نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال بیست و یکم، شماره ۶۰، بهار ۱۴۰۰

پایش خشک‌سالی طی دوره رشد پوشش مرتعی، استان اردبیل

دریافت مقاله: ۹۷/۱/۵ **پذیرش نهایی**: ۹۷/۷/۱۷

صفحات: ۱۹-۱

سعیده عینی: دانشجوی دکتری اقلیم شناسی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
Email: sobhaniardabil@gmail.com
بهروز سبحانی: استاد گروه اقلیم شناسی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران[1].
Email: saeede.eini@yahoo.com

چکیده

هدف از این پژوهش پایش خشک‌سالی مراتع استان اردبیل طی دوره رشد مرتع می‌باشد. بر این اساس از داده‌های بارش و دمای ماهانه ۴ ایستگاه سینوپتیک استان اردبیل (اردبیل، خلخال، مشکین‌شهر و پارس‌آباد مغان) طی دوره آماری ۲۰۱۶- ۱۹۹۶، به‌منظور محاسبه شاخص خشک‌سالی فازی (SEPI) در ۴ بازه زمانی ۱، ۳، ۶ و ۹ ماهه استفاده شد و همچنین از تصاویر ماهواره‌های لندست TM و OLI به‌منظور تهیه نقشه‌های طبقه‌بندی کاربری اراضی بر اساس مدل حداکثر احتمال و محاسبه شاخص‌های پوشش گیاهی NDVI، EVI، SAVI و LAI استفاده گردید. به جهت بررسی رابطه بین شاخص‌های موردمطالعه، از ضرایب همبستگی پیرسون (R) و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) بهره گرفته‌شده است. نتایج حاصل از طبقه‌بندی نشان داد که وسعت مراتع استان اردبیل طی سال ۱۳۹۴ نسبت به سال ۱۳۷۷، هم در بخش مراتع قشلاقی و هم در بخش مراتع ییلاقی کاهش ملاحظه‌ای را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج SEPI وضعیت خشک‌سالی طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵ بیشتر از سایر دوره زمانی موردمطالعه می‌باشد. نقشه‌های پراکندگی پوشش گیاهی بر اساس الگوریتم طبقه‌بندی درخت تصمیم‌گیری و طبق شاخص NDVI برای ماه‌های موردمطالعه تهیه گردید. همچنین بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از ارزیابی شاخص نشان داد که بالاترین همبستگی بین شاخص NDVI و شاخص SEPI ۶ ماهه مشاهده می‌شود و کمترین ضریب میانگین مربعات خطا نیز بین شاخص SAVI و شاخص SEPI ۶ ماهه وجود دارد ولی به‌طورکلی مناسب‌ترین شاخص برای پایش خشک‌سالی مراتع استان اردبیل شاخص NDVI و SEPI ۶ ماهه می‌باشد.

کلید واژگان: پایش‌خشک‌سالی، مرتع، طبقه‌بندی کاربری اراضی، شاخص‌های پوشش گیاهی، شاخص SEPI، استان اردبیل.

---

۱. **نویسنده مسئول: اردبیل، بلوار دانشگاه**، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم انسانی، گروه جغرافیا

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.10.6]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.1]

مقدمه

اکوسیستم‌ها به‌طور پیوسته در حال تغییر می‌باشند، این تغییر ممکن است ناشی از فرآیندهای طبیعی پوشش گیاهی و یا حاصل از فعالیت‌های انسانی مثل تبدیل کاربری زمین و غیره باشد. پایش، تغییر فرآیند تعیین تفاوت‌ها در وضعیت یک شیء یا پدیده از طریق مشاهده‌ی آن در زمان‌های متفاوت می‌باشد (سینگ[2]، ۱۹۸۹: ۱۰۰۲). ارزیابی‌های کوتاه‌مدت که در قالب برنامه‌های آماربرداری انجام می‌شود، فقط قادر است که منابع موجود در یک مرتع را در طول یک سال، توصیف و ارزیابی نماید و تغییرات زمانی مراتع را نمی‌تواند نشان دهد. بنابراین به دلیل اهمیت تغییرات زمانی در مطالعات مرتع، برخی مطالعات به‌صورت پایش انجام می‌شود. با توجه به قابلیت بالای تصاویر ماهواره‌ای نظیر بهنگام بودن، چند طیفی بودن، تکراری بودن، پوشش وسیع و افزایش روزافزون توان تفکیک طیفی و مکانی آن‌ها سنجش‌ازدور توانایی ارزیابی و پایش مراتع را داشته و استخراج اطلاعاتی مانند تغییرات پوشش گیاهی و محاسبه سطح تاج‌برگ گیاه را امکان‌پذیر می‌کند (حسینی توسل و همکاران، ۱۳۹۴: ۶۱۵).

امروزه سنجش‌ازدور یکی از روش‌هایی است که برای شناسایی تغییرات پوشش گیاهی استفاده می‌شود. این فناوری با اندازه‌گیری تشعشع خاص پوشش گیاهی، امکان شناخت تغییرات بازتاب ناشی از خشک‌سالی را در گیاهان فراهم می‌سازد. بنابراین بررسی خصوصیات طیفی گیاهان نشان می‌دهد که گیاهان سالم بیشترین بازتاب را در طیف سبز و مادون‌قرمز از خود نشان می‌دهند که تغییرات خصوصیات برگ و میزان کلروفیل آن‌ها نقش اساسی در میزان بازتاب آن‌ها را دارد (هادیان و همکاران، ۱۳۹۳: ۷۵۶).

در زمینه‌ی پایش تغییرات پوشش گیاهی و مرتعی مطالعات متفاوتی در سراسر جهان صورت گرفته است که از آن جمله می‌توان به مطالعه ریچارد و پوکارد[3] (۱۹۹۸) اشاره نمود که با استفاده از تصاویر ماهواره نوآ چگونگی تأثیر دوره بارندگی بر پوشش گیاهی مناطق مختلف در جنوب آفریقا را مورد ارزیابی قرارداد و بر اساس نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که برحسب نوع پوشش منطقه، تأثیر بارندگی نیز متفاوت است. همچنین جاگربرند[4] و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که گیاهان بوته‌ای به دلیل قابلیت جذب آب از پروفایل‌های مختلف خاک نسبت به گیاهان علفی حساسیت کمتری در مقابل خشکی از خود نشان می‌دهند. هیمانشئو و همکاران (۲۰۱۵) پایش خشک‌سالی را با استفاده از شاخص NDVI مستخرج شده از تصاویر ماهواره لندست را موردمطالعه قراردادند. اظهار داشتند که بین مقادیر NDVI و بارش همبستگی وجود دارد و تغییرات زمانی NDVI با مقادیر بارش هماهنگ می‌باشد. دئوتا و همکاران (۲۰۱۵) ارزیابی خشک‌سالی کشاورزی راجستان هند را با استفاده از شاخص‌های VCI و SPI موردمطالعه قراردادند. در این پژوهش از تصاویر ماهواره NOAA-AVHRR بهره گرفته شد. مقادیر VCI و شاخص SPI با شاخص‌های هواشناسی IAR و AR مقایسه شد و همبستگی مناسبی بین آن‌ها مشاهده شد. با توجه به ضریب بالایی بین VCI و عملکرد محصولات با بارندگی اظهار داشتند که از این شاخص می‌تواند در ارزیابی خشک‌سالی کشاورزی بهره گرفت. آلوالیو و همکاران (۲۰۱۷) به پایش خشک‌سالی در منطقه نسبتاً کم آب ناحیه شمال شرقی برزیل پرداختند. در این پژوهش از شاخص‌های NDVI

[2] Singh
[3] Richard & Poccard
[4] Jagerbrand

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.10.6]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.1]

و VSWI برای نظارت بر تأثیر خشک‌سالی بر محصولات کشاورزی در منطقه موردمطالعه استفاده گردید. اظهار داشتند که شاخص NDVI با همبستگی بیشتر با دوره‌های خشک‌سالی همراه بوده و تأثیر خشک‌سالی را بر پوشش گیاهی به شکل بهتری نمایش می‌دهد. هادیان و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به پایش تغییرات پوشش گیاهی در شمال غرب ایران پرداختند و بر اساس نتایج به‌دست‌آمده نشان دادند که در مناطق مرتعی بالاترین میزان همبستگی میان بارش فصل بهار و تغییرات پوشش گیاهی مشاهده می‌شود. دماوندی و همکاران (۱۳۹۵) پایش خشک‌سالی کشاورزی از طریق سری‌های زمانی VHI و شاخص NDVI و LST داده‌های MODIS در استان مرکزی مورد ارزیابی قراردادند. نتایج نقشه‌های طبقه‌بندی شدت خشک‌سالی، شاخص VHI، ماه اردیبهشت را دارای بیشترین و شهریور را دارای کمترین شدت خشک‌سالی معرفی کردند و در نهایت مقایسه نتایج حاصل از این پژوهش و گزارش سازمان هواشناسی، دقت بسیار خوب روش VHI را در پایش خشک‌سالی کشاورزی نشان داد. زارع و غفاریان مالمیری (۱۳۹۶) پایش خشک‌سالی و تأثیر آن بر پوشش گیاهی با استفاده از شاخص‌های SPI و RDI همچنین شاخص NDVI مستخرج شده از سنجنده MODIS را موردمطالعه قراردادند. اظهار داشتند که نتایج ارزیابی همبستگی پوشش‌های گیاهی مختلف استان یزد با شاخص‌های خشک‌سالی نشان داد که جنگل‌های نیمه انبوه، مناطق بیشه‌زار و درختچه زار و مراتع بیشترین و جنگل‌های در دست کاشت و مناطق زراعی و باغی کمترین تأثیرپذیری را نسبت به خشک‌سالی داشته‌اند. رستمی و همکاران (۱۳۹۶) با استفاده از شاخص‌های خشک‌سالی کشاورزی (DSI، VCI و TCI) به پایش مکانی و زمانی خشک‌سالی کشاورزی استان آذربایجان شرقی پرداختند. نتایج نشان داد که نمایه‌های سنجش‌ازدور از دقت خوبی در برآورد پراکندگی مکانی و زمانی خشک‌سالی کشاورزی برخوردارند به‌طوری‌که ضریب همبستگی بین نمایه DSI و SPI برابر با ۰/۶۴ می‌باشد. از دیگر مطالعات صورت گرفته، به پژوهش‌های میچل هیل[5] و همکاران (۲۰۰۴)، جینیونگ ری[6] و همکاران (۲۰۱۰)، آرخی و همکاران (۱۳۹۰)، فاتحی مرج و همکاران (۱۳۹۰)، کریمی و همکاران (۱۳۹۳) و . . . اشاره نمود.

روش تحقیق

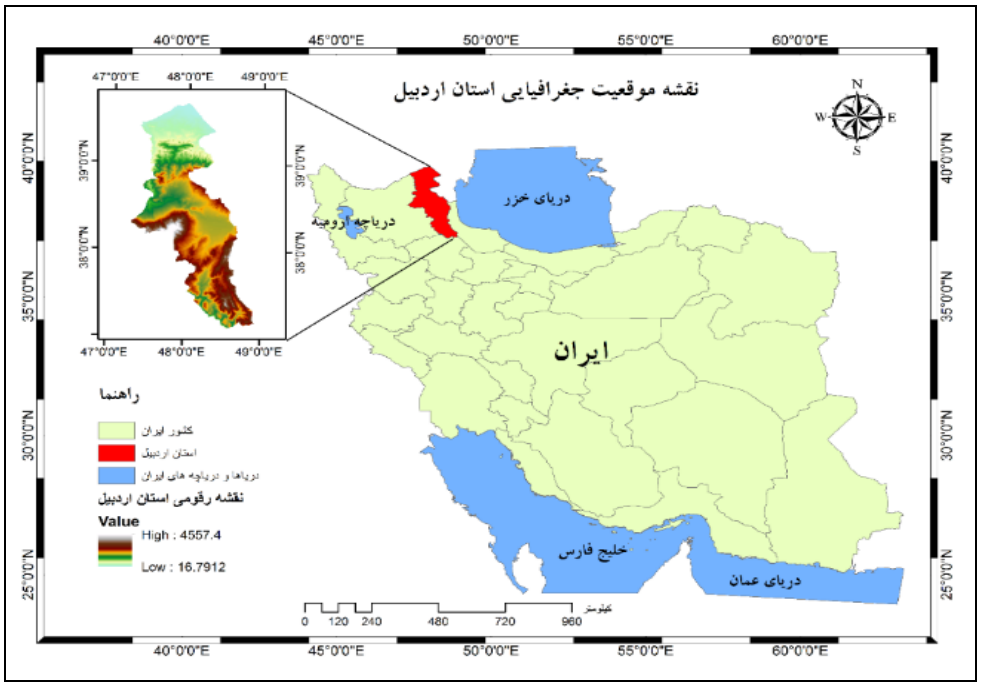
استان اردبیل در شمال غرب فلات ایران و شرق فلات آذربایجان بین عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۶ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۴۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۴ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۵۵ دقیقه فاصله شرقی واقع شده است. این استان به شکل کشیده و طویل خود در جهت شمال ــ جنوب، نزدیک به دو درجه عرض جغرافیایی را در بر گرفته است. فاصله شمالی‌ترین و جنوبی‌ترین نقطه آن در حدود ۲۹۵کیلومتر و فاصله شرقی‌ترین و غربی‌ترین نقطه آن ۱۳۲کیلومتر است. مساحت استان ما بالغبر ۱۷۹۵۳کیلومترمربع معادل ۱/۱در صد مساحت ایران را در برمی‌گیرد، بالاترین نقطه ارتفاعی استان با ارتفاع ۴۵۵۷/۴ متر در قله سبلان و پایین‌ترین نقطه ارتفاعی آن نیز با ۱۶/۸ متر در منتهاالیه رود ارس قرار دارد. در جدول(۱) و شکل(۱) ایستگاه‌های موردمطالعه و موقعیت آن‌ها در ایران مشخص‌شده است.

[5] Michael Hill
[6] Jinyoung Rhee

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.10.6]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.1]

جدول(۱). موقعیت ایستگاه سینوپتیک موردمطالعه استان اردبیل

ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (M)
اردبیل	۳۸° ۱۵′	۴۸° ۱۷′	۱۳۳۲
خلخال	۳۷° ۳۸′	۴۸° ۳۱′	۱۷۹۶
مشکین‌شهر	۳۸° ۲۳′	۴۷° ۴۰′	۱۵۶۸/۵
پارس‌آباد مغان	۳۹° ۳۹′	۴۷° ۵۵′	۳۱/۹



شکل(۱). نقشه موقعیت جغرافیایی استان اردبیل

در این پژوهش در مرحله نخست با استفاده از GPS بیشتر از ۱۵۰۰۰ نقاط تعلیمی موردنیاز برای طبقه‌بندی کاربری اراضی منطقه موردمطالعه برداشت شد، سپس بر اساس تصاویر تهیه‌شده طی ماه ژولای دو سال ۱۹۹۸ و ۲۰۱۵ تغییر کاربری اراضی و پراکندگی مراتع استان اردبیل برآورد گردید. در این تحقیق از داده‌های هواشناسی ۴ ایستگاه سینوپتیک ذکرشده در جدول ۱ استفاده‌شده است. به این منظور از مقادیر بارندگی ۲۴ ساعته و میانگین درجه حرارت ماهانه، طی دوره آماری ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۶ استفاده‌شده است. با استفاده از داده‌های بارش ۲۴ ساعته، وضعیت خشک‌سالی برحسب شاخص (SEPI) در ۴ بازه زمانی ۱، ۳، ۶ و ۹ ماهه محاسبه گردید. طبقه‌بندی براساس طبقه‌بندی نظارت‌شده و شاخص طبقه‌بندی کننده حداکثر احتمال (ML[۷]) صورت گرفت. در ادامه، براساس مقادیر بارش ماهیانه ۴ ایستگاه سینوپتیک استان اردبیل طی دوره زمانی ۲۰۱۶- ۱۹۹۶ شاخص فازی خشک‌سالی SEPI طی بازه‌های زمانی ۳، ۶، ۹ و ۱۲ ماهه برآورد گردید. پس از به

[7] Maximum Likelihood

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.10.6]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.1]

دست آمدن دوره‌های خشک‌سالی، بر اساس تصاویر ماهواره‌ای لندست با برازش شاخص‌های مختلف پوشش گیاهی، وضعیت مراتع استان اردبیل ازنظر پوشش گیاهی برآورد شد. درنهایت بر اساس شاخص‌های ارزیابی (R و RMSE) رابطه هر یک از شاخص‌های پوشش گیاهی با مقادیر به‌دست‌آمده از هر یک از بازه‌های زمانی شاخص SEPI بررسی گردید.

آماده‌سازی و پردازش تصاویر

تصاویر مورداستفاده از دو سنجنده TM و لندست ۸ از سری سنجنده های ماهواره لندست از سایت http://www.earthexplorer.usgs.gov دانلود گردید، سپس در نرم‌افزار ENVI 5/3 عملیات پردازش رادیومتریک کلی و جزئی (FLAASH) به‌منظور رفع تیرگی و پدیده‌های اتمسفری اعمال شد و برای طبقه‌بندی از تصاویر مربوطه، ROI ها مشخص و با نمونه‌های تعلیمی تطبیق داده‌شده و پس از چند سری آزمون‌وخطا مناسب‌ترین نمونه‌ها با بالاترین همبستگی با نمونه‌های تعلیمی برآورد گردید و طبقه‌بندی بر اساس ضریب حداکثر احتمال انجام گرفت. در ادامه تصاویر مربوط به اجرای شاخص‌ها را در نرم‌افزار فراخوان کرده و شاخص‌های پوشش گیاهی موردمطالعه به‌منظور بررسی شرایط پوشش مرتعی استان اردبیل، اجرا گردید و درنهایت تصاویر به محیط ArcMap انتقال داده و نقشه‌های نهایی استخراج گردید.

طبقه‌بندی نظارت‌شده

در رویکرد نظارت‌شده نیاز است که کاربر برای برچسب‌گذاری پیکسل‌ها، داده‌های تعلیمی معرف برای هر طبقه‌ی از پیش تعیین‌شده را انتخاب کند. کارایی طبقه‌بندی شدیداً به میزان توانایی کاربر در مدل‌سازی توزیع طبقات موردنظر بستگی دارد(تسو و ماتر، ۲۰۰۹: ۸۵). درواقع طبقه‌بندی را در صورتی نظارت‌شده می‌نامیم که نمونه‌برداری صورت گرفته باشد. واضح است که نمونه‌برداری بر اساس آشنایی اپراتور با زمین (نوع کشت و یا گیاهان طبیعی و غیره) انجام می‌شود و این آشنایی مستلزم کار صحرایی است. بسته به نوع مطالعه و نحوه نمونه‌گیری که از قبل مشخص‌شده است، کارشناس نقاطی را انتخاب و در صحرا (با استفاده از GPS) آن‌ها را شناسایی و نهایتاً علامت‌گذاری کرده و یادداشت برمی‌دارد (فرشاد و فرزانه، ۱۳۹۴: ۱۲۴).

طبقه‌بندی کننده حداکثر احتمال

فرایند احتمال حداکثر یا به‌اختصار ML یک روش نظارت‌شده‌ی آماری برای الگو شناسی است که در آن احتمال قرارگیری یک پیکسل در هر طبقه‌ی از پیش شده برآورد می‌شود و پیکسل در طبقه‌ای قرار می‌گیرد که بالاترین احتمال را دارد. ML بر اساس رابطه (۱) فرمول احتمال بیسین است:

رابطه(۱):

$$P(x,w) = P(w|x)P(x) = P(x|w)P(w)$$

که x و w عموماً رویداد نامیده می‌شوند. P(x,w) احتمال همزیستی (یا تقاطع) رویدادهای x و w، P(x) وP(w) احتمالات اولیه رویدادهای x و w، و P(w|x) احتمال شرطی رویداد x با توجه به رویداد w است (تسو و ماتر، ۲۰۰۹: ۸۸).

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.10.6]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.1]

شاخص خشک‌سالی SEPI

شاخص تبخیر و تعرق و بارندگی استانداردشده (SEPI) توسط دکتر انصاری و همکاران در سال ۱۳۸۹ برای رفع قسمتی از معایب شاخص SPI ارائه‌شده است. این شاخص از تلفیق شاخص SPI و SEI در سیستم استنتاج فازی حاصل می‌شود. برای این شاخص در ابتدا شاخص SPI و SEI محاسبه می‌گردد.

برای محاسبه شاخص SPI تنها از عنصر اقلیمی بارندگی استفاده می‌شود. مقادیر بارندگی ماهانه هر ایستگاه در مقیاس زمانی محاسبه می‌شود. پس‌ازآنکه مقادیر بارندگی‌های تجمعی در هرماه به توزیع گاما برازش داده می‌شود. درنهایت این توزیع به یک توزیع نرمال تبدیل می‌شود. پس از محاسبه احتمال تجمعی گاما در هر مقیاس زمانی و برای هرماه از سال، این احتمال به یک متغیر تصادفی نرمال استاندارد Z با میانگین صفر و واریانس ۱ تبدیل می‌شود که این متغیر تصادفی در حقیقت همان مقدار SPI موردنظر است (آسیایی، ۱۳۸۵: ۵۴).

برای محاسبه شاخص SEI پیش از هر اقدامی باید تبخیر و تعرق گیاه مرجع را برای دوره آماری موردنظر برآورد کرد. پس از محاسبه تبخیر و تعرق، روش محاسبه این شاخص هم دقیقاً مثل شاخص SPI می‌باشد (انصاری و همکاران، ۱۳۸۹: ۴۰). پس از محاسبه دو شاخص SPI و SEI و تبدیل طبقات بین صفر و یک، در محیط نرم‌افزار MATLAB مدل فازی SEPI اجرا می‌گردد.

در این پژوهش مقادیر SPI و SEI برای بازه‌های زمانی ۱، ۳، ۶ و ۹ ماهه اجرا گردید درنتیجه مقادیر محاسبه‌شده SEPI نیز در بازه‌های فوق‌الذکر به دست آمد. مقادیر طبقات مدل فازی SEPI در جدول(۲) ارائه‌شده است.

جدول(۲). طبقه‌بندی شاخص فازی SEPI

مقادیر شاخص SEPI	طبقات خشک‌سالی
۰/۹۵ – ۱	خشک‌سالی خیلی شدید
۰/۸۶ – ۰/۹۵	خشک‌سالی شدید
۰/۷۳ – ۰/۸۶	خشک‌سالی متوسط
۰/۵۸ – ۰/۷۳	خشک‌سالی ملایم
۰/۴۳ – ۰/۵۸	نرمال
۰/۲۸ – ۰/۴۳	ترسالی ملایم
۰/۱۴ – ۰/۲۸	ترسالی متوسط
۰/۰۵ – ۰/۱۴	ترسالی شدید
۰ – ۰/۰۵	ترسالی خیلی شدید

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.10.6]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.1]

شاخص‌های پوشش گیاهی

در سال‌های اخیر پیشرفت‌های بسیاری در شاخص‌های VIS[8] صورت گرفته که می‌تواند برای تعیین شاخص سطح برگ مورداستفاده قرارگیری. یکی از اساسی‌ترین شاخص‌های VIS شاخص اختلاف نرمال پوشش گیاهی (NDVI[9]) می‌باشد که از نسبت رابطه(۲) باند فراسرخ و باند قرمز مشتق شده است:

رابطه(۲):

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad or \quad \frac{NIR - VIS}{NIR + VIS}$$

در رابطه(۲) NIR، باند انعکاسی فراسرخ نزدیک، RED، باند انعکاسی قرمز و VIS، انعکاس در باند مرئی می باشند.

شاخص گیاهی بارز شده برای بهبود شاخص NDVI به‌وسیله بهینه‌سازی سیگنال‌های پوشش گیاهی در محدوده شاخص سطح برگ با استفاده از انعکاس باند آبی برای تصحیح کردن سیگنال پس‌زمینه خاک و کاهش اثر اتمسفر شامل پراکنش ذرات معلق توسعه‌یافته است. ترکیب روابط تجربی برای تصحیح اتمسفری منجر به ایجاد شاخص گیاهی بارز شده EVI گردیده است (شکوهی زادگان و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۶۱). این شاخص از رابطه(۳) به دست می‌آید:

رابطه(۳):

$$EVI = ۲.۵ \times (NIR - RED)/(NIR + RED - ۷.۵ \times BLUE + ۱)$$

که در رابطه(۳)، NIR بازتابندگی در باند مادون‌قرمز نزدیک،RED بازتابندگی در باند قرمز و BLUE بازتابندگی باند آبی می‌باشد.

شاخص‌های دیگری نیز به‌منظور بهینه‌سازی ارتباط بین شاخص‌های VIS و شاخص سطح برگ وجود دارد، شاخص SAVI[10] برای تصحیح دخالت خاک و هوا در معادله شاخص NDVI می‌باشد. این شاخص برای استفاده به‌جای شاخص NDVI برای برآورد شاخص سطح پوشش گیاهی توسعه پیداکرده‌اند.

شاخص SAVI با توجه به رابطه(۴) توسعه داده‌شده و محاسبه گردید:

رابطه(۴):

$$SAVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED + L}(۱ + L)$$

در رابطه(۴) NIR، باند انعکاسی مادون‌قرمز نزدیک، RED ، باند انعکاسی قرمز و L، یک ثابت برای تنظیم روشنایی خاک (برای پوشش گیاهی متراکم ۰، برای پوشش گیاهی متوسط ۰/۵و برای پوشش گیاهی ضعیف۱)

[8] Vegetation Indices
[9] Normalized Difference Vegetation Index
[10] Soil Adjusted Vegetation Index

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.10.6]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.1]

می‌باشد. (1+L) در این فرمول باعث می‌شود که تغییرات شاخص پوشش گیاهی از ۱- تا ۱+ باشد و اگر فاکتور به صفر برسد شاخص SAVI برابر با شاخص NDVI خواهد بود (سامیدا[11] و همکاران، ۲۰۰۹: ۸۰۴).

شاخص سطح برگ (LAI) اندازه مساحت سطح برگ در هر واحد مساحت زمین تعریف می‌شود. LAI با استفاده از رابطه(۵) SAVI-LAI به دست می‌آید:

رابطه(۵):

$$LAI = \frac{\left[ln\left(\frac{a - SAVI}{b}\right)\right]}{c}$$

a، b و c ضرایب ثابت‌اند و مقادیر آن‌ها برای همه محصولات به ترتیب برابر ۰/۶۹، ۰/۵۹ و ۰/۹۱ پیشنهاد شد (چودری[12] و همکاران، ۱۹۹۴- بادیه‌نشین و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۵۶). این معادله با مقادیر ضرایب پیشنهادی به‌عنوان معادله برآورد LAI تمام محصولات از تصاویر ماهواره‌ای مورداستفاده قرارگیری.

شاخص‌های ارزیابی

شاخص‌های آماری متفاوتی برای سنجش اعتبار و درستی مدل‌ها وجود دارد که از آن جمله می‌توان به ضریب همبستگی پیرسون (R)، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) به روابط(۷ و ۶) اشاره کرد (اکبری، ۱۳۸۳: ۱۳۳).

رابطه(۶):

$$R = \frac{\sum(X - \dot{X})(Y - \bar{Y})}{\sqrt{\sum(X - \dot{X})^{۲} \sum(Y - \bar{Y})^{۲}}}$$

رابطه(۷):

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=۱}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^{۲}}{N}}$$

[11] Sumida
[12] Choudhury

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.10.6]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.1]

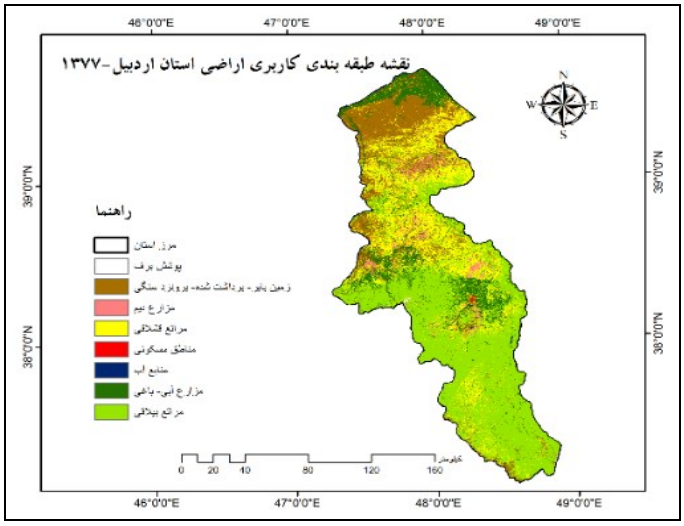
نتایج

نتایج طبقه‌بندی

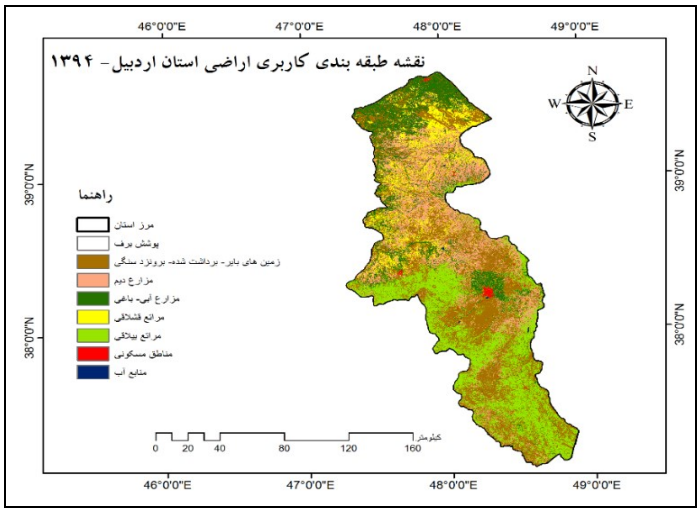
بر اساس نتایج طبقه‌بندی طی دو سال ۱۳۷۷ و ۱۳۹۵ اشکال(۳ و ۲) که با استفاده از تصاویر ماهواره‌های لندست ۵ و ۸ جدول(۳) ترسیم شد، تغییر هر یک از کاربری‌های مورد نظر در مطالعه که در جدول(۴) نمایش داده‌شده است محاسبه و میزان تغییر پراکندگی مراتع طی این ۱۷ سال اشکال(۵ و ۴) ترسیم گردید.

جدول(۳). مشخصات تصاویر مورداستفاده در طبقه‌بندی

ردیف	تاریخ تصویربرداری (میلادی)	تاریخ تصویربرداری (شمسی)	ساعت تصویربرداری	نوع سنجنده	ROW
۱	۱۹۹۸/۰۷/۱۰	۱۳۷۷/۰۴/۱۹	۰۷:۰۴	لندست ۵ TM	۳۴/۳۳
۲	۲۰۱۵/۰۷/۲۵	۱۳۹۴/۰۵/۰۳	۰۷:۲۵	لندست ۸ OLI	۳۴/۳۳

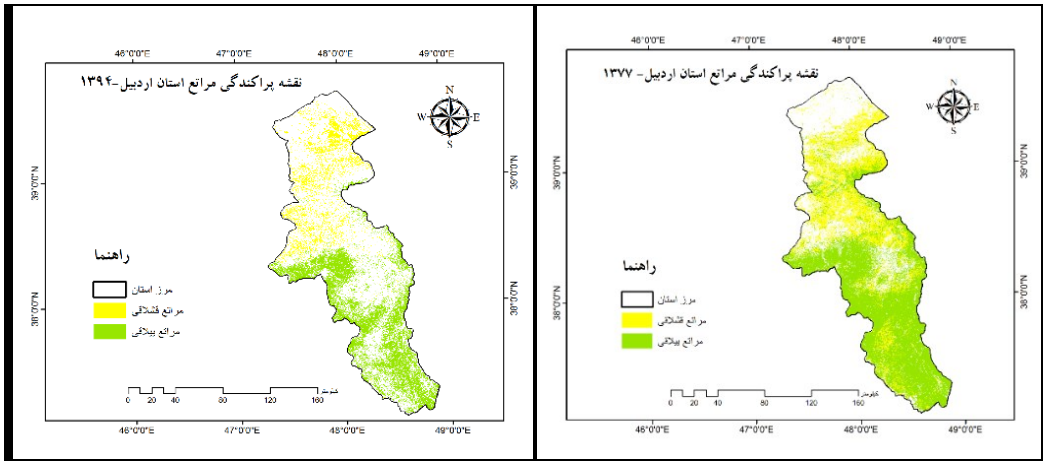


شکل(۲). نقشه طبقه‌بندی استان اردبیل ۱۳۷۷



شکل(۳). نقشه طبقه‌بندی استان اردبیل سال۱۳۹۴

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.10.6]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.1]



اشکال(۵ و ۴). نقشه‌های پراکندگی مراتع استان اردبیل در سال‌های ۱۳۷۷ و ۱۳۹۴

جدول(۴). تغییر کاربری اراضی استان اردبیل بین سال‌های ۱۳۷۷ و ۱۳۹۴

سال	پوشش برف M	اراضی بایر/برداشت‌شده/ برونزد سنگی km^2	مزارع دیم km^2	مزارع آبی- باغی km^2	مراتع قشلاقی km^2	مراتع ییلاقی km^2	مناطق مسکونی km^2	منابع آب km^2
۱۳۷۷	۱۲۳۹۶۳۸	۲۰۴۵	۱۴۴	۱۳۶۷	۲۵۴۲	۶۸۴۷	۷	۱۶
۱۳۹۴	۷۱۴۲۰۰	۴۱۶۲	۱۷۹۸	۱۶۴۵	۸۲۸	۳۴۸۳	۴۰	۱۱
میزان تغییرات	-۵۲۵۴۳۸	+۲۱۱۷	+۱۶۵۴	+۲۷۸	-۱۷۱۴	-۲۳۶۴	+۳۳	-۵

طبقه‌بندی کاربری اراضی استان اردبیل بر اساس ۸ پارامتر (پوشش برف، اراضی بایر-برونزده های سنگی و زمین‌های برداشت‌شده ، اراضی دیم، اراضی آبی- باغی، مراتع قشلاقی، مراتع ییلاقی، مناطق مسکونی و منابع آب) صورت گرفت، مقایسه نتایج طبقه‌بندی در دو تاریخ موردمطالعه (۱۳۷۷ و ۱۳۹۴) به فاصله ۱۷ سال نشان می‌دهد که در برخی از پارامترها تغییرات مثبت بوده یعنی نسبت به سال ۱۳۷۷ افزایش داشته ازجمله وسعت اراضی بایر، مزارع دیم، مزارع آبی- باغی و مناطق مسکونی و در برخی دیگر از پارامترها مانند وسعت پوشش برفی، مراتع قشلاقی و ییلاقی و منابع آب، با کاهش همراه می‌باشد.

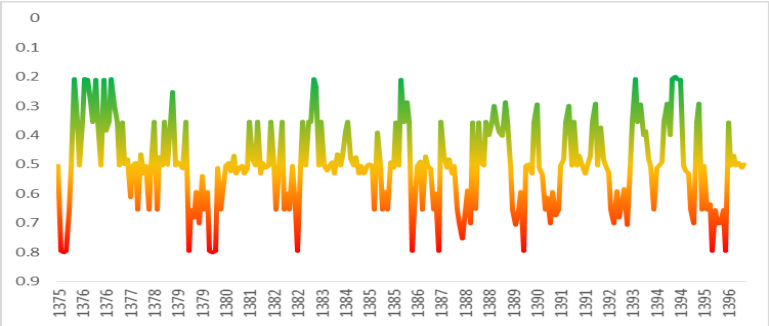
افزایش مناطق مسکونی ناشی از گسترش شهرها و شهرنشینی در استان اردبیل پس از تبدیل‌شدن به استان مستقل از آذربایجان شرقی می‌باشد. کاهش ذخایر برف می‌تواند تحت تأثیر افزایش درجه حرارت و به دنبال آن افزایش میزان ذوب و کاهش بارش‌های منجمد در سطح استان باشد. در زمینه‌ی تغییر وسعت مراتع، وضعیت کاهش مراتع در همبستگی معکوس با افزایش وسعت مزارع دیم و آبی و زمین‌های بایر، حاکی از تغییر کاربری اراضی در استان به سمت تبدیل و تغییر کاربری اراضی از تغییر مراتع به‌طرف مزارع کشاورزی به‌ویژه مزارع دیم می‌باشد و افزایش زمین‌های بایر نیز در ارتباط با تغییر کاربری نادرست مراتع بوده که موجب بیابان‌زایی در استان گردیده است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.10.6]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.1]

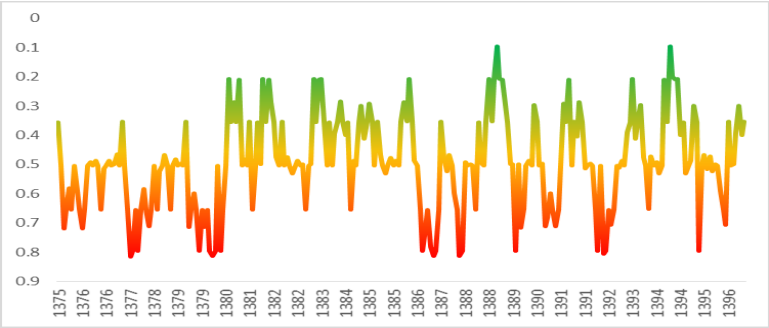
بیشترین کاهش در مراتع ییلاقی مشاهده می‌شود و بیشترین افزایش نیز در افزایش وسعت اراضی بایر وجود دارد. بنابراین مشخص می‌گردد با توجه به ارزیابی شاخص‌های خشک‌سالی، طی سال‌های موردمطالعه خشک‌سالی‌های فراوانی رخداده است (نمودارهای ترسیم‌شده شاخص‌های خشک‌سالی) که می‌تواند عاملی مهم در خشک شدن و از بین رفتن مراتع در استان باشد. علاوه بر تغییر اقلیم و کاهش بارش و افزایش درجه حرارت، عامل انسانی در تغییر شرایط اقلیمی استان اردبیل و افزایش بارش‌های سیلابی و بیابان‌زایی کمک کرده است.

نتایج پایش خشک‌سالی

در ادامه، به‌منظور پایش خشک‌سالی مراتع استان اردبیل، با استفاده از شاخص فازی SEPI در ۴ بازه زمانی ۱، ۳، ۶ و ۹ ماهه و بر اساس داده‌های بارش ۴ ایستگاه سینوپتیک استان، وضعیت خشک‌سالی طی دوره آماری ۲۰۱۶- ۱۹۹۶ برآورد گردید. طبق نتایج استخراجی از شاخص SEPI در همه ایستگاه‌های موردمطالعه در پژوهش، شرایط خشک‌سالی که از اواخر سال ۱۳۸۹ با یک خشک‌سالی شدید همراه بوده به سمت دوره‌های خشک‌سالی بیشتر نسبت به گذشته پیش رفته است. بیشترین تعداد وقوع خشک‌سالی‌ها در ایستگاه خلخال و کمترین آن در ایستگاه مشکین‌شهر مشاهده می‌شود. بنابراین و به علت وقوع خشک‌سالی در سال‌های اخیر از تصاویر ماهواره‌ای طی سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۵، به‌منظور پایش خشک‌سالی در استان اردبیل استفاده گردیده است. اشکال(۶ تا ۹) وضعیت شاخص SEPI در بازه زمانی ۶ ماهه برای ایستگاه‌های موردمطالعه استان اردبیل را نشان می‌دهد.

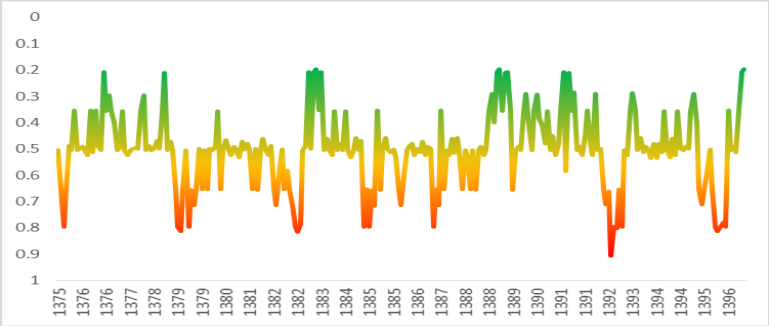


شکل(۶). نمودار SEPI ۶ ماهه ایستگاه اردبیل (دوره آماری ۲۰۱۶-۱۹۹۶)

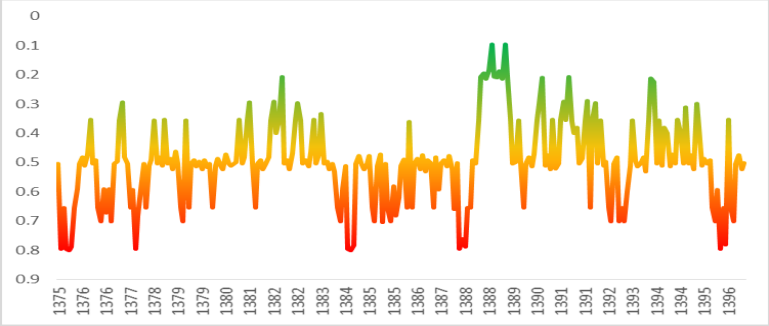


شکل(۷). نمودار SEPI ۶ ماهه ایستگاه خلخال (دوره آماری ۲۰۱۶- ۱۹۹۶)

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.10.6]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.1]



شکل(۸). نمودار SEPI ۶ ماهه ایستگاه مشکین‌شهر (دوره آماری ۲۰۱۶- ۱۹۹۶)



شکل(۹). نمودار SEPI ۶ ماهه ایستگاه پارس‌آباد مغان (دوره آماری ۲۰۱۶- ۱۹۹۶)

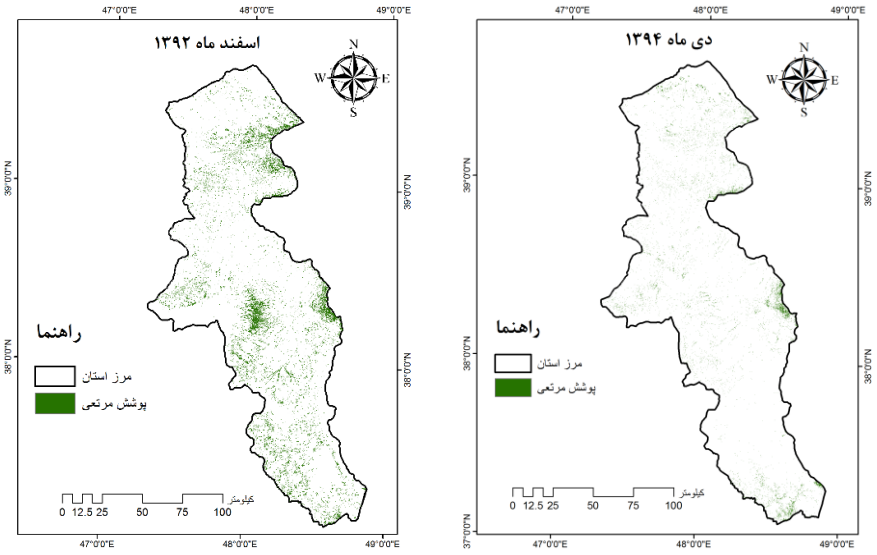
با توجه به مشخص نمودن پراکنش و وسعت مراتع طی سال ۱۳۹۴ (نقشه مراتع سال ۱۳۹۴)، شاخص‌های پوشش گیاهی شامل NDVI، EVI، SAVI و LAI برای اکثر ماه‌های سال طی دوره رشد مراتع در استان اردبیل بر اساس شیپ فایل‌های ایجادشده از نقشه طبقه‌بندی استان در سال ۱۳۹۴ محاسبه گردید. تصاویر مورداستفاده از ماهواره لندست ۸ OLI و طی سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۵ می‌باشد که متناسب بازمان افزایش وقوع خشک‌سالی‌ها در استان اردبیل (۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵) می‌باشد جدول(۵).

جدول(۵). مشخصات تصاویر مورداستفاده در پایش خشک‌سالی

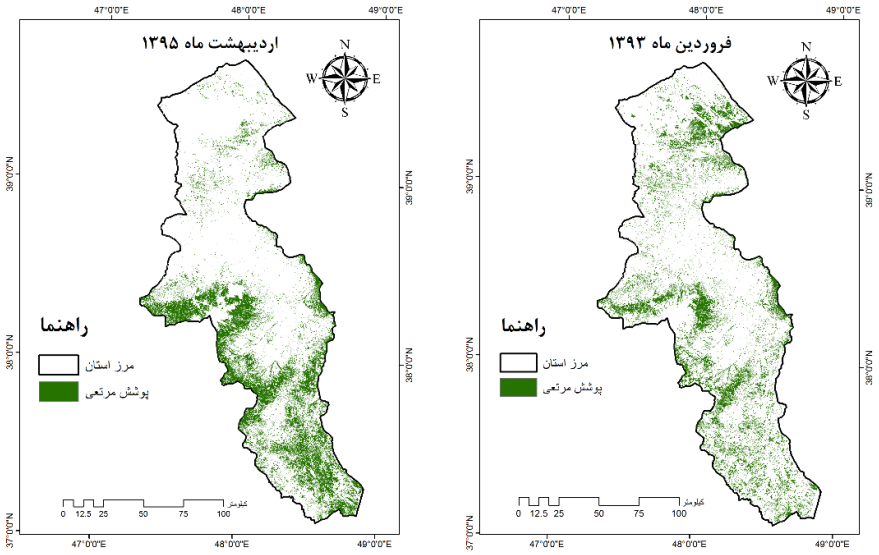
ردیف	تاریخ تصویربرداری (میلادی)	تاریخ تصویربرداری (شمسی)	ROW	سنجنده
۱	۲۰۱۶/۰۱/۰۳	۱۳۹۴/۱۰/۱۳	۳۳/۳۴	OLI
۲	۲۰۱۴/۰۳/۱۶	۱۳۹۲/۱۲/۲۵	۳۳/۳۴	OLI
۳	۲۰۱۴/۰۴/۱۷	۱۳۹۳/۰۱/۲۸	۳۳/۳۴	OLI
۴	۲۰۱۴/۰۵/۱۹	۱۳۹۳/۰۲/۲۹	۳۳/۳۴	OLI
۵	۲۰۱۶/۰۶/۲۸	۱۳۹۵/۰۴/۰۸	۳۳/۳۴	OLI
۶	۲۰۱۵/۰۷/۲۵	۱۳۹۴/۰۵/۰۳	۳۳/۳۴	OLI
۷	۲۰۱۶/۰۹/۱۶	۱۳۹۵/۰۶/۲۶	۳۳/۳۴	OLI
۸	۲۰۱۳/۱۰/۲۰	۱۳۹۲/۰۷/۲۸	۳۳/۳۴	OLI

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.10.6]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.1]

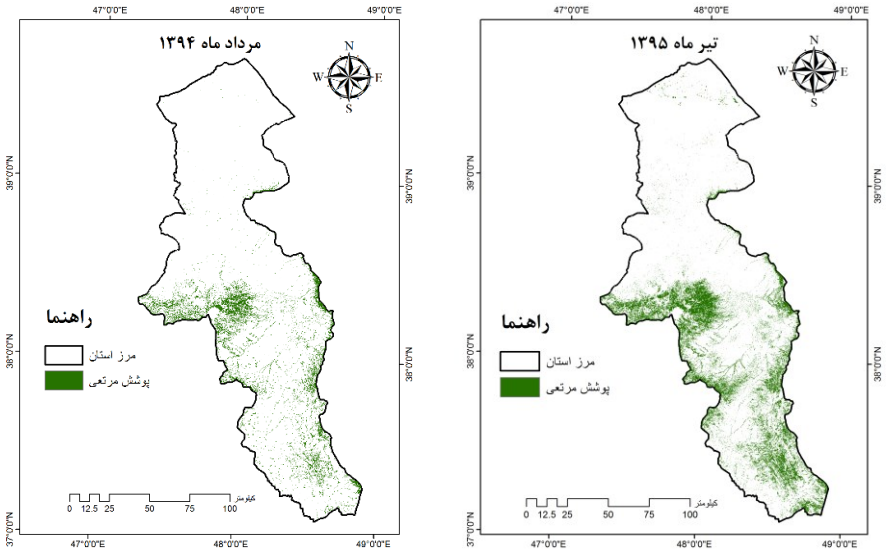
بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از شاخص‌های پوشش گیاهی، نقشه‌های وضعیت پوشش مراتع طی ماه‌های مختلف تهیه گردید اما به دلیل محدودیت صفحات مقاله، تنها نقشه‌های پراکنش وضعیت مراتع بر اساس شاخص NDVI و الگوریتم طبقه‌بندی درخت تصمیم‌گیری ارائه گردیده است. بر اساس الگوریتم طبقه‌بندی درخت تصمیم‌گیری، مقادیر NDVI مساوی و بیش از ۰/۳ متعلق به کلاس پوشش گیاهی هستند، همچنین مقادیر بزرگ‌تر و مساوی صفر و مقادیر کمتر از ۰/۳ نیز در کلاس خاک قرار می‌گیرند و درنهایت مقادیر منفی شامل کلاس آب می‌گردند. در این پژوهش تنها کلاس پوشش گیاهی به‌صورت رنگی مشخص‌شده تا وضعیت پوشش مراتع بهتر نشان داده شود. لازم به ذکر است که برای تهیه نقشه‌های پوشش گیاهی از شیپ فایل تهیه‌شده از مراتع قشلاقی و ییلاقی نقشه طبقه‌بندی استان اردبیل در سال ۱۳۹۴ استفاده گردیده است.



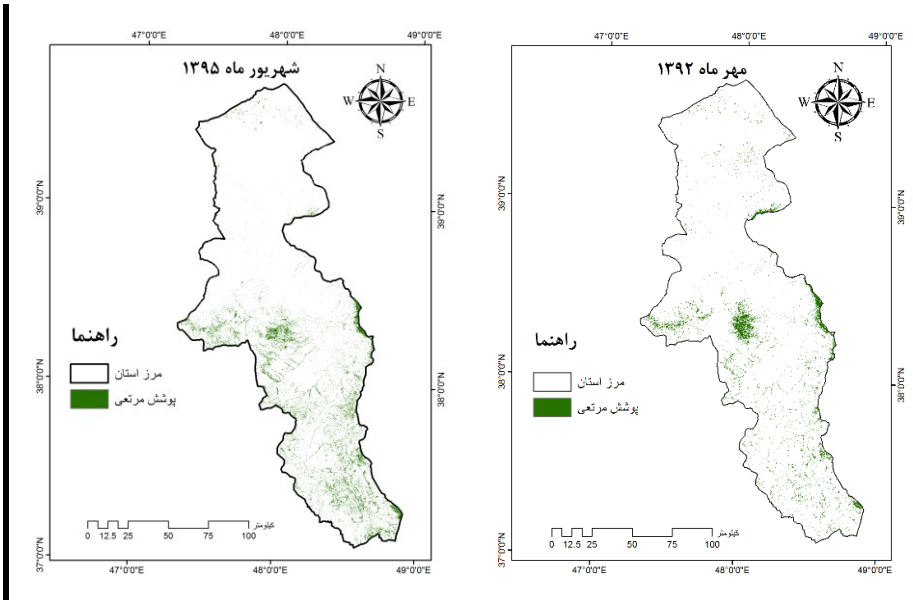
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.10.6]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.1]



اشکال(۱۰ تا ۱۳). پراکندگی پوشش مراتع استان اردبیل طی ماه‌های دی، اسفند، فروردین و اردیبهشت بر اساس شاخص پوشش گیاهی NDVI و الگوریتم طبقه‌بندی درخت تصمیم‌گیری



[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.10.6]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.1]



اشکال(۱۴ تا ۱۷). پراکندگی پوشش مراتع استان اردبیل طی ماه‌های تیر، مرداد، شهریور و مهر بر اساس شاخص پوشش گیاهی NDVI و الگوریتم طبقه‌بندی درخت تصمیم‌گیری

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از شاخص‌های پوشش گیاهی اوج تراکم پوشش مرتعی در استان اردبیل در ماه‌های اردیبهشت تا اواخر تیر مشاهده می‌گردد و ازنظر شدت تراکم، مراتع ییلاقی دارای تراکم به نسبت بالاتری نسبت به

مراتع مناطق قشلاقی نشان می‌دهند که با توجه به وضعیت بارشی در استان، تراکم پوشش گیاهی در ماه اردیبهشت قابل توجیه می‌باشد اما در ادامه ذوب برف در ارتفاعات، موجب تقویت رشد مراتع ییلاقی در استان می‌شود.

نتایج ارزیابی

از ضرایب همبستگی پیرسون و میانگین مربعات خطا به‌منظور ارزیابی شاخص‌های موردمطالعه جهت پایش خشک‌سالی مراتع استان اردبیل استفاده گردید. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از ارزیابی شاخص‌ها (جدول ۵)، بالاترین همبستگی بین شاخص NDVI و SEPI ۶ ماهه (۰/75-) که یک همبستگی معکوس می‌باشد (یعنی با افزایش مقدار NDVI مقادیر SPI طی بازه زمانی ۶ ماهه کاهش می‌یابد) وجود دارد و کمترین میانگین مربعات خطا بین شاخص پوشش گیاهی SAVI و SEPI ۶ ماهه (۰/۷۴) مشاهده می‌گردد. در بین شاخص‌های پوشش گیاهی موردمطالعه، شاخص SAVI دارای کمترین همبستگی با مقادیر SEPI در هر ۴ بازه زمانی موردمطالعه داشته و شاخص NDVI دارای بالاترین مقادیر همبستگی در بیشتر بازه‌های زمانی شاخص SEPI را نشان می‌دهد، همچنین بر اساس نتایج ارزیابی کمترین همبستگی در همه شاخص‌های پوشش گیاهی با SEPI ۱ ماهه مشاهده می‌شود. با توجه به نتایج ارزیابی، مناسب‌ترین شاخص جهت پایش خشک‌سالی مراتع استان اردبیل، شاخص پوشش گیاهی NDVI و شاخص خشک‌سالی SEPI ۶ ماهه می‌باشد. بنابراین نتایج نشان

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.10.6]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.1]

می‌دهد تأخیر ۶ ماهه در کاهش بارش نسبت به وضعیت خشک‌سالی مراتع مشاهده می‌گردد که می‌تواند حاصل تأثیر مثبت وضعیت کوهستانی منطقه و ذوب برف در مناطق مرتعی به‌ویژه مراتع ییلاقی باشد که موجب گردید تأثیر کاهش بارش در وضعیت پوشش گیاهی مراتع با تأخیر تقریباً بلندمدت شش‌ماهه همراه باشد.

جدول (۵) نتایج ارزیابی شاخص‌ها

ارزیابی	R	RMSE
NDVI و SEPI ۱ماهه	۰/۰۷	۰/۹۱
NDVI و SEPI ۳ ماهه	-۰/۷۱	۱/۰۶
NDVI و SEPI ۶ ماهه	-۰/۷۵	۰/۸۳
NDVI و SEPI ۹ ماهه	-۰/۵۹	۰/۹۲
EVI و SEPI ۱ماهه	-۰/۰۹	۱/۱۲
EVI و SEPI ۳ ماهه	-۰/۵۵	۱/۳۵
EVI و SEPI ۶ ماهه	-۰/۵۲	۱/۱۹
EVI و SEPI ۹ ماهه	-۰/۳۳	۱/۱۸
SAVI و SEPI ۱ماهه	-۰/۰۲	۰/۷۸
SAVI و SEPI ۳ ماهه	-۰/۳۸	۰/۹۵
SAVI و SEPI ۶ ماهه	-۰/۳۴	۰/۷۴
SAVI و SEPI ۹ ماهه	-۰/۳۰	۰/۷۸
LAI و SEPI ۱ماهه	-۰/۰۵	۱/۱۳
LAI و SEPI ۳ ماهه	۰/۲۶	۱/۲۷
LAI و SEPI ۶ ماهه	-۰/۲۸	۱/۰۷
LAI و SEPI ۹ ماهه	-۰/۵۶	۱/۲۳

نتیجه‌گیری

نتایج طبقه‌بندی که به فاصله ۱۷ سال(بین سال‌های ۱۳۷۷ تا ۱۳۹۴) صورت گرفت نشان داد که وضعیت وسعت مراتع چه در مناطق قشلاقی و چه در مناطق ییلاقی به میزان قابل‌ملاحظه‌ای کاهش را نشان می‌دهد که این شرایط کاهشی در سطح مراتع ییلاقی به‌مراتب بیشتر از مراتع قشلاقی و در کل بیشتر از سایر عوارض موردبررسی در پژوهش ازجمله تغییرات ایجادشده در سطح زمین‌های زراعی و بایر را نشان می‌دهد. این امر حاکی از تغییر وسیع کاربری اراضی و تبدیل مراتع به زمین‌های کشاورزی و یا تخریب مراتع در اثر چرایی بی‌رویه و خشک‌سالی‌های رخ‌داده در سال‌های آتی باشد. در ادامه با اجرای شاخص SPI در بازه‌های مختلف ۱، ۳، ۶ و ۹ ماهه وضعیت بارش و خشک‌سالی استان اردبیل را بر اساس ۴ ایستگاه سینوپتیک موجود در استان طی دوره آماری ۲۰۱۶- ۱۹۹۶ محاسبه گردید. بر اساس نتایج حاصل از این شاخص شرایط رخ داد

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.10.6]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.1]

خشک‌سالی طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵ در بیشتر بازه‌های موردمطالعه افزایش محسوسی نسبت به سایر دوره موردمطالعه را نشان می‌دهد. درنتیجه با استفاده از تصاویر ماهواره لندست OLI طی سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۵، ۴ شاخص پوشش گیاهی (NDVI، EVI، SAVI و LAI) بر روی ۸ ماه از دوره رشد مرتع اجرا گردید و نقشه پهنه‌بندی و تغییر پراکنش پوشش گیاهی طی ماه‌های مختلف تهیه گردید. درنهایت با ارزیابی بین شاخص‌های پوشش گیاهی و شاخص SPI در بازه‌های مختلف با به‌کارگیری ضرایب همبستگی پیرسون و ریشه میانگین مربعات خطا، مشخص گردید که مناسب‌ترین شاخص برای بررسی وضعیت خشک‌سالی در مراتع استان اردبیل، شاخص NDVI و شاخص SPI در بازه زمانی ۶ ماهه می‌باشد که دارای بالاترین همبستگی و ریشه میانگین مربعات پایین می‌باشد.

منابع

آرخی، صالح؛ نیازی، یعقوب؛ ادیب نژاد، مصطفی.(۱۳۹۰). **پایش تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از تکنیک‌های سنجش‌ازدور در حوضه‌ی سد ایلام**، مجله جغرافیا و توسعه، ۲۴: ۱۳۶-۱۲۱.

آسیائی، مهدی.(۱۳۸۵). **تحلیل خشک‌سالی با استفاده از شاخص استانداردشده بارش (SPI) مطالعه موردی: استان خراسان**، مجله علوم جغرافیایی، ۲: ۱۴۵- ۱۲۲.

اکبری، مهدی.(۱۳۸۳). **بهبود مدیریت آبیاری مزارع با استفاده از تلفیق اطلاعات ماهواره‌ای، مزرعه ایی و مدل شبیه‌سازی SWAP**، رساله دکتری، تهران، دانشگاه تربیت مدرس.

انصاری، حسین؛ داوری، کامران؛ ثنایی نژاد، سیدحسین. (۱۳۸۹). **پایش خشکسالی با استفاده از شاخص بارندگی و تبخیر و تعرق استاندارد شده (SEPI) توسعه یافته براساس منطق فازی**، نشریه آب و خاک (علوم کشاورزی) ۲۴ (۱): ۵۲-۳۸.

تسو، برانت ؛ ماتر، پول آم .(۲۰۰۹). **روش‌های طبقه‌بندی داده‌های سنجش‌ازدور**، اردوان قربانی و فرنوش اسلمی، انتشارات دانشگاه محقق اردبیلی: ۴۱۲.

حسینی توسل، مرتضی؛ ارزانی، حسین؛ فرج زاده اصل، منوچهر؛ جعفری، محمد؛ بابایی کفاکی، ساسان؛ کهندل، اصغر.(۱۳۹۴). **پایش تغییرات پوشش گیاهی مراتع در فصل رویش با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و ارتباط آن با عوامل اقلیمی (مطالعه موردی: استان البرز)**، فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۲۲(۴): ۶۲۴-۶۱۵.

دماوندی، علی‌اکبر؛ رحیمی، محمد؛ یزدانی، محمدرضا؛ نوروزی، علی‌اکبر. (۱۳۹۵). **پایش مکانی خشک‌سالی کشاورزی از طریق سری‌های زمانی شاخص‌های NDVI و LST داده‌هایMODIS (مطالعه موردی: استان مرکزی)**، فصلنامه علمی- پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، ۲۵ (۹۹): ۱۲۵-۱۱۵.

رستمی، امین؛ بزانه، محمد؛ رائینی، محمود. (۱۳۹۶). **پایش مکانی و زمانی خشک‌سالی کشاورزی با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس و فن‌آوری سنجش‌ازدور (مطالعه موردی: استان آذربایجان شرقی)**، نشریه آب‌وخاک ۲۷ (۱): ۲۲۶-۲۱۳.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.10.6]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.1]

زارع خورمیزی، هادی؛ غفاریان مالمیری، حمیدرضا. (۱۳۹۶). **پایش خشک‌سالی و تأثیر آن پوشش گیاهی با استفاده از فن‌آوری سنجش‌ازدور، بررسی موردی: استان یزد سال‌های ۱۹۹۴ تا ۲۰۱۴**، نشریه مدیریت بیابان، ۱۰: ۸۶-۶۸.

شکوهی زادگان، سحرناز؛ خسروی، حسن؛ آذر نیوند، حسین؛ زهتابیان، غلامرضا؛ رایگانی، بهزاد .(۱۳۹۵). **ارزیابی و پایش پوشش گیاهی مبتنی بر منطق فازی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی: پارک ملی بمو- شیراز)**، فصلنامه اطلاعات جغرافیای، ۲۵ (۱۰۰)،: ۱۶۶- ۱۵۷.

فاتحی مرج، احمد؛ باقری نیا، مژگان .(۱۳۹۰). **بررسی خشک‌سالی مرتعی غرب ایران با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای MODIS در سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۸۹**، مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، ۵(۱۶): ۲۲- ۱۳.

فرشاد، عباس؛ فرزانه، علی .(۱۳۹۴). **کاربرد داده‌های سنجش‌ازدور و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی در توسعه کشاورزی پایدار و حفظ منابع طبیعی و محیط‌زیست ایران**، انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی: ۴۲۸.

کریمی، صادق؛ جاودانی، راضیه؛ خسروی، محمود؛ تقی، طاوسی .(۱۳۹۳). **واکنش فصل رشد در برابر خشک‌سالی و ترسالی اقلیمی (موردمطالعه: منطقه بلوچستان مرکزی)**، مجله جغرافیا و توسعه، ۳۷: ۱۴- ۱.

مقدم، محمدرضا .(۱۳۸۸). **مرتع و مرتع‌داری**، انتشارات دانشگاه تهران: ۴۷۰.

مؤذن‌زاده، روزبه؛ ارشد، صالح؛ قهرمان، بیژن؛ داوری، کامران .(۱۳۹۱). **پایش خشک‌سالی در کشت‌های غیرآبی با استفاده از فن سنجش‌ازدور**، مجله مدیریت آب و آبیاری، ۲(۲): ۵۲- ۳۹.

هادیان، فاطمه؛ حسینی، سید زین العابدین؛ سید حسینی، منصوره .(۱۳۹۳). **پایش تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از اطلاعات بارندگی و تصاویر ماهواره‌ای در شمال غرب ایران**، فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۲۱(۴): ۷۶۸- ۷۵۶.

Alvalia, R., Cunha, P., Brito, SH., Seluchi, M., Marengo, J., Moraes, O., Carvalho, M. 2017. **Drought monitoring in the Brazilian Semiarid region**, Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais,21: 2-15.

Dutaa, D., Kundu, A., Patel, N.R., Saha, S.K., Siddiqui, A.R. 2015. **Assessment of agricultural drought in Rajashan (India) using remote sensing derived Vegetation Condition Index (VCI) and Standardized Precipitiation Index (SPI)**, The Egyption Journal of Remote Sensing and Space Sciences, 18: 53-63.

Dong, H., Li, J., Yuan, Y., You, L., Chen, CH. 2017. **A Component-based system for agricultural drought monitoring by remote sensing**, PLOS ONE, 12(12): 1-15.

Himanshu, S.K., Singh, G., Kharola, N. 2015. **Monitoring of Drought using Satellite Data**, International Research Journal of Earth Scinces, 3(1): 66-72.

Jagerbrand, A. K., Mohau, U., Alatalo, J. M and Chrimes, D. 2009. **Plant community responses to 5 years of simulated climate change in meadow and heat ecosystems at a subretic- Alpine site**, Oecologia, 161: 601- 610.

Jinyoung Rhee, Jungho Im, Gregory J. Carbone. 2010. **Monitoring agricultural drought for arid and humid regions using Multi- Sensor Remote Sensing data**, International Remote Sensing of Environment 114: 2875-2887.

Michel J. Hill, Grahm E. Donald, Michael W. Hyder, Richard C. G. 2004. **Estimation of pasture growth rate in the South West of Western Australia from AVHRR NDVI and climate data**, International Remote Sensing of Environment 93: 528-548.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.10.6]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.1]

Richard, Y. and Poccard, I .1998. **A statistical study of NDVI sensitivity to seasonal and interannual rainfall variaitions in Southen Africa**, International Journal of Remote Sensing, 19(15): 2957-2920.

Singh, A .1989**, Digital change detection techniques using remotely sensed data**, International Journal of Remote Sensing, 10, 989-1003.

Sumida, A., Nakai, T., Yamada, M., One, K., Uemura, S. & Hera, T. 2009. **Ground- Bused Estimation of Leaf Area Index and Vertical Distribution of Leaf Area Density in a Betala ermanii Forest**, Silva fennica 43 (5); 799-816.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.10.6]

[DOI: 10.52547/jgs.21.60.1]