

پایش تأثیر بارش در تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور در یک دوره ۱۲ ساله (مطالعه موردی: سمیرم و لردگان)

- ❖ فاطمه هادیان*: کارشناس ارشد مرتع‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان
- ❖ رضا جعفری: استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان
- ❖ حسین بشری: استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان
- ❖ سعید سلطانی: دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده

بارش یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در تغییرات پوشش گیاهی، به‌خصوص در اکوسیستم‌های خشک و نیمه‌خشک، است. با توجه به اینکه چگونگی شرایط رطوبتی خاک در تغییرات گیاهان بسیار تأثیرگذار است، پایش خشک‌سالی و تغییرات پوشش گیاهی از مهم‌ترین ابزارهای مدیریتی در این اکوسیستم‌هاست. امروزه، از تصاویر ماهواره‌ای به عنوان روشی نسبتاً کم‌هزینه و سریع برای مطالعه پوشش گیاهی در مقیاس‌های متفاوت استفاده می‌شود که با بررسی خصوصیات طیفی گیاهان تغییرات آن‌ها ارزیابی می‌گردد. این مطالعه با هدف بررسی و پایش تغییرات پوشش گیاهی در ۴ تپ مرتعی و یک تپ جنگلی بین سال‌های ۱۳۷۶-۱۳۸۸ در بخشی از جنوب اصفهان و جنوب شرقی استان چهارمحال و بختیاری انجام شد. با استفاده از روش نمونه‌برداری زمینی درصد تاج‌پوشش گیاهی در تپ‌های گیاهی مختلف با استفاده از روش قدم نقطه در ۱۰ سایت نمونه‌برداری در هر تپ گیاهی (۶۰۰۰ نقطه در هر تپ گیاهی) انجام شد. سپس، با استفاده از آنالیز همبستگی امکان استفاده از داده‌های ماهواره‌ای اخذشده از یک تصویر سال ۱۳۸۸ ماهواره لندست برای مطالعه پوشش گیاهی مناطق مورد مطالعه بررسی شد. برای پایش تغییرات پوشش گیاهی، تعداد ۱۲ سری تصاویر لندست مربوط به دوره نیمه اول خرداد سال‌های ۱۳۷۶-۱۳۸۸ برای محاسبه شاخص تهیه شد. بر اساس نتایج، شاخص NDVI در سال ۱۳۸۸ همبستگی معناداری با تاج‌پوشش گیاهی در کلیه تپ‌های مورد مطالعه داشت. بررسی تغییرات تاج‌پوشش گیاهی نشان داد که میزان تأثیرات بارش در تپ‌های مورد مطالعه، بسته به فرم رویشی و شرایط اکولوژیکی مناطق مورد مطالعه، با یکدیگر متفاوت است، به طوری که پوشش گیاهی در مناطق مرتعی بیشترین همبستگی را با بارش فصل بهار و در منطقه جنگلی با بارش سالیانه داشت. همچنین، در مناطق مرتعی نیز تأثیرات بارش، بر حسب نوع گونه گیاهی غالب، متفاوت بود. در این منطقه بیشترین همبستگی میان بارش و تغییرات شاخص گیاهی در تپ علفزار دیده شد که نشان‌دهنده کارایی شاخص NDVI در ارزیابی آثار و مدیریت خشک‌سالی است.

واژگان کلیدی: بارندگی، پوشش گیاهی، سمیرم، لندست.

مقدمه

بارندگی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در پوشش گیاهی مناطق مختلف است که زندگی موجودات زنده، به ویژه گیاهان، را تحت تأثیر قرار می‌دهد. پدیده خشک‌سالی یکی از پدیده‌های تکرارشونده است که آثار آن به نواحی خشک و نیمه‌خشک محدود نمی‌شود، بلکه در نواحی مرطوب نیز به وقوع می‌پیوندد و باعث کمبود منابع آب می‌شود. از آنجایی که عامل بارندگی یکی از مهم‌ترین عوامل تغییرات پوشش گیاهی است، پایش خشک‌سالی از مهم‌ترین ابزارهای مدیریتی محسوب می‌شود [۱۷]. یکی از جنبه‌های مهم خشک‌سالی خشک‌سالی کشاورزی است که در آن میزان رطوبت موجود در خاک بررسی می‌شود. این خشک‌سالی زمانی وقوع می‌یابد که رطوبت خاک مجاور ریشه در زیر نقطه پژمردگی قرار گیرد، بنابراین، بررسی سبزینگی پوشش گیاهی عامل مفیدی برای شناسایی خشک‌سالی محسوب می‌شود. شدت خشک‌سالی کشاورزی، بسته به نوع گونه گیاهی و منطقه مورد مطالعه، متفاوت است [۸]. علاوه بر مقدار بارش، پراکنش و فصل بارش و نیز شرایط منطقه از دیگر عواملی هستند که رشد گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهند [۱۶، ۱۸].

در چین تغییرات جوامع گیاهی مختلف در ارتباط با شرایط آب و هوایی مقایسه شد. نتایج نشان داد که گیاهان بوته‌ای، به دلیل قابلیت جذب آب از لایه‌های مختلف خاک، نسبت به گیاهان علفی حساسیت کمتری در مقابل خشکی از خود نشان می‌دهند و نیز گیاهان چوبی نسبت به گیاهان بوته‌ای حساسیت کمتری دارند [۱۹]. بررسی‌های انجام‌شده در سودان^۱ بیانگر این بود که جوامع گیاهی مختلف پاسخ‌های گوناگونی به میزان بارندگی از خود نشان می‌دهند [۱۲].

مطالعه تأثیر عوامل اقلیمی در پوشش گیاهی در چند منطقه خشک و نیمه‌خشک ایران نیز بیانگر این بود که، از بین عوامل اقلیمی، بارندگی نقش بسیار مؤثری دارد، ضمن اینکه نقش بارش فصل رویش نسبت به سایر مواقع سال بیشتر است [۴].

امروزه، از سنجش از دور به‌طور گسترده برای شناسایی تغییرات پوشش گیاهی استفاده می‌شود. این تکنولوژی، با اندازه‌گیری بازتاب خاص پوشش گیاهی، امکان شناخت تغییرات بازتاب ناشی از خشک‌سالی را در گیاهان فراهم می‌سازد [۸]. بررسی خصوصیات طیفی گیاهان نشان می‌دهد که گیاهان سالم بیشترین جذب را در طیف قرمز و آبی و بیشترین بازتاب را در طیف سبز و مادون قرمز از خود نشان می‌دهند و تغییرات خصوصیات برگ و میزان کلروفیل آن‌ها نقش اساسی در میزان بازتاب آن‌ها دارد و هر عاملی، اعم از تنش یا بیماری که خصوصیات برگ را تغییر دهد، مستقیم، در بازتاب گیاهان تأثیر می‌گذارد و این بازتاب در ناحیه مادون قرمز مشخص‌تر است. محققان بیان می‌کنند که تنش‌های رطوبتی یا بلوغ برگ موجب تغییرات حفره برگ و، در نتیجه، کاهش بازتاب در محدوده مادون قرمز نزدیک می‌شود. بنابراین، با استفاده از مطالعه بازتاب گیاهان می‌توان تغییرات ناشی از خشک‌سالی را بررسی نمود [۲۶]. نتایج پژوهش‌های مختلف نشان می‌دهد که استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در مطالعات خشک‌سالی با روش‌های تحلیل آب و هوایی بسیار مطابقت دارد [۸].

در استان مرکزی (ایران) تأثیر عوامل اقلیمی در پوشش گیاهی چند تیپ گیاهی بررسی شد. نتایج مطالعه حاکی از آن است که بارش فصل رویش و میزان رطوبت قبلی خاک با تولید گیاهان بوته‌ای رابطه خطی دارند [۷].

مشاهدات نشان داد که، بر حسب نوع پوشش منطقه،

میلی متر کاهش می‌یابد. بارندگی در شهر مال‌خلیفه حدود ۷۰۰ میلی‌متر و در کل حوزه لردگان این میزان به‌طور میانگین ۶۵۰ میلی‌متر است. بخش اعظم بارش سالیانه در منطقه مورد مطالعه در فصول زمستان و پاییز است (شکل‌های ۱ و ۲) [۱۰]. ارتفاع منطقه مورد مطالعه ۲۰۰۰-۲۵۰۰ متر بالاتر از سطح دریاست و، از لحاظ پوشش گیاهی، جزء منطقه ایران و تورانی (منطقه نیمه‌استپی در نواحی مرتعی و جنگل‌های خشک در نواحی جنگلی) محسوب می‌شود [۲۸].

تیپ‌های گیاهی

برای تعیین نوع تیپ گیاهی از روش فلورستیک- فیزیونومیک^۱ استفاده شد. مکان مرتعی مورد مطالعه، متشکل از ۴ تیپ، با مساحتی حدود ۸۰۰۰۰ هکتار بین طول جغرافیایی ۲۰° ۵۱' تا ۳۵° ۵۱' شرقی و عرض ۱۳° ۳۱' تا ۲۹° ۳۱' شمالی واقع شده است و به ترتیب دارای تیپ‌های گیاهی - *Astragalus spp*، *Astragalus spp*، *Bromus tomentellus*، *Stipa barbata*، *Astragalus spp* - *Scariola*، و *Daphne mucronata*، در تیپ *Astragalus spp* - *Daphne orientalis* است. در تیپ *Astragalus spp* - *Daphne mucronata* گراس‌های یک‌ساله، مانند *squarrosa*، *Boissiera*، نیز به‌وفور در زیر اشکوب مشاهده می‌شوند. تیپ *Astragalus spp* - *Scariola orientalis* در یک وضعیت تخریب‌یافته قرار داشت (شکل ۳).

منطقه جنگلی مورد مطالعه به مساحت حدود ۱۰۰۰۰ هکتار بین طول جغرافیایی ۱۴° ۵۱' تا ۱۷° ۵۱' شرقی و عرض ۱۲° ۳۱' تا ۱۴° ۳۱' شمالی واقع شده است. تیپ جنگلی با فرم درختی *Quercus brantii* در یک منطقه مرتفع و شیب‌دار است (شکل ۴).

چگونگی تأثیر بارندگی نیز متفاوت است. پایش تغییرات پوشش گیاهی در برزیل نشان داد که تغییرات پوشش گیاهی در واکنش به تغییرات اقلیمی، بسته به نوع پوشش گیاهی منطقه، متفاوت است و زمان بارندگی تأثیرات متفاوتی در پوشش گیاهی منطقه داشت [۹].

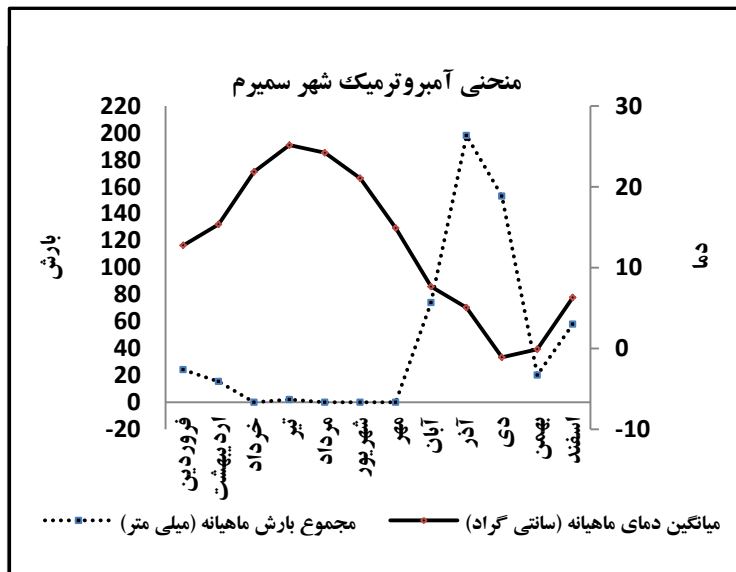
پژوهشگران در ابراهیم‌آباد یزد به این نتیجه دست یافتند که تأثیر بارش، بسته به نوع پوشش گیاهی، متفاوت است [۱].

هدف از مطالعه حاضر بررسی تغییرات پوشش گیاهی در پاسخ به تغییرات بارندگی در مناطق مرتعی و جنگلی منطقه سمیرم اصفهان، با استفاده از تصاویر ماهواره لندست، است. تغییرات پوشش گیاهی در هر یک از تیپ‌های گیاهی در طول سال‌های ۱۳۷۶-۱۳۸۸ بررسی شده است.

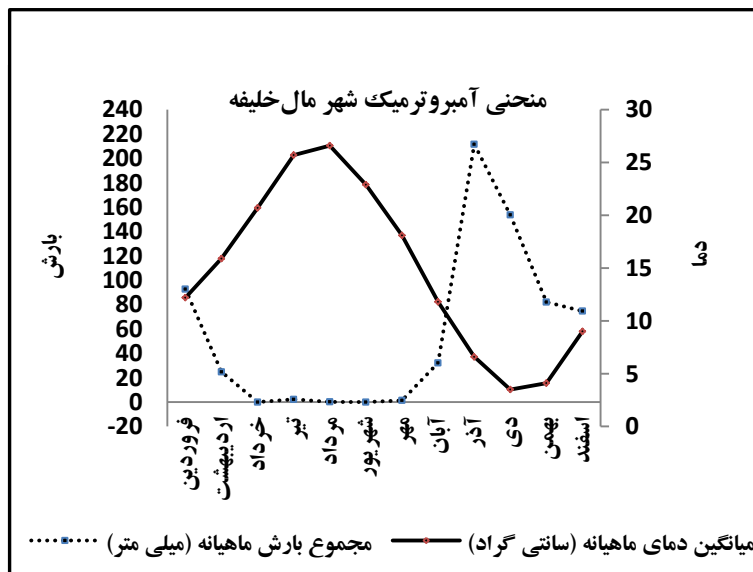
روش شناسی

منطقه مورد مطالعه

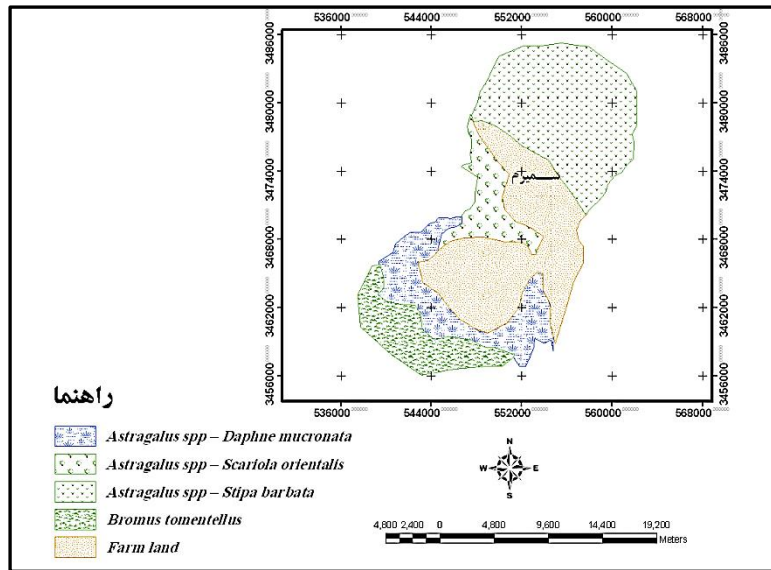
مناطق مورد مطالعه در شهرستان سمیرم در استان اصفهان و شهر مال‌خلیفه از توابع شهرستان لردگان در استان چهارمحال و بختیاری واقع شده است. آب و هوای شهرستان سمیرم، بر اساس تقسیم‌بندی کوپن، جزء مناطق معتدل سرد با تابستان‌های گرم و خشک و در ارتفاعات جنوبی جزء مناطق معتدل سرد با تابستان‌های خنک و خشک است [۳]. در منطقه سمیرم تغییرات بارندگی به ارتفاع و فاصله از کانون پُربارش کوهستانی بستگی دارد، به‌طوری که در بخش‌های جنوب و جنوب غربی سمیرم میزان بارندگی تا ۶۷۰ میلی‌متر نیز می‌رسد، اما در بخش میانی، به علت کاهش ارتفاع، این میزان به ۳۸۰



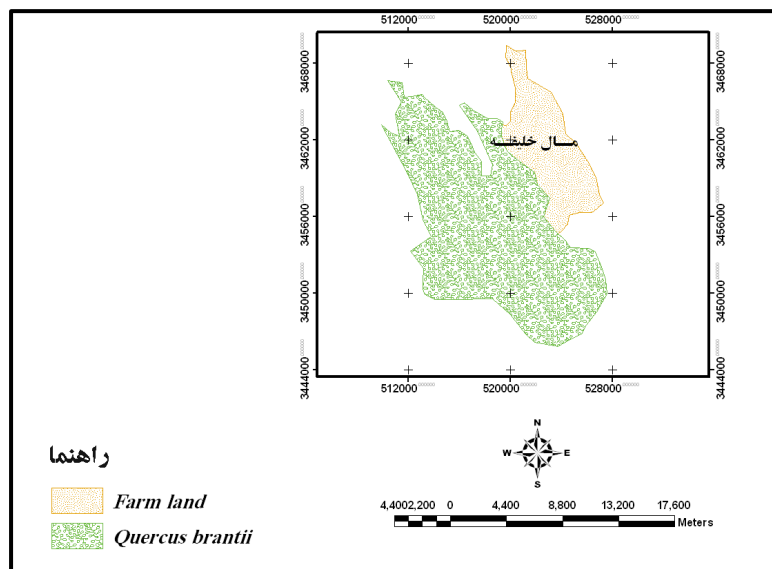
شکل ۱. منحنی آمبروترمیک شهر سمیرم در سال‌های ۱۳۷۶-۱۳۸۸



شکل ۲. منحنی آمبروترمیک شهر مال خلیفه در سال‌های ۱۳۷۶-۱۳۸۸



شکل ۳. تیپ‌های مرتعی مورد مطالعه



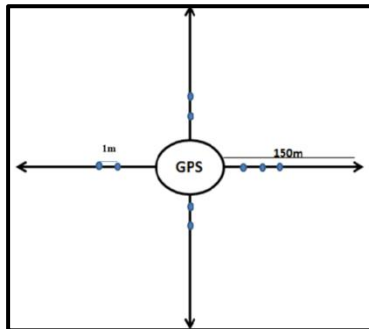
شکل ۴. تیپ جنگلی مورد مطالعه

برای تصحیح هندسی نخست باند پانکروماتیک سنجنده ETM+ به نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ با خطای کمتر از ۰٫۵ پیکسل ثبت داده شد و سایر تصاویر نیز با خطای کمتر از ۰٫۵ پیکسل به تصویر مذکور ثبت داده شدند.

تصحیح اتمسفری تصاویر در نرم‌افزار ENVI با

داده‌های ماهواره‌ای

برای پایش تغییرات بارندگی، تعداد ۱۲ سری زمانی تصاویر ماهواره‌ای لندست (سنجنده‌های ETM+ و TM) از سال ۱۳۷۶ تا ۱۳۸۸ مربوط به نیمه اول خردادماه استفاده شد و به ترتیب تصحیحات هندسی، اتمسفری، و توپوگرافی روی آن‌ها اعمال گردید.



شکل ۵. روش نمونه‌برداری در منطقه

محاسبه داده‌های بارندگی

میزان تغییرات بارندگی با استفاده از آمار ماهیانه ایستگاه سینوپتیک سمیرم در اطراف مناطق مرتعی و ایستگاه کلیماتولوژی مال‌خلیفه در اطراف منطقه جنگلی در دوره مطالعه ارزیابی شد.

برای بررسی تغییرات پوشش گیاهی نسبت به بارندگی میزان بارندگی در ۴ مقیاس زمانی محاسبه شد:

- میزان بارش فصل بهار: مجموع بارش فروردین و اردیبهشت؛
- میزان بارش فصل رویش: مجموع بارش اسفند، فروردین، و اردیبهشت؛
- میزان بارش فصول سرد: مجموع بارش فصول پاییز و زمستان؛
- بارش سالیانه: مجموع بارش از خردادماه تا آخر اردیبهشت سال بعد.

محاسبه شاخص گیاهی

در پایش خشک سالی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای از شاخص‌های گیاهی برای مطالعه تغییرات پوشش گیاهی استفاده می‌شود. آپارات^۱ و همکاران (۱۹۹۲) از طریق بازتاب گیاهان در باند قرمز و مادون قرمز

استفاده از روش subtraction dark انجام شد [۲۷]. در تصحیح توپوگرافی نیز از نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ برای تهیه نقشه رقومی ارتفاع (DEM) استفاده شد و این تصحیح با استفاده از مدل لامبرت در نرم‌افزار Imagine Erdas صورت گرفت [۲۴].

روش نمونه‌برداری زمینی

برای بررسی ارتباط میان پوشش گیاهی و شاخص‌های گیاهی، میزان تاج پوشش گونه‌های گیاهی با استفاده از روش تصادفی - سیستماتیک اندازه‌گیری شد. نخست نقاط نمونه‌برداری در هر تپ گیاهی به‌طور تصادفی تعیین شد، سپس، در طول چند ترانسکت به روش قدم - نقطه با استفاده از نقاط برخورد در طول هر ترانسکت (۱۵۰ نقطه در طول هر ترانسکت) نمونه‌برداری انجام شد [۱۱]. در این مطالعه نخست تعداد ۱۰ نقطه تصادفی در هر تپ گیاهی تعیین شد و بر اساس ابعاد پیکسل تصویر ماهواره‌ای و فرمول زیر حداقل سطح نمونه‌برداری محاسبه گردید [۱۵]:

$$A = [P(1 + 2L)]^2$$

که در این رابطه مقادیر A ، L و P به ترتیب عبارت‌اند از حداقل سطح نمونه‌برداری، میزان خطای تصحیح هندسی بر (حسب پیکسل)، و ابعاد پیکسل تصویر ماهواره‌ای. با توجه به اینکه در این مطالعه از تصویر سنجنده TM (ابعاد ۳۰×۳۰ متر) با خطای ۰/۵ استفاده گردید، حداقل سطح مورد نیاز برای نمونه‌برداری ۳۶۰۰ متر مربع است. بنابراین، برای اطمینان بیشتر، در هر نقطه تصادفی از ۴ ترانسکت ۱۵۰ متری و منطقه‌ای به سطح ۷۰۶۵۰ متر مربع نمونه‌برداری شد (شکل ۵).

صورت- کل پوشش گیاهی و پوشش گیاهی زنده- به شرح زیر محاسبه شد:

$$(1) \text{ پوشش گیاهان زنده} + \text{لاشبرگ} = \text{کل پوشش گیاهی}$$

$$(2) \text{ کلیه گیاهان زنده فتوسنتزکننده} = \text{پوشش گیاهان زنده}$$

بررسی تغییرات پوشش گیاهی

برای بررسی میزان تغییرات پوشش گیاهی، مقادیر شاخص NDVI در ۱۰ سایت نمونه برداری (با سطح ۷۰۶۵۰ متر مربع) میانگین گیری شد و به عنوان مقدار شاخص NDVI هر یک از تیپ‌های گیاهی استفاده گردید. بنابراین، مقادیر شاخص NDVI در تیپ‌های گیاهی در همه تصاویر دوره زمانی مطالعاتی به تفکیک محاسبه شد. برای مطالعه میزان تغییرات پوشش گیاهی، میزان همبستگی شاخص NDVI و مقادیر بارندگی در مقیاس‌های زمانی مختلف بررسی شد و آزمون معنی‌داری رگرسیون نیز صورت گرفت (میزان بارش متغیر مستقل (X) و مقدار شاخص NDVI متغیر وابسته (Y)).

نتایج

درصد پوشش گیاهی تیپ‌های گیاهی

با توجه به اینکه در هر تیپ گیاهی ۱۰ نقطه به‌طور تصادفی تعیین و در هر نقطه نیز از ۴ ترانسکت ۱۵۰ متری استفاده شده بود (تعداد ۱۵۰ نقطه در هر ترانسکت و در هر تیپ گیاهی ۶۰۰۰ نقطه نمونه برداری)، میانگین ۴ ترانسکت به عنوان میانگین درصد پوشش یک سایت ۷۰۶۵۰ متر مربعی تعیین شد. در هر تیپ از درصد پوشش در هر ۱۰ سایت میانگین گیری شد و درصد پوشش هر تیپ تعیین گردید. نتایج نشان داد تیپ‌های گیاهی مورد مطالعه از جهت درصد پوشش گیاهی و ترکیب گونه‌ای و فرم رویشی با یکدیگر متفاوت‌اند (جدول ۱).

نزدیک شاخص NDVI را برای محاسبه خشک‌سالی در نظر گرفتند، که در این تحقیق برای مقایسه تغییرات پوشش گیاهی استفاده شد [۸].

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

در این فرمول RED مقدار بازتاب در محدوده باند قرمز و NIR مقدار بازتاب در باند مادون قرمز نزدیک است. مقدار این شاخص بین -۱ و +۱ تغییر می‌کند و مقدار این شاخص با پوشش گیاهی مترکم به سمت +۱ (معمولاً بین ۰٫۳ تا ۰٫۶) میل می‌کند و برای ابرها و برف و آب مقادیر منفی تولید می‌کند. افزایش شادابی گیاهان و فتوسنتز در گیاهان موجب افزایش بازتاب مادون قرمز نزدیک می‌شود، که این امر افزایش مقدار شاخص NDVI را به دنبال دارد [۲۶].

بررسی همبستگی میان تاج پوشش گیاهی و شاخص NDVI

برای بررسی تغییرات پوشش گیاهی در هر یک از نقاط تعیین شده یک نقشه وکتوری به شعاع ۱۵۰ متر تهیه شد و از مقدار شاخص NDVI در هر یک از نقاط در محدوده تعیین شده در نرم‌افزار Imagine Erdas میانگین گیری شد و برای بررسی میزان همبستگی میان تاج پوشش گیاهی و شاخص NDVI استفاده گردید. در این محاسبات رابطه شاخص NDVI و درصد پوشش گیاهی با استفاده از آزمون رگرسیون بررسی و ضریب تبیین (R^۲) محاسبه شد. درصد تاج پوشش گیاهی، متغیر مستقل (X)، و مقدار شاخص NDVI در هر محدوده نمونه برداری (سطح ۷۰۶۵۰ متر مربعی) متغیر وابسته (Y) در نظر گرفته شد.

به منظور بررسی میزان همبستگی تاج پوشش گیاهی و شاخص NDVI میزان همبستگی بین تاج پوشش گیاهی و شاخص گیاهی NDVI به دو

جدول ۱. نوع و میانگین درصد اجزای تشکیل‌دهنده پوشش سطح زمین در منطقه مورد مطالعه

نوع گیاهی	یکساله	گراس‌های (چندساله)	فوب‌های (چندساله)	بوته‌های (چندساله)	درختچه	درخت	کرم‌پوش کام	لاشبرگ	سبزه و سبزه	سنگ و	سنگ لجن
<i>spp Astragalus barbata Stipa tomentelluse Bromus</i>	۷,۶	۱۱,۰۸	۱,۷۵	۲۶,۶۷	-----	-----	-----	۱۳,۸۳	۲۶,۱۲	۱۲,۹۵	
<i>spp Astragalus mucronata Daphne</i>	۲,۵۲	۳۵,۱۳	-----	۰,۴	-----	-----	-----	۶,۷۶	۲۹,۳۷	۲۵,۸۲	
<i>spp Astragalus orientali Scariola</i>	۱۳,۰۲	۲,۳	۰,۷	۱۱,۸	۴,۱۲	-----	-----	۱۰,۵۶	۲۲,۳۳	۳۵,۱۷	
<i>spp Astragalus brantii Quercus</i>	۱۴,۰۷	۳,۹۶	۹,۴۶	۱۳,۲۴	-----	-----	-----	۱۱,۱	۹,۲۵	۳۵,۹۲	
	۲۱,۲۶	-----	-----	۴,۱	-----	۳۳,۳۳	۰,۰۰۲	۸,۰۸	۱۹,۶۸	۱۳,۴۸	

نتیجه، تغییرات کمی شاخص گیاهی نرمال‌شده (NDVI) دارد. در منطقه سمیرم هر یک از تیپ‌های گیاهی به تغییرات بارش واکنش‌های متفاوتی نشان دادند که فرم رویشی و نوع گونه گیاهی از عوامل نوسانات پوشش گیاهی در منطقه بود و به جز مقدار بارندگی زمان بارش نیز نقش مؤثری در تغییرات پوشش گیاهی نشان داد. بر اساس نتایج بررسی تیپ‌های گیاهی مختلف، تیپ‌های مرتعی بیشترین همبستگی را با بارش فصل بهار داشتند و تغییرات تیپ جنگلی *brantii Quercus* کمترین وابستگی را با بارش فصل بهار نشان داد. میزان همبستگی در بین تیپ‌های مرتعی بر حسب فرم رویشی، نوع گونه گیاهی، و شرایط منطقه با یکدیگر متفاوت بود، به طوری که تیپ *tomentellus Bromus* حساس‌ترین تیپ مرتعی نسبت به بارندگی معرفی شد. میزان همبستگی بین بارندگی بهار و تغییرات شاخص NDVI به ترتیب در تیپ‌های *spp Astragalus barbata Stipa* و *spp Astragalus mucronata Daphne* به ترتیب در تیپ‌های *spp Astragalus orientali Scariola* و *spp Astragalus mucronata Daphne* به طوری که در تیپ تخریب‌یافته *spp Astragalus orientali Scariola* کمترین همبستگی به میزان بارندگی دیده شد (جدول ۳).

میزان همبستگی بین درصد تاج پوشش گیاهی و شاخص گیاهی

بررسی میزان همبستگی میان تاج پوشش گیاهی و شاخص NDVI با در نظر گرفتن ۱۰ سایت نمونه‌برداری در هر تیپ گیاهی بیانگر آن بود که در کلیه تیپ‌های گیاهی مورد مطالعه شاخص مذکور همبستگی معنی‌داری با درصد تاج پوشش گیاهی زنده نشان می‌دهد، به طوری که کلیه این همبستگی‌ها در ۴ تیپ گیاهی در سطح ۱ درصد و در ۵ تیپ گیاهی در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. با در نظر گرفتن میزان لاشبرگ نیز از میزان همبستگی بین درصد تاج پوشش گیاهی و شاخص NDVI در هر تیپ گیاهی کاسته شد (جدول ۲).

بررسی همبستگی بین تغییرات پوشش گیاهی و میزان بارندگی

از آنجا که شاخص گیاهی مورد استفاده همبستگی بسیار خوبی با تاج پوشش گیاهی زنده نشان داده است، از آن برای بررسی میزان تغییرات پوشش گیاهی در واکنش به میزان بارندگی استفاده شد. نتایج نشان داد میزان نوسان بارندگی نقش مهمی در میزان سبزی‌نگی گیاهان و، در

جدول ۲. میزان همبستگی بین تاج پوشش گیاهی شاخص NDVI در هر یک از تیپ‌های گیاهی. اعداد اول درون جدول نشان‌دهنده مقادیر ضریب تبیین (r^2) است و اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده آزمون معنی‌داری (p-value)

نام تیپ گیاهی	کلیه گیاهان زنده	کل پوشش گیاهی
<i>barbata Stipa – spp Astragalus</i>	۰٫۶۰(۰٫۱۰)**	۰٫۱۷(۰٫۷۲)
<i>tomentellus Bromus</i>	۰٫۸۱۷(۰)*	۰٫۹۳(۰٫۴)
<i>mucronata Daphne – spp Astragalus</i>	۰٫۸۹۱(۰)*	۰٫۴۲(۰٫۵۳)
<i>orientalis Scariola – spp Astragalus</i>	۰٫۷۶۰(۰٫۰۱)*	۰٫۲۸(۰٫۱)
<i>brantii Quercus</i>	۰٫۸۱۰(۰)*	۰٫۶۳(۰٫۰۰۵)

* در سطح یک درصد معنی‌دار ** در سطح پنج درصد معنی‌دار

جدول ۳. میزان همبستگی بین تغییرات شاخص NDVI و بارندگی در هر یک از تیپ‌های گیاهی. اعداد اول درون جدول نشان‌دهنده مقادیر ضریب تبیین (r^2) است و اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده آزمون معنی‌داری (p-value)

نام تیپ گیاهی	بارش فصل بهار	بارش فصل رویش	بارش فصول سرد	بارش سالیانه
<i>Quercus brantii</i>	۰٫۲۳۷(۰٫۱۰۹)	۰٫۳۱۱(۰٫۰۵۹)	۰٫۳۲۶(۰٫۰۵۳)	۰٫۳۷۵(۰٫۰۳۴)**
<i>Astragalus spp – Stipa barbata</i>	۰٫۵۵(۰٫۰۰۵)*	۰٫۲۵۷(۰٫۱۱۱)	۰٫۲۳۳(۰٫۶۵۸)	۰٫۰۹۷(۰٫۳۵۱)
<i>Bromus tomentellus</i>	۰٫۷۱(۰٫۰۰۱)*	۰٫۴۱۲(۰٫۰۳۳)**	۰٫۰۵۳(۰٫۴۸۳)	۰٫۱۷۸(۰٫۱۹۷)
<i>Astragalus spp – Daphne mucronata</i>	۰٫۶۳۲(۰٫۰۰۲)*	۰٫۳۶۶(۰٫۰۴۹)**	۰٫۰۶۹(۰٫۴۳۵)	۰٫۱۸۸(۰٫۱۸۳)
<i>Astragalus spp – Scariola orientalis</i>	۰٫۴۵(۰٫۰۱۷)**	۰٫۱۷(۰٫۲۰۸)	۰٫۱۱۸(۰٫۳۰۱)	۰٫۲۲۸(۰٫۱۳۸)

* در سطح یک درصد معنی‌دار ** در سطح پنج درصد معنی‌دار

بحث

در بین درختان درختان همیشه سبز نیز وابستگی کمتری به میزان بارش دارند [۱۶]. مطالعات انجام شده در مناطق جنگلی نشان داد جنگل‌های همیشه سبز کمترین میزان همبستگی را با میزان بارندگی دارند [۱۳]. در مناطق مرتعی بارش فصل بهار بیشترین تأثیر را در پوشش گیاهی منطقه نشان داد. سایر بررسی‌های انجام شده در مناطق مرتعی نیز بیانگر نقش مهم بارندگی فصل بهار است [۴، ۷، ۱۴، ۲۰، ۲۱]. در مناطق مرتعی نیز، بسته به نوع گونه گیاهی، همبستگی بین میزان تغییرات شاخص‌های گیاهی با یکدیگر متفاوت است. در بین تیپ‌های مرتعی منطقه سمیرم تیپ *tomentellus Bromus* به دلیل فرم رویشی گندمی، با سیستم ریشه‌ای افشان بیشترین

میزان همبستگی در تیپ‌های مختلف گیاهی بیانگر آن بود که نوع گونه گیاهی و فرم رویشی عامل مهمی در میزان تأثیرپذیری مناطق مختلف از تغییرات بارندگی به‌شمار می‌رود. بسیاری از مطالعات نیز بیانگر اثر فرم رویشی و نوع گونه گیاهی در تأثیرات بارندگی در منطقه است [۵، ۱۲، ۲۱].

همان‌طور که اشاره شد، در تیپ جنگلی *brantii Quercus* بارش سالیانه، نسبت به سایر تیپ‌های گیاهی، تأثیر بیشتر و بارش بهاره تأثیر کمتری داشت؛ دلیل، آن است که در منطقه جنگلی گیاهان، به دلیل دارا بودن ریشه‌های عمیق، قادر به استفاده بهتر از رطوبت عمقی خاک‌اند، علاوه بر اینکه

یکی از عوامل مهم در واکنش گیاهان به بارندگی معرفی کردند [۲، ۲۵].

شرایط توپوگرافی نیز نقش مهمی در نفوذپذیری بارش و واکنش گیاهان دارد. در تیپ *brantii Quercus* شیب زیاد منطقه باعث می‌شود که آب باران نفوذ خوبی نداشته باشد و تأثیر نزولات فصول سرد، که در این منطقه بیشتر به صورت برف است، نسبت به بارش فصل بهار بیشتر باشد.

نتیجه‌گیری

به طور کلی، نتایج تحقیق حاضر نشان داد شاخص گیاهی NDVI، به دلیل همبستگی بالا با میزان تاج‌پوشش گیاهی، در مطالعه و بررسی تغییرات تیپ‌های گیاهی در اثر پدیده‌های اقلیمی، مخصوصاً بارندگی، کارایی بسیار خوبی از خود نشان می‌دهد، که می‌توان از آن در پهنه‌بندی و پایش این پدیده استفاده کرد. در این منطقه، میزان همبستگی پوشش گیاهی و بارندگی مقیاس‌های زمانی مختلف نشان داد که در تیپ‌های گیاهی مختلف شرایط منطقه، زمان بارندگی، و نوع فرم و گونه گیاهی نقش مهمی در تأثیرات بارش بر پوشش گیاهی در هر منطقه داشت. بنابراین، با مطالعه و شناخت پوشش گیاهی می‌توان تیپ‌های حساس و آسیب‌پذیر در شرایط خشک‌سالی را تشخیص داد و در جهت کاهش خسارات ناشی از این پدیده در عرصه‌های طبیعی برنامه‌ریزی کرد.

همبستگی را نشان داد. دلیل آن را چنین می‌توان بیان کرد که گیاهان بوته‌ای، به دلیل داشتن ساقه‌های چوبی و امکان نگه‌داری رطوبت در ساختمان خود، مقاومت بیشتری نسبت به گیاهان یک‌ساله و گراس‌ها در مقابل خشک‌سالی از خود نشان می‌دهند. سایر پژوهش‌های انجام‌گرفته بیانگر آن است که میزان حساسیت مناطق گراسلند نسبت به سایر تیپ‌های گیاهی زیادتر است [۶، ۲۲، ۲۳].

در تیپ *Daphne - spp Astragalus mucronata* اگرچه فرم رویشی منطقه را گون با فرم بوته‌ای و دافنه با فرم درختچه‌ای تشکیل می‌دهد، به دلیل وجود گراس‌های یک‌ساله در سطح زمین حساسیت این تیپ نسبت به تیپ *spp Astragalus - barbata Stipa* بیشتر است. تیپ تخریب‌یافته *orientalis Scariola - spp Astragalus* کمترین همبستگی را به تغییرات بارندگی بهار نشان داد. در این منطقه شرایط فرسایش‌یافته خاک یکی از دلایل اصلی همبستگی کم پوشش گیاهی با میزان بارندگی به‌شمار می‌رود، زیرا در این گونه مناطق خاک نفوذپذیری خوبی در مقابل بارندگی از خود نشان نمی‌دهند و حجم بیشتری از آب به صورت هرزآب از سیستم خارج می‌شود. از طرفی، خود پوشش گیاهی نیز عامل مؤثری در جهت اثربخشی و نفوذ آب بارندگی و افزایش عملکرد مرتع است، بنابراین، با تخریب پوشش گیاهی از میزان نفوذ آب باران نیز کاسته می‌شود. محققان نیز شرایط خاک منطقه را

References

- [1]. Abdollahi, J., Arzani, H., Naderi, H. (2011). The investigation of vegetation changes in relation to rainfall variation in Ebrahim abad steppe rangelands, Yazd province, *Watershed Management Research*, (90),68-77.
- [2]. Al-Bakri, J.T., Suleiman, A.S. (2004). NDVI Response to Rainfall in Different Ecological Zones in Jordan, *International Journal of Remote Sensing*, 25(19), 3897-3912.
- [3]. Alizadeh, A. (1998). Principles of Applied Hydrology, Astane Ghods Publications. 632 P.
- [4]. Azarakhshi, M. (2008). Determining the most appropriate drought index from range plant production point of view in arid and semi arid areas (Case study, Ghom, Markazi, Ilam Provinces). Phd Thesis, University of Tehran, 203 P.
- [5]. Chamaille-jammes, S., Fritz, H. (2009). Precipitation- NDVI Relationships in Eastern and Southern African Savannas Vary along a Precipitation Gradient, *International Journal of Remote Sensing*, 30(13), 3409-3422.
- [6]. Ding, M., Zhang, Y., Liu, L., Zhang, W., Wang, Z., Bai, W. (2007). The relationship between NDVI and precipitation on the Tibetan Plateau, *Journal of Geographical Sciences*, 17(3), 259-268..
- [7]. Ehsani, A., Arzani, H., Farahpour, M., Ahmadi, H., Jafari, M., Jalili, A., Mirdavoudi, H.R., Abasi, H.R., Azimi, M.S. (2007). The effect of climatic conditions on range forage production in steppe rangelands, *Akhtarabad of Saveh, Iranian journal of Range and Desert Reseach*, 14(2), 249-260.
- [8]. Farajzadeh, M. (2005). Drought from Consept to Solutions, *National Geographical Organization Publication*.
- [9]. Gurgel, H.C., Ferreira, N.J. (2003). Annual and Interannual Variability of NDVI in Brazil and its Connections with Climate, *International Journal of Remote Sensing*, 24(18), 3595-3609.
- [10]. Hadian, F. (2011). Analysing Vegetation Cover Changes and Its Relationship With Rainfall Using Satellite Data (Case Study: Semirrom Region, Isfahan), Department of Natural Resource, Isfahan University of Tecnalogy.
- [11]. Jafari, R., Lewis, M.M., Ostendorf, B. (2007). Evaluation of Vegetation Indices for Assessing Vegetation Cover in Southern Arid lands in South Australia, *The Rangeland Journal*, 29, 39-49.
- [12]. Jagerbrand, A.K., Molau, U., Alatalo, J.M., Chrimes, D. (2009). Plant Community Responses to 5 Years of Simulated Climate Change in Meadow and Heath Ecosystems at a Subarctic-alpine Site, *Oecologia*, 161,601-610.
- [13]. Krishna Prasad, V., Anuradha, E., Badarinath, K.V.S. (2005). Climatic Controls of Vegetation Vigor in four Contrasting Forest Types of India-evaluation from National Oceanic and Atmospheric Administration's Advanced Very High Resolution Radiometer datasets (1990–2000), *International Journal Biometeorol*, 50(1),6-16.
- [14]. Lei, J., Peters, A.J. (2003). Assessing Vegetation Response to Drought in the Northern Great Plains Using Vegetation and Drought Indices Remote Sensing of Environment, 87(1),85-98.
- [15]. McCoy, R.M. (2005). Field Methods in Remote Sensing, Guilford.
- [16]. Mesdaghi, M. (1998). Rage management in Iran, Astane ghods publications.
- [17]. Moghaddasi, M., Morid, S., Ghami, H., Samaini, J.M.V. (2005). Daily Drought Monitoring, Tehran Province, *Iranian Journal Agricultural Science*, 36(1), 51-62.

- [18]. Nickolson, S.E., Davenport, M.L., Malo, A.L. (1990). A Comparison of the Vegetation Response to Rainfall in the Sahel and East Africa Using Normalized Difference Vegetation Index from NOAA AVHRR, *Climatic Change*, 17, 209-241.
- [19]. Peixi, S., Hongbin, C., Qiaodi, Y. (2008). Plant community characteristics and their relationships with climate in the Hexi Corridor region of northwestern China, *Front. For. China*, 3(4), 393-400.
- [20]. Persendt, F.C. (2009). Drought Risk Analysis using Remote Sensing and GIS in the Oshikoto Region of Namibia, Department of Environment University of KwaZulu-Natal.
- [21]. Piao, S., Fang, J., Zhou, L., Guo, Q., Henderson, M., Ji, W., Li, Y., Tao, S. (2003). Interannual Variations of Monthly and Seasonal Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) in China from 1982 to 1999, *Journal of Geophysical Research*, 108(14D), 1-13.
- [22]. Plessis, W.P.d. (1999). Linear Regression Relationships between NDVI, Vegetation and Rainfall in Etosha National Park, Namibia, *Journal of Arid Environments*, 42(4), 235-260.
- [23]. Propastin, P.A., Kappas, M., Erasmi, S., Muratova, N.R. (2007). Remote Sensing Based Study on intra- annual Dynamics of Vegetation and Climate in Drylands of Kazakhstan, *Basic and Applied Dryland Research*, 1(2), 138-154.
- [24]. Riano, D., Chavieco, E., Salas, J., Aguado, I. (2003). Assessment of Different Topographic corrections in Landsat-TM Data for Mapping Vegetation Types, *Lee Transaction on Geoscience and Remote Sensing*, 41(5), 1056-1061.
- [25]. Richard, Y., Pocard, I. (1998). A Statistical Study of NDVI Sensitivity to Seasonal and Interannual Rainfall Variations in Southern Africa, *International Journal of Remote Sensing*, 19(15), 2907-2920.
- [26]. Sanaiejad, S.H., Shah Tahmasbi, A.R., Sadr Abadi Haghghi, R., Kelarestani, K. (2008). A Study of Spectral Reflection on Wheat Fields in Mashhad Using MODIS Data *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, *Water and Soil Science*, 12(45), 11-19.
- [27]. Song, C., Woodcock, C.E., Seto, K.C., Lenney, M.P., Macomber, S.A. (2001). Classification and Change Detection Using Landsat TM Data, When and How to Correct Atmospheric Effects?, *Remote Sensing of Environment*, 74, 230-244.
- [28]. Yeganeh, H., Khajeddin, S.J., Soffianian, A.R. (2008). Evaluating the Potentials of Spectral Indices of the MODIS in Estimating the Plant Production in Semirom Pastures, *Rangeland*, 2(1), 63-77.