Journal of Rangeland

Print ISSN: 2008-0891

Online ISSN: 2676-5039

Mapping Forage Production in Warm Semi-Arid Rangelands Using Sentile-2 Images (Case Study: Haftkel Rangelands)

Sajad Alimahmoodi Sarab[*1], Farjollah Tarnian[2]

1. Corresponding author; Research Fellow at Forests and Rangelands Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (AREEO), Ahvaz, Iran. E-mail: sajadali@ut.ac.ir
2. Assistant Prof., Department of Range and Watershed Management, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, Iran.

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 24.09.2021
Revised: 13.07.2022
Accepted: 17.07.2022

Keywords:
Vegetation Indices,
Remote Sensing,
MSAVI2,
Plot.

Abstract

Background and objectives: Determination of the exact rangelands forage production could be of great help to rangeland managers in sake of proper stocking rate. With implementing proper sampling design, remote sensing data could be used to estimate forage production due to the extent of rangelands areas, cost, time consumption and other problems in field data gathering. The objectives of this study were to select the best model and the best remote sensing index in order to map forage production using field data and vegetation indices of NDVI, SAVI, MSAVI2, DVI and GCI extracted from satellite images of Sentinel 2.

Methodology: A sampling network with a total of 58 plots (1×1 meters) were established in the studied area and cut and weight method was used to measure forage production. Then, vegetation indices of NDVI, SAVI, MSAVI2, DVI and GCI were created with SNAP software. The values of the mentioned indices were extracted from the location of the plots, using the ArcGIS 10.4 software. The normality of the data was checked by the Kolmogorov Smirnov test. Then their relationships were analyzed with regression in SPSS 16 software. Also, multiple linear regression was used to investigate the relationship between plant indicators and forage production. The train model was created by 70% of the total plots and 30% of the data were used to test the model. Coefficient of determination (R^2) and root mean square error (RMSE) were used to select the best model and index. Finally, the selected model was used to create the map of forage production (Kg/hec), using ArcGIS 10.4. The values of final map as the estimated data and a total of 58 plots as observed data were evaluated by independent t-test.

Results: The results related to the relationship between forage production and plant indices with univariate linear regression showed that all tested indices had a significant relationship with forage production. The univariate linear regression model with MSAVI2 index had the highest coefficient of determination and the lowest RMSE (Y= 649.3-8523.7×MSAVI2; R^2= 0.68 and RMSE= 16). The results also showed that the accuracy of the DVI index (R^2= 0.66; RMSE= 19) was higher than the NDVI index (R^2= 0.58; RMSE= 22) for estimating forage production in studied area. By applying the assumptions of multivariate linear regression model, only two indices of GCI and MSAVI2 were included in the model, and the amount of R^2 and RMSE were the same as univariate linear model with MSAVI2 index. The results of independent t-test indicated that there were not significant differences

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.3.5.1]

between observed data and the ones estimated by selected model ($p<0.05$). The minimum, mean and maximum of forage production in the final map were 10, 220 and 475 kg/hec., respectively.

Conclusion: According to the equality of the root mean square error and the coefficient of determination of the multiple and linear regression models and also the results of independent t-test that indicated no significant difference between observed and estimated forage production, we suggest using the MSAVI2 index to estimate forage production in warm semi-arid rangelands.

Cite this article: Alimahmoodi Sarab, S., F. Tarnian, 2022. Mapping Forage Production in Warm Semi-Arid Rangelands Using Sentile-2 Images (Case Study: Haftkel Rangelands). Journal of Rangeland, 16(2): 497-509.

© The Author(s).
DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.3.5.1
Publisher: Iranian Society for Range Management

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.3.5.1]

مـــرتـــع

شاپا چاپی: ۰۸۹۱-۲۰۰۸

شاپا الکترونیکی: ۵۰۳۹-۲۶۷۶

تهیه نقشه تولید علوفه در مراتع نیمه‌خشک گرم با استفاده از تصاویر سنتیل ۲ (مطالعه موردی: مراتع شهرستان هفتکل)

سجاد عالی‌محمودی سرآب*[۱]، فرج‌الله ترنیان[۲]

۱. نویسنده مسئول، همکار بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران. رایان‌نامه: sajadali@ut.ac.ir

۲. استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل – پژوهشی

تاریخ دریافت ۱۴۰۰/۰۷/۰۲
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۱/۰۴/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۲۶

واژه‌های کلیدی:
شاخص‌های پوشش گیاهی،
سنجش از دور،
MSAVI2،
قطعه نمونه.

چکیده

سابقه و هدف: تعیین میزان دقیق تولید علوفه می‌تواند به مدیران مراتع و متخصصان مربوطه در راستای تعیین دقیق‌تر تعداد دام مجاز کمک شایانی نماید. در صورت استقرار مناسب قطعات نمونه، استفاده از داده‌های سنجش از دور می‌تواند به برآورد دقیق‌تر تولید علوفه با توجه به گستردگی سطوح مراتع، هزینه‌بر بودن، صرف زمان زیاد و همچنین دیگر مشکلات موجود در برداشت داده‌های زمینی، کمک کند. هدف از این تحقیق بررسی امکان تهیه نقشه تولید علوفه و تعیین بهترین شاخص سنجش از دور با استفاده از داده‌های میدانی و شاخص‌های پوشش گیاهی NDVI، SAVI، MSAVI2، DVI و GCI حاصل از تصاویر ماهواره‌ای سنتیل ۲ است.

مواد و روش‌ها: با استفاده از شبکه نمونه‌برداری تعداد ۵۸ قطعه نمونه یک مترمربعی در منطقه مورد مطالعه برداشت گردید و از روش قطع و توزین برای اندازه‌گیری تولید علوفه استفاده شد. سپس با استفاده از نرم‌افزار SNAP شاخص‌های پوشش گیاهی NDVI، SAVI، MSAVI2، DVI و GCI ایجاد شدند. با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS 10.4 و موقعیت مکانی قطعات نمونه برداشت شده، ارزش‌های شاخص‌های فوق استخراج شدند و با استفاده از آزمون کولموگرف اسمیرنف نرمال بودن داده‌ها مورد بررسی قرار گرفت. سپس روابط آنها با استفاده از رگرسیون در نرم‌افزار $SPSS_{Ver.16}$ مورد تحلیل قرار گرفت. همچنین از رگرسیون خطی چندگانه نیز برای بررسی رابطه بین شاخص‌های گیاهی و تولید علوفه استفاده شد. برای ایجاد مدل از ۷۰ درصد داده‌ها و برای آزمون مدل از ۳۰ درصد آنها استفاده شد. از شاخص‌های ضریب تبیین (R^2) و جذر میانگین مربعات خطا (Root mean square error= RMSE) برای انتخاب بهترین مدل و شاخص استفاده شد. در نهایت با استفاده از مدل انتخاب شده و به کمک ArcGIS 10.4، نقشه میزان تولید علوفه بر حسب کیلوگرم در هکتار تهیه شد و با بهره‌گیری از آزمون تی مستقل، نقشه نهایی تولید علوفه با مقدار تولید در ۵۸ پلات‌های اندازه‌گیری شده مورد ارزیابی قرار گرفت.

نتایج: نتایج مربوط به بررسی رابطه بین تولید علوفه و شاخص‌های گیاهی با رگرسیون خطی تک‌متغیره نشان داد که همه شاخص‌های مورد استفاده رابطه معنی‌داری با تولید برقرار کردند. مدل رگرسیون خطی تک‌متغیره با شاخص MSAVI2، بیشترین ضریب تبیین و کمترین خطا ($Y= 649.3-8523.7\times MSAVI2$; $R^2=0.68$ and RMSE= 16) را به خود اختصاص داد. همچنین نتایج نشان داد که میزان دقت شاخص DVI ($R^2=0.66$; RMSE =19) نسبت به شاخص NDVI ($R^2=0.58$; RMSE =22) در برآورد تولید علوفه در منطقه مورد مطالعه

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.3.5.1]

بیشتر است. نتایج رگرسیون خطی چندگانه نشان داد که با در نظر گرفتن مفروضات رگرسیون، فقط دو شاخص GCI و MSAVI2 می‌تواند وارد مدل شود و میزان ضریب تبیین و جذر میانگین مربعات خطا بین شاخص‌های ورودی و میزان تولید علوفه در قطعات نمونه برابر با مدل رگرسیون خطی تک متغیره با شاخص MSAVI2 بود. نتایج آزمون تی نشان داد که بین نقاط مشاهداتی (تولید علوفه در ۵۸ پلات) و نقاط برآوردی (تولید تخیمنی متناظر ۵۸ پلات) در مدل رگرسیون خطی تک متغیره با شاخص MSAVI2، تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ درصد وجود ندارد. در نقشه نهایی حداقل، متوسط و حداکثر تولید علوفه برابر با ۱۰، ۲۲۰ و ۴۷۵ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری: باتوجه به اینکه میزان دقت و ضریب تبیین مدل رگرسیون چندگانه و رگرسیون خطی تک متغیره برابر بود و همچنین نتایج آزمون تی استیودنت نشان داد که بین داده‌های مشاهداتی و مدل ایجاد شده با استفاده از شاخص MSAVI2 تفاوت معنی‌دار وجود نداشت، پیشنهاد می‌شود برای برآورد تولید در مراتع نیمه‌خشک گرم از این شاخص استفاده شود.

استناد: عالی‌محمودی سرآب، س.، ف. ترنیان، ۱۴۰۱. تهیه نقشه تولید علوفه در مراتع نیمه‌خشک گرم با استفاده از تصاویر سنتیل ۲ (مطالعه موردی: مراتع شهرستان هفتکل). مرتع، ۱۶(۳): ۴۹۷-۵۰۹.

DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.3.5.1

© نویسندگان

ناشر: انجمن علمی مرتعداری ایران

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.3.5.1]

مقدمه

مراتع دارای کارکردهای متنوعی هستند و در کشور ما هم علاوه بر کارکردهای محیط زیستی، آنها از نظر اقتصادی دارای جایگاه ویژه‌ای هستند (۱۹). تولید علوفه و گیاهان داروئی از مهمترین کارکردهای اقتصادی مراتع است (۱۹ و ۸). تعیین میزان دقیق تولید علوفه می‌تواند به مدیران مراتع و متخصصان مربوطه، در راستای تعیین دقیق‌تر تعداد دام مجاز برای یک فصل چرایی در یک سامان عرفی مشخص، کمک شایانی نماید. در صورت استقرار مناسب قطعات نمونه، استفاده از داده‌های سنجش از دور می‌تواند به برآورد دقیق‌تر تولید علوفه با توجه به گستردگی سطوح مراتع، هزینه‌بر بودن، صرف زمان زیاد و همچنین دیگر مشکلات موجود در برداشت داده‌های زمینی، کمک کند. از اینرو محققان زیادی از علم سنجش از دور برای این منظور استفاده کرده‌اند (۱، ۴، ۶، ۷، ۱۴، ۱۸، ۲۴، ۲۸، ۳۰، ۳۵، ۳۶ و ۳۷). در مطالعه‌ای با استفاده از تصاویر لندست و با تولید شاخص NDVI و عامل‌های محیطی شیب و بارندگی، میزان علوفه در مراتع حوزه آبخیز دماوند برآورد شد (۱۹). آنها بیان داشتند که استفاده از داده‌های سنجش از دور در برآورد میزان تولید علوفه مراتع مفید است. در تحقیق دیگر در مراتع غرب ایالت نیوساوت ولز استرالیا از ۲۰ شاخص سنجش از دور حاصل از تصاویر لندست استفاده و بیان شد که شاخص‌های بیوفیزیکی حاصل از تصاویر لندست در برآورد میزان تولید علوفه و درصد پوشش گیاهی مفید بود (۲). در بررسی دیگر، با استفاده از شاخص NDVI و نمونه برداری میدانی میزان تولید علوفه خشک را در نیجیریه برآورد کردند (۵). در تحقیق دیگر در منطقه تنگ صیاد استان چهارمحال و بختیاری با استفاده از داده‌های میدانی و ۲۳ شاخص گیاهی حاصل از تصاویر IRS LISS III میزان تولید مراتع برآورد شد (۳۶). همچنین، در مطالعه‌ای با استفاده از ۲۰ شاخص حاصل از تصاویر ETM^+ و استفاده از روابط رگرسیونی بین ارزش شاخص‌های بدست آمده با میزان حاصل از مطالعات میدانی، به مطالعه میزان تولید مراتع طالقان پرداخته شد. نتایج آنها نشان داد که باندهای پنج و هفت و شاخص‌های IR1، MIRV2 و VNIR2 با میزان تولید همبستگی معنی‌داری داشتند (۳). به منظور مطالعه میزان تولید پوشش مراتع با استفاده از شاخص‌های سنجش از دور حاصل از تصاویر ETM^+ و شاخص خشکسالی SPI در مناطق بیابانی مراکش طی سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۸ پرداخته شد (۱۷). در آن مطالعه که از رگرسیون جنگل تصادفی استفاده شد، نتایج نشان داد که استفاده از شاخص ARVI و استفاده از یک مدل جهانی برای گیاهان کاریی ندارد. در تحقیقی مراتع اطراف تالاب چغاخور چهارمحال و بختیاری دو شاخص NDVI و SAVI حاصل از تصاویر لندست برای برآورد درصد پوشش گیاهی مقایسه شدند (۱۱). نتایج تحقیق آنها نشان داد شاخص SAVI نسبت به شاخص NDVI در برآورد درصد پوشش گیاهی برتری دارد. در تحقیق دیگر با استفاده از تصاویر لندست میزان تولید در مراتع برآورد شد (۲۰). نتایج آن تحقیق نشان داد که شاخص ARVI مناسب‌ترین شاخص بود. به‌طور کلی نتایج بررسی‌های انجام شده نشان داد که در مراتع دارای درصد پوشش بالا استفاده از شاخص NDVI و در مراتع با تراکم پوشش پایین استفاده از شاخص‌های دارای ضریب تصحیح بازتاب خاک مفیدتر می‌باشد (۱۳، ۱۶، ۲۶ و ۲۹). در تحقیقات انجام شده از شاخص MSAVI2 کمتر استفاده شده است.

در راستای استفاده از تصاویر ماهواره‌ای توجه به تناسب بین هدف مطالعه با اندازه دقت مکانی، زمانی و رادیومتری تصاویر و ایجاد شاخص‌های پوشش گیاهی مناسب، بسیار مهم است. مرور منابع نشان داد که در مطالعات زیادی از داده‌های لندست برای برآورد میزان تولید علوفه مرتعی استفاده شده است. علیرغم مناسب بودن این تصاویر برای پوشش‌های مرتعی با تراکم بالا، به دلیل اندازه مکانی زیاد این تصاویر و وجود خاک لخت در بخش‌هایی از پیکسل‌ها (۱۲)، نمی‌توانند در مراتع با پوشش کم کارایی خوبی داشته باشند. بنابراین لازم است استفاده از تصاویر با اندازه تفکیک مکانی بهتر نظیر تصاویر سنتینل نیز در برآورد تولید علوفه و تهیه نقشه آن مورد آزمون قرار گیرد.

در مناطق جنوب غربی زاگرس تاکنون از داده‌های سنتینل ۲ و شاخص‌های مختلف سنجش از دور بخصوص در مراتع مناطق نیمه خشک گرم و با تراکم کم، استفاده نشده است. همچنین با توجه به نبود اطلاعات و تحقیقات جامع در منطقه مورد مطالعه و با توجه به تفاوت اکولوژیک بین منطقه مورد مطالعه با دیگر رویشگاه‌های مطالعه شده،

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

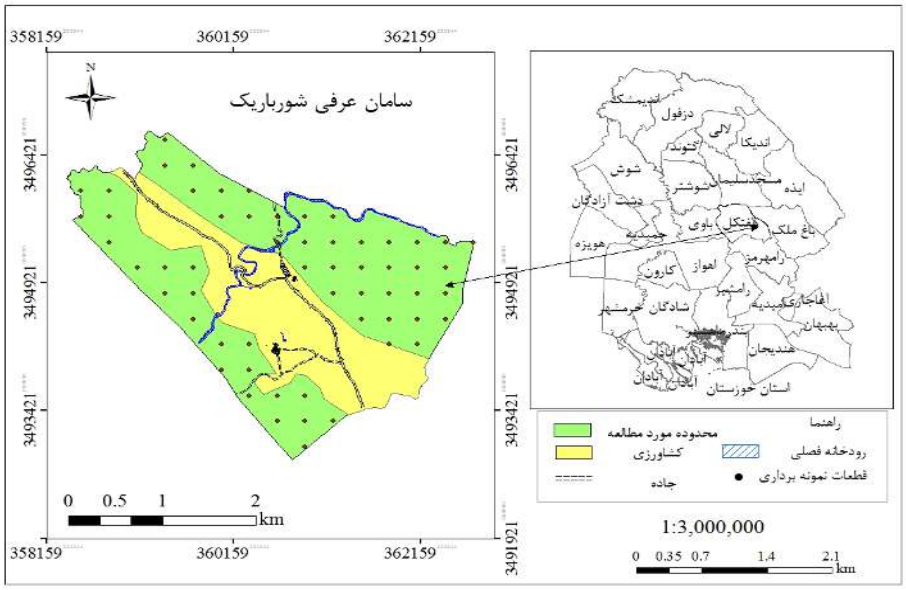
[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.3.5.1]

لزوم انجام این تحقیق ضروری می‌باشد. لذا هدف این تحقیق تهیه نقشه تولید علوفه و تعیین مناسب‌ترین شاخص سنجش از دور برای برآورد میزان آن در مراتع نیمه‌خشک گرم با استفاده از تصاویر ماهواره سنتینل ۲ به‌دلیل قدرت تفکیک زمانی و مکانی مناسب و قدرت تفکیک رادیومتری و همچنین غیرتجاری بودن آنها است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

با توجه به اینکه به‌طور طبیعی مناطق خیلی کمی وجود دارد که در هنگام نمونه‌برداری حداکثر پوشش گیاهی را دارا هستند و معمولا دام از علوفه تولید شده بدون رعایت اصول چرایی استفاده می‌کند، مرتع شوربازیک که دارای طرح مرتعداری است برای مطالعه انتخاب گردید. این مرتع با مساحت کل ۸۴۴/۷ هکتار، در شمال غربی شهرستان هفتکل، بین طول شرقی ۳۵۸۳۳۹ تا ۳۶۲۷۴۳ و عرض شمالی ۳۴۹۶۷۲۱ تا ۳۴۹۲۸۰۴ قرار دارد (شکل ۱). محدوده ارتفاعی طرح مورد نظر بین ۳۶۸ تا ۴۶۶ متر و متوسط ارتفاع منطقه مورد مطالعه برابر ۴۱۵ متر است. مساحت محدوده طرح مرتعداری ۶۸۴/۶ هکتار و مابقی در نقشه اجرای ماده ۲ منابع طبیعی به‌عنوان مستثنیات در نظر گرفته شده است. مراتع منطقه جزء مراتع قشلاقی محسوب می‌شوند.



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه در شهرستان هفتکل و استان خوزستان و پراکنش قطعات نمونه

جمع‌آوری داده‌ها

اندازه‌گیری میدانی

برای اندازه‌گیری تولید بر اساس روش آماری، ۵۸ قطعه نمونه یک متر مربعی که در طول ۱۴ ترانسکت به فواصل ۳۰۰ متر از هم مستقر گردیدند، استفاده شد (شکل ۱) و اطلاعات مورد نیاز برداشت شد.

مطالعات انجام شده در ایران پلات با سطح ۰/۷۵ متر مربع را برای اندازه‌گیری تولید در گراسلندهای منطقه نیمه استپی مراوه تپه (۱۵) و همچنین مطالعه‌ی دیگری اندازه پلات ۰/۵ تا ۱ متر را برای مناطق نیمه‌استپی پیشنهاد داده‌اند (۲۰). زراع چاهوکی و همکاران (۲۰۱۳) تعداد ۴۰ پلات یک متر مربعی را برای بررسی پوشش گیاهی تیپ *Bromus tomentellus* پیشنهاد دادند. مطالعات خارجی سطح پلات مورد نیاز برای بررسی تولید گراسلندها را ۰/۱۸ تا ۰/۶۵ متر مربع بیان کرده‌اند (۲۲، ۳۲ و ۳۴). بنابراین با توجه به اینکه گونه غالب در منطقه مورد بررسی گندمیان یکساله بود و تقریباً پراکنش مناسبی در سطح منطقه داشتند، و همچنین بر اساس تجارب تخصصی و مطالعات

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.3.5.1]

پیشین، سطح یک متر مربع برای اندازه‌گیری تولید در نظر گرفته شد. نتایج آنالیز آماری حاصل از ۵۶ پلات یک متر مربعی نیز تاییدکننده این موضوع است که خطای اندازه‌گیری تولید با اندازه پلات ۱ متر مربعی پایین بوده است.

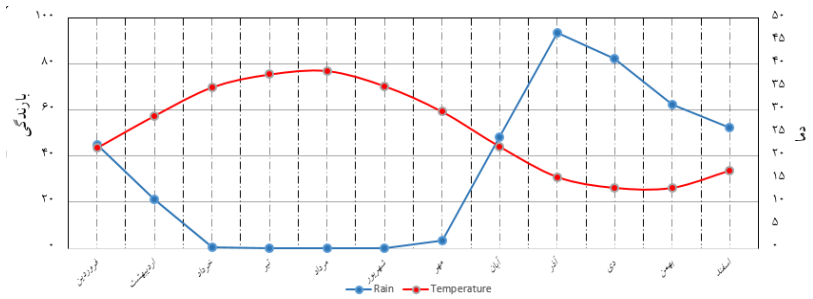
در مطالعات مربوط به اندازه‌گیری تولید این سطح مورد اندازه‌گیری را با اندازه پیکسل عمدتاً ۹۰۰ متر مربعی و ۵۰۰ متر مربعی را با استفاده از معادلات رگرسیون به‌هم مرتبط ساخته‌اند (۳، ۱۰، ۱۱ و ۲۱). بنابر نتایج تحقیق (۱۱) که بیان کردند هرچه سطح نمونه‌گیری به سطح واحد نمونه‌برداری (یک پیکسل) بیشتر باشد، با افزایش سطح قطعه نمونه از ۱×۱ متر به ۲×۲ متر تغییر زیادی ایجاد نمی‌شود، به‌نظر می‌رسد شدت نمونه‌برداری اهمیت بسیاری در مطالعات برآورد تولید دارد. در تحقیق حاضر شدت نمونه‌برداری ۰/۰۱ پیکسل در نظر گرفته شد. با توجه به مطالعات پیشین و همچنین شرایط پوشش گیاهی، این شدت نمونه‌برداری برای منطقه مناسب تشخیص داده شد.

برداشت داده‌های میدانی با استفاده از GPS Garmin با ±۳ متر برداشت شد. در این مورد باید به دو نکته اشاره شود. اول اینکه قطعات نمونه ابتدا با استفاده از GIS لایه رستری یکی از باندها یا شاخص‌های پوشش گیاهی ایجاد شده به لایه نقطه‌ای تبدیل و مختصات نقاط مرکزی هر پیکسل در شبکه نمونه‌برداری بر روی زمین اجرا شوند. دوم اینکه پیاده‌سازی نقاط نمونه‌برداری در عرصه باید در روز آفتابی و هوای کاملاً صاف انجام شود، تا خطای نمونه‌برداری حداکثر به ۴ متر برسد.

باتوجه به نبود اختلاف زیاد در میزان ارتفاع از سطح دریا و تغییرات بسیار محدود در تنوع پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه، فواصل ترانسکت‌ها ۳۰۰ متر انتخاب شد. برای اندازه‌گیری تولید علوفه در زمان رشد کامل به منطقه مورد مطالعه مراجعه شد و در ابتدا موقعیت جغرافیایی هر قطعه نمونه یاداشت شد. سپس درصد پوشش گیاهی تخمین زده شد. از روش قطع و توزین برای تعیین تولید استفاده شد و تمام علوفه قابل چرای دام که عمدتا یکساله بودند از یک سانتی‌متری سطح زمین قطع گردید و در پاکت‌های کاغذی به منظور خشک کردن و اندازه‌گیری وزن آنها قرار داده شد.

اقلیم منطقه مورد مطالعه

برای بررسی وضعیت آب و هوایی و نوع اقلیم منطقه از آمار هواشناسی نزدیکترین ایستگاه منطقه طرح، ایستگاه سینوپتیک مسجدسلیمان برای دوره آماری ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۸ استفاده شد. تحلیل داده‌های آب و هوایی نشان داد که سردترین ماه سال دی‌ماه با متوسط ۱۳/۱ درجه سانتی گراد، گرمترین ماه سال تیرماه با متوسط ۳۸/۵۵ درجه سانتی‌گراد و متوسط درجه حرارت سالانه ۲۵/۶ درجه سانتی‌گراد بود. بر اساس روش دومارتن اقلیم منطقه جزو اقلیم نیمه خشک گرم است (شکل ۲) و طول دوره خشکی در منطقه مورد مطالعه نزدیک به ۶ ماه بود.



شکل ۲: نمودار آمبروترمیک منطقه مورد مطالعه

داده‌های سنجش از دور

با توجه به رشد کامل پوشش گیاهی و زمان اندازه‌گیری تولید، برای رسیدن به هدف تحقیق داده‌های سنتیل ۲ با اندازه پیکل سایز ۱۰ متر در تاریخ ۲۰۲۰/۰۵/۰۷ از سایت USGS.org دانلود شدند. داده‌های به‌دست آمده در سطح یک تصحیحات اتمسفری بوده و

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.3.5.1]

تصحیحات اتمسفری با استفاده از افزونه Sen2cor در نرم‌افزار SNAP برروی آنها اعمال شد. سپس با استفاده از نرم‌افزار SNAP شاخص‌های NDVI، SAVI، MSAVI2، DVI و GCI ایجاد شدند (جدول ۱).

آنالیز داده‌ها

پس از برداشت قطعات نمونه، میزان تولید علوفه خشک در هر قطعه نمونه محاسبه شد. با استفاده از نرم‌افزار GIS و موقعیت مکانی قطعات نمونه برداشت شده، ارزش‌های شاخص‌های NDVI، SAVI، MSAVI2، DVI و GCI استخراج شدند و با استفاده از آزمون کولموگرف اسمیرنف نرمال بودن داده‌ها مورد بررسی قرار گرفت. سپس، روابط آنها با استفاده از رگرسیون در نرم‌افزار $SPSS_{Ver.16}$ مورد تحلیل قرار گرفتند. همچنین از رگرسیون خطی چندگانه نیز برای رابطه بین شاخص‌های گیاهی و تولید استفاده شد. برای ایجاد مدل از ۷۰ درصد داده‌ها و برای آزمون مدل از ۳۰ درصد آنها استفاده شد. سپس از شاخص‌های ضریب تبیین (R^2) و جذر میانگین مربعات خطا (Root mean square error= RMSE) برای انتخاب بهترین مدل استفاده شد و با بهره‌گیری از آزمون تی مستقل نقشه نهایی تولید علوفه مورد ارزیابی قرار گرفت. همچنین در نهایت با استفاده از ArcGIS 10.4 نقشه میزان تولید علوفه بر حسب کیلوگرم در هر هکتار تهیه شد.

جدول ۱: شاخص‌های مورد استفاده

رابطه	منبع	شاخص	رابطه	نام علمی شاخص
۱	۳۱	NDVI	(NIR-Red) /(NIR+Red)	Normalized difference vegetation index
۲	۳۳	SAVI	(NIR– Red)/(NIR +Red+L)(1+L)	Soil adjusted vegetation index
۳	۲۵	MSAVI2	(1/2)*(2*(nir+1)-sqrt(2 nir+1)* (2 nir+1)* (2 nir+1)-8*(nir*r)))	Modify soil adjusted vegetation index
۴	۲۷	DVI	A*NIR-Red	Difference vegetation index
۵	۹	GCI	GCI = (NIR) / (Green) – 1	Green Chlorophyll Index

نتایج

بررسی پوشش گیاهی منطقه

بررسی وضعیت پوشش گیاهی نشان داد که تیپ گیاهی غالب مرتع شورباریک - *Stipa capensis* *Astragalus glaucacanthus* می‌باشد. میانگین درصد تاج پوشش کل این مرتع ۳۳ درصد تخمین زده شد و وضعیت مرتع ضعیف و گرایش آن ثابت ارزیابی شد. از گونه‌های همراه می‌توان گندمیان یکساله از جنس‌های Hordeum، Bromus، Vulpia و از گندمیان چندساله می‌توان به *Hordeum bulbosum*، *Poa bulbosa* و *Hyparrhenia hirta* اشاره کرد. از گونه‌های درختچه ای موجود در منطقه می‌توان به گونه *Ziziphus nummularia* اشاره کرد.

بررسی روابط بین شاخص‌های پوشش گیاهی و تولید علوفه

نتایج تحلیل رگرسیون خطی ساده بین میزان ارزش شاخص‌های مورد استفاده با میزان تولید علوفه در قطعات یک مترمربعی در جدول (۲) بیان شده است. نتایج نشان می‌دهد که همه شاخص‌ها با تولید رابطه معنی‌دار دارند و می‌توانند برای برآورد تولید مورد استفاده قرار گیرند. مدل ایجاد شده با شاخص MSAVI2 با ضریب تبیین ۰/۶۸ و جذر میانگین مربعات خطای ۱۹ بهترین مدل برای برآورد تولید می‌باشد و مدل ایجاد شده با شاخص GCI با ضریب تبیین ۰/۵۲ و جذر میانگین مربعات خطای ۲۳ کمترین صحت در برآورد تولید را دارا می‌باشد (رابطه رگرسیون شماره ۸ در جدول ۲).

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.3.5.1]

جدول ۲- روابط رگرسیونی خطی بین مقادیر تولید اندازه‌گیری شده و ارزش‌های شاخص‌های سنجش از دور

مدل رگرسیون	رابطه	ضریب تبیین	RMSE (kg/hec)	سطح معنی‌داری (۰/۰۵)
۱	Y=-۴۳۱۸/۵×NDVI+۴۸۱/۰۵	R^2=۰/۵۸	۲۲	۰/۰۰۱
۲	Y=-۷۲۶۹/۷×SAVI+۶۱۱/۸	R^2=۰/۶۶	۲۰	۰/۰۰۲
۳	Y=-۸۵۲۳/۷×MSAVI2+۶۴۹/۳	R^2=۰/۶۸	۱۹	۰/۰۰۰۱
۴	Y=-۱۲۶۶۸/۴×DVI+۷۲۸/۹	R^2=۰/۶۶	۱۹	۰/۰۰۳
۵	Y=-۱۲۶۱/۶۷×GCI+۷۱۳/۱۷	R^2=۰/۵۲	۲۳	۰/۰۰۳

نتایج استفاده از رگرسیون خطی چندگانه بین شاخص‌های پوشش گیاهی و میزان تولید در جداول (۵-۳) ارایه شده است. نتایج تحلیل همبستگی بین متغیرهای مستقل نشان داد که میزان ضریب هم خطی (VIF) شاخص‌های SAVI و DVI بیشتر از ۱۰ و مقدار Sig شاخص NDVI بیشتر از ۰/۰۵ بود، بنابراین وارد مدل نشدند. رابطه (۱۱) مدل نهایی به‌دست آمده از رگرسیون خطی چندگانه را نشان می‌دهد که با ضریب تبیین ۰/۶۸ و جذر میانگین مربعات خطای ۱۹ معنی‌دار می‌باشد (جدول ۵).

جدول ۳: جدول تجزیه واریانس رگرسیون خطی چندگانه

تیمار	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معنی‌داری (۰/۰۵)
رگرسیون	۱۲۶۲۰۴/۰۵	۲	۶۳۱۰۲/۰۲	۲۹/۶۹	۰/۰۰۰
باقیمانده	۵۹۱۲۲/۶۲	۲۸	۲۱۱۱/۰۵	-	-
کل	۱۸۵۳۲۶/۶۷	۳۰	-	-	-

جدول ۴: ضرایب اهمیت متغیرها در رگرسیون خطی چندگانه

رابطه	تیمار	ضرایب استاندارد نشده		ضرایب استاندارد شده	t	سطح معنی‌داری (۰/۰۵)	ضریب هم خطی	تست دوربین واتسون
		ضرایب	خطای معیار	بتا				
	مقدار ثابت	۶۵۵/۷۱	۱۰۳/۵۱	-	۶/۳۳	۰/۰۰۰	-	
۱۱	MSAVI2	-۸۳۱۹/۸۶	۲۳۷۶/۲۰	-۰/۸۰	-۳/۵۰	۰/۰۰۰	۴/۱	۱/۶
	GCI	-۳۹/۴۷	۴۰۰/۷۱	-۰/۰۲	-۰/۰۹	۰/۰۴	۴/۱	

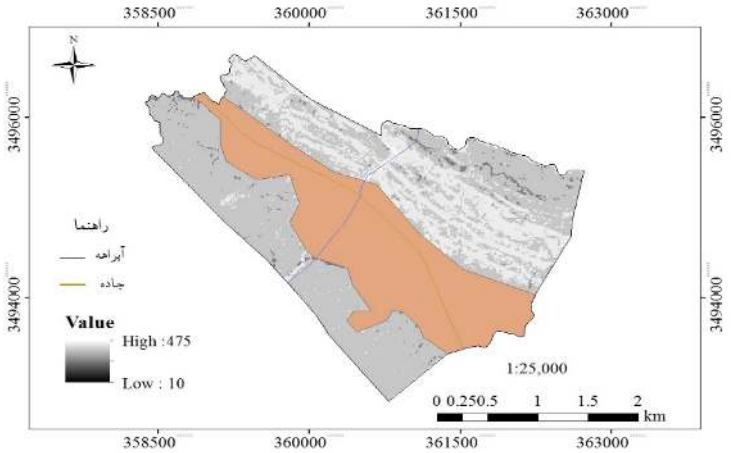
جدول ۵: نتایج رابطه رگرسیون خطی چندگانه بین مقدار مشاهداتی و برآورد شده

رابطه رگرسیون خطی چندگانه	R^2	RMSE (kg/ha)
Y=۶۵۵/۱۷ -۸۳۱۹/۸× MSAVI2-۳۹/۴×GCI	۰/۶۸	۱۹

برای جلوگیری از پیچیدگی مدل و با توجه به اینکه مقدار ضریب تبیین و همچنین جذر میانگین مربعات خطا در مدل ایجاد شده با شاخص MSAVI2 به ترتیب برابر با ۰/۶۸ و ۱۹ بود، از این مدل (۸) در جدول (۲) برای ایجاد نقشه تولید علوفه استفاده شد (شکل ۳). نتایج آزمون t نشان می‌دهد که بین نقاط مشاهداتی و نقاط برآوردی توسط مدل، تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ درصد وجود ندارد. شکل (۳) نقشه تولید علوفه را نشان می دهد که با استفاده از مدل (۸) ایجاد شده است. این نقشه نشان داد که حداقل تولید علوفه برابر با ۱۰ کیلوگرم در هکتار و حداکثر آن ۴۷۵ کیلوگرم در هکتار علوفه است. متوسط تولید علوفه نیز ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار بود.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.3.5.1]



شکل ۳: نقشه مقدار تولید علوفه برآورد شده با استفاده از شاخص MSAVI2

بحث و نتیجه‌گیری

مطالعه پوشش گیاهی نشان داد که در محدوده مرتع شوربارِیک بر اثر افزایش فشار چرای دام و استفاده بی‌رویه و خارج از فصل از مرتع، شرایط اکولوژیکی نامناسب از جمله نداشتن خاک مناسب، دمای بالا و غیره باعث حذف گونه‌های مرغوب و خوشخوراک منطقه (مقدار خیلی کم در مناطق صعب‌العبور به چشم می‌خورد) و افزایش گونه‌های نامرغوب و یکساله شده است به‌نحویکه این گونه‌های یک‌ساله عرصه وسیعی را اشغال کرده‌اند. وجود گونه‌های درختی و درختچه‌ای مانند رملیک و کلخنگ در سطح محدوده طرح نشان می‌دهد این عرصه‌ها در گذشته‌ای نه چندان دور به‌صورت مرتع مشجر و دارای پوشش گیاهی انبوهی بوده است که به‌تدریج در اثر قطع درختان و درختچه‌ها و استفاده بی‌رویه از مرتع، پوشش گیاهی فقیر شده و منطقه تحت تاثیر فرسایش سطحی قرار گرفته است. نتایج مربوط به بررسی رابطه بین تولید و شاخص‌های گیاهی نشان داد که همه شاخص‌های مورد استفاده رابطه معنی‌داری با تولید برقرار کردند، ولی بهترین شاخص، شاخص MSAVI2 بود. محققان زیادی از شاخص NDVI برای برآورد تولید علوفه استفاده کرده‌اند (۱، ۲، ۵، ۱۷، ۱۹ و ۲۴). اما در تحقیق حاضر میزان ضریب تبیین NDVI نسبت به شاخص MSAVI2 ضعیف‌تر و مقدار جذر میانگین مربعات خطای آن بالاتر بود. از مهم‌ترین دلایل این نتایج می‌توان به ضعف این شاخص در مراتع مناطق نیمه‌خشک با پوشش کم‌تراکم و دارای بازتاب خاک پس‌زمینه اشاره کرد، که با نتایج خلیل‌پور (۱۹۹۷) و جوزاندلوم و همکاران (۲۰۰۵) که بیان داشتند شاخص‌های دارای ضریب اصلاحی بازتاب خاک پس‌زمینه برای برآورد تراکم پوشش گیاهی در مناطق با تراکم پوشش پایین مناسب می‌باشند، همخوانی دارد. در تحقیقی به مقایسه دو شاخص NDVI و SAVI حاصل از تصاویر لندست در مراتع اطراف تالاب چغاخور در چهارمحال و بختیاری پرداخته شد (۱۱). نتایج آنها نشان داد به دلیل کاهش اثر خاک زمینه در شاخص SAVI، این شاخص توانایی بالاتری نسبت به شاخص NDVI دارد، که با نتایج تحقیق حاضر که نشان داد شاخص SAVI نسبت به شاخص NDVI ضریب تبیین بالاتری داشت، همخوانی دارد. نتایج تحقیق زرینه و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که شاخص NDVI ضریب تبیین پایینی با میزان تولید کل گیاهی دارد (R^2=۰/۱۵)، که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد (R^2=۰/۵۸). نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیق سلمان بیاتی و همکاران (۲۰۱۸) که بیان داشتند که در برآورد درصد پوشش گیاهی، شاخص NDVI نسبت به شاخص SAVI همبستگی بهتری دارد، و نتایج پردل و همکاران (۲۰۱۷) که بیان داشتند شاخص RVI نسبت به شاخص SAVI نسبت به برآورد زی‌توده مراتع برتری دارد، تفاوت دارد. این تفاوت می‌تواند به نوع پوشش گیاهی مناطق مورد مطالعه و همچنین تفاوت درصد پوشش گیاهی که در بازتاب خاک

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.3.5.1]

زمینه موثر است و عوامل تاثر گذار دیگر، مرتبط باشد. نتایج این تحقیق با نتایج تحقیق رهداری و همکاران (۲۰۱۳) که در بررسی شاخص‌های مبتنی‌بر سنجش از دور به‌منظور برآورد درصد پوشش گیاهی در مناطق خشک و نیمه‌خشک بیان داشتند، شاخص SAVI (R^2=۰/۷۸) نسبت به شاخص NDVI (R^2=۰/۷۷) همبستگی بالاتری دارد، همخوانی دارد. جوزاندلوم و همکارن (۲۰۰۵) نیز بیان کردند که در مناطق خشک و نیمه‌خشک شاخص SAVI2 (R^2=۰/۳۶) نسبت به شاخص NDVI (R^2=۰/۲۵) برتری دارد. نتایج تحقیقات بررسی شده تاکید می‌کند که برای برآورد تراکم پوشش گیاهی و میزان تولید علوفه در مراتع دارای اثر خاک پس‌زمینه‌ای باید از شاخص‌های دارای ضرایب تصحیحات اثر خاک پس‌زمینه‌ای از جمله شاخص‌های مجموعه SAVI استفاده شود که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد.

همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که در مناطق نیمه‌خشک گرم میزان دقت شاخص DVI نسبت به شاخص NDVI به منظور برآورد تولید علوفه برتری دارد، که با نتایج تحقیق شیرازی و همکاران (۲۰۱۰) که به مقایسه شاخص‌های سنجش از دور در بارزسازی پوشش گیاهی مناطق خشک و نیمه‌خشک پرداخته بودند، همخوانی دارد. اسحاقی‌زاده و همکاران (۲۰۲۰) نیز با بررسی شاخص‌های مختلف سنجش از دور حاصل از تصاویر لندست در برآورد میزان بیوماس مراتع بیان داشتند علیرغم اینکه همه شاخص‌ها تقریبا همبستگی مناسبی با میزان بیوماس داشتند، ولی شاخص SAVI نسبت به شاخص NDVI دارای همبستگی بیشتری بود، که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. بنابر نتایج این تحقیق و با توجه به اینکه میزان دقت و ضریب تبیین مدل رگرسیون خطی چندگانه و رگرسیون خطی ساده با استفاده از شاخص MSAVI2 برابر بود، به جهت سهولت و راحتی بیشتر، پیشنهاد می‌شود در برآورد میزان تولید علوفه در مراتع با وضعیت مشابه از شاخص MSAVI2 استفاده شود.

با توجه به اینکه در این تحقیق از مرکز تک پیکسل به‌عنوان نقاط نمونه برداری استفاده شد، پیشنهاد می‌شود به جهت جلوگیری از تداخل بازتاب پیکسل‌های اطراف در بازتاب ثبت شده پیکسل، در مطالعات بعدی از متوسط بازتاب ۹ پیکسل (۳×۳ پیکسل) به‌عنوان بازتاب پیکسل مرکزی در نظر گرفته شود. همچنین در مرکز ۹ پیکسل، میزان تولید با قطعات نمونه ۱ متر مربعی برداشت و متوسط آنها به‌عنوان میزان تولید در پیکسل مرکزی در نظر گرفته شود. همچنین پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آینده اثر استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و عوامل محیطی در تلفیق با داده‌های میدانی و شاخص‌های سنجش از دور در راستای ارتقای دقت برآورد میزان تولید علوفه مورد بررسی قرار گیرند.

References

1. Amies, A.C., J.R. Dymond, J.D. Shepherd, D. Pairman, C. Hoogendoorn, M. Sabetizade & S.E. Belliss, 2021. National mapping of New Zealand pasture productivity using temporal sentinel-2 data. Remote Sensing, 13: 1481. https://doi.org/10.3390/rs13081481.
2. Arzani, H., 1994. Some aspects of estimating short term and long term rangeland carrying capacity in the western division of New South Wales, Ph.D. Thesis, University of N. S. W., Australia, 308 pp.
3. Arzani, H., S.Z. Hoseini & Kh. Mirakhorlou, 2014. Application of LANDSAT ETM$^+$ images for estimating vegetation production and cover in Taleghan rangelands. Iranian journal of Range and Desert Research, 21(1): 24-31. (In Persian)
4. Boutton, T.W., & L.L. Tieszen, 1983. Estimation of plant biomass by spectral reflectance in an east African grassland. Journal Range Management, 36(2): 213-216.
5. Brouce, K.W., D. Issa, D.P. Rex, A.H. John, C.R. Bradley & G. Morris Southward, 1995. Satellite-based herbaceous biomass estimates in the pastoral zone of Niger. Journal of Range Management, 48(2): 159-164.
6. Di Bella, C., R. Faivre, F. Ruget, B. Seguin, M. Guérif, B. Combal, M. Weiss & C. Rebella, 2004. Remote sensing capabilities to estimate pasture production in France. International Journal of Remote Sensing, 25(23): 5359-5372:

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.3.5.1]

7. Eshghizadeh, M. & Y. Esmaeilian, 2020. Evaluation possibility of rangelands biomass estimation using Landsat 8 satellite data. Iranian Journal of Range and Desert Research, 27(2): 159- 176. (In Persian)
8. Frahnak, M. & F. Movahed, 1997. Rangeland and biomass modelling in Zanjan mountains, Iran, Case study, ITC, Enchede. 63p.
9. Gitelson, A.A., A. Vina, V. Ciganda, D.C. Rundquist & T.J. Arkebauer, 2005. Remote estimation of canopy chlorophyll content in crops. Geophysical Research Letters, 32: L08403. doi: 10.1029/2005GL022688.
10. Ghorbani, A., F. Dadjou, M. Moameri, A. Biswas, 2020. Estimating aboveground net primary production (ANPP) using Landsat 8-based indices: A case study from Hir-Neur rangelands, Iran. Rangeland Ecology & Management, 73(5): 649-657
11. Imani, J., A. Ebrahimi, B. Gholinejad & P. Tahmasebi, 2018. Comparison of NDVI and SAVI in three plant communities with different sampling intensity (Case Study: Choghakhour Lake Rangelands in Charmahal & Bakhtiari). Iranian Journal of Range and Desert Research, 25(1): 152-169. (In Persian)
12. Jabari, S., S. Jamalaldin, R. Jafari & S. Soltani, 2016. Application of AWIFS digital data to determine vegetation cover (Case Study: Semirom-Isfahan). Journal of Rangeland, 9(4): 333-343. (In Persian)
13. Javzandulam, T., R. Tateishi & T. Sanjaa, 2005. Analysis of vegetation indices for monitoring vegetation degradation in semi-arid and arid areas of Mongolia. International Journal of Environmental Studies, 62(2): 215- 225. (In Persian)
14. Jianlong, L., L. Tiangang & C. Quangong, 1998. Estimating grassland yields using remote sensing and GIS technologies in China. New Zealand Journal of Agricultural Research, 41: 31-38.
15. Karami, P., Gh. Heshmati, & M. Mesdaghi, 2002. Determination of optimal plot shape and size for estimation of forage production at semi-steppe grasslands of northeastern of Golestan province. Agricaltural Science and Natural Resources, 9(2): 41-47.
16. Khalilpour, S.A., 1977. Range land biomass mapping in Damavand, Iran. A case study with GIS and satellite imagery, ITC, Enschede.84p. (In Persian)
17. Lang, M., M. Hamid & B. Tychon, 2021. Estimation of rangeland production in the arid oriental region (Morocco) combining remote sensing vegetation and rainfall indices: Challenges and lessons learned. Remote sensing. 13(2093): 1-25.
18. Liu, H., R.A. Dahlgren, R.E. Larsen, S.M. Devine, L.M. Roche, A.T, O'Geen, A.J.Y. Wong, S. Covello & Y. Jin, 2019. Estimating rangeland forage production using remote sensing data from a small unmanned aerial system (sUAS) and planet scope satellite. Remote Sensing, 11: 595.
19. Mirakhorlo, Kh., & S. Hosseini, 2006. Estimating rangelands yield using remote sensing data (Case study: Damavand region of Iran). Iranian journal of Range and Desert Research, 13(2): 127-138. (In Persian).
20. Moghaddam, M.R., & J. Ghorbani Pashakolaee, 2001. A comparison of different plot size and shapes efficiency to estimate of standing crop in steppe, high-steppe and semi-steppe region of Iran. Iranian natural rescores, 54(2): 191-204.
21. Nanzad, L., J. Zhang, G. Batdelger, T.P. Pangali Sharma, U.A. Koju, J. Wang & M. Nabil, 2021. Analyzing NPP response of different rangeland types to climatic parameters over Mongolia. Agronomy, 11: 647.
22. Papnastasis, V.P., 1977. Optimum size and shape of quadrate for sampling herbage in grassland of Northern Greece. Range Management, 30: 445-448.
23. Pordel, F., A. Ebrahimi & Z. Azizi, 2017. Evaluating spatio-temporal phytomass changes using vegetation index derived from landsat 8 (Case study: Mrajan rangeland, Boroujen). Journal of Rangeland, 11(2): 166-178. (In Persian)
24. Reeves, M.C., B.B. Hanberry, H. Wilmer, N.E. Kaplan & W.K. Lauenroth, 2020. An Assessment of production trends on the great plains from 1984 to 2017. Rangeland Ecology and Management, 78: 165-179.
25. Qi, J., A. Chehbouni, A.R. Huete & Y.H. Kerr, 1994. Modified soil adjusted vegetation index (MSAVI). Remote Sensing Environment, 48: 119-126.
26. . Rahdari, V., A. Soffianian, S.J. Khajaldin & S.M. Najfabdai, 2013. Identification of satellite image ability for vegetation cover crown percentage mapping in arid and semi_arid region (Case study: Mouteh wild life sanctuary). Journal of Environmental Science and Technology (JEST), 4(4): 43-54. (In Persian)
27. Richardson, A.J., & C. Weigand, 1977. "Distinguishing vegetation from soil background information. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 43(12): 1541-1552.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.3.5.1]

28. Salmanbayati, T., Z. Hosseini, A. Rashtian & H. Alirezaee, 2018. Comparing the accuracy of different vegetation cover sampling methods in remote sensing indices (Case study: Abbas Abad Hamedan). Journal of Rangeland, 12(2): 169- 179. (In Persian)
29. Shirazi, M., G.H. Zehtabian & H.R. Matinfar, 2010. Survey of capability of remote sensing indices for enhancement of land cover in arid areas (Case study: Najmabad). Iranian journal of Range and Desert Research, 17(2): 256- 275. (In Persian)
30. Théau, J., É. Lauzier-Hudon, L. Aubé & N. Devillers, 2021. Estimation of forage biomass and vegetation cover in grasslands using UAV imagery. PLoS ONE, 16(1): e0245784.
31. Tucker, C.J., C. Vanpraet, E. Boerwinkel & A. Gaston, 1983. Satellite remote sensing of total dry matter production in the Senegalese Sahel. Remote Sensing of Environment, 13: 461-474.
32. Van Dyne, G., M.G. Wogel & H.G. Fisser, 1963. Influence of small plot size and shape on range-herbage production estimates. Ecology, 44: 746-759.
33. Washington-Allen, R.A., N.E. West, R.D. Ramsey & R.A. Efroymson, 2006. A protocol for retrospective remote sensing-based ecological monitoring of rangelands. Rangeland Ecology and Management, 59: 19-29.
34. Wiegert, R.G., 1962. The selection of an optimum quadrate size for sampling the standing crop of grasses and forbs. Ecology, 43: 125-129.
35. Zare Chahouki, M.A., F. Khojasteh, M. Yousefi, A. Farsodan & M. Shafizadeh Nasrabadi, 2013. Evaluation of different plot shape, size, and number for sampling in middle Taleghan rangelands. Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi), 99: 127-138.
36. Zarine, A., A. Sadi Broujeni & M. Naderi Khourasegani, 2012. Estimation of rangeland production using IRS LISS III satellite data Case study: Tang Sayad region, Chaharmahal and Bakhtiari province. Iranian Journal of Remote Sensing & GIS, 3(4): 63-80. (In Persian)
37. Zhang, D., J. Rademacher, J. Chen, T. Crow, M. Bresee, J.L. Moine & S.R. Ryu, 2004. Estimating aboveground biomass using landsat 7 ETM^{+} data across a managed landscape in northern Wisconsin, USA. Remote Sensing of Environment, 93: 402–411.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.3.5.1]