

TƏBİƏT ELMLƏRİ NATURAL SCIENCES

DOI: <https://doi.org/10.36719/2663-4619/117/92-100>

Nicat Əhədi

Azərbaycan Milli Aerokosmik Agentliyi

Doktorant

<https://orcid.org/0009-0009-1450-0560>

nicatehedi@gmail.com

Multispektral peyk təsvirləri əsasında Kəlbəcər rayonunun yay otlaqlarında biokütlənin miqdarının hesablanması

Xülasə

Bu tədqiqat işində məqsəd, Kəlbəcər rayonunun yay otlaqlarında bitki örtüyünün vəziyyətini və otun biokütləsinin miqdarını peyk təsvirləri əsasında qiymətləndirməkdir. Araşdırmada Landsat 8-9 OLI TIRS peyk görüntülərindən istifadə edilmişdir. Vegetasiya dinamikasının təhlili üçün bitki örtüyü göstəricisi hesablanmış və onun biokütlə ilə əlaqəsi müəyyən edilmişdir. Biokütlənin hesablanması üçün bitki örtüyü göstəricilərinə əsaslanan empirik düstur tətbiq olunmuş və nəticələr CİS əsaslı proqram təminatında vizuallaşdırılmışdır.

Tədqiqat zamanı həmçinin ərazinin relyef xüsusiyyətləri də relyefin rəqəmsal modeli əsasında təhlil edilmiş, hündürlük və meyillilik kimi topoqrafik faktorlarla bitki örtüyü arasındakı əlaqələr araşdırılmışdır.

Aparılmış analizlər nəticəsində yaylaqların vegetasiya baxımından aktiv zonaları və nisbətən degradasiyaya uğramış sahələri ayırd edilib. Bu nəticələr Kəlbəcər rayonunun yay otlaqlarının davamlı idarə olunması, otlaq yüklənməsinin tənzimlənməsi və ot örtüyünün qorunması baxımından əhəmiyyətli elmi baza rolunu oynayır.

Açar sözlər: Landsat 9 OLI TIRS peyk görüntüləri, yay otlağı, biokütlə, bitki örtüyü, relyefin rəqəmsal modeli

Nijat Ahadi

Azerbaijan National Aerospace Agency

PhD Student

<https://orcid.org/0009-0009-1450-0560>

nicatehedi@gmail.com

Estimation of Biomass in the Summer Pastures of Kalbajar District Based on Multispectral Satellite Imagery

Abstract

The aim of this study is to assess the condition of vegetation cover and estimate the amount of grass biomass in the summer pastures of the Kalbajar district using satellite imagery. Landsat 8–9 OLI TIRS satellite images were utilized in the research. A vegetation index was calculated to analyze vegetation dynamics, and its relationship with biomass was determined. An empirical formula based on vegetation index values was applied for biomass estimation, and the results were visualized using GIS-based software.

The study also included an analysis of the area's topographic features based on a digital elevation model (DEM), examining the relationship between vegetation cover and topographic factors such as elevation and slope.

As a result of the analysis, both active vegetation zones and relatively degraded areas in the summer pastures were identified.

These findings serve as an important scientific basis for the sustainable management of Kalbajar's summer pastures, regulation of grazing pressure, and preservation of grass cover.

Keywords: Landsat 9 OLI TIRS satellite imagery, summer pasture, biomass, vegetation cover, digital elevation model

Giriş

2024-cü ilin noyabr ayında Azərbaycanda keçirilmiş BMT-nin İqlim Dəyişikliyi üzrə Çərçivə Konvensiyasının Tərəflər Konfransı (COP29), iqlim dəyişikliyinə qarşı qlobal mübarizədə növbəti həlledici mərhələ kimi qiymətləndirilmişdir. Konfransın əsas məqsədlərindən biri istixana effekti yaradan qazların, xüsusilə karbon qazının (CO₂) atmosferə emissiyasının azaldılması istiqamətində konkret tədbirlərin həyata keçirilməsi olmuşdur (Arshad, Taghiyev, Nuriyev, Talibov, 2020; Deléglise, Dodier, Garde, François, Arpin, Nettier, 2019). Bu istiqamətdə təbii ekosistemlərin, xüsusilə bitki örtüyü ilə zəngin otlaq sahələrinin rolu getdikcə daha çox ön plana çıxır. Otlaq sahələri atmosferdəki karbon qazını udaraq yalnız kənd təsərrüfatı üçün deyil, həm də iqlim dəyişikliyinə qarşısının alınmasında mühüm rol oynayan və karbonu torpaqda və bitki biokütləsində saxlayan ekosistemlər kimi çıxış edir (UNESCO, n.d.).

Karbon qazı istixana effekti yaradan əsas qazlardan biri olaraq atmosferdəki konsentrasiyasının artması qlobal səviyyədə havanın temperaturunun yüksəlməsinə səbəb olur. Bu baxımdan, təbii ekosistemlər karbon qazının miqdarını azaltmaqda və atmosfer tarazlığını qorumaqda vacib funksiyaya malikdir. Xüsusilə otlaq sahələri, karbon qazının intensiv şəkildə udulmasını təmin edən əsas biomüxtəliflik komponentlərindən biri olaraq, qlobal iqlim dəyişikliyinə neytrallaşdırılmasında strateji funksiyaya malikdir (World Health Organization (WHO), n.d.).

Digər tərəfdən, kənd təsərrüfatının əsas aparıcı sahələrindən biri olan heyvandarlığın dayanıqlı inkişafı üçün otlaqlardan səmərəli istifadə və onların düzgün idarə olunması vacib şərtlərdən biridir. İqlim dəyişiklikləri, torpaqdan intensiv istifadə, otlaqların həddən artıq yüklənməsi, qeyri-qanuni istifadə hallarının artması (əkin və digər məqsədlər üçün), systemsiz və nəzarətsiz otarılma prosesi nəticəsində otlaq sahələrində eroziya və degradasiya halları müşahidə olunmuşdur. Bu proseslər təkcə məhsuldarlığın azalmasına deyil, eyni zamanda torpaq və vegetasiya örtüyünün sıradan çıxmasına gətirib çıxarmışdır (Wikipedia contributors, n.d.).

Otlaqlar təkcə heyvandarlığın yem bazası deyil, eyni zamanda arıçılıq, biomüxtəlifliyin qorunması və vəhşi fauna üçün də mühüm əhəmiyyət daşıyan ekosistemlərdir. Lakin son onilliklərdə onların istifadə vəziyyəti qənaətbəxş hesab edilə bilməz. Bu səbəbdən, otlaq sahələrinin cari vəziyyətinin qiymətləndirilməsi, onların biokütləsinin müəyyənləşdirilməsi və degradasiya risklərinin təhlili zərurətə çevrilmişdir (University of Maryland Extension, n.d.).

Bu baxımdan tədqiqatın əsas məqsədi Kəlbəcər rayonunun yay otlaqlarında bitki örtüyünün və otun biokütləsinin miqdarının peyk təsvirləri əsasında qiymətləndirilməsi, biokütlə ilə relyef amilləri arasında əlaqənin təhlil edilməsi və gələcəkdə otlaq idarəetməsi üçün informasiya bazasının formalaşdırılmasıdır. Biokütlə göstəriciləri, otlaqların tutumunun hesablanması, eroziyaya və degradasiyaya həssas ərazilərin təyini və yeni otlaq pasportlarının hazırlanması baxımından əsas göstəricilərdən biridir. Bu cür qiymətləndirmələr otlaq idarəçiliyi sistemində effektivliyin artırılmasına və veriləcək qərarların planlaşdırma imkanlarının gücləndirilməsinə töhfə verir.

Tədqiqat

Tədqiqat ərazisi

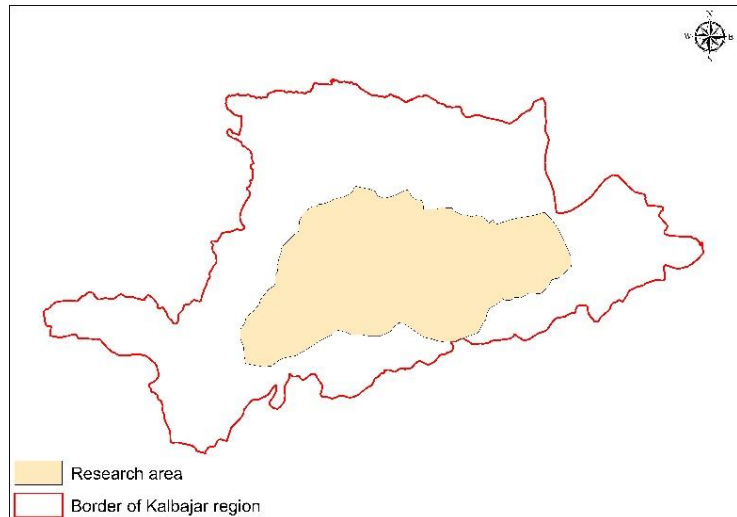
Tədqiqat Azərbaycan Respublikasının qərbində yerləşən Kəlbəcər rayonu ərazisində aparılmışdır. Coğrafi baxımdan mürəkkəb dağlıq relyefə malik olan bu rayon, otlaq əraziləri ilə zənginliyi və torpaq-bitki örtüyünün müxtəlifliyi baxımından xüsusilə diqqətəlayiqdir. Eyni zamanda, Kəlbəcər Azərbaycanın ən yüksək dağ rayonlarından biri hesab olunur. Ərazidəki yüksəklik fərqləri və müxtəlif ekspozisiyalı yamaclar, mikroiqlim zonalarının formalaşmasına və vegetasiya tipinin məkan üzrə dəyişməsinə səbəb olur.

Kəlbəcər rayonunun sərhədləri qərbdə Ermənistan Respublikası, şimalda Daşkəsən, Göygöl və Goranboy rayonları, şimal-şərqdə Tərtər, şərqdə Ağdam və Xocalı, cənubda isə Laçın rayonu ilə əhatələnir. Bu mövqe ərazini həm coğrafi, həm də ekoloji baxımdan keçid zonası xarakterində formalaşdırır.

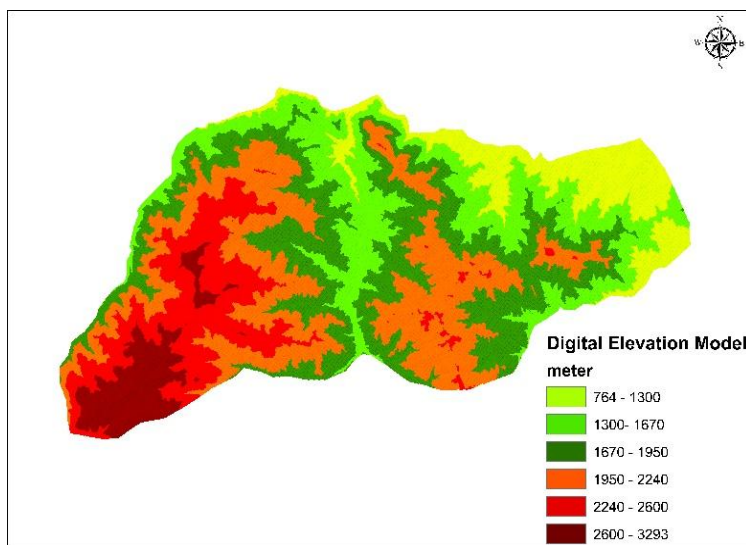
Rayonun torpaq örtüyündə əsasən çimli dağ–çəmən torpaqları, qəhvəyi dağ–meşə torpaqları və qonur meşə torpaqları yayılmışdır. Bu torpaqların məhsuldarlığı, su tutma qabiliyyəti və tekstura xüsusiyyətləri otlaq bitkilərinin inkişafına bilavasitə təsir göstərir.

Bitki örtüyü baxımından Kəlbəcər olduqca zəngin landşaftlara malikdir. Rayonun mərkəzi və şərq hissələrində enliyarpaq meşələr (palıd, vələs, fıstıq) və meşə–çöl bitkiləri, yüksək və qismən orta dağlıq zonalarda isə alp və subalp çəmənlikləri geniş yayılmışdır. Bu çəmənliklər yay otlaqlarının əsas hissəsini təşkil edir və biokütlənin yüksək olduğu ərazilər kimi ön plana çıxır (The United Nations Framework Convention on Climate Change, 1992).

Ümumilikdə, Kəlbəcər rayonu torpaq-bitki örtüyünün müxtəlifliyi, hündürlük fərqləri və antropogen təsirlər baxımından peyk məlumatları ilə aparılan tədqiqatlar üçün yüksək potensiala malik bir tədqiqat zonasıdır. Seçilmiş ərazi (Şəkil 1.) həm təbii landşaft strukturu, həm də kənd təsərrüfatı fəaliyyəti baxımından tədqiqata əlverişli sahə kimi müəyyən edilmişdir.



Şəkil 1. Tədqiqat ərazisi

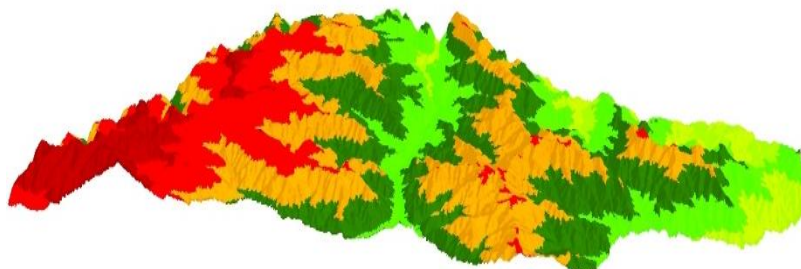


Şəkil 2. Relyefin Rəqəmsal Modeli

Tədqiqat ərazisi daxilindəki hündürlük göstəriciləri 764 metrdən 3293 metrədək dəyişir (Şəkil 2.). Relyefin rəqəmsal modeli əsasında aparılmış təhlillər göstərir ki, sahənin əksər hissəsi 1300–2600 metr intervalında yerləşir və bu yüksəkliklər yay otlaqlarının intensiv istifadədə olduğu zonalarla üst-üstə düşür. Ərazi şimaldan cənuba və qərbdən şərqə doğru enişli-yoxuşlu yamaclardan ibarətdir və bu relyef strukturu tədqiqat zamanı biokütlə paylanmasına və bitki örtüyü göstəricilərinə birbaşa təsir edən amillərdən biri kimi nəzərə alınmışdır.

Tədqiqatın coğrafi sərhədləri CİS əsaslı proqram təminatında müəyyən edilmiş, rayon sərhədləri və araşdırma zonası

ayrıca xəritələşdirilmişdir. Araşdırma zonası həm biokütlə potensialı baxımından aktual, həm də iqlim dəyişikliyi və otlaq istifadəsi ilə bağlı dəyişikliklərin müşahidə oluna biləcəyi tipik bir nümunə olaraq seçilmişdir. Təbii-coğrafi amillərlə yanaşı, antropogen təzyiqlərin də müşahidə edildiyi bu sahədə peyk təsvirləri vasitəsilə yüksək dəqiqlikli ekoloji qiymətləndirmələr aparmaq mümkün olmuşdur.



Şəkil 3. Relyefin Rəqəmsal Modeli (üçölçülü)

Təqdim olunan relyefin rəqəmsal modelinin üçölçülü vizualizasiyası (Şəkil 3.) Kəlbəcər rayonunun mərkəzi yaylaq ərazilərinin relyef strukturunu yüksək dəqiqliklə əks etdirir. Üçölçülü perspektivdə görünən relyef fərqləri tədqiqatın nəticələrini daha yaxşı vizual dərk etməyə imkan verir. Hündürlük və meyillik faktorlarının biokütlə paylanmasına təsiri bu modeldə aydın şəkildə müşahidə olunur. Yüksək yamaclı ərazilərdə (şimal-qərb istiqamətində) torpaq eroziyasının və vegetasiya zəifliyinin artdığı ehtimal olunur. Əvəzində orta yamaclı və az meyilli sahələrdə vegetasiyanın sıxlığı və ot biokütləsi daha yüksəkdir.

Bu üçölçülü vizualizasiyası, peyk məlumatları əsasında aparılan biokütlə və bitki örtüyü analizlərinin topoqrafik əsaslarını anlamaqda əhəmiyyətli vizual vasitə kimi çıxış edir.

Metodologiya

Otlaqlarda biokütlənin miqdarının müəyyən edilməsi üçün müxtəlif metodologiyalardan istifadə olunur. Ənənəvi üsullarda bu məqsədlə sahədə müəyyən ölçülü nümunə sahələri (parsellər) ayrılır, həmin sahələrdəki otlar biçilir və qurudularaq kütləsi müəyyən edilir. Quru otun vahid sahəyə düşən miqdarı əsasında məhsuldarlıq göstəriciləri hesablanır və nəticələr tədqiqatın məqsədindən asılı olaraq kq/m², ton/ha və ya sentner/ha kimi vahidlərdə təqdim edilir.

Əgər tədqiqat sahəsində heyvan təsərrüfatları yerləşirsə, o zaman nəticələrin dəqiqliyini təmin etmək məqsədilə müvəqqəti qoruyucu qəfəslər qurularaq həmin sahələrin otarılmasının qarşısı alınır. Lakin bu kimi sahəvi (ənənəvi) üsullar həm vaxt və əmək baxımından çox resurs tələb edir, həm də genişmiqyaslı ərazilərdə praktiki cəhətdən çətin və maliyyətlidir.

Müasir dövrdə isə uzunmüddətli, geniş əraziyə malik və yüksək dəqiqlik tələb edən tədqiqatlarda məsafədən zondlama (remote sensing) metodlarına əsaslanan yanaşmalar üstünlük təşkil edir. Xüsusilə multispektral peyk təsvirlərinin istifadəsi otlaq sahələrində vegetasiya örtüyünün təhlili və biokütlənin modelləşdirilməsi üçün səmərəli və etibarlı imkanlar yaradır. İnformasiya texnologiyalarının sürətli inkişafı və açıq mənbəli peyk məlumatlarına çıxış imkanlarının genişlənməsi bu cür tədqiqatların daha tez, ucuz və genişmiqyaslı aparılmasını mümkün etmişdir.

Tədqiqat zamanı peyk təsvirləri əsasında bitki örtüyünün və biokütlə miqdarının təhlili məqsədilə Landsat 9 OLI/TIRS C2 L1 peyk görüntüləri istifadə olunmuşdur. Analizlər CİS əsaslı proqram təminatında raster əsaslı təhlillər və alqoritmik hesablama üsulları tətbiq olunmaqla həyata keçirilmişdir.

1.1. Bitki örtüyünün hesablanması

Bitki örtüyünün vəziyyətini təhlil etmək üçün istifadə olunan göstəricilərdən biri də NDVI – Normalized Difference Vegetation Index-dir. NDVI vasitəsilə ərazidəki bitki örtüyünün sıxlığı və yaşıl biomassa miqdarı vizual və statistik olaraq qiymətləndirilə bilər (Neudert, Etzold, 2013). Bu tədqiqatda NDVI-nin əsas istifadəsi, vegetasiya dərəcəsini ölçməkdən daha çox, biokütlənin hesablanması üçün tətbiq olunan empirik düsturda dəyişən kimi çıxış etməsidir. NDVI göstəricisi olmadan empirik modeldən istifadə etmək və nəticə etibarilə biokütlənin məkan üzrə paylanmasını müəyyənləşdirmək mümkün olmazdı.

Vegetasiya örtüyünün intensivliyinin qiymətləndirilməsi üçün Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) göstəricisindən istifadə olunmuşdur. Bu göstərici Landsat 9 peykində 5-ci band (yaxın infraqırmızı – B5) və 4-cü band (qırmızı – B4) arasında aşağıdakı düsturla hesablanmışdır (1):

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \quad (1)$$

Burada, **NIR** (Near Infra Red) peyk görüntüsünün 5-ci diapazonu, **RED** isə 4-cü diapazonudur. Əldə edilmiş NDVI rasteri biokütlə hesablamasında əsas dəyişən kimi tətbiq olunmuşdur.

1.2. Biokütlə hesablanması üçün empirik model

$$BK = 11.59 * \frac{NIR^2+RED^2-2*NIR*RED}{NIR^2+RED^2+2*NIR*RED} - 4.96 * \frac{NIR-RED}{NIR+RED} + NDVI_{max} \quad (2)$$

(2) düsturunda $NIR^2 + RED^2 - 2 * NIR * RED$ hissəsini $(NIR - RED)^2$, $NIR^2 + RED^2 + 2 * NIR * RED$ hissəsini isə $(NIR + RED)^2$ ifadəsi ilə əvəz etsək (2) düsturundakı 1-ci kəsr hissəsini

$$\frac{NIR^2 + RED^2 - 2 * NIR * RED}{NIR^2 + RED^2 + 2 * NIR * RED} = \frac{(NIR - RED)^2}{(NIR + RED)^2} \quad (3)$$

şəklində yazı bilərik. Burada (1) düsturunda nəzər yetirsək (2) düsturunu daha yığcam şəkildə aşağıdakı formada yazı bilərik.

$$BK = 11.59 * NDVI^2 - 4.96 * NDVI + NDVI_{max} \quad (4)$$

(4) düsturunda **BK** – hektara düşən ot biokütləsinin miqdarı (ton/ha), **NDVI** – raster şəklində əldə olunmuş vegetasiya dəyərləri, **NDVI_{max}** – vegetasiya indeksinin maksimum dəyəridir.

Bu düstur bitki örtüyü dəyərləri ilə biokütlə arasında qeyri-xətti (kvadrat) əlaqəni modelləşdirmək üçün istifadə olunmuşdur. Hesablamalar CİS əsaslı proqram təminatında həyata keçirilmiş və nəticədə ərazinin biokütlə paylanmasını əks etdirən raster xəritə əldə olunmuşdur (Rouse, Haas, Schell, Deering, 1974).

2. Aparılmış analizlər

Tədqiqat zamanı Landsat 8–9 OLI/TIRS C2 L1 peyk təsvirləri əsasında 5 iyun 2024 və 21 iyun 2024 tarixləri üzrə bitki örtüyü və biokütlə analizləri həyata keçirilmişdir. Vizual analiz üçün RGB kompozisiya yaradılmış (2, 3 və 4-cü diapazon üzrə), daha sonra isə bitki örtüyü göstəriciləri və biokütlə paylanması raster formatında xəritələşdirilmişdir.

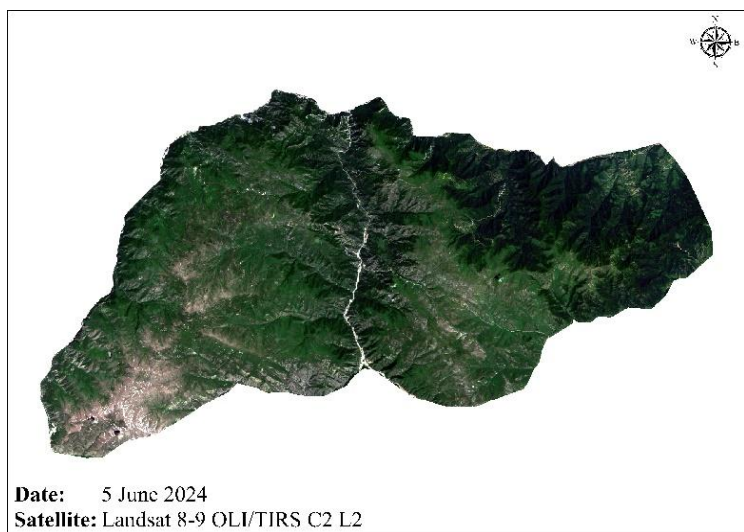
5 iyun 2024-cü il tarixli Landsat 8–9 OLI/TIRS C2 L2 peyk görüntüsü (Şəkil 4.) Kəlbəcər rayonunun mərkəzi və cənub-qərb hissələrinin vegetasiya inkişafı baxımından fərqli xüsusiyyətlərə malik olduğunu ortaya qoyur. Vizual müşahidələrə əsasən, şimal-şərq və şimal-qərb yamaclarda daha tünd yaşıl tonların müşahidə olunması bu ərazilərdə vegetasiya örtüyünün daha sıx və aktiv olduğunu göstərir. Bu, həm torpaq məhsuldarlığı, həm də mövcud nəmlik səviyyəsinin vegetasiya üçün əlverişli olduğunu göstərən bir göstəricidir.

Ərazinin cənub və cənub-qərb hissələrində isə açıq yaşıl və bəzən qəhvəyi-boz çalarlı sahələrin yayılması, həmin zonalarda bitki örtüyünün zəif inkişaf etdiyini və ya torpaq səthinin qismən bitkisiz olduğunu göstərir. Bu sahələrdə relyefin sərtliyi, torpaq eroziyası və ya antropogen təsirlər (əkin, otarılma və s.) səbəbilə vegetasiya inkişafı məhdudlaşmış ola bilər.

Dağətəyi zonalarda yamacların ekspozisiyası da vegetasiyanın inkişafına təsir edən əsas faktorlardan biri kimi özünü göstərir. Şimal yamacları nisbətən daha nəmişli və vegetasiya baxımından zəngin görünür, cənub yamaclarında isə günəş radiasiyasının təsiri ilə daha qurumuş və zəif vegetasiyalı sahələr üstünlük təşkil edir.

Ayrıca, görüntü üzərində hidroqrafik şəbəkənin (çaylar və dərələr) konturlarının aydın şəkildə seçilməsi, bu axınların ətrafında mikro-vegetasiya zonalarının yarandığını göstərir. Bu zonalarda yaşıl kütlənin yüksəkliyi suya yaxınlığın bitki inkişafına müsbət təsir göstərdiyini sübut edir.

Ümumilikdə, 5 iyun 2024 tarixli peyk görüntüsü göstərir ki, vegetasiya inkişafı hələ başlanğıc mərhələsində olsa da rayonun mərkəzi və dağətəyi zonalarında artıq ot örtüyü formalaşmağa

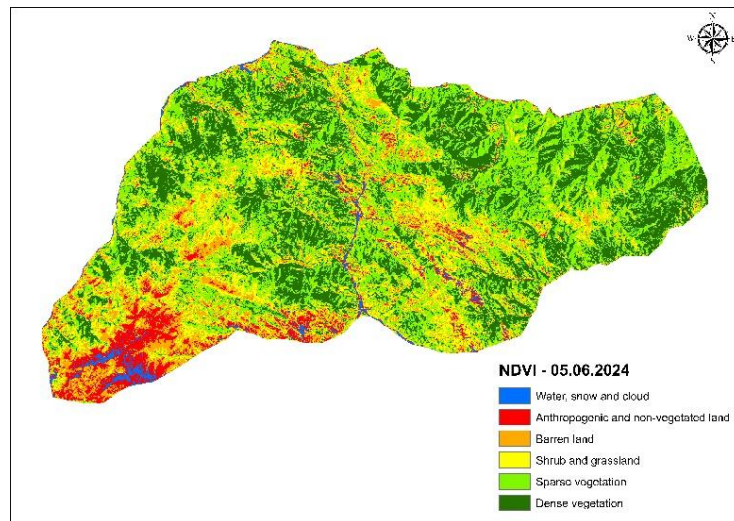


Şəkil 4. Peyk görüntüsü. 05.06.2024

başlamışdır. Bu dövr, biokütlənin sürətli artım mərhələsinə keçid üçün kritik bir mərhələ kimi qiymətləndirilə bilər və empirik biomassa modellərinin tətbiqi üçün uyğun əsas təşkil edir.

5 iyun 2024-cü il tarixli Landsat 8–9 OLI/TIRS peyk məlumatları əsasında tərtib edilmiş bitki örtüyü xəritəsi (Şəkil 5), Kəlbəcər rayonunun vegetasiya vəziyyətini məkan üzrə aydın şəkildə nümayiş etdirir. Xəritədə tünd yaşıl sahələr sıx bitki örtüyünü, açıq yaşıl və sarı sahələr seyrək vegetasiyanı, qırmızı sahələr ya antropogen təsirli torpaqları ya da bitkisiz əraziləri, mavi ərazilər isə qar, su və bulud olan hissələri ifadə edir.

Ərazinin mərkəzi və şimal-şərq hissələrində geniş sahələrdə tünd yaşıl tonlar müşahidə olunur ki, bu da vegetasiya örtüyünün sıx və sağlam vəziyyətdə olduğunu göstərir. Bu sahələr əsasən çəmənlik



Şəkil 5. Bitki örtüyü analizi. 05.06.2024

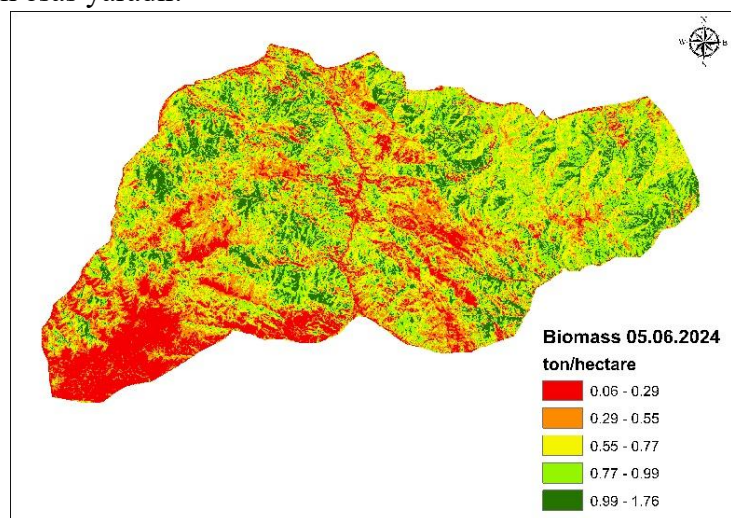
və subalp zonalarına uyğundur və yay otlaqları baxımından yüksək potensiala malikdir. Sarı və açıq yaşıl tonlu ərazilər, xüsusilə qərb və cənub-qərb hissələrdə daha geniş yayılmışdır ki, bu da bu zonalarda vegetasiya sıxlığının nisbətən aşağı olduğunu göstərir.

Qırmızı rənglə ifadə olunan antropogen və bitkisiz sahələr əsasən dərinsəviyyəli vadilər və dik yamaclarda müşahidə olunur. Burada ya torpaq örtüyü tamamilə pozulmuş, ya da vegetasiya inkişafı zəif olmuşdur. Mavi rəng isə su hövzələri və yüksək dağlıq zonalarda hələ də ərیمəmiş qar örtüyünü göstərir.

Ümumilikdə NDVI xəritəsi göstərir ki, 5 iyun tarixinə vegetasiya inkişafı hələ başlanğıc mərhələsindədir. Əksər sahələrdə NDVI dəyərləri orta və aşağı səviyyədə olsa da, bu mərhələ biokütlənin formalaşması üçün ilkin əsas kimi qəbul edilə bilər. Eyni zamanda, xəritə ərazidə deqradasiyaya uğrayan və ya antropogen təsir altında olan sahələrin müəyyənləşdirilməsi üçün mühüm əsas yaradır.

5 iyun 2024-cü il tarixli Landsat 8–9 peyk görüntüləri əsasında bitki örtüyü göstəricisinə əsaslanaraq tərtib olunmuş biokütlə xəritəsi (Şəkil 6.) Kəlbəcər yaylaqlarındakı vegetasiya məhsuldarlığının məkan üzrə dəyişkənliyini əks etdirir. Xəritədə qırmızı tonla göstərilən ərazilər 0.06–0.29 ton/ha arası biokütlə ilə minimal məhsuldarlığa malik zonaları, yaşıl tonlu ərazilər isə 0.99–1.76 ton/ha arası biokütləyə sahib intensiv vegetasiyalı sahələri əks etdirir.

Ərazinin qərb və cənub-qərb hissəsində qırmızı sahələrin geniş yayılması vegetasiyanın zəif inkişaf etdiyini göstərir. Bu zonalar əsasən dik yamaclı, torpaq eroziyasına məruz qalmış



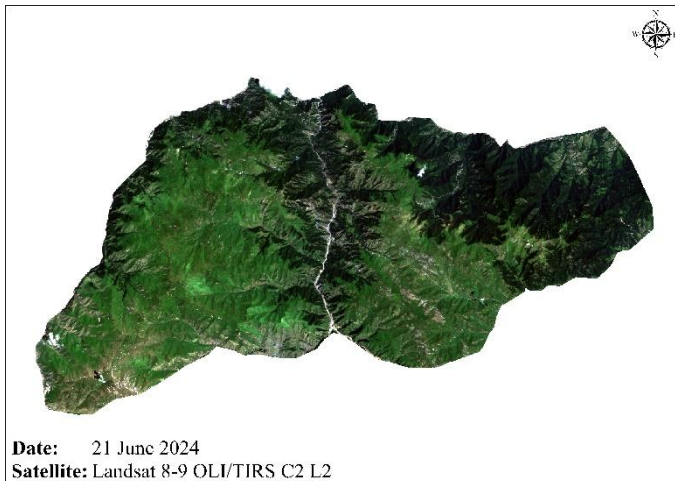
Şəkil 6. Biokütlə analizi. 05.06.2024

və ya antropogen təsir altında olan sahələr ola bilər. Eyni zamanda, NDVI xəritəsində də müşahidə olunan zəif vegetasiya göstəriciləri bu biokütlə nəticələrini dəstəkləyir.

Mərkəzi və şimal-şərq hissələrdə sarıdan açıq yaşıl rəngə keçid edən biokütlə zonaları 0.55–0.99 ton/ha aralığında dəyişir. Bu zonalarda vegetasiya daha sıx inkişaf etsə də, hələ maksimum səviyyəyə

çatmamışdır. Tək-tək sahələrdə müşahidə olunan tünd yaşıl hissələr (0.99–1.76 ton/ha) ərazidəki nisbətən əlverişli hidrotermik şəraitə, torpaq məhsuldarlığına və bitki örtüyünün sıxlığına dəlalət edir.

Vizual olaraq aydın görünür ki, biokütlənin məkan üzrə paylanması topoqrafik amillərlə sıx əlaqəlidir. Aşağı hündürlüklü vadilərdə və yumşaq yamaclarda vegetasiya daha intensiv inkişaf etmiş, sərt yamaclar və yüksək dağlıq sahələrdə isə bu göstəricilər xeyli zəifləyib. Əldə olunan bu raster xəritə, yay otlaqlarında ot ehtiyatının paylanmasını qiymətləndirmək və resursların səmərəli idarə olunması üçün əvəzolunmaz mənbə rolunu oynayır (Summer annuals enhance southeastern pastures, n.d.; Hay and Forage Grower, n.d.).



Şəkil 7. Peyk görüntüsü. 21.06.2024

alp çəmənliklərinin sıx vegetasiyası ilə fərqlənir. Əksinə, cənub-şərq hissədə bitki örtüyü nisbətən seyrəkdir və açıq-qəhvəyi tonlar müşahidə olunur ki, bu da torpaq səthinin görünməsinə, vegetasiyanın zəif və ya yoxluğunu göstərir.

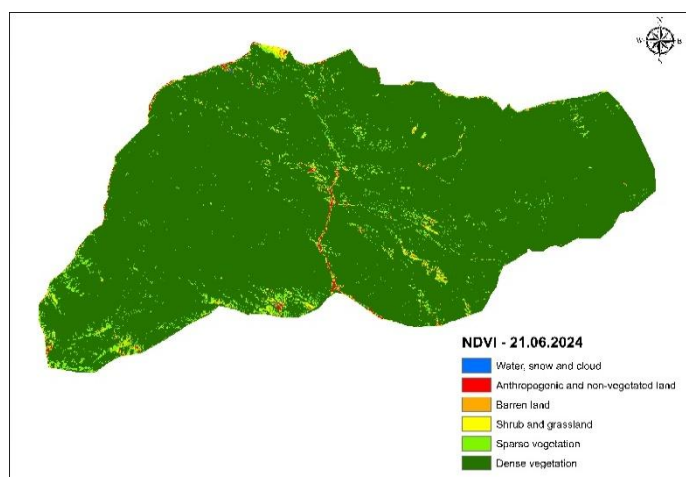
Ərazidə müşahidə edilən sıx yaşıl tonlar NDVI və biokütlə analizlərində də öz əksini tapır. Bu vizual görüntü göstərir ki, 5 iyun ilə müqayisədə 21 iyun tarixində vegetasiya dinamikası daha yüksək səviyyəyə çatıb. Yağışlı yaz mövsümünün sonunda torpaq nəmliyi optimal həddə çatdığı üçün bitki örtüyü tam inkişaf mərhələsinə keçmişdir.

Bu görüntü həm də təhlil ediləcək raster analizləri üçün ideal əsas rolunu oynayır. Vegetasiya örtüyünün maksimum inkişaf mərhələsi üçün vizual əsas təmin edir və biokütlənin ən yüksək hesablandığı dövrlə uyğun gəlir.

21 iyun 2024-cü il tarixli bitki örtüyü xəritəsi (Şəkil 8.) göstərir ki, Kəlbəcər rayonunun tədqiqat ərazimizə aid yaylaq sahələrində vegetasiya örtüyü öz zirvə fazasına çatmışdır. Xəritədə tünd yaşıl rənglərlə ifadə olunan sahələr – yəni sıx bitki örtüyü (NDVI > 0.6) – tədqiqat ərazisinin böyük bir hissəsini əhatə edir. Bu, ot bitkilərinin maksimum inkişaf mərhələsinə keçdiyini və biokütlənin bu dövrdə ən yüksək səviyyəyə çatdığını göstərir.

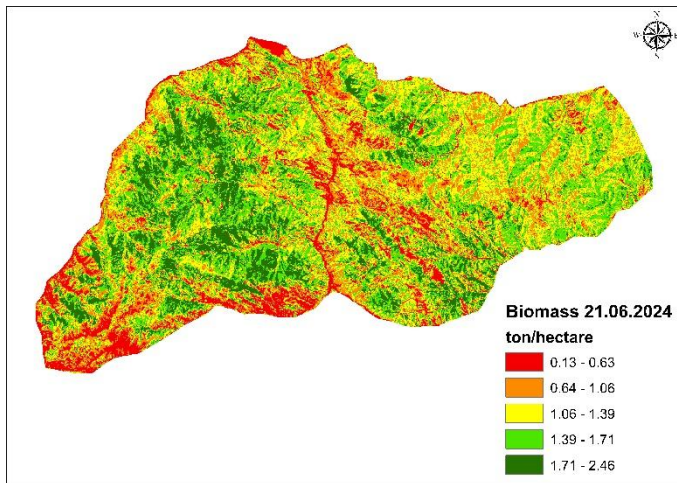
Ərazidə antropogen və bitkisiz sahələr (qırmızı rənglə) çox az miqdarda müşahidə olunur və əsasən çay yataqları və yaşayış məntəqələrinin ətrafında cəmlənmişdir. Bu isə bölgənin təbii çəmənlik ekosistemlərinin geniş sahələrdə qorunduğunu təsdiqləyir.

Əvvəlki tarixlə müqayisədə (5 iyun 2024) bu görüntüdə seyrək bitki örtüyünə malik və kolluq sahələr demək olar ki, sıx bitki örtüyü ilə əvəz olunub. Sarı və açıq yaşıl tonların azalması, bitki örtüyünün demək olar ki, hər sahədə inkişaf etdiyini göstərir.



Şəkil 8. Bitki örtüyü analizi. 21.06.2024

Bu tarixdəki NDVI göstəriciləri biokütlənin hesablanmasında daha etibarlı nəticələr verir və otlaqların real məhsuldarlıq potensialını qiymətləndirmək üçün ideal əsas yaradır. Peyk görüntüsündəki vegetasiya doymuş səviyyədə olduğu üçün empirik düsturla biokütlə hesabı daha dəqiq nəticələr təqdim edir.



Şəkil 9. Biokütlə analizi. 21.06.2024

21 iyun 2024-cü il tarixli biokütlə xəritəsi (Şəkil 9.) göstərir ki, Kəlbəcər rayonunun yaylaq ərazilərində ot örtüyünün miqdarı əhəmiyyətli şəkildə artmış və bəzi sahələrdə maksimum səviyyəyə çatmışdır. Xəritədə tünd yaşıl rənglərlə göstərilən zonalar 1.71 – 2.46 ton/ha biokütlə göstəricisi ilə ən məhsuldar sahələrdir və əsasən rayonun mərkəzi və şimal-şərq hissələrində cəmlənmişdir.

Əvvəlki tarixlə müqayisədə (5 iyun 2024) qırmızı rəng ilə (0.13–0.63 ton/ha) ifadə olunan zəif biokütlə sahələrinin sahəsi xeyli azalmış, onların yerini sarı və yaşıl tonlarda olan daha yüksək məhsuldarlıqlı sahələr tutmuşdur. Bu artım təbiətin vegetasiya dövrünün ortasına daxil olduğunu və

fotosintez proseslərinin optimal şəraitdə getdiyini göstərir.

Əsas vegetasiya zonaları rayonun qərb və şərq dağətəyi hissələrində, vadilərin ətrafında və yamacların orta hissələrində cəmlənmişdir. Qırmızı tonların daha çox cənub-qərb hissədə müşahidə olunması, ya su çatışmazlığı, ya da intensiv otarılma ilə bağlı ola bilər.

Bu dövrdə empirik düsturla əldə edilmiş biokütlə xəritəsi, NDVI analizlərinin nəticələri ilə də tam uyğunluq göstərir. Vegetasiyanın maksimum səviyyəyə çatması ilə birlikdə biokütlənin də paylanması daha bərabər və konsentrasiyalı olmuşdur (Summer annuals enhance southeastern pastures, n.d.; Hay and Forage Grower, n.d.).

Nəticə

Tədqiqat zamanı Kəlbəcər rayonunun mərkəzi yay otlaqlarında vegetasiya örtüyünün vəziyyəti və biokütlənin miqdarı Landsat 8–9 OLI/TIRS peyk təsvirləri əsasında qiymətləndirilmişdir. NDVI göstəricisi və ona əsaslanan empirik model vasitəsilə biokütlə paylanması raster formatda xəritələşdirilmiş, peyk məlumatları ilə bitki örtüyü sıxlığı və məhsuldarlıq göstəriciləri arasındakı əlaqə müəyyən edilmişdir.

Aparılmış təhlillər göstərmişdir ki, 05 iyun 2024-cü il tarixində vegetasiya örtüyü inkişaf mərhələsində olmuş, 21 iyun 2024 tarixində isə maksimal sıxlıq və biokütlə ilə xarakterizə olunmuşdur. Bu tarixdə NDVI göstəriciləri demək olar ki, bütün ərazidə yüksək olmuş, biokütlə göstəriciləri isə bəzi sahələrdə 2.46 ton/ha-a qədər yüksəlmişdir. Ən yüksək biokütlə göstəriciləri əsasən şimal və şimal-şərq yamaclarda, 1300–2200 metr yüksəklik intervalllarında müşahidə olunmuşdur. Ən aşağı göstəricilər isə əsasən dağətəyi və cənub-qərb hissələrdə qeydə alınmışdır.

Yekun olaraq, peyk əsaslı NDVI və biokütlə analizləri vasitəsilə yay otlaqlarında məhsuldarlığın məkan üzrə qiymətləndirilməsi mümkün olmuş, ot örtüyünün inkişaf dövrləri, intensivliyi və degradasiya riski olan ərazilər vizual şəkildə təyin edilmişdir. Tədqiqatın nəticələri otlaq sahələrinin davamlı istifadəsi, eroziya və degradasiya risklərinin qiymətləndirilməsi və elmi əsaslı idarəetmə qərarlarının verilməsi baxımından mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

Ədəbiyyat

1. Arshad, Y., Taghiyev, F., Nuriyev, B., & Talibov, I. (2020). Monitoring and condition mapping for sustainable use of summer pasture. *Kənd Təsərrüfatının İqtisadiyyatı*, (2), [səhifə nömrəsi göstərilməyib].

2. Churchill, A. C., Zhang, H., Fuller, K. J., Amiji, B., Anderson, I. C., Barton, C. V. M., ... & Power, S. A. (2022). Pastures and climate extremes: Impacts of cool season warming and drought on the productivity of key pasture species in a field experiment. *Frontiers in Plant Science*, 13, 836968. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.836968>
3. Deléglise, C., Dodier, H., Garde, L., François, H., Arpin, I., & Nettier, B. (2019). A method for diagnosing summer mountain pastures' vulnerability to climate change, developed in the French Alps. *Mountain Research and Development*, 39(2), D27–D41. <https://doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-18-00077.1>
4. Neudert, R., & Etzold, J. (2013). *Monitoring manual for summer pastures in the Greater Caucasus in Azerbaijan*. [Nəşriyyat məlumatı göstərilməyib].
5. Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *NASA Technical Report, ERTS-1 Symposium, NASA SP-351*, 3, 309–317.
6. The United Nations Framework Convention on Climate Change. (1992). *United Nations*. https://unfccc.int/files/essential_background/background_publications_htmlpdf/application/pdf/conveng.pdf
7. UNESCO. (n.d.). *About the UNFCCC Secretariat*. [Archived October 22, 2023]. <https://web.archive.org/web/20231022170816/https://unfccc.int/about-us/about-the-secretariat>
8. World Health Organization (WHO). (n.d.). *UNFCCC and health*. [Archived February 12, 2021]. <https://web.archive.org/web/20210212000407/https://www.who.int/globalchange/climate/unfccc/en/>
9. University of Maryland Extension. (n.d.). *Summer grazing management*. <https://extension.umd.edu/resource/summer-grazing-management/>
10. Wikipedia contributors. (n.d.). *Kəlbəcər rayonu*. Wikipedia. https://az.wikipedia.org/wiki/K%C9%99lb%C9%99c%C9%99r_rayonu
11. *Summer annuals enhance southeastern pastures*. (n.d.). *Hay and Forage Grower*. <https://hayandforage.com/article-4832-summer-annuals-enhance-southeastern-pastures.html>
12. Hay and Forage Grower. (n.d.). *Summer annuals enhance southeastern pastures*. <https://hayandforage.com/article-4832-summer-annuals-enhance-southeastern-pastures.html>