki, bu da spektrin görünən oblastında aşağı səviyyədə yerləşən bitki örtüyündən fon əksətməsinin yaranması ilə izah olunur. Şəkil 4.2.1-də LAI və NDVI asılılığının skateroqramı göstərilmişdir. Yuxarıda göstərilən xüsusiyyət şəkil 4.2.1-də görüldüyü kimi eksperimental təsdiq olunur. LAI>4 qiymətlərində NDVI-nin tam doyması effekti bu şəkildə aydın şəkildə müşahidə olunur [89, s.3-14].

[77,s.140-148]-ci mənbəyə əsasən 2013-2014-cü illərdə şəkər qamışı tarlasının vegetativ dövrünün tədqiqində Landsat 8 spektral verilənlər bazası və MODTRAN modeli istifadə edilmiş və nəticə olaraq NDVI-nin doyma effekti LAI=5,4 qiymətində öz əksini tapmışdır(şəkil 4.2.2).



Şəkil 4.2.1. İynəyarpaqlı meşələr üçün LAI və NDVI indekslərinin qiymətləri arasındakı asılılıq [89, s.3-14]

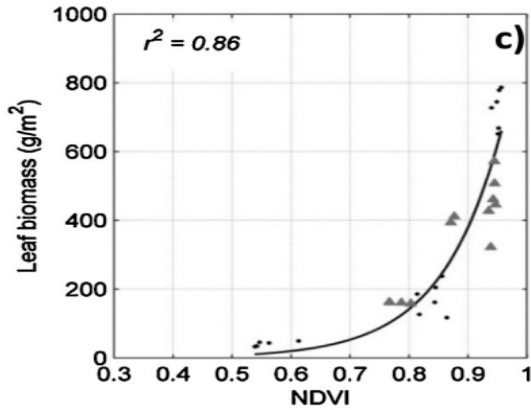


a) b)

Şəkil 4.2.2. Şəkər qamışı tarlasında LAI indeksinin böyük qiymətləri üçün NDVI-nin qiymətlərinin doyma effektinin əyani təqdimatı [77, s.140-148]:

a) atmosfer korreksiyası edilmədən NDVI: b) atmosfer korreksiyası edildikdən sonra NDVI;

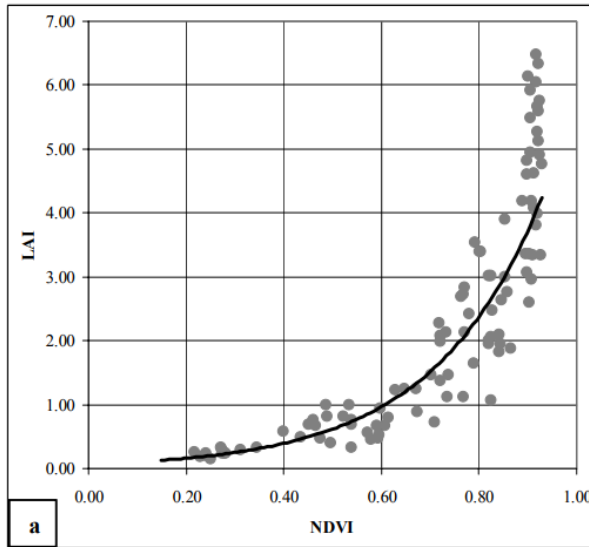
Digər tədqiqatlarda NDVI və biokütlənin miqdarı arasında soya bitkilərində və qarğıdalı yarpaqlarında qeyri-xətti asılılıq da müşahidə edilmişdir (şəkil 4.2.3) [62, s.235-248].



Şəkil 4.2.3. Qarğıdalı və soya bitkilərinin NDVI-si ilə yarpaqlardakı biokütlə miqdarı arasında qeyri-xətti əlaqə [62, s.235-248]

[49]-da qeyd edildiyi kimi, noxud bitkisinin tədqiq zamanı LAI və NDVI indeksləri arasında əhəmiyyətli qeyri-xəttiliyin olduğu aşkar edilmişdir. Göstərilən asılılığın

qeyri-xəttiliyi müxtəlif bitki növləri üçün fərqlidir. Şəkil 4.2.4-də noxud bitkisinin tədqiqi zamanı əldə edilən qeyri-xəttiliyin qrafiki göstərilmişdir.



Şəkil 4.2.4. Noxud bitkisinin LAI və NDVI göstəriciləri arasında qeyri-xətti asılılıq [49]

[78, s.381-387]-də qeyd olunduğu kimi, NDVI indeksini ölçmək üçün bitkinin üzərində bir laborator fotometrik çoxspektral qurğu quraşdırılır. Bitki çətirindən keçən aktiv radiasiyanı qiymətləndirmək məqsədi ilə bitkinin yuxarı və aşağı hissəsində sensor yerləşdirilir. Bu sensorlar LAI indeksini ölçmək üçün 400-700 nm dalğa uzunluğu diapazonunda işləməlidirlər. LAI indeksi aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$LAI = -\frac{1}{k} \ln\left(\frac{I}{I_0}\right) \quad (4.2.1)$$

Burada I -ağacın çətirindən keçən radiasiya;

I_0 -çətirə düşən radiasiya;

k -sönmə əmsəlidir.

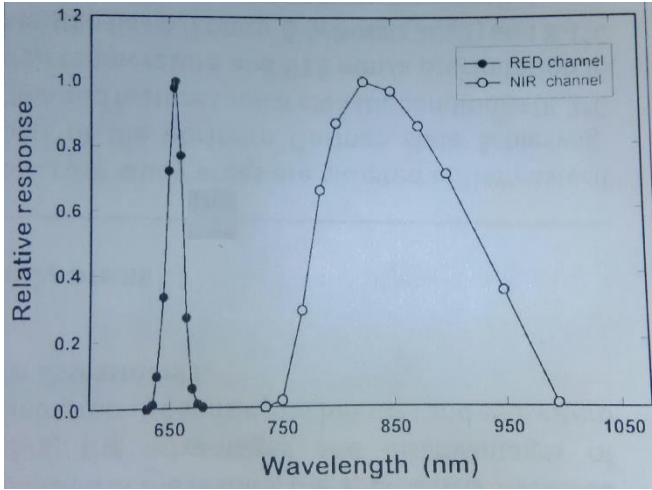
NDVI indeksi belə hesablanır:

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (4.2.2)$$

Burada *NIR* -yaxın infraqırmızı diapazon kanalının siqnalı;

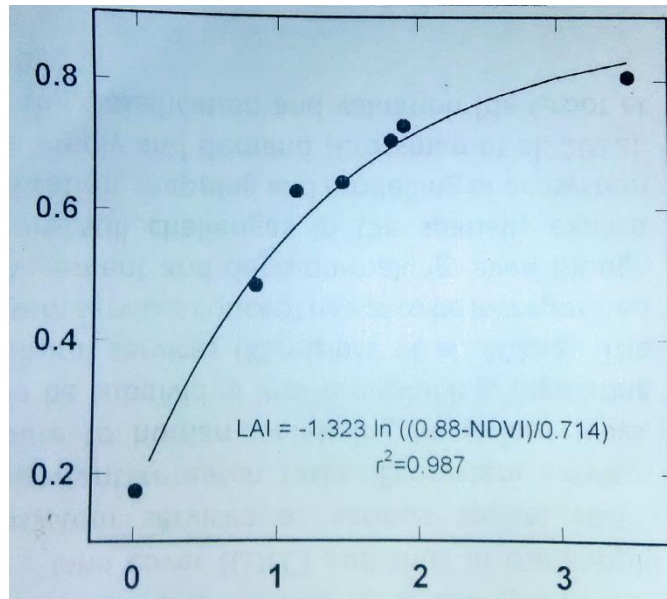
R-qırmızı diapazon kanalının siqnalıdır.

NDVI-ni ölçən cihazın spektral kanallarının buraxma əyriləri şəkil 4.2.5-də göstərilmişdir[78, s.381-387].



Şəkil 4.2.5. NDVI-ni ölçən cihazın spektral kanallarının əyriləri [78, s.381-387]:

1-qırmızı kanalın buraxma əyrisi; 2-yaxın infraqırmızı diapazonun buraxma əyrisi



Şəkil 4.2.6. Şam ağacı bitkisinin tədqiqi zamanı NDVI və LAI arasındakı eksperimental asılılıq [78, s.381-387]

[78, s.381-387]-ə əsasən, LAI ilə və NDVI arasındakı asılılıq növbəti ifadə ilə app- roksimasiya oluna bilər:

$$LAI = -1,323 \cdot \ln\left(\frac{(0,88 - NDVI)}{0,714}\right). \quad (4.2.3)$$

LAI indeksinin yüksək qiymətlərində NDVI indeksinin tam doyma effektini nəzərə alaraq NDVI qiymətlərinin təklif edilən korreksiya metodikasını nəzərdən keçirək.

Yuxarıda göstərilən (4.2.3) ifadəsindən istifadə edərək, yazı bilərik:

$$NDVI = 0,88 - \frac{0,714}{e^{LAI/1,323}}. \quad (4.2.4)$$

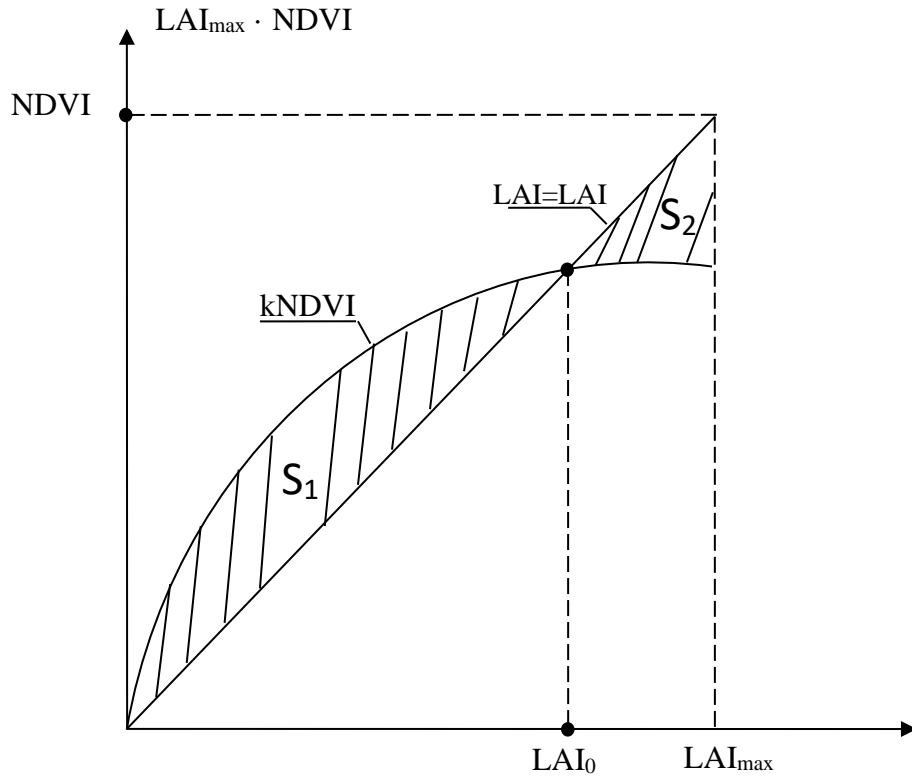
NDVI ilə LAI arasındakı asılılıq ümumiləşdirilmiş şəkildə belə yazıla bilər.

$$NDVI = B - D \cdot e^{-k_1 \cdot LAI}; B, D, k_1 = \text{const}. \quad (4.2.5)$$

NDVI indeksinin təklif edilən korreksiya metodikası belə bir prinsipə əsaslanır ki, bu indeks k -korreksiya əmsalına vurulmalıdır. K əmsalına görə korreksiyanın həndəsi şərhə aşağıdakı tənlik vasitəsilə müəyyənləşir:

$$\int_0^{LAI_{\max}} [NDVI \cdot k - LAI] d(LAI) = 0 \quad (4.2.6)$$

(4.2.6) şərtinin həndəsi mənası (şəkil. 4.2.7)-da göstərilmişdir.



Şəkil 4.2.7. NDVI indeksinin doyma effektinin korreksiya üsulunun həndəsi şərh

Həmin qrafikdə şərti olaraq qəbul edilmişdir ki, $LAI = 0$ olduqda, $NDVI = 0$ qiymətini alır. Şəkil 4.2.7-də göstərilmiş S_1 və S_2 sahələri belə müəyyənləşdirilir:

$$S_1 = \int_0^{LAI_0} [NDVI \cdot k - LAI] d(LAI) \quad (4.2.7)$$

$$S_2 = \int_{LAI_0}^{LAI_{max}} (LAI - NDVI \cdot k) d(LAI) \quad (4.2.8)$$

(4.2.6), (4.2.7), (4.2.8) tənliklərindən aydındır ki, k əmsalı elə seçilməlidir ki, S_1 və S_2 üçün şərt ödənilmiş olsun.

Burada S_1 , $0-LAI_0$ intervalında $-k \cdot NDVI = f_1(LAI)$ və $LAI = f_2(LAI)$ funksiyalarının qrafikləri arasında olan ştrixlənmiş hissənin sahəsidir. S_2 , $LAI_0 - LAI_{max}$

intervalında $LAI=f_2(LAI)$ və $k \cdot NDVI=f_1(LAI)$ funksiyalarının qrafikləri arasında olan ştrixlənmiş hissənin sahəsidir. K əmsalının hesablanması üçün (4.2.5), (4.2.6) ifadələrindən yazı bilərik:

$$\int_0^{LAI_{\max}} [(B - D \cdot e^{-k_1 \cdot LAI}) \cdot k - LAI] d(LAI) = 0 \quad (4.2.9)$$

(4.2.9)-cu ifadədən alırıq

$$k = \frac{LAI_{\max}^2}{2 \left[B \cdot LAI_{\max} + \frac{D}{k_1} e^{-k_1 LAI_{\max}} \right]} \quad (4.2.10)$$

Nümunə kimi hesablamayı həyata keçirmək üçün aşağıda verilən qiymətləri qəbul etsək:

$$B = D = 1; LAI_{\max} = 10; k_1 = 0,1 \quad (4.2.11)$$

Onda, $k \approx 4$ alırıq. (4.2.5) ifadəsindən aydındır ki, $LAI \rightarrow \infty$ olduqda,

$$NDVI_{\max} = B, \quad (4.2.12)$$

alınır. Beləliklə, $B=1$ olur. Deməli, (4.2.5) ifadəsi belə yazıla bilər:

$$NDVI = 1 - D \cdot e^{-k_1 \cdot LAI} \quad (4.2.13)$$

(4.2.13) ifadəsindən aydındır ki, $LAI = 0$ olduqda,

$$NDVI (LAI=0) = 1 - D, \quad (4.2.14)$$

alınır. Beləliklə,

$$D = 1 - \text{NDVI} (\text{LAI}=0) . \quad (4.2.15)$$

alırıq.

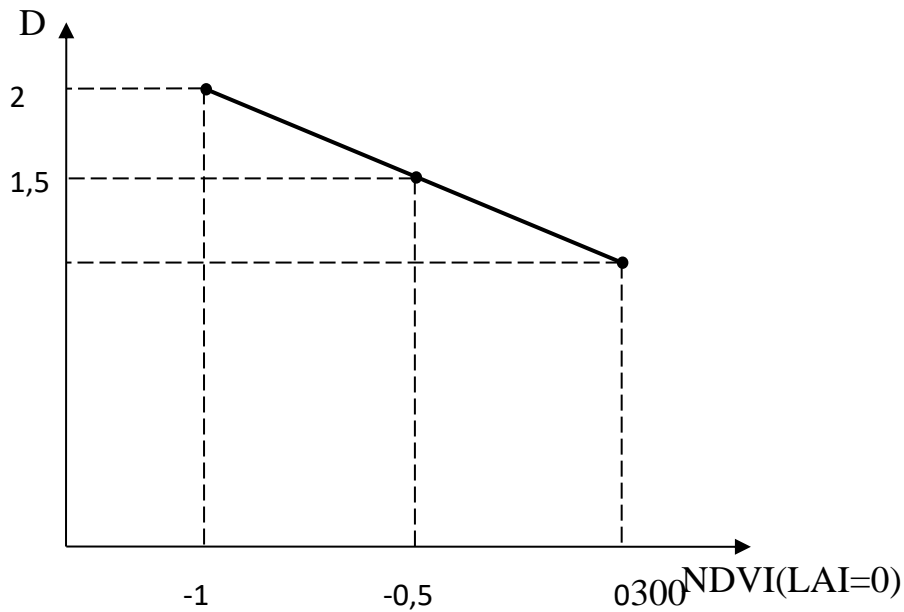
(4.2.13) və (4.2.15) ifadələrini nəzərə alaraq

$$\text{NDVI} = 1 - [1 - \text{NDVI}(\text{LAI}=0)] \cdot e^{-k_1 \cdot \text{LAI}} . \quad (4.2.16)$$

olduğunu alırıq.

Beləliklə, əgər $\text{NDVI} (\text{LAI}=0) = -1$ olarsa $D=2$ alırıq. $\text{NDVI} (\text{LAI}=0) = 0$ olduqda, $D=1$ alınır. $\text{NDVI} (\text{LAI}=0) = -0,5$ olduqda, $D=1,5$ alırıq.

$[\text{NDVI} (\text{LAI}=0)]$ -dən asılılıq qrafiki şəkil 4.2.8- də göstərilmişdir.



Şəkil 4.2.8. $D = \varphi [\text{NDVI} (\text{LAI}=0)]$ asılılığının qrafiki

Şəkildə göstərilmiş qrafikdən görüldüyü kimi $\text{NDVI} (\text{LAI}=0) \rightarrow 1$ olduqda, D -nin qiyməti nəzəri olaraq 0-a qədər azala bilər.

Bununla da ədəbiyyat mənbələrinin icmalı göstərdi ki, LAI-nin yüksək qiymətlərində NDVI tam doyma effektinə görə $NDVI=f(LAI)$ asılılığı bitkilərin müxtəlif növlərinə uyğun olaraq kifayət qədər qeyri-xətliyə malikdir.

Deyilənlər əsasında LAI-nin yüksək qiymətlərində NDVI-nin tam doyma effektinin nəzərə alınması üçün həmin indeksin qiymətlərinin korreksiyası metodikası təklif edilmişdir. Göstərilmişdir ki, NDVI qiymətlərinin korreksiyası bu indeksin kəmsəlinə vurulmasına əsaslanan prinsip üzrə həyata keçirilə bilər. Təklif edilmiş prinsipə aid olan tənlik əsasında model hesablamaları aparılmışdır.

4.3. Azərbaycanın Xaçmaz rayonu ərazisində təbii obyektlərinin xüsusiyyətləri və tələb olunan ilkin verilənlər

Artıq bir neçə ildir ki, alim və mütəxəssislərimiz tərəfindən respublikamız üçün xarakterik olan məsafədən zondlamadan bir sıra praktiki məsələlər həll edilmiş, ekoloji monitorinq sisteminin yaradılması istiqamətində mühüm nailiyyətlər qazanılmışdır. Aqrar landşaft elementləri ilə zəngin olan və Azərbaycanın şimal hissəsində yerləşən Nabran–Xaçmaz regionu özünün təbii iqlim şəraiti və infrastruktur obyektləri ilə fərqlənən zəngin bölgələrimizdən biridir. Elə bu səbəbdəndə həmin bölgənin ərazisində yerləşən Nabran peykaltı poliqonunda peykaltı eksperimentlər aparılmış, təbii obyektlərin və kənd təsərrüfatı sahələrinin spektral əksətmə xassələri ölçülmüş və alınmış nəticələr əsasında MAKA-da xüsusi məlumat bazası yaradılmışdır. Lakin son dövrlərdə belə ölçmələrin aparılması mümkün olmadığından, istifadəmizdə olan katoloq verilənlər əsasında təbii obyektlərin məxsusi parametrlərinin qiymətləndirilməsi üçün hesablamalar aparılmışdır.

Məlumdur ki, son dövrlərdə həmin regionlarda bir sıra infrastruktur dəyişiklikləri həyata keçirilmiş, mənimsənilmiş torpaq sahələri genişləndirilmiş, becərilən məhsulların növlərə görə sayı artmışdır. Ərazidə baş verən dəyişikliklərin öyrənil-

məsi və kənd təsərrüfatı bitkilərinin məxsusi parametrlərinin qiymətləndirilməsi üçün ilk növbədə məlum mənbələrə əsaslanaraq tədqiqat ərazisinin təbii-iqlim xüsusiyyətləri araşdırılmışdır.

Qeyd edilməlidir ki, tədqiqat ərazisi əsasən yüksək dağlıq zonalardan, meşəliklərdən, çəmənliklərdən və yarımşəhradan ibarətdir. Bu region üçün şabalıdı torpaqlar daha xarakterikdir və bəzi yerlərdə kolluqlara rast gəlinir. Dəniz səviyyəsindən 2000 m-ə qədər yüksəkliklərdə seyrəkləşmiş meşələrə rast gəlinir. Ot bitkiləri yaxşı inkişaf etmişdir, seyrək meşələrin əhatəsində onların uzunluğu 1 m-ə çatır. Yüksək dağlıqlarda isə əsasən enli yarpaqlı meşələr üstünlük təşkil edir.

Tədqiqat ərazisi su ehtiyatları ilə zəngin olan bölgələrə aid edilir. Burada çay şəbəkəsinin əsasını təşkil edən Samur çayının və Qusarçayın əsas qida mənbələri yüksək dağlıq ərazilərdə formalaşmış qar örtüyündən ibarətdir.

Tədqiqat ərazisi respublikamızın şimal-şərq hissəsində yerləşməklə böyük hissəsi Samur–Dəvəçi çökəkliyinə düşür, şimaldan isə Rusiya Federasiyası ilə ümumi sərhəddə malikdir. Xaçmaz şəhəri ərazisində bir sıra istehsal müəssisələri fəaliyyət göstərir. Nabran qəsəbəsi özünün turizm potensialı ilə respublikamızda xüsusi əhəmiyyətə malik olmaqla yay mövsümündə əhalinin sıx məskunlaşdığı əraziyə çevrilir. Burada həmçinin kənd təsərrüfatı məhsullarının becərilməsinə geniş yer verilmişdir[5, s.17-22]. Burada yerləşmiş çoxsaylı kəndlərdə meyvə-tərəvəzin yetişdirilməsi ilə yanaşı heyvandarlıq, quşçuluq və balıqçılıq təsərrüfatının inkişafına da geniş yer verilmişdir. Məhz bütün bunların nəticəsində rayon ərazisində bir sıra emal zavodları, müxtəlif kiçik müəssisələr, istehsal şirkətləri fəaliyyətə başlamışlar[4, s.46-51]. Özünün flora və faunasının zənginliyi ilə fərqlənən rayon ərazisinin 20,8 km² sahəsi müxtəlif tipli meşəliklərdən ibarətdir. Mülayim iqlimə, mineral bulaqlara malik olan rayon ərazisində öz mənbəyini yüksək dağlıqlardan götürən ona qədər iri və xırda çaylar axır. Bundan başqa heyvandarlıq təsərrüfatının inkişafı və balıqçılıq məqsədi ilə bir sıra süni göllər də yaradılmışdır. Meşəlik və dağ ətəyi zonalarda bir sıra dərman bitkilərinə rast gəlinir ki, bunların da sırasında yağiotu, daziotu, sarmaşığı, itburnu və s. xüsusi yer tutur.

Ərazinin meşəlikləri əsasən düzənlik zonalardan yayılmış və lokal struktura malikdir. Burada əsasən əzgil ağaclarının palıdlara, yemişana və qarağaca daha tez-tez rast gəlinir. Lakin dəniz səviyyəsindən daha yüksəkliyə qalxdıqca enli yarpaqlı meşələr üstünlük təşkil edir. Bunların sırasında şərqi fıstığı, şərqi palıdı və s. xüsusi ilə qeyd edilməlidir. Ümumiyyətlə dəniz səviyyəsindən yüksəkliyə qalxdıqca palıd ağaclarının müxtəlif növlərinə rast gəlinir. Burada həmçinin qarışıq meşələr fonunda müxtəlif növ ağcaqayın ağaclarına da rast gəlinir. Onlar çökə və vələs ağacları ilə birlikdə ərazidə qarışıq meşələri formalaşdırırlar. Ərazidə fıstıq və palıd məhsuldar bitki növü hesab edilməklə yerli əhali tərəfindən müxtəlif məqsədlərlə istifadə edilir.

Bütün deyilənlərlə yanaşı qeyd edilməlidir ki, respublikamız müstəqillik qazandığı ilk illərdə yerli əhali ilə təbii meşəliklər arasındakı münasibət tənzimlənməmiş və bəzi hallarda meşəlikdəki qiymətli ağaclardan və məişət ehtiyacları üçün, həmçinin yanacaq kimi istifadə edilmişdir. Belə ki, kor təbii münasibət nəticəsində əsasən palıd ağaclarında müəyyən seyrəkləşmələr müşahidə edilmişdir. Meşəlik ərazilərdə ot örtüyü nisbətən seyrək inkişaf etmiş, bəzi hallarda onlar kolluqlarla əvəz olunmuşdur. Adətən belə kolluqlara seyrək fıstıq meşəliklərində daha tez-tez rast gəlinir və onlar əsasən böğürtkən kolluqlarından ibarətdir. Dəniz səviyyəsindən 2000 metrə qədər yüksək qurşaqlarda seyrək meşəliyə rast gəlinir ki, bunlarda əsasən subalp çəmənlikləri və hündürotluqlarla birlikdə formalaşmışdır. Daha yüksək qurşaqlarda isə çəmən bitkiləri ilə yanaşı subalp tərkibli bitkilər xüsusi ilə yayılmışdır. Qeyd edilməlidir ki, yüksək dağlıqların xarakterik xüsusiyyətlərindən və relyef parametirlərindən asılı olaraq bitkilər müxtəlif formalarda yayılmışdır.

Məhz qeyd edilməlidir ki, tədqiqat ərazisinin relyef müxtəlifliyindən asılı olaraq bitkilərin formalaşması yüksək zonallıq xüsusiyyətləri ilə xarakterizə edilir. Demək olar ki, subalp çəmənliyində yayılmış bitki növlərinin sayı 1000-ə qədər təşkil edir. Burada yayılmış bitkilər sırasında bağayarpağı, qantəpər, yemlik, mərcanotu və digərlərini xüsusilə qeyd etmək lazımdır. Hündürotluq sahələrdə isə əsasən müxtəlif süpürgə növlərinə, baldırğana, qankəsənə və digər faydalı bitkilərə daha tez-tez rast gəlinir[23].

Aparılmış tədqiqatlar nəticəsində məlum olmuşdur ki, kollektiv təsərrüfat sistemi ləğv edildikdən sonra regionun bitki obyektlərinin vəziyyətinə aşağıdakı faktorlar ciddi təsir göstərmişdir.

- məişət ehtiyacları üçün meşələrin və bağ ağaclarının plansız doğranması;

-bazar konyukturasından asılı kənd təsərrüfatı əkinlərinin ilbəl profilinin dəyişməsi;

-qrunt sularının səviyyəsinin qalxması; erroziya, duzlaşma və digər təbii və antropogen təsirlər altında torpağın aqrometeoroloji parametrlərinin dəyişməsi.

Deyilən faktorlarla əlaqədar kosmik təsvirlər əsasında meşə-bitki obyektlərinin təsnifatının aparılması aktual məsələ kimi qarşıya çıxmışdır.

İlk növbədə araşdırmalar Xaçmaz rayonunun 1:100000 miqyaslı xəritələri üzərində aparılmışdır.

İlkin verilənlər cədvəl 4.3.1-də sistemləşdirilmişdir.

Cədvəl 4.3.1.

İstifadə olunan ilkin verilənlərin sistemləşdirilməsi

İlkin verilənlərin tipləri	İlkin verilənlərin elementləri
Topoqrafik xəritə	- Nabran-Xaçmaz regionunun 1:100000 miqyaslı xəritəsi; - Azərbaycanın atlası
Torpaqdan istifadənin vektor xəritəsindən alınmış antropogen obyektlərin rastr tematik xəritəsi	- Yaşayış məntəqələri, - Dövlət əhəmiyyətli yollar , - Dəmir yolları, - İri dövlət əhəmiyyətli kanallar.
Relyefin rəqəmli modeli (RRM) və onun törəmələri	-DEM (rəqəmli maillik modeli) modelin törəmələri
GİS analizi vasitəsilə təsvirlərdən alınmış verilənlər	- Dəniz sahilindən uzaqlıq faylı - GİS analizdən alınmış bircinslik faylı

4.4. Landşaft elementlərinin vegetasiya indekslərinə görə fəsilələr üzrə təsnifatı və elektron kartoqrafik təqdimatı

Bitkilərin fenoloji vəziyyətinin dinamikasını xarakterizə edən əsas faktor onların əksətmə xassələridir. Bitki örtüyünün fenoloji inkişafı və landşaftın digər komponentləri onların əksətmə xassələrinin mövsümi dəyişməsinə səbəb olur.

-bitkilərin inkişaf dinamikasını xarakterizə edən məlumat toplusu əsasən aşağıdakı problemlərin həllini təmin edir;

-bitkiləri maksimum fərqləndirməyə imkan verən optimal zaman intervallarında məlumatların toplanması;

-yaşayış məntəqələrinin genişlənmə dinamikasını, mənimsənilən torpaq sahələrinin və su obyektlərinin dəqiq konturlarının müəyyənləşdirilməsi və monitorinqin aparılması;

-bitkilərin fitometrik göstəriciləri ilə spektral əksətmə xüsusiyyətləri arasındakı empirik əlaqələr əsasında obyektlərin bir birindən fərqləndirmə dəqiqliyinin artırılması.

Məsələnin həlli üçün istifadə olunan spektrometrik ölçmələr buludsuz hava şəraitində, zenit bucağı altında 24 kanallı yerüstü spektrometr vasitəsi ilə aparılmış, test nöqtələri üzrə alınmış nəticələr real ölçmə verilənləri ilə müqayisə olunmuşdur. Alınmış nəticələrin adekvatlığını təsdiq etmək üçün yerüstü ölçmə nəticələri Mİ-8 helikopterində quraşdırılmış ESP-24 spektrometrinin verilənləri ilə müqayisə olunmuşdur. Bort ölçmələri üçün etalon sahənin seçilməsi mümkün olmadığından alınmış nəticələrin yerüstü spektrometrik ölçmələrə nəzərən kalibrlənməsi həyata keçirilmişdir. Bununlada əldə olunmuş məlumatların maksimal stabilliyi təmin olunmuş, emal nəticələrinin dəqiqliyi daha da yüksəlmişdir[5,25]. Bununla yanaşı bort ölçmələri nəticəsində alınmış məlumatlar yer səthində 10-15 metr yüksəklikdə avtomobil qülləsində quraşdırılmış eyni adlı spektrometr verilənləri ilə müqayisə olunmuşdur. Daha sonra bitki obyektlərinin

məxsusi xüsusiyyətləri nəzərə alınmaqla elektromaqnit spektrinin müxtəlif dalğa uzunluqlarının seçimi məsələsinə baxılmışdır. Bu zaman bitkilərin vəziyyət parametrləri pisləşdikcə və ya stress vəziyyətinə uğradıqda spektrin qırmızı zonasında əksətmənin artması, yaxın infraqırmızı oblastda isə azalması əsas götürülmüşdür. Eyni zamanda nəzərə alınmışdır ki, elektromaqnit spektrin görünən oblastında su obyektlərinin spektral əksətməsi kifayət qədər azalır, torpaq obyektlərinin spektral əksətməsi isə onun strukturundan, tərkibindəki mineral maddələrin miqdarından, müxtəlif duzların konsentrasiyasından, həmçinin tekstur-morfoloji xüsusiyyətlərindən asılı olaraq dəyişir. Bunlar nəzərə alınmaqla spektrin görünən oblastında 4 əsas dalğa uzunluğu (450 nm, 550nm, 675 nm, 800nm) seçilmişdir. Seçilmiş dalğa uzunluqları üzrə obyektlərin əksətmə xassələrinin kataloqu yaradılmış, müxtəlif səviyyəli ölçmə nəticələrindən istifadə edildiyinə görə atmosferin təsiri o qədər də nəzərə çarpmamışdır[22].

Deyilənlər nəzərə alınmaqla ilin müxtəlif fəsiləri üzrə göstərilən spektral intervallarda tədqiqat obyektlərin spektral xüsusiyyətlərini dəyişmək tendensiyası müəyyənləşdirilmişdir.

Məlumdur ki, qış fəslində bitkilərin əksəriyyəti çılpaqlaşır, vegetasiya dövrünün başa çatması ilə əlaqədar yaşıl bitki kütləsinin miqdarı kifayət qədər azalır. Daima yaşıl bitkilərdən başqa bütün enliyarpaqlı meşələr həmçinin bağ ağacları yarpaqlarını tökür, bununla da inteqral spektral əksətmədə yaşıl kütlənin payı azalır, torpağın payı isə kifayət qədər artır. Bununlada spektrin qırmızı oblastında bitkilərin spektral əksətməsi kifayət qədər artaraq torpağa yaxınlaşır, yaxın infraqırmızı oblastda isə ya dəyişmir, bəzən də nəzərə çarpacaq dərəcədə azalır. Əldə olunmuş məlumatlar əsasında təsnifat obyektləri üçün NDVI-nin qiymətləri hesablanmış, bu halda ən yüksək qiymət qarışıq meşələrdə, ən aşağı qiymət isə dağlıq çəmənliklərdə müşahidə olunmuşdur. Fındıq bağları əsasən meşəlik ərazilərdə yerləşdiyindən onların vegetasiya indeksləri meyvə bağlarının indekslərindən kifayət qədər yüksək olmuşdur.

Cədvəl 4.4.1.

Qış fəslində meşə və meyvə bağlarının NDVI indeksi
(Nabran-Xaçmaz poliqonu, 1987-1990-cı illər üçün ortalasılmış qiymətlər)

№	Təsnifat obyektləri	Spektral zonalar; nm				NDVI= $\frac{R_{800}-R_{650}}{R_{800}+R_{650}}$
		450	550	650	800	
1	Qarışıq meşə	4,2	6,8	5,7	30,0	0,68
2	Dağlıq meşə	9,0	11,2	14,0	45,2	0,53
3	Dağlıq çəm.lər	8,0	14,6	17,2	25,8	0,20
4	Dağlıq çəm.lər	10,0	12,8	14,2	32,6	0,39
5	Fındıq bağları	6,8	8,2	9,1	28,4	0,52
6	Alma bağları	7,4	9,5	10,3	27,1	0,45
7	Armut bağları	9,0	11,2	11,6	23,1	0,33
8	Meyvə bağları	8,0	10,2	10,4	25,2	0,41

Yaz fəslinin gəlişi ilə vəziyyət müəyyən qədər dəyişmiş, kənd təsərrüfatı sahələrində bitkilərin əkilməsi, cücərmənin baş verməsi və ağacların yarpaqlaşması nəticəsində yaşıllıq göstəriciləri tədricən artmağa başlamışdır. Bununlada spektrin qırmızı oblastında spektral əksətmənin qiyməti getdikcə azalmağa başlamış, yaxın infraqırmızı oblastda isə tədricən artma müşahidə edilmişdir. Bununlada vegetasiya indekslərinin hesablanmış qiymətləri nəzərə çarpacaq dərəcədə artmışdır. Hesablamalar mart, aprel, may ayları üçün ayrılıqda aparılmış, nəticələr (cədvəl 4.4.2, 4.4.3, 4.4.4.) də sistemli şəkildə təqdim olunmuşdur.

Cədvəl 4.4.2.

Mart ayında bitkilərin NDVI-nin orta qiyməti
(Nabran-Xaçmaz poliqonu, 1987-1990-cı illər)

№	Təsnifat obyektləri	Spektral zonalar; nm				NDVI= $\frac{R_{800}-R_{650}}{R_{800}+R_{650}}$
		450	550	650	800	
1	Sahilyanı meşə (palıd)	5,0	7,6	7,2	36,0	0,67

2	Qarışıq meşə	3,8	7,0	5,2	32,1	0,73
3	Dağlıq meşə	7,2	10,1	12,2	47,5	0,59
4	Fındıq bağları	5,6	8,5	8,6	36,4	0,62
5	Armut bağları	6,6	9,0	9,5	26,5	0,42
6	Alma bağları	6,6	9,0	9,5	31,4	0,54
7	Meyvə bağları	8,1	9,8	9,6	32,6	0,55

Cədvəl 4.4.3.

**Aprel ayı üçün bitkilərin NDVI-nin orta qiyməti
(Nabran-Xaçmaz poliqonu, 1987-1990-cı illər)**

№	Təsnifat obyektləri	Spektral zonalar; nm				NDVI= $\frac{R_{800}-R_{650}}{R_{800}+R_{650}}$
		450	550	650	800	
1	Tuqay meşəsi	4,7	7,4	7,0	34,8	0,66
2	Sahilyanı meşə (palıd)	4,4	8,2	7,6	38,2	0,66
3	Qarışıq meşə	3,6	7,2	4,8	34,3	0,75
4	Dağlıq meşə	6,8	9,6	8,8	50,2	0,72
5	Fındıq bağları	5,0	8,9	8,6	37,9	0,63
6	Alma bağları	5,6	9,8	9,5	32,1	0,54

Cədvəl 4.4.4.

**May ayı üçün bitkilərin NDVI-nin orta qiyməti
(Nabran-Xaçmaz poliqonu, 1987-1990-cı illər)**

№	Təsnifat obyektləri	Spektral zonalar; nm				NDVI= $\frac{R_{800}-R_{650}}{R_{800}+R_{650}}$
		450	550	650	800	
1	Tuqay meşəsi	2,6	7,2	4,4	39,1	0,79
2	Sahilyanı meşə (palıd)	4,0	7,8	6,7	44,1	0,74
3	Qarışıq meşə	3,4	6,6	4,6	35,1	0,78
4	Dağlıq meşə	4,8	9,0	6,4	56,5	0,79

5	Fındıq bağları	4,6	8,8	8,1	40,6	0,66
6	Alma bağları	5,0	9,2	8,5	34,8	0,60

Cədvəllərdən göründüyü kimi may ayında yaşıllıq səviyyəsinin artması ilə bütün meşə bitkilərinin, o cümlədən, alma və fındıq bağlarının spektral əksətməsi $\lambda = 800\text{nm}$ dalğa uzunluğunda kifayət qədər yüksək olduğundan onların vegetasiya indekslərində nəzərəcarpacaq dərəcədə artmış, hətta tuqay meşələri üçün 0,79 təşkil etmişdir.

Yay fəslinin başlanması ilə əlaqədar bitkilər inkişaf fazasını və tendensiyasını saxlamış, vegetasiya indekslərinin qiyməti yüksək olmuş, fəslin sonunda sarı yarpaqların əmələ gəlməsi ilə əlaqədar cüzi dəyişikliklər müşahidə edilmişdir. Həmin dövrdə əksər kənd təsərrüfatı bitkilərinin biçim mövsümü başladığından yaşıllıq səviyyəsi kifayət qədər azalmış $\lambda = 650\text{nm}$ dalğa uzunluğunda kifayət qədər artım müşahidə olunmuş, $\lambda = 800\text{nm}$ isə azalmalar diqqəti cəlb etmişdir. Bununla da kənd təsərrüfatı sahələrində NDVI-nin qiyməti sürətlə azalmış, meşəlik ərazilərdə isə bu azalma o qədər qeydə alınmamışdır. Bununla yanaşı havaların isti keçməsi ilə əlaqədar çılpaq torpaqların və dağ süxurlarının səthində suyun buxarlanması baş vermiş, onların rəngi dəyişmiş və elektromaqnit spektrinin görünən oblastının bütün diapazonlarında spektral əksətmə xassələri, spektral əksətmə əmsalının qiymətləri kifayət qədər yüksək olmuşdur. Eyni zamanda qeyd edilməlidir ki, yay mövsümünün sonlarında temperaturun kifayət qədər yüksək olması ilə əlaqədar su obyektlərinin bioloji məhsuldarlığın azalması müşahidə edilir ki, bu da görünən oblastda spektral əksətmənin azalmasına gətirib çıxarır.

İyun, iyul, avqust ayları üçün dalğa uzunluqlarında spektral əksətmənin və NDVI-nin qiymətlərinin dəyişməsi cədvəl 4.4.5, 4.4.6 və 4.4.7-də göstərilmişdir.

Cədvəl 4.4.5.

**İyun ayı üçün bitkilərin NDVI-nin orta qiyməti
(Nabran-Xaçmaz poliqonu, 1987-1990-cı illər)**

№	Təsnifat obyektləri	Spektral zonalar; nm				NDVI= $\frac{R-R_{650}}{R_{800}+R_{650}}$
		450	550	650	800	
1	Tuqay meşəsi	2,4	6,8	5,6	36,8	0,73
2	Sahilyanı meşə (palıd)	3,8	7,6	6,6	49,3	0,76
3	Qarışıq meşə	3,2	7,4	4,8	38,5	13,4
4	Dağlıq meşə	3,6	9,0	6,5	64,5	0,81
5	Fındıq bağları	4,2	8,4	7,6	40,1	0,68
6	Alma bağları	4,8	9,4	9,0	35,4	0,59

Cədvəl 4.4.6.

**İyul ayında bitkilərin NDVI-nin orta qiyməti
(Nabran-Xaçmaz poliqonu, 1987-1990-cı illər)**

№	Təsnifat obyektləri	Spektral zonalar; nm				NDVI= $\frac{R_{800}-R_{650}}{R_{800}+R_{650}}$
		450	550	650	800	
1	Tuqay meşəsi	2,8	7,2	5,8	35,4	0,71
2	Sahilyanı meşə (palıd)	4,0	7,8	7,0	46,4	0,73
3	Qarışıq meşə	3,6	7,7	5,2	36,6	0,74
4	Dağlıq meşə	3,8	9,2	6,9	60,2	0,79
5	Fındıq bağları	4,0	8,8	7,4	44,2	0,71
6	Alma bağları	4,2	9,6	8,6	37,2	0,62
7	Armud bağları	7,6	9,8	8,9	34,2	0,58

**Avqust ayı üçün bitkilərin NDVI-nin orta qiyməti
(Nabran-Xaçmaz poliqonu, 1987-1990-cı illər)**

№	Təsnifat obyektləri	Spektral zonalar; nm				NDVI= $\frac{R_{800}-R_{650}}{R_{800}+R_{650}}$
		450	550	650	800	
1	Sahilyanı meşə (palıd)	4,2	8,1	7,4	43,1	0,61
2	Qarışıq meşə	4,0	7,9	5,7	35,8	0,75
3	Dağlıq meşə	4,2	9,5	7,1	53,5	18,5
4	Fındıq bağları	4,6	9,4	8,2	39,4	0,65
5	Alma bağları	8,1	10,3	9,1	32,6	0,57
6	Armut bağları	8,1	10,3	9,1	32,6	0,57
7	Meyvə bağları	7,2	9,7	7,9	40,2	0,67

Payız fəslinin sonunda vegetasiya dövrünün başa çatması ilə əlaqədar bağlarda meyvələrin yetişməsi və yığılması baş verir. Bununla da yarpaqların tədricən saralması, quruyub yerə tökülməsi nəticəsində əksər ağaclar yaşillıq xüsusiyyətini itirir spektral əksətmədə kifayət qədər dəyişikliklər müşahidə olunur. Belə ki, ağacların tədricən çılpqlaşması nəticəsində, həmçinin bostan bitkilərinin yığılması ilə əlaqədar ərazinin səth örtüyündə yaşillıq səviyyəsi kifayət qədər aşağı düşür. Bununla yanaşı payızlıq əkin sahələrində şumlama işlərinin aparılması, ot qalıqlarının tamamilə aradan götürülməsinə gətirib çıxarır. Ümumi halda elektromaqnit spektrinin görünən oblastının 650 nm dalğa uzunluğunda spektral əksətmə kifayət qədər yüksəlir. 800 nm dalğa uzunluğunda isə kifayət qədər azalmalar qeydə alınır. Tədqiqat ərazisinin bitki obyektlərinin sentyabr ayı üçün NDVI-nin qiymətləri cədvəl 4.4.8-də göstərilmişdir.

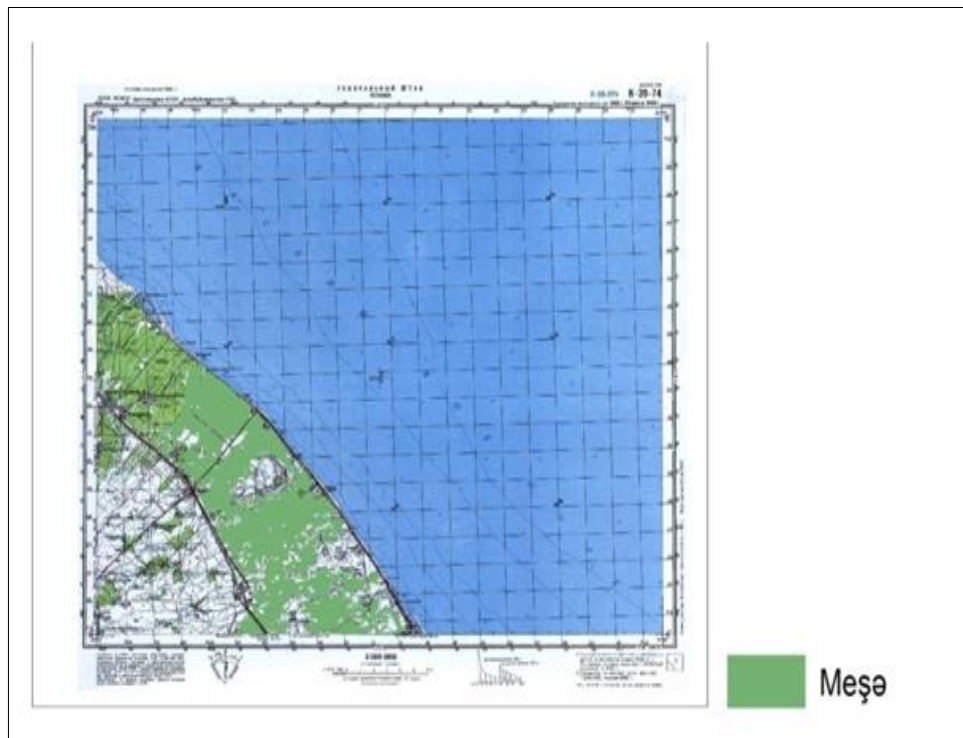
Sentyabr ayı üçün bitkilərin NDVI-nin orta qiyməti
(Nabran-Xaçmaz poliqonu, 1987-1990-cı illər)

№	Təsnifat obyektləri	Spektral zonalar; nm				NDVI= $\frac{R_{800}-R_{650}}{R_{800}+R_{650}}$
		450	550	650	800	
1	Tuqay meşəsi	3,5	8,0	6,4	32,1	0,72
2	Sahilyanı meşə (palıd)	4,7	8,4	7,9	39,5	0,67
3	Qarışıq meşə	4,2	8,2	6,0	34,6	0,72
4	Dağlıq meşə	4,8	10,1	8,2	49,3	0,72
5	Fındıq bağları	5,2	9,7	8,4	38,4	0,64
6	Alma bağları	5,2	10,6	8,9	33,5	0,61
7	Armut bağları	8,6	10,8	10,2	28,1	0,47

Tədqiqat ərazisinin təbii obyektlərinin vəziyyət parametrlərinin dəyişmə tendensiyasının qiymətləndirilməsi üçün ilk növbədə MAKA-da mövcud olan 1:100000 miqyaslı topoqrafik planşetlərdən istifadə edilərək ArcGIS 10.3 proqram təminatı vasitəsilə tematik laylar yaradılmışdır. İlk öncə xəritənin coğrafi bağlantısı həyata keçirilmiş ArcGIS proqramından başqa ArcMAP və Arc kataloq proqramlarından istifadə edilmişdir. Bununlada Nabran-Xaçmaz regionunun meşə obyektlərinin və meyvə bağlarının elektron tematik layları yaradılmışdır (şək.4.4.1, şək.4.4.2, şək.4.4.3, şək.4.4.4).



**Şəkil 4.4.1. Topoqrafik xəritə üzərində işlənmiş tematik lay
(Meyvə bağları, Nabran, 1975, miqyas 1:100000)**

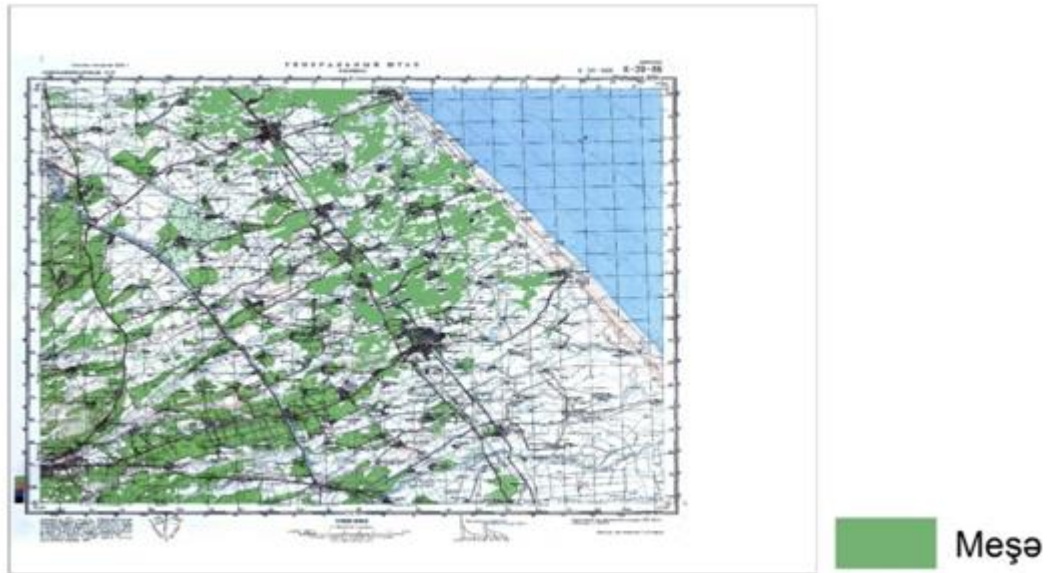


Şəkil 4.4.2 Topoqrafik xəritə üzərində işlənmiş tematik lay

(Meşə, Nabran, 1975, miqyas 1:100000)



**Şəkil 4.4.3. Topoqrafik xəritə üzərində işlənmiş tematik lay
(Meyvə bağları, Xaçmaz, 1975, miqyas 1:100000)**



**Şəkil 4.4.4. Topoqrafik xəritə üzərində işlənmiş tematik lay
(Meşə, Xaçmaz, 1975, miqyas 1:100000)**

MAKA-nın arxivindəki topoqrafik xəritələr ilkin emal edilərək, elektron formata çevrilmişdir. Emal prosedurlarını həyata keçirmək üçün bir sıra CİS

proqram paketlərindən istifadə edilmişdir. Bunun üçün loadmap.net internet saytına daxil olub, istifadə olunacaq müəyyən miqyaslı topoqrafik xəritələr seçilərək yüklənmişdir.

Tematik emal prosedurunun aparılması üçün əvvəlcə ilkin emal prosesi həyata keçirilmiş, bunun üçün coğrafi bağlantı aparılmışdır. Nabran-Xaçmaz regionunun coğrafi bağlantısını həyata keçirmək üçün 4 müxtəlif koordinatlı 1:100000 miqyaslı topoqrafik xəritədən istifadə edilmişdir.

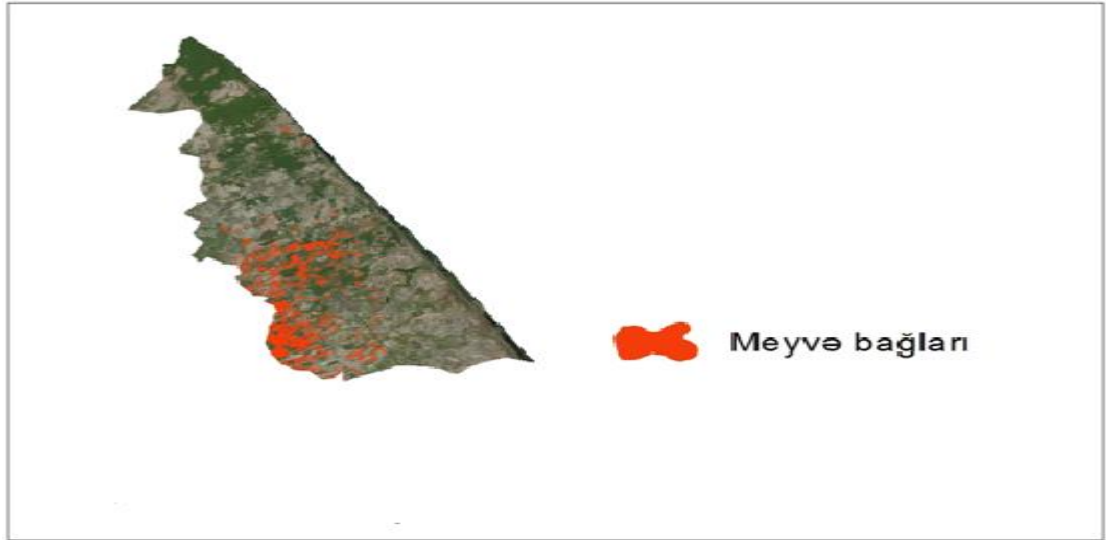
Bu məqsədlə, 2 üsuldən istifadə edilmişdir:

-2 nöqtə ilə dioqanal köçürmə üsulu;

-4 nöqtə ilə köçürmə üsulu (Bu üsul dioqanal köçürmə üsulundan daha dəqiq hesab edilmişdir).

Bununlada tədqiqat ərazisinin topoqrafik xəritəsini (miqyas 1:100000, 1975) UTM 39 koordinat sisteminə gətirmək üçün Azərbaycan Respublikasının ümumi nomenklaturasından istifadə edilmişdir. ArcGIS 10.3 proqram təminatının tərkibində olan ArcMap-də açılmış, topoqrafik xəritələr əlavə edilmiş, daha sonra nomenklatura əlavə olunmuşdur. Georeference bölməsi açılmış, nöqtə ilə köçürmə (Add control point) əmrindən istifadə edilmişdir. Burada köçürüləcək nöqtəni və topoqrafik xəritənin koordinatları yazılmış künc nöqtəsinə 1-ci nöqtə vurulmuş, daha sonra Zoom to layer əmri ilə açılmış nomenklaturaya keçirilmiş və topoqrafik xəritədə künc nöqtəsində qeyd edilən nöqtə nomenklaturada müvafiq yerə köçürülmüşdür. Bu prosesdə topoqrafik xəritə üzərindəki 3 koordinat yazılmış künc nöqtələri qeyd edilmişdir. Sonra topoqrafik xəritə Update georeferencing əmri ilə tam koordinata gətirilmişdir. Nomenklaturada alınmış koordinata gətirilmiş topoqrafik xəritə ArcGIS 10.3 proqram təminatına göndərilmiş infrastruktur elementləri müəyyən edilərək tematik laylar yaradılmışdır. Arc GIS 10.3 proqram təminatı vasitəsilə tədqiqat ərazisinin kosmik təsviri üzərində tematik emal aparılmışdır. Kosmik təsvir Arc GIS 10.3 proqram təminatının daxilində yerləşdirilmiş Base Map komandası vasitəsi ilə əldə edilmişdir. Kosmik təsvirdən lazım olan ərazi Arc GIS 10.3 proqram təminatının Cut əmri ilə kəşib götürülmüş, bazadan götürülmüş kosmik təsvir WGS 1984

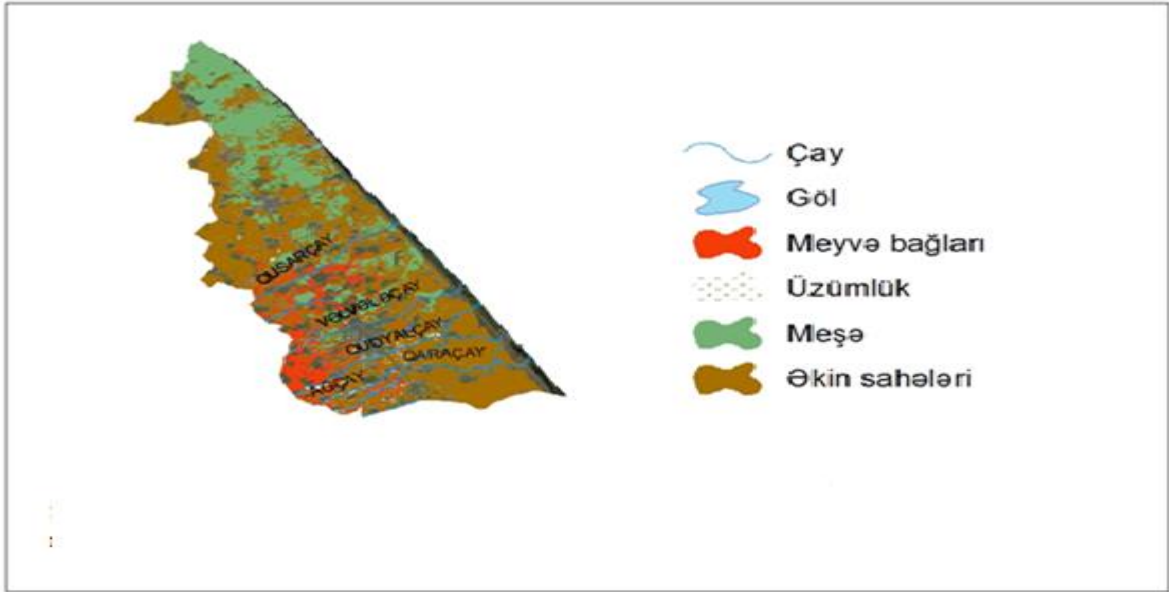
koordinat sistemindən UTM 39 koordinat sisteminə çevrilmişdir. Tematik laylar da həmin koordinat sistemində yaradılmış, Nabran-Xaçmaz zonasının kosmik təsviri üzərində 6 lay tematik emal edilmişdir. Beləliklə, kosmik təsvirlər üzərində yaradılmış tematik laylar ümumilikdə və ayrı-ayrılıqda təqdim edilmişdir (şəkil 4.4.5, şəkil 4.4.6, şəkil 4.4.7).



**Şəkil 4.4.5. Kosmik təsvir əsasında yaradılmış tematik lay
(Nabran-Xaçmaz, meyvə bağları, 2014)**



Şəkil 4.4.6. Kosmik təsvir əsasında yaradılmış tematik lay
(Nabran-Xaçmaz, meşə, 2014)



Şəkil 4.4.7. Kosmik təsvir əsasında yaradılmış tematik laylar
(Nabran-Xaçmaz, 2014)

Sonda tədqiqat əzisinin topoqrafik xəritələr və kosmik təsvirlər əsasında yaradılmış tematik layların kəmiyyət göstəriciləri hesablanmış, Nabran və Xaçmaz üçün ayrılıqda təqdim olunmuşdur (cədvəl 4.4.9).

Cədvəl 4.4.9.

Nabran – Xaçmaz regionunun 1:100000 miqyaslı topoqrafik xəritəsi üzərində göstərilmiş tematik laylarının sahələri cədvəli

Tematik laylar	Nabran	Xaçmaz	Nabran – Xaçmaz regionu
Çaylar (km)	391,43	1288,31	1679,74
Meşələr (ha)	12031	11046	23077
Meyvə bağları	4,63	84,4	89,03

(km ²)			
Üzümlüklər (km ²)	0,85	1,47	2,32

Beləliklə də tədqiqat ərazisinin təbii-iqlim və coğrafi şəraiti mövcud materiallar əsasında araşdırılmış meşə-bitki obyektlərinin fitometrik göstəricilərinin eksperimental qiymətləri və spektral əksətmə xassələri öyrənilərək müqayisəli təhlillər aparılmışdır. Topoqrafik xəritələr əsasında əldə olunmuş məlumatların kosmik təsvirlərdə təsnifata cəlb edilən obyektlərin həndəsi göstəricilərinin müqayisəsi 40 ilə yaxın bir dövrdə baş vermiş dəyişiklikləri qiymətləndirməyə imkan vermişdir. Müqayisəli təhlil nəticəsində məlum olmuşdur ki, həmin dövr ərzində meşələrin ümumi sahəsi iki dəfəyə yaxın artmış, üzümlüklərin sahəsi isə 4 dəfə, meyvə bağlarının sahələrində 3 dəfəyə yaxın artım müşahidə edilmişdir. Topoqrafik xəritələr üzərində çayların uzunluğu 1679 m göstərilməsinə baxmayaraq, kosmik təsvir üzərində bu kəmiyyət 1868 m-ə bərabər olmuşdur. Bu isə onunla izah edilir ki, topoqrafik xəritənin miqyası yüksək olduğundan bəzi çay qollarını müşahidə etmək mümkün olmamış, digər tərəfdən ərazilərin son illərdə mənimsənilməsi ilə əlaqədar yerli su arxları və kanalları çəkilmişdir (cədvəl 4.4.10).

Cədvəl 4.4.10.

Torpaq bitki obyektlərinin həndəsi ölçülərinin dəyişməsi km² - lərlə

Tematik laylar	Topoqrafik xəritə	Kosmik təsvir
Meşələr	120,0	230,0
Çaylar	1679,0	1868,0
Üzümlüklər	0,52	2,2
Meyvə bağları	5,2	14,0
Əkin sahələri	-	791,0
Göllər	-	0,05

Bitki örtüyü (ümumi)	125,72	1037,25
----------------------	--------	---------

Xaçmaz-Nabran regionunun topoqrafik xəritəsi üzrə həmin çayların uzunluqları aşağıdakı kimi hesablanmışdır:

Vəlvələçay-4 km, Ağçay-27,4 km, Qaraçay-32,5 km, Qudyalçay-22,8 km, Qusarçay-17,5 km, Çıqacukçay-31,2 km, Mazarçay-20,6 km, Dərələrçay-6 km, Şollar-16 km, Muruqquba-8 km, Xazrılarx-9,9 km, Cuqutçay-12,7 km, Asmaçay-9,5 km [4, s.46-51].

Nabran ərazisi üzrə çay şəbəkəsinin uzunluğu 391,43 km, Xaçmaz rayonu üzrə 1288,31 km-dir.

Beləliklə, Nabran-Xaçmaz regionunun landşaft komponentlərinin spektrofotometrik və fitometrik arxiv verilənləri toplanmış və sistemləşdirilmişdir.

Bununla da yerüstü fitometrik və spektrometrik ölçmə verilənləri, topoqrafik xəritələr və kosmik təsvirlər əsasında Nabran-Xaçmaz regionunun meşə-bitki obyektlərinin, kənd təsərrüfatı sahələrinin və çayların məxsusi parametrləri qiymətləndirilmiş, aparılmış vektoriyasiya əməliyyatı ilə olan həndəsi göstəriciləri müəyyənləşdirilmiş və baş vermiş dəyişikliklərin müqayisəli analizi aparılmışdır.

IV fəslin nəticələri

1. Aqrar landşaftın mövsümi dinamikasının qiymətləndirilməsi üçün müxtəlif vegetasiya indekslərinin dəyişmə diaqramı əsasında ayrı-ayrı tiplərin təsnifat prosedurları həyata keçirilmişdir.

2.LAI-nin yüksək həddində doyma effekti nəzərə alınmaqla NDVI-nin korreksiya üsulu təklif olunmuş, NDVI-nin hər hansı k əmsalına vurulması ilə bu əməliyyatın həyata keçirilməsinin mümkünlüyü göstərilmişdir.

3. Müvafiq model hesablamaları əsasında NDVI ilə LAI arasındakı asılılığın eksponensial analitik təqdimatı verilmiş, LAI-nin konkret hədlərində korreksiya əmsalının ədədi qiymətləri alınmışdır.

4. Kosmik təsvirlər və topoqrafik verilənlər əsasında Nabran-Xaçmaz regionunun landşaft komponentləri tiplərə görə təsnifatlaşdırılmış, həndəsi göstəriciləri hesablanaraq vegetasiya indekslərinə görə alınmış nəticələr elektron xəritələrin müxtəlif tematik laylarında təqdim olunmuşdur.

NƏTİCƏ

1. Termal ölçmə sistemi daşıyıcılarının hündürlüyünü dəyişməklə torpaq-bitki sahələri üzərində CO₂ axınlarının məsafədən ölçmə nəticələrinə havanın temperaturunun təsirinin neytrallaşdırılması üçün model hesablamaları aparılmış, müvafiq metod təklif edilmişdir.

2. Tekstur bitki sahələrində məhsuldarlıq göstəricilərinin, həmçinin CO₂-nin yerüstü və yeraltı konsentrasiyasının lazer integral ölçmə metodu işlənmiş, biogöstəricilərin xüsusiyyətləri nəzərə alınmaqla ölçmələrin optimallıq rejiminin əldə olunma şərti müəyyənləşdirilmişdir.

3. DOAS ölçü cihazlarının kalibrlənməsi proseduru təklif edilmiş, torpaqda fosforun miqdarının təyini metodu və alqoritmi işlənmişdir.

4. Görünən oblastın məsafədən zondlama verilənləri əsasında bitki yarpaqlarında xlorofil göstəricilərinin təyini metodu təklif olunmuş, NDVI-nin doyma effektinin aradan qaldırılmasının korreksiya proseduru işlənmişdir.

5. Bitkilərin Sağlamlıq İndeksinin funksional analoqu işlənmiş, onun ekstremallıq xüsusiyyətləri ilə quraqlıq və rütubətlik amilləri arasındakı əlaqələr müəyyənləşdirilmişdir.

6. Eroziya səviyyəsi aşağı düşdükcə torpağın əksölünmə spektrində azalma ilə müşayiət olunan çatışmazlıqların aradan qaldırılması və ölçmələrin informativliyinin artırılması məqsədilə spektrozonal ölçmələrlə yanaşı eyni zamanda NDVI-dən istifadəni nəzərdə tutan ümumi ölçmə metodu təklif olunmuşdur.

7. Torpaqda azot və fosforun konsentrasiya həddinin təyində sınaq sahələrinin optimal seçim məsələsi həll edilmiş, Nemero və geoakkumulyasiya indeksləri arasında əlaqə tənliyi qurulmaqla torpağın ağır metallarla çirklənmə dərəcəsini müəyyənləşdirən iki yeni indeks işlənmişdir.

8. NDVI ilə LAI arasındakı asılılığın eksponensial analitik forması müəyyənləşdirilmiş, kosmik təsvirlər əsasında Nabran-Xaçmaz regionunun landşaft

strukturunun vegetasiya indekslərinə görə təsnifat nəticələri elektron xəritələrin tematik laylarında təqdim olunmuşdur.

İSTİFADƏ EDİLMİŞ ƏDƏBİYYAT SİYAHISI

1. Əliyeva, S.S. Bitki sahələri üzərindəki CO₂ axınının miqdarının məsafədən təyini metodu // "XƏZƏRNEFTQAZYATAQ" Elmi-təcrübi konfransın materialları, - Bakı :-2016, -s.561-565.
2. Əliyeva, S.S. Sınaq sahəsinin seçilməsi və torpağın azot və fosfor birləşmələri ilə çirklənməsi dərəcəsinin test sınaqlarının keçirilməsi məsələləri // Azərbaycan xalqının ümumilli lideri Heydər Əliyevin anadan olmasının 94-cü ildönümünə həsr olunmuş tələbə və gənc tədqiqatçıların "Gənclər və elmi innovasiyalar" mövzusunda Respublika elmi - texniki konfransının materialları, I hissə,- Bakı: -2017,- s.364-365.
3. Əliyeva, S.S. Torpağın azot və fosfor birləşmələri ilə çirklənmə dərəcəsinin müəyyənəndirilməsi məsələləri //- Bakı:Azərbaycan Texniki Universiteti, Elmi əsərlər, -2017. №1, -s. 165-170.
4. Əliyeva, S.S. Torpaq sahələri üzərində meteoroloji şəraitin karbon qazının konsentrasiyasına təsirinin qiymətləndirilməsi // - Bakı: Milli Aerokosmik Agentliyinin Xəbərləri,- 2016. № 3(19), - s. 46-51.
5. Süleymanova, Y.C. Spektrofotometrik ölçmələr əsasında təbii-ərazi obyektlərinin mövsümü dinamikasının qiymətləndirilməsinin initsiya məsələsi //- Bakı: Milli Aerokosmik Agentliyinin Xəbərləri, - 2010. №4 (13), - s.17-22.
6. Алиева, С.С., Аббасова, С.М., Сулейманова, Е.Дж. Исследование влияния экосистемного потока CO₂ в растительных полях на массу выращенной биомассы в Аква модели FAO //- Красноярск:КрасГАУ,-2018. №2, -с.247-252.
7. Алиева, С.С., Абдулов, Р.Н., Гусейнова, Р.О. Новый метод оценки содержания хлорофилла ab в листьях на базе результатов дистанционного определения азота в растениях с использованием триангуляционных вегетационных индексов // Алтайский Государственный Аграрный Университет, Аграрная наука сельскому хозяйству. Сборник статей. XII

- Международная научно–практическая конференция,-Барнаул: -2017,-с. 374-377.
8. Алиева, С.С., Алиева, Е.Н., Абдуллаева, С.Н. Метод дистанционного определения величины потоков CO₂ над растительными полями //- Саратов: Аграрный научный журнал «Технические науки»,-2016.№10,- с. 61-65.
 9. Алиева, С.С., Гулиев, Ф.Ф. Дистанционные методы определения концентрации фосфора в почве // -Курск:-2018.-с.140-147.
 10. Алиева, С.С., Гусейнова, Р.О. Метод калибровки дистанционного спектрометрического измерителя концентрации тяжелых металлов на земельных участках //- Москва: «Фотоника», 2016. №5, - с.54-61.
 11. Алиева, С.С., Джавадов, Н.Г. Оптимизация интегрированного измерения концентрации CO₂ над текстурированными пространственно-гетерогенными сельскохозяйственными полями. Актуальные проблемы экологии и охраны труда // Сборник статей VIII заочной Международной научно-практической конференции,- Курск:-12 мая , -2016,- с. 46-56.
 12. Алиева, С.С., Исмаилов, К.Х., Алескеров, З.А., Волков, А.Э., Паукова, Ю.С. Вопросы выбора тестового участка и порядка тестирования загрязнения почвы азотными и фосфорными соединениями // Юго-Западный Государственного Университет, Сборник статей IX Международной научно-практической конференции “Актуальные проблемы экологии и охраны труда”, - Курск:-18 мая, 2017, -с. 32-41.
 13. Алиева, С.С., Керимова, М.И. Метод дистанционного определения концентрации фосфора в почве // -Нижневолжский Агроуниверситет «Известия»,-2018.№1(49),- с.140-147.
 14. Алиева, С.С., Керимова, М.И. Разработка методики коррекции индекса состояния растительности VCI системы ASISFAO // - Красноярск: Вестник КрасГАУ, - 2018. №1,- с. 194-199.
 15. Алиева, С.С., Махмудова, В.Х., Алескерова, Н.Э. Совместный спектрональный метод определения степени эрозийности сельскохозяй-

йственных земель // XII международная научно-практической конференции «Аграрная наука сельскому хозяйству», Сборник статей. Книга 2.- Барнаул :-2017,-с.370-374.

16. Алиева, С.С. «Оптимизация интегрированного измерения концентрации CO₂ над сельскохозяйственными полями с учетом воздействия метеоусловий» // -Саратовский Государственный Аграрный Университет имени И.И.Вавилова: Аграрный научный журнал,серия «Технические науки»,-2016. №8, - с.56-60.
17. Алиева, С.С. Оптимизация интегрированного измерения концентрации CO₂ над текстурированными пространственно-гетерогенными сельскохозяйственными полями // - Вестник Алтайского Государственного Университета,- 2016. № 3 (137), -с.67-72.
18. Алиева, С.С. Вопросы исследования сезонной динамики изменения аграрного ландшафта / С.С. Алиева, Н.М. Пашаев, Н.А Аскеров [и др.] //- Курск:- 2018.-с.36-43.
19. Алиева, С.С. Разработка универсального комбинированного индекса засухи и влажности почвы // Вестник Красноярского Аграрного Университета,-2017.№8, - с.136-141.
20. Алиева, С.С., Сафронова, О.И. Оптимальное распределение тестовых участков на сельскохозяйственных полях, гетерогенно загрязненных азотными и фосфорными соединениями // Сборник статей IX Международной научно – практической конференции «Актуальные проблемы экологии и охраны труда» - Курск, Юго-Западный Государственный Университет, -2017.-с. 23-31.
21. Антохин, П.Н., Журнал «Оптика атмосферы и океана » / П.Н. Антохин, М.Ю. Аршинов, В.Г. Аршинова [и др] // Институт Оптики атмосферы,- России. -2014.№3.-с.232-239.
22. Брюханов, А.В, Господинов, Г.В, Книжников, Ю.Ф. Аэрокосмический методы в географических исследованиях /- Москва: Издательство Московский Государственный Университет,-1982. -231с.

23. Виноградов, Б.В. Аэрокосмический мониторинг экосистем / Б.В. Виноградов, -Москва: Наука, -1984, -320с.
24. Джавадов, Н.Г., Исмаилов, К.Х., Алиева, С.С., Якубзаде, Н. Я. Метод вычисления долевого коэффициента растительности в комплексных земельных участках // XIII Международная научно-практическая конференция, Сборник материалов Книга 2,- Барнаул:- 2018, -с.25-27.
25. Исмаилов, Т.К. Международный аэрокосмический эксперимент «Гю-неш-84» по программе «Интеркосмос» / Т.К. Исмаилов, А.Ш. Мехтиев-Москва: ВИНТИ, -1988.- 219с.
26. Ландшафтная адаптация земледелия природные и сельскохозяйственные ландшафты:[Электронный ресурс] / Классификация и устойчивость агроландшафтов.-Росии.<http://dereksiz.org/landshaftnaya-adaptaciya-zemledeliya-prirodnie>
27. Магеррамов, И.Ш., Мамедбейли, А.Г., Алиева, С.С., Райи, А.П. Вопросы комбинирования принципа дифференциальной оптической абсорбционной спектроскопии с принципом трехволновых измерений с двухпараметрической коррекции // Труды V международной научно-технической конференции, «Актуальные проблемы физики»,-Баку:-25-27 июня,-2008,-с.134-136.
28. CO₂ в гидропонной оранжерее [Elektronresurs]/ [http://leplants.ru/tsvetovodstvo/CO₂-x-gidroponnoy-oranzheree](http://leplants.ru/tsvetovodstvo/CO2-x-gidroponnoy-oranzheree).
29. Ширинзаде, А.А., Алиева, С.С. Новые показатели оценки степени загрязнения сельскохозяйственных земель тяжелыми металлами // - Баку: Известия НАКА, -2015. № 4(18), -с. 36-41.
30. Эльсгольц, Л.Е. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление / Л.Е. Эльсгольц. -Москва: Наука, - 1965. -424с.
31. Эльсгольц, Л.Е. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление/Л.Е. Эльсгольц.-Москва: Книги по требованию, -2012,-424с.

32. Adamu, Ch.I., Nganje, Th.N. Heavy metal contamination of surfaces oilin relationship to land use patterns: //- Nigeria :a case study of Benue state, Materials sciences and applications, -2010. № 1, -p.127-134.
33. Aloe A.K. Managing Nitrogen and Phosphorus Loads to Water Bodies/ A.K. Aloe, F. Bouraoui, B.Grizzetti [et al.] // Characterisation and Solutions. Towards Macro – Regional Integrated Nutrient Management, JRC Technical Reports, JRC –Ispra, -Italy: -2014.14-15 July .-p.288-294.
34. Bagheri N. Multispectral remote sensing for site-specific nitrogen fertilizer management / Bagheri N., Ahmadi H., Alavipanah S.K. [et al.] // Pesq. Agropec.Bras.,-Brasilia: -2013. -p.1394-1401.
35. Bai, W.G., Zhang, X.Y., Zhang, P. Temporal and spatial destribution on tropospheric CO₂ over China based on satellite observations//-Berlin:-2010. №3,-p.3612-3618.
36. Baret, F., Clevers J.G.P.W., Steven M.D. The robustness of canopy gap fraction estimation from red near-infrared reflectances: A comparison of approaches // -Amsterdam:Remote Sensing of Environment, -1995.volume 54, -p.141-151.
37. BerniJose A.J, Zarco-Tejada, P.J., Suarez Lola. Thermal and Narrowband Multispectral Remote Sensing for Vegetation Monitoring From an Unmanned Aerial Vehicle // Transactions and remote sensing, - USA: Journal of IEEE, Apr, -2009, -p.722-738.
38. Bindi M. Modelling the impact of future climate scenarios on yield and yield variability of grapevine / M.Bindi, L.Fibbi, B.Gozzini [et al.] //Journal of Climate Res.-USA.-1996. Dec;31. №3, -p.213-224.
39. Boegh E., Houborg R., Bienkowski J., Braban C.F., Dalgaard T., Dijk N., Dragosits U., Holmes E., Magliulo V., Schelde K., Tommasi P.D., Vitale L., Theobald M.R., Cellier P., Sutton M.A. Remote sensing of LAI, chlorophyll and leaf nitrogen pools of crop-and grasslands in five European landscapes: [Electronic resource] / Boigeosciences10, Denmark, -2013. CCAttribution 3.0 License. p-6279-6307, www.biogeosciences.net/10/6279/2013/.

40. Carlson T.N., Ripley D.A. On the relation between NDVI, fractional ve- getation cover, and leaf ares index //- Amsterdam: Journal Remote Sensing of Environment,-1997. -p. 241-252.
41. Chapter 1. FAO crop-water productivity model to simulate yield response to water : [Electronic resource] <http://www.fao.org/nr/water/aquacrop.html>
42. Clough B.J., Green E.J., Lathrop R.G. Mapping Forest Soil Organic Matter On New Jersey’s Coastal Plain. Moving from Status to Trends: // Forest Inventory and Analysis Symposium,-Baltimor: -4-6 december,-2012, -p.185-191.
43. Ryan E. Emanuel On the spatial heterogeneity of net ecosystem productivity in complex landscapes / Emanuel Ryan E., Diego A. Riveros-Iregui, Brian L. Mcglynn, [et al] [Electronic resource]www.esajournals.org.July, -USA, 2011.- p.1-13.
44. L.G. Ferreira Seasonal landscape and spectral vegetation index dynamics in the Brazilian Cerrado / Ferreira L.G., Yoshioka H., Huete A. [et al] //An analysis within the Large-Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia (LBA). Remote Sensing of Environment, -Brazil: -2003.- p. 534-550.
45. Gannouni S., Rebai N., Abdeljaoued S.A Spectroscopic Approach to Assess Heavy Metals// Tunisia: Journal of Geographic Information System,-2012,- p.242-253.
46. Gomme R., Kaitakire F. The challenges off index – based insurance for food security: [Electronic resource] / European Commission,-Italy,-2-3may, 2012. <http://www.fao.org/glews/eartobservation/>
47. Guangyu C. Effects of metalstress on visible/near-infrared reflectance spectra of vegetation /C. Guangyu, Z. Taihui, M.Jian[et al] Advanced Masterials Research,-Germany:- 2012 , -p.2735-2738.
48. Gutman G., Ignatov A. The derivation of the green vegetation fraction from NOAA/AVHRR data for use in numerical weather prediction models //-China: International Journal of Remote sensing, -1998(19), -p.1533 – 1543.
49. D.Haboudane, J.R. Miller, N.Tremblay. Estimation of leaf area index using ground spectral measurements over agriculture crops: prediction capability

- assessment of optical indices:[Electronic resource] /-USA, January, 2004.
/http://-cite-seerx.ist.psu.edu
50. Heip C.H.R., Herman P.M.J., Soetaert K. Indices of diversity and evenness //- Paris: Oceanis,-1998, №4, -p.61-87.
 51. Houborg, R., Boegh, E. Mapping leaf chlorophyll and leaf area index using inverse and forward canopy reflectance modeling and SPOT reflectance data // Denmark : Journal Remote Sensing of Environment,-2008,-p.186-202.
 52. Inoue Y., Oliosio A. Estimating Dynamics of CO₂ flux in Agro-Ecosystems based on Synergy of remote Sensing and Process Modeling -A Methodological Study //Journal Global Environmental Change in the Ocean and on Land, Eds., M., Shiyomi et. al., -2004.-p. 375-390.
 53. Jin Y. Remote Sensing-Based Biomass Estimation and Its Spatial-Temporal Variations in Temperate Grassland, Northern China / Yashio Jin, Yang X., Qiu J., // Journal Remote Sensing ISSN 2072-4292, -2014,6(2), -p. 1496-1513.
 54. Kandziora M., Dörnhöfer K., Müller F. Detecting Land Use And Land Cover Changes In Northern German Agricultural Landscapes To Assess Ecosystem Service Dynamics // Landscape online 35: -2014.-p.1-24.
 55. Karnieli, A. Use of NDVI and Land Surface Temperature for Drought Assessment . Merits and Limitations. /AmonKarnieli ,AgamNurit, Pinker Rachel [et al]//Journal of climate, - Amerika:-2010.–p.618-633.
 56. Kemper T., Sommer S. Mapping and monitoring of residual heavy metal contamination and acidification risk after the Aznalcollar mining accident (Andalusia, Spain) using field and airborne hyperspectral data // -Italy: Presented at the 3rdEARSel Workshop on Imaging Spectroscopy, Herrsching, -2003.-p.333-343.
 57. Kiema J.B.K. Texture analysis and data fusion in the extraction of topographic object from satellite imagery //- Amsterdam :Journal Remote sensing,- 2002, (4), -p.767-776.

58. Kissel D.E., Sonon L. Soil test handbook for Georgia. Georgia Cooperative Extension //-The University of Georgia,College of Agricultural & Environmental Sciences., -2008,-p.2-84.
59. Klatt J.G., Mallarino A.P., Allen B.L. Relationship between soil P and P in surface runoff and subsurface drainage: an overview of ongoing research // North Central Extention-Industry Soil Fertility Conference,-Monticello: -2002, -p.183-189.
60. Kogan F.N. Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection // -Amsterdam: Adv. Space Res., -1995.(11),-p. 91-100.
61. Kogan F.N. Remote Sensing of weather impacts on vegetation in nonhomogeneous areas //-Amsterdam: International Journal Remote Sensing,-1999.(11),-p. 1405-1419.
62. Kross, A. Assessment of Rapid Eye vegetation indices for estimation of leaf area index and biomass in corn and soybean crops // A. Kross, H. McNairn, D. Lapen [et al] // International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation,-Amsterdam: -2015, -p. 235-248.
63. Laliberte A.S., Rango A. Texture and Scale in object-based analysis of subdecimeter resolution Unmanned Aerial Vehicle (UAV) imagery // -USA: IEEE transaction on geoscience and remote sensing, -2009, March (3), -p.761-770.
64. LinChenUsing hyper-spectral indices to detect soil phosphorus concentration for various land use patterns /ChenLin,Ronghua Ma ,QingZhu [et al] // Environ. Monitoring Assessment,- China,-2015,-p.187.
65. Li Z. Agricultural Landscape Dynamics and Its Response in Seasonal Vegetation /Z.Li, P.Yang, Y. Wang [et al.] // Activities in the Loess Plateau, Northern Shaanxi, China.-2012. -p.151-167.
66. Maliki A.A., Owens G., Bruce D. Capabilities of remote sensing hyper-spectral images for the detection of lead contamination: a review // Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XXII

ISPRS Congress, -Melbourne, Australia: 25 August – 01 September, -2012, - p.107-110.

67. Malizia D., Giuliano A., Ortaggi G. Common plants as alternative analytical tools to monitor heavy metals in soil :[Electronic resource] / Chemistry Central Journal, 2012, №6. <http://journal.chemistrycentral.com/content/6/52/56>
68. Managing Phosphorus for Agriculture and the Environment:[Electronic resource] / Penn State. College of Agricultural Science Agricultural Research and Cooperative Extension.
69. Manderscheid R., Weigel H.J. Drought stress effects on wheat are mitigated by atmospheric CO₂ enrichment // Argon. Sust. Dev.-2007. 27(2), -p.79-87.
70. Maruthi Sridhar B.B., Vincent R.K. Mapping and estimation of chemical concentrations in surface soils using Landsat TM satellite imagery: [Electronic resource] / www.cdn.intechweb.org/pdfs/11701.pdf
71. Meigs P. World distribution of arid and semi-arid homoclimates. In: Reviews of research on arid zone hydrology. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Arid Zone Programme -1,1953, -p.203-209.
72. Montandon L.M., Small E.E. The impact of soil reflectance on the quantification of the green vegetation fraction from NDVI //-USA: Remote Sensing of Environment,-2008(112),-p.1835 – 1845.
73. Nabhan H. Soil tests in relation to fertilizer recommendations:[Electronic resource] / -2018. <https://ag.tennessee.edu/spp/Pages/soilfertilizerpubs.aspx>
74. Nelson D.W., Sommers L.E. Total carbon, organic carbon and organic matter //-ASA, Madison, Wis, USA: Methods of Soil Analysis Agronomy Monograph ,- 1982. (9), -p.539-579.
75. Niemeyer S. New drought indices. Options Mediterraneenes // -Italy: Serie A: Seminaires Mediterraneenes, -2008, -p. 267-274.
76. Patel N.R. Remote Sensing and GIS Application in Agro-Ecological Zoning //-India: Satellite Remote Sensing and GIS Applications in Agricultural Meteorology,-2003.-p.213-233.

77. Pereira, R.M. Sugarcane leaf area estimate obtained from the corrected Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)/.M. Pereira, D. Casaroli, L.M. Vellame [et al] //-Brasil:-www.agro.ufg.br/pat.Pesquisa, Agropecuária,Tropical, Apr/Jun 2016. -p.140-148.
78. Pontailier J.-Y., Hymus G.J., Drake B.G. Estimation of leaf area index using ground-based remote sensed NDVI measurements: validation and comparison with two indirect techniques // -Canada: Journal of Remote Sensing, -2003.-p.381-387.
79. Porter, J., AFRCWHEAT2: a model of the growth and development of wheat incorporating responses to water and nitrogen // -European Journal of Agronomy, -1993,2(2), -p. 69-82.
80. Potter Ch.S. Terrestrial ecosystem production: a process model based on glona; satellite and surface data / Ch.S. Potter, J.T. Randerson, Ch.B. Field[et al] // Global Biogeochemical cycles,- California: - 1993. December 4.-p. 811-841.
81. Qi J., Spatial and temporal dynamics of vegetation in the San Pedro River basin area / J. Qi, Marsett R.C., Moran M.S [et al] // Agricultural and Forest Meteorology,-2000. -p.55 – 68.
82. Rahman S.H. Assessment of heavy metals contamination of Agricultural soil around Dhaka Export Processing Zone (DEPZ), Bangladesh / S.H. Rahman, D. Khanam, T.M. Adyel [et al] // Implication of Seasonal Variation and Indices. Applied sciences,- 2012, №2, -p.584-601.
83. Rojas O. Protocol for Country-Level ASIS. Calibration and national adaptation process. FAO UN: [Electronic resource] / Panama:-2015. <http://www.fao.org/glews/earthobservation/>
84. Sanchez N., Martinez-Fernandez J., Gonzalez-Zamora A. A combined approach with SMOS and MODIS to monitor agricultural drought // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and spatial Information Sciences, XXIII ISPRS Congress, -Prague, Czech Republic,-12-19 July,- 2016, -p. 393-398.

85. Sanchez, N., Gonzalez-Zamora A., Piles, M., Martinez-Fernandez, J. A New soil moisture agricultural drought index (SMADI) integrating MODIS and SMOS products: [Electronic resource]/ Remote Sensing, -Iberian Peninsula,-2016.-<https://doi.org/10.3390/rs8040287>.
86. Shafique, N.A., Fulk, F., Autrey, B.C., Flotemersch J. Hyperspectral Remote Sensing of Water Quality Parameters for Large Rivers in the Ohio River Basin:[Electronic resource] / https://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_report.cfm.
87. Shamsoddini A., Raval S., Taplin R. Spectroscopic analysis of soil metal contamination around a derelict mine site in the blue mountains //ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, ISPRS Technical Commission VII Symposium,- Istanbul, Turkey: -29 September-2 October,-2014,-p.75-79.
88. Shayler H., McBride M., Harrison E. Guide to Soil Testing and Interpreting Results: [Electronic resource] / Cornell Waste Management Institute. Department of Crop & Soil Sciences. <http://cwmi.css.cornell.edu>
89. Stenberg P. Reduced simple ratio better than NDVI for estimating LAI in Finnish pine and spruce stands/ P. Stenberg, M. Rautiainen, T. Manninen [et al] // Silva Fennica,-Finland: -2004. - p. 3-14.
90. Svoboda M.D., LeComte D., Hayes M.J. The drought Monitor.// -Georgia: Bulletin of the American Meteorological Society -2002, 93(8): -p. 1181-1190.
91. Tekin Y., Ulişoy Y., Tümsavaş Z., Mouazen A.M. Online Measurement of Soil Organic Carbon as Correlated with Wheat Normalized Difference Vegetation Index in a Vertisol Field: [Electronic resource] / Hindawi Publishing Corporation The Scientific World Journal.-Egypt, 2014,-
<http://dx.doi.org/10.1155/2014/569057>
92. The habitable Planet: [Electronic resource] /A systems Approach to Environmental Unit 4. Ecosystems:-USA, 2007,<http://www.learner.org>

93. Ustin S.L. Remote Sensing Based Assessment of Biophysical Indicators for Land Degradation and Desertification / S.L.Ustin, S. Jacquemoud, Palacios - Orueta A. [et al]-p.1-28.
94. Watts A. Plants gobbling up CO₂ - 45% more than thought: [Electronic resource] /http://wattsupwiththat.com/2011/09/29/plants-gobbling-up-CO2-45%_more-thanthought.
95. Yang H., Wang G., Yang Y., Xue B., Wu B. Assessment of the Impact of Land Use Changes on Nonpoint Source Pollution Inputs Upstream of the Three Gorges Reservoir: [Electronic resource] /The Scientific World Journal - 2014, <https://dx.doi.org/10.1155/2014/526240>
96. Yoder B.J., Pettigrewcrosby R.E.: Predicting nitrogen and Chlorophyll content and concentrations from reflectance spectra (400-2500 nm) at leaf and canopy scales // Remote Sensing Environment,-1995.-p.199-211.
97. Zargar A. A review of drought indices / Amin Zargar ,SadiqRehan, NaserBahman [et al] // Environ. Rev. -2011. -p. 333-349.
98. Zeng X. Derivation and evaluation of global 1-km fractional vegetation cover data for land modeling / Zeng X., Dickinson R.E., Walker A. [et al] // Journal of Applied Meteorology. -2000. 39 (6), -p.826.
99. Zhong L., Liu L., Yang J. Assessment of heavy metals contamination of paddy soil in Xiangjin country //19thWorld Congress of Soil Science, soil solutions for a Changing World - Brisbane, Australia: -1-6 August, -2010.

İXTİSARLARIN VƏ ŞƏRTİ İŞARƏLƏRİN SİYAHISI

PUA	-pilotsuz uçan aparatlar
SSF _{CO2}	-səth üzərində karbon axınları
LAI	-yarpaq səthi indeksi
CHL _i	-yarpaqlarda xlorofilin miqdarı
MTVI2	-modifikasiya edilmiş trianqulyasiya vegetasiya indeksi
VHI	-bitkinin vəziyyət indeksi
ASIS	-bitkilərin stres indeksi
NDVI	-normallaşdırılmış differensial vegetasiya indeksi
GIEWS	-qlobal informasiya və erkən bildirişlər sistemi
VCI	-bitki vəziyyəti indeksi
TCI	-temperatur vəziyyəti indeksi
LST	-temperaturun həftəlik orta qiyməti
TCIM	-kombinə edilmiş universal nəmlik və quraqlıq indeksi
SOM	-torpaqda üzvi maddələrin ümumi miqdarı
SSM	-torpaq səthinin nəmlik indeksi
SMADI	-quraqlıq indeksi
NPP	-xalis ilkin məhsul
SMCI	-torpağın nəmlik vəziyyətinin indeksi
Pb	-qurğuşun
Cd	-kadmium
Hg	-civə
Ar	-arsen
N	-azot
Zn	-sink
Mn	-manqan
Ni	-nikel
Cr	-xrom

