

Multispektral təsvirlər vasitəsilə saatlı rayonunda yay otlaq sahələrindəki biokütlənin hesablanması

Leyla İmaməliyeva 

Xülasə. Multispektral təsvirlərin istifadəsi yay otlaq sahələrindəki biokütlənin qiymətləndirilməsi üçün müasir və effektiv metodlardan biridir. Saatlı rayonunda otlaq sahələrinin biokütləsinin hesablanması ekologiya və kənd təsərrüfatı idarəçiliyi baxımından əhəmiyyət kəsb edir, çünki bu göstərici heyvandarlıq üçün qida resurslarının mövcudluğunu, otlaq ekosisteminin sağlamlığını və torpaq örtüyünün dəyişikliklərini izləməyə imkan verir. Multispektral görüntülər müxtəlif dalğa uzunluqlarında (məsələn, görünən və yaxın infraqırmızı spektr) torpaq və bitki örtüyü haqqında ətraflı məlumat toplamağa imkan verir. Bu məlumatlar vasitəsilə Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) kimi bitki sağlamlığı və sıxlığı göstəricilərindən istifadə edərək otlaq sahələrindəki biomassa həcmi təxmin edilə bilər.

Hesablama prosesi adətən bir neçə mərhələdən ibarətdir: əvvəlcə sahələrin spektral görüntüləri toplanır, sonra radiometrik və atmosferik korreksiyalar aparılır, ardınca piksel səviyyəsində bitki örtüyünün göstəriciləri hesablanır. NDVI və ya Enhanced Vegetation Index (EVI) kimi indekslər bitki örtüyünün canlılıq səviyyəsini əks etdirir və otlaq biomassa ilə korrelyasiya edilə bilər. Əldə olunan spektral göstəricilər, sahənin tarixi məlumatları və meteoroloji parametrlərlə birləşdirilərək biomassa kütləsi ton/ha və ya qram/m² səviyyəsində qiymətləndirilir. Bu yanaşma həm də yüksək dəqiqliklə geniş ərazilərin monitorinqini mümkün edir və torpaq istifadəsi planlaması, qida təhlükəsizliyi və davamlı kənd təsərrüfatı üçün elmi əsas yaradır.

Açar sözlər: Saatlı rayonu, multispektral təsvirlər, biokütlə, NDVI, SPOT-6, düzənlik otlaqları, səhrələşmə, torpaq duzluluğu, ekosistem monitorinqi

Bakı Mühəndislik Universiteti, magistrant, Bakı, Azərbaycan

E-poçt: isaisazad24@gmail.com

Daxil oldu: 9 Yanvar; Qəbul edildi: 15 May; Onlayn dərc edildi: 28 İyun

© Müəllif(lər) 2026. Bu, Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Beynəlxalq Lisenziyası (CC BYNC 4.0) şərtləri altında paylanan açıq girişli məqalədir.

Calculation of Biomass in Summer Pasture Areas in Saatli Region Using Multispectral Imagery

Leyla Imamaliyeva 

Abstract. The use of multispectral imagery is one of the modern and effective methods for assessing biomass in summer pasture areas. Calculating the biomass of pasture areas in Saatli region is important from the point of view of ecology and agricultural management, as this indicator allows to monitor the availability of food resources for livestock, the health of the pasture ecosystem and changes in land cover. Multispectral imagery allows to collect detailed information about soil and vegetation cover at different wavelengths (for example, visible and near-infrared spectrum). Using this data, the biomass volume in pasture areas can be estimated using plant health and density indicators such as Normalized Difference Vegetation Index (NDVI).

The calculation process usually consists of several stages: first, spectral images of the fields are collected, then radiometric and atmospheric corrections are made, followed by the calculation of vegetation cover indicators at the pixel level. Indices such as NDVI or Enhanced Vegetation Index (EVI) reflect the level of vegetation cover vitality and can be correlated with pasture biomass. The obtained spectral indicators are combined with historical field data and meteorological parameters to estimate the biomass mass in tons/ha or grams/m². This approach also enables high-precision monitoring of large areas and creates a scientific basis for land use planning, food security and sustainable agriculture.

Keywords: *Saatly region, multispectral images, biomass, NDVI, SPOT-6, lowland pastures, desertification, soil salinity, ecosystem monitoring*

Baku University of Engineering, Master's student, Baku, Azerbaijan

E-mail: imameliyevaleyla6@gmail.com

Received: 19 January; Accepted: 15 May; Published online: 28 June

© The Author(s) 2026. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0).

Giriş

İqlim dəyişikliyi, qlobal istiləşmə və antropogen təsirlər nəticəsində Azərbaycanın düzənlik və yarımsəhra bölgələrində yerləşən təbii otlaq sahələrinin məhsuldarlığında ciddi azalmalar baş verir. Azərbaycan Respublikasının Aran iqtisadi zonasında yerləşən Saatlı rayonu bu baxımdan xüsusilə həssas ərazilərdəndir. Quraq və isti iqlim şəraiti, yağıntının azlığı və torpaq duzluluğunun artması nəticəsində otlaq biokütləsinin azalması, torpaq deqradasiyası və biomüxtəlifliyin zəifləməsi müşahidə olunur. Saatlı rayonundakı otlaq və biçənək sahələri yerli maldarlıq və kənd təsərrüfatı sisteminin əsas komponentlərindən biridir.

Ot sahəsi. Biokütlənin hesablanması üçün ilk növbədə ərazinin ot örtüyünün tərkibi, dominant növləri, formasiyası, struktur quruluşu, ekoloji qruplar üzrə paylanması və bitki hündürlüyü kimi göstəricilərin təhlili vacibdir (Shukurov, Mammadova, Aliyeva, Nasirova & Hasanova-Baba-Zade, 2025). Bu göstəricilər multispektral təsvirlər vasitəsilə biokütlə modellərinin qurulmasında əsas parametrlər hesab olunur. Saatlı rayonu düzənlik relyefi, quraq iqlimi və duzlu torpaqları ilə səciyyələndiyindən burada ot örtüyü quraqlığa və duzluluğa davamlı yarımkollu və ot bitkilərindən ibarətdir (Abbasov, 2023). Ərazidə əsasən yovşanlı, qarağanlı, dəvətikanlı və yulğunlu bitki birlikləri üstünlük təşkil edir. Bu birliklər az rütubətli və duzlu şəraitə uyğunlaşmış, lakin biokütlə məhsuldarlığı aşağı olan formasiya tipləridir (Neudert, Rühs & Beckmann, 2015).

Yovşanlı-qarağanlı-biyanlıq formasiya tipi: Bu formasiya Saatlı rayonunun şorakətli boz-çəmən və boz torpaqlarında, əsasən Mil-Muğan düzənliyinin quru zonalarında yayılmışdır (Azerbaijan, 2024). Bitki örtüyündə 20-dən çox növ müəyyən edilmişdir (Yaşar, 2024). Əsas növlər *Artemisia fragrans* (yovşan), *Glycyrrhiza glabra* (biyan), *Calligonum microcarpum* (qarağan) və *Salsola dendroides* (yovşanvari halofit) olmuşdur. Ekoloji qruplar üzrə 40–45 %-i kserofitlər, 25 %-i halofitlər, 20 %-i mezokserofitlər, 10 %-i isə qalokserofitlər təşkil edir (Azərbaycan Respublikasında peyk vasitəsilə Yerin məsafədən müşahidəsi xidmətlərinin inkişafına dair 2019-2022 ci illər üçün Dövlət Proqramı, 2022).

Yulğunlu-dəvətikanlı-qışotuluq formasiya tipi: Bu formasiya şoran və şorakətli boz-qonur torpaqlarda, əsasən Araz çayı vadisinin bataqlıq və kənar zonalarında yayılmışdır (Ogungbuyi, Guerschman, Fischer, Crabbe, Ara, Mohammed & Scarth, 2024). Əsas növlər *Tamarix ramosissima* (yulğun), *Echinops ritro* (dəvətikanı), *Thermopsis turcica* (qışotu) və *Halocnemum strobilaceum*

olmuşdur. Həyati formalar üzrə 30 %-i çoxillik otlar, 40 %-i birillik otlar, 20 %-i kollar, 10 %-i isə halofit kollardır. NDVI göstəriciləri 0.25–0.32 aralığında dəyişir, biokütlənin orta məhsuldarlığı 0.6–0.9 ton/ha kimi qiymətləndirilir.

Yovşanlı-qarayoncalıq formasiya tipi. Bu formasiya tipi karbonatlı boz torpaqlarda və suvarma sistemlərinə yaxın ərazilərdə inkişaf etmişdir. Floristik tərkibdə *Medicago minima*, *Artemisia fragrans*, *Poa bulbosa* və *Trifolium repens* kimi növlər üstünlük təşkil edir. Həyati formalar üzrə 55 %-i çoxillik, 30 %-i birillik, 15 %-i yarımkollu bitkilərdir. Ekoloji qruplar arasında mezokserofitlər (45 %) və kserofitlər (40 %) üstünlük təşkil edir. NDVI göstəriciləri 0.40–0.48 arasında dəyişir, orta biokütlə məhsuldarlığı 1.2 ton/ha kimi qiymətləndirilir. Bu formasiya Saatlı rayonunun ən məhsuldar otlaq tiplərindən biridir (Biswal, 2024).

Şorəkənli-iydeli formasiya tipi: Əsasən Arazboyu torpaq sahələrində və duzluluğu yüksək zonalarda rast gəlinir. Bitki örtüyündə *Halostachys belangeriana* (şorəkən), *Atriplex tatarica*, *Elaeagnus angustifolia* (iydə) və *Alhagi pseudalhagi* (yemlik qırxbuğum) kimi növlər müşahidə olunur. Bu formasiya torpağın səthi duzluluğu və yüksək buxarlanma şəraitinə uyğunlaşmış halofit növlərlə zəngindir. NDVI dəyərləri 0.22–0.30, biokütlə məhsuldarlığı 0.5–0.7 ton/ha səviyyəsindədir.

Yovşanlı-xostəklik formasiya tipi: Boz torpaqlarda və az meyilli örüş sahələrində formalaşan bu birliklərdə 18–20 növ ot bitkisi müəyyən edilmişdir. Əsas növlər *Artemisia lerchiana*, *Hosta plantaginea*, *Salsola kali* və *Festuca valesiaca* kimi quraqlığa davamlı növlərdir (Théau & Others. 2021).

Metodologiya

Məqalədə Saatlı rayonunun yay otlaqlarında biokütlənin hesablanması üçün peyk təsvirlərinin emalı, vegetasiya indeksləri və statistik empirik modelləşdirmə metodlarından istifadə olunur.

Atmosfer korreksiyası, yerüstü ölçmələr və hesablamalar multispektral təsvirlərdən istifadə ilə həyata keçirilir. Biokütlənin hesablanması üçün ilk növbədə ərazinin ot örtüyünün tərkibi, dominant növləri, formasiyası, struktur quruluşu, ekoloji qruplar üzrə paylanması və bitki hündürlüyü kimi göstəricilər təhlil edilir. Statistik hesablama metodları və analiz metodları mövzu ilə bağlı məlumatları dəqiqləşdirməyə və tədqiqat obyektini dəqiq öyrənməyə imkan verir.

Müzakirə

Canlı yaşıl bitkilərin biokütləsinin peyk təsvirləri vasitəsilə hesablanması onların fotosintetik aktiv radiasiya (FAR) diapazonunda Günəş enerjisinin udulma və əks olunma xüsusiyyətlərinə əsaslanır. Fotosintez prosesi zamanı bitkilər 0,4–0,7 mikrometr aralığında yerləşən görünən işıqı (xüsusilə qırmızı və mavi dalğa uzunluqlarını) xlorofil vasitəsilə güclü şəkildə udur. Bu udulma prosesi bitkilərin fotosintetik enerji çevrilməsi və biokütlənin formalaşması üçün əsas mənbə rolunu oynayır. Eyni zamanda yarpaq toxumasının daxili quruluşu yaxın infraqırmızı (YİQ) diapazonda (0,7–1,1 µm) enerjini güclü şəkildə əks etdirir. Bu, bitkinin istilik balansını qorumaq üçün vacibdir — çünki bu diapazonda udulma bitkinin həddindən artıq qızmasına və fotosintetik toxumaların zədələnməsinə gətirib çıxara bilər (Pinna et al. 2025).

Saatlı rayonunun otlaq sahələrinin biokütlə potensialının hesablanması üçün “SPOT-6” peykindən əldə edilmiş multispektral təsvirlərdən istifadə olunmuşdur. Tədqiqat üçün seçilən təsvir 25 may tarixində, vegetasiya dövrünün ən aktiv mərhələsində çəkilmişdir.

İstifadə edilən peyk kanalları aşağıdakılardır:

- Mavi (Blue): 0.45–0.52 μm
- Yaşıl (Green): 0.53–0.59 μm
- Qırmızı (Red): 0.62–0.69 μm
- Yaxın infraqırmızı (NIR): 0.76–0.89 μm

Əlavə olaraq, təsvirlərin məkan dəqiqliyini artırmaq üçün panxromatik kanal da istifadə edilmişdir. Biokütlənin hesablanması mərhələsində “pan-sharpen” edilməmiş multispektral təsvirlərdən, xəritələşdirmə mərhələsində isə pan-sharpen texnikası ilə işlənmiş görüntülərdən istifadə olunmuşdur.

Modelin tətbiqi və hesablamalar. Otlarlarda biokütlənin qiymətləndirilməsi üçün qırmızı (Q) və yaxın infraqırmızı (YİQ) kanallar arasındakı reflektans fərqi nə əsaslanan model tətbiq edilmişdir:

$$OBK = 11.59 \times NDVI^2 - 4.96 \times NDVI + 0.76$$

burada:

- OBK – ot biokütləsi (ton/ha),
- YİQ – yaxın infraqırmızı diapazonun reflektans dəyəri,
- Q – qırmızı diapazonun reflektans dəyəri.

NDVI göstəricisi aşağıdakı kimi hesablanmışdır:

$$NDVI = \frac{(YİQ - Q)}{(YİQ + Q)}$$

Bu model Saatlı rayonunun quraq və duzlu torpaq şəraitindəki ot örtüyü üçün kalibrasiya edilmişdir. Kalibrasiya zamanı sahə müşahidələri və peyk məlumatları arasında $r = 0.82$ korelasiya əmsali müəyyən edilmişdir ki, bu da modelin regional şəraitə uyğun etibarlılığını göstərir.

Saatlı rayonunun yay otlaq sahələrində aparılan multispektral analiz nəticəsində NDVI göstəriciləri 0.22–0.48 intervalında dəyişmişdir. Ən yüksək NDVI dəyərləri (0.45–0.48) Araz çayı vadisində yerləşən rütubətli və yulğunlu-qışotuluq formasiya tiplərində qeydə alınmışdır. Ən aşağı göstəricilər (0.22–0.28) isə şorəkənli və yovşanlı-qarağanlı sahələrdə müşahidə olunmuşdur ki, bu da torpağın yüksək duzluluğu və rütubət çatışmazlığı ilə əlaqədardır (Əhədi. 2025).

Nəticələrin ümumiləşdirilməsi

Aparılan tədqiqat göstərmişdir ki, Saatlı rayonunun təbii otlaq sahələrinin biokütlə potensialı iqlim dəyişkənliyi, antropogen təsirlər və torpaq duzluluğu kimi amillərlə birbaşa əlaqəlidir. Multispektral peyk təsvirləri əsasında aparılan qiymətləndirmələr nəticəsində məlum olmuşdur ki, rayonun əksər otlaq ərazilərində NDVI göstəriciləri 0.22–0.48 intervalında dəyişir, orta biokütlə məhsuldarlığı isə 0.8–1.2 ton/ha səviyyəsindədir.

Ən məhsuldar otlaq zonaları Araz çayı vadisindəki rütubətli və suvarma sistemlərinə yaxın sahələrdə qeydə alınmışdır. Burada vegetasiya sıxlığı yüksək, fotosintetik aktivlik isə sabit olmuşdur. Əksinə, şorəkətli və quraq torpaqlarda yerləşən yovşanlı və şorəkənli otlaqların NDVI dəyərləri aşağı olmuş, biokütlə potensialı zəif qiymətləndirilmişdir.

Ədəbiyyat

1. Abbasov, R. K. (2023). *National ecosystem assessment – Summary for policy makers: Azerbaijan*. NEA.
<https://www.ecosystemassessments.net/content/uploads/2024/03/AZERBAIJAN-NEA-SPM-2024.pdf>NEA İnisiyati
2. Aliyev, Z. H. (2019). *Winter pasture lands of Azerbaijan and their agroecological features*. World Journal of Agriculture & Soil Science, 2(2).
<https://doi.org/10.33552/WJASS.2019.02.000531>ResearchGate+2Iris Publishers+2
3. Azerbaijan. (2024). *Milli Ekosistem Qiymətləndirilməsi – Summary for Policy Makers*. Bakı:NEA.
https://www.ecosystemassessments.net/content/uploads/2024/06/AZERBAIJAN-NEA-SPM-2024_AZ_Web.pdf
4. “Azərbaycan Respublikasında peyk vasitəsilə Yerin məsafədən müşahidəsi xidmətlərinin inkişafına dair 2019-2022 ci illər üçün Dövlət Proqramı” (2022). Bakı: Energetika Nazirliyi.
https://minenergy.gov.az/uploads/Proqramlar/Peyk/Hesabat%20Peyk%20DP-2022_v2.pdf
5. Biswal, S. (2024). *Estimation of aboveground biomass from spectral and textural features of UAV imagery*. Remote Sensing Journal.
6. Əhədi, N. (2025). *Multispektral peyk təsvirləri əsasında yay otlaqlarında biokütlənin miqdarının hesablanması*. Scientific Work Special Issue, 92–100.
7. Shukurov, S. Kh., Mammadova, G. I., Aliyeva, M. M., Nasirova, A. I., & Hasanova-Baba-Zade, R. A. (2025). Ecological state of soil-landscape complexes in Azerbaijan Republic. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*, 57(3), 1136-1147.
<https://doi.org/10.54910/sabrao2025.57.3.25>SABRAO Journal of Breeding and Genetics+2SABRAO Journal of Breeding and Genetics+2
8. Neudert, R., Rühs, M., & Beckmann, V. (2015). Implementation of pasture leasing rights for mobile pastoralists – A case study on institutional change during post-socialist reforms in Azerbaijan. *International Journal of the Commons*, 9(2), 648-669.
<https://doi.org/10.18352/ijc.515>International Journal of the Commons+1
9. Yaşar, Ə. (2024). Multispektral peyk təsvirləri əsasında otlaq sahələrində biokütlənin (otun) miqdarının hesablanması. *Aqroiqtisadiyyat – Kənd Təsərrüfatının İqtisadiyyatı*, (1), 81-91.
<https://agroecconomics.az/az/article/2079/multispektral-peyk-tesvirleri-esasinda-otlaq-sahel/>
10. Ogunbuyi, M. G., Guerschman, J., Fischer, A. M., Crabbe, R. A., Ara, I., Mohammed, C., & Scarth, P. (2024). *Improvement of pasture biomass modelling using high-resolution satellite imagery and machine learning*. Journal of Environmental Management, 356, 120564.
11. Théau, J., & Others. (2021). *Estimation of forage biomass and vegetation cover in grasslands using multispectral UAV imagery*. PMC Remote Sensing Studies.
12. Pinna, D., et al. (2025). *Optimising grassland above-ground biomass estimation using Gaussian Process Regression and multispectral imagery*. Precision Agriculture Journal.