



بررسی گذشته، حال و آینده تغییرات پوشش گیاهی مراتع البرز مرکزی در ارتباط با تغییر اقلیم

دیانا عسکریزاده^۱، حسین ارزانی^{۲*}، محمد جعفری^۲، جواد بذرافشان^۳، آین کالین پرنیس^۴

۱. دانشجوی دکتری علوم مرتع، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۲. استاد گروه احیا مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۳. دانشیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده مهندسی فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران

۴. استاد دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه کالج سلطنتی لندن، سیلوودپارک، انگلستان

مشخصات مقاله

چکیده

پیشینه مقاله:

دریافت: ۲ مرداد ۱۳۹۷

پذیرش: ۲۹ مهر ۱۳۹۷

دسترسی اینترنتی: ۳۰ آبان ۱۳۹۷

واژه‌های کلیدی:

شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی

شاخص بارش استاندارد شده

زنجیره مارکوف

مراتع البرز مرکزی

شتاب در روند تغییرات اقلیمی باعث دگرگونی سریع وضعیت اکوسیستم‌های مرتعی شده است که یافتن روش‌های نوین ارزیابی این تغییرات راهی جهت مدیریت پایدار مراتع محسوب می‌شود. به منظور بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی ناشی از اثرات اقلیمی مراتع البرز مرکزی انتخاب شدند. شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی (NDVI) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست، سنجنده TM، ETM⁺ و OLI برای سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۵ (۳۰ سال) استخراج گردید. با استفاده از شاخص بارش استاندارد شده (SPI) روند خشک‌سالی مورد بررسی قرار گرفت. جهت پیش‌بینی تغییرات آبی پوشش گیاهی مراتع از مدل زنجیره مارکوف استفاده شد. نتایج نشان داد که شاخص (NDVI) از سال‌های گذشته تا حال نوسان داشته است به طوری که ضمن افزایش موقتی تغییرات در بعضی سال‌ها ۱۳۶۶ (۰/۸۶)، ۱۳۸۱ (۰/۸۷)، ۱۳۸۴ (۰/۸۷) و ۱۳۹۴ (۰/۸۶)؛ اما روند تغییرات کلی به صورت کاهش در میزان این شاخص در سال‌های ۱۳۷۴ (۰/۵۳)، ۱۳۷۶ (۰/۶۵)، ۱۳۷۹ (۰/۶۲) و ۱۳۸۷ (۰/۶۱) به خصوص برای طبقات متوسط تا خیلی فقیر بوده است. همبستگی بالا (۰/۹۱/۵) بین شاخص SPI و NDVI نشان می‌دهد که تقریباً در تمامی سال‌های کاهش پوشش گیاهی، خشک‌سالی شدید تا متوسط رخ داده است. همچنین مدل پیش‌بینی مارکوف تغییرات کاهشی شدیدی در میزان شاخص پوشش گیاهی برای سال‌های ۲۰۳۱ و ۲۰۴۵ پیش‌بینی می‌کند. بنابراین مدیریت مراتع باید به گونه‌ای پیش برود که با روند افزایش تدریجی دما و تأثیرات منفی آن بر پوشش گیاهی، از طریق تنظیم ظرفیت چرایی و نیز جایگزینی دام‌های با عملکرد بالا و تقویت گونه‌های گیاهی مقاوم به خشکی نسبت به شرایط آینده آمادگی یابند.

* harzani@ut.ac.ir: پست الکترونیکی مسئول مکاتبات

مقدمه

در شرایط عادی، مناطق کوهستانی با دارا بودن شرایط توپوگرافی ناهموار، ایجاد محیط‌های قابل زیست برای اکثر گونه‌ها را فراهم می‌کند که باعث می‌گردد تا حداقل شتاب تغییر اقلیم در این مناطق اتفاق بیفتاد و به تبع آن تأثیرپذیری کمتری داشته باشد، اما گرمایش جهانی و سرعت گرم شدن سطح کره زمین، باعث به هم ریختن این تعادل اکولوژیکی شده و روند شرایط عادی زیستی گونه‌های کوهستان‌زی را به خطر انداخته است (۳۰). آگاهی از چگونگی تغییرات اقلیم و میزان اثر آن بر گونه‌ها و پوشش گیاهی یک اکوسیستم مرتعی، نقش مهمی در طرح‌های حفاظت و مدیریت پوشش گیاهی آن دارد (۳۲). تغییر اقلیم بر کارکردها و خدمات اکوسیستمی مراتع به صورت کمی و کیفی (چه مثبت و یا چه منفی) اثرگذار است (۸، ۲۱ و ۲۶). مطالعات هاو و همکاران (۳۱) به اثرات تغییر اقلیم بر خدمات اکوسیستمی گراسلندهای چین نشان داده است که عامل بارندگی نقش اساسی در تغییرات این خدمات ایفا می‌کند و اثر آن نیز از طریق مقایسه شاخص نرمال‌شده تفاضل پوشش گیاهی (NDVI) و شاخص بارش استاندارد شده (SPI) در طی ۱۴ سال قابل تشخیص و بررسی شد. مطالعات پیرنیا و همکاران (۵) در سواحل جنوبی دریای خزر نشان داد که شرایط بارندگی و دما در این منطقه طی ۵۰ سال اخیر دچار دگرگونی شده است و به سمت افزایش گازهای گلخانه‌ای و دمای منطقه‌ای در حال پیشروی است.

معادله اکثر شاخص‌های پوشش گیاهی بر این اصل استوار است که گیاه سالم به دلیل کلروفیل بیشتر و دیگر رنگ‌دانه‌ها انعکاس پایینی در بخش مرئی طیف الکترومغناطیس دارد و انعکاس بالایی در بخش مادون‌قرمز نزدیک دارد، زیر انعکاس داخلی به وسیله بافت اسفنجی برگ سبز صورت می‌گیرد (۲۴، ۲۲ و ۴۳). شاخص‌های گیاهی از ترکیب‌های مختلف داده‌های چند طیفی ماهواره‌ای استفاده می‌کنند تا تصویری را ایجاد نمایند که میزان گیاهان موجود و تراکم گیاهی را نشان دهد (۲۷ و ۲۹). شاخص‌های متعددی به منظور مطالعه پوشش گیاهی توسط محققین دیگر مورد

استفاده قرار گرفته است (۲۶، ۳۹ و ۴۱) و به ارزیابی فعالیت‌های فتوسنتزی برگ‌های گیاهان اشاره داشته‌اند (۳۵)، اما شاخص NDVI به علت برآورد فعالیت‌های فتوسنتزی برگ‌های گیاهان از پرکاربردترین و رایج‌ترین این شاخص‌ها محسوب می‌شود (۲۱، ۳۲، ۳۸، ۴۴، ۴۵ و ۴۶). هرچند که ارزانی و همکاران (۳) از بین ۵۹ شاخص پوشش گیاهی مورد مطالعه برای مراتع کوهستانی مازندران به این نتیجه رسیدند شاخص VI_{10} برای پوشش یک‌ساله، شاخص‌های VI_{16} ، VI_{10} ، $MIRV_1$ برای پوشش گندمیان، شاخص‌های PD_{312} ، VI_9 ، $MIRV_1$ و GVI برای پوشش گیاهی بوته‌ای، شاخص‌های VI_5 ، VI_{12} و $MIRV_2$ با پوشش کل و شاخص‌های $MIRV_2$ ، VI_{10} و VI_6 برای مطالعه پوشش گیاهی فورب مناسب هستند.

به‌علت وسعت مراتع و نیز نبود وقت و صرفه اقتصادی، امروزه روش‌های مدرن جای روش‌های سنتی را در ارزیابی‌های مرتع گرفته است (۷ و ۱۳). در چنین وضعیتی، استفاده از تکنیک‌های ارزیابی توسط داده‌های ماهواره‌ای امکان مطالعه گسترده پوشش گیاهی در بعد زمان و مکان را فراهم می‌سازد (۱۲، ۲۸ و ۵۰). از بین تصاویر ماهواره‌های متفاوت، داده‌های ماهواره لندست برای مطالعه پوشش گیاهی، شاخص سطح برگ و عملکرد مرتع نیز مورد استفاده قرار گرفته است (۲۰، ۲۶، ۴۷ و ۴۸). جباری و همکاران (۶) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و شاخص NDVI به بررسی تغییرات درصد پوشش گیاهی مراتع سمیرم اصفهان پرداختند و نتیجه گرفتند که افزایش طبقات ضعیف‌تر (۲۰-٪) موجب کاهش طبقات متوسط (۴۰-٪) و خوب (۶۰-٪) شده است. کاظمی‌نیا (۱۵) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ETM^+ و شاخص SAVI به بررسی پوشش گیاهی غرب کشور پرداخت و نتیجه گرفت که در بازه زمانی (۲۰۱۲-۲۰۰۰) مساحت پوشش گیاهی ضعیف و خوب افزایش و سطح پوشش گیاهی متوسط کاهش یافته است.

استفاده از شاخص NDVI در مطالعات خشک‌سالی اخیراً مورد توجه قرار گرفته است (۳۷). کای و همکاران (۲۳) در ارزیابی پایش خشک‌سالی منطقه یُنان با استفاده از داده‌های

تغییر کاربری در ناحیه جنگل بوده و در آینده به کاربری‌های کشاورزی آبی و مرتع تبدیل خواهد شد. کریمی و کمکی (۱۶) نتایج حاصل از زنجیره مارکوف را برای ارائه دیدی کلی به منظور مدیریت بهتر منابع طبیعی حائز اهمیت دانستند.

با توجه به تغییرات در شرایط اقلیمی (نوسانات خشک‌سالی) سال‌های اخیر در کشور و بخصوص مراتع کوهستانی، آگاهی از روند تغییرات پیش‌آمده در مراتع به منظور مدیریت اصولی ضروری به نظر می‌رسد. استخراج روند تغییرات پوشش گیاهی از گذشته تا حال به کمک تصاویر ماهواره‌ای، ضمن بررسی روند این تغییرات، قابلیت پردازش تصاویر برای پیش‌بینی تغییرات آتی پوشش گیاهی مراتع را نیز به دست می‌دهد که مبنای مطالعه در مراتع کوه دماوند شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

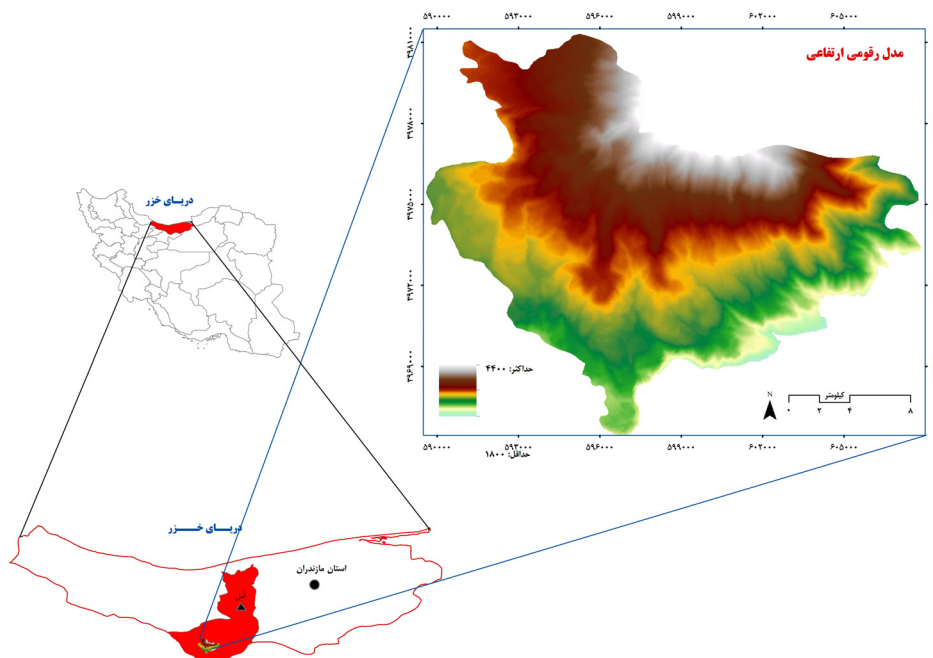
محدوده مطالعه در مراتع پلور و سد لار با مساحتی به وسعت ۱۳۶۰۰ هکتار، زیر قله دماوند است که بین طول جغرافیایی "۳۰' ۵۸' ۵۱" تا "۵۷' ۱۰' ۵۲" شرقی و عرض جغرافیایی "۲۸' ۵۰' ۳۵" تا "۲۳' ۵۸' ۳۵" شمالی در جنوب شهرستان آمل استان مازندران واقع شده است (شکل ۱). شیب غالب منطقه ۱۵-۵٪ و جهت شرقی و جنوب-شرقی است. محدوده مورد مطالعه از ارتفاع ۲۰۰۰ تا ۴۴۰۰ متر واقع شده است، که دارای تشکیلات زمین ساختمانی ماگمایی با سنگ‌های آذرین و کنگلومرای است. به لحاظ تقسیم‌بندی پابو، مراتع زیر قله دماوند و بخصوص منطقه مورد مطالعه جزء مراتع نیمه استپی سرد محسوب می‌شود (۴). به لحاظ سیمای ظاهری پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه پوشیده از گونه‌های غالب گندمی *Agropyron elongiformis*, *Agropyron intermedium* است که گونه‌های متعدد بالشتکی نظیر *Onobrychis cornata*, *Acantholimon hohenackeri*, *Astragalus effesus* را در برگرفته‌اند. مساحت کل مراتع مورد چرای دام در حدود

تصاویر مودیس به این نتیجه رسیدند که استفاده از داده‌های ماهواره‌ای از دقت بالایی در پایش و تشخیص خشک‌سالی‌های منطقه‌ای برخوردار است. خسروی و همکاران (۳۶) با استفاده از شاخص بارش استاندارد (SPI) و شاخص پوشش گیاهی (NDVI) به مطالعه اثر خشک‌سالی بر پوشش گیاهی مناطق بیابانی بین سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۴ (بازه ۲۰ ساله) بررسی کردند و نتیجه گرفتند که شدیدترین خشک‌سالی مربوط به سال ۱۳۸۸ بوده است. همچنین بیشترین همبستگی بین پوشش گیاهی مراتع و شاخص بارش استاندارد رخ داده است، که نشان از کاهش پوشش گیاهی مراتع داشت، درحالی‌که اراضی کشاورزی حساسیت کمتری به این شاخص به علت استفاده از آب‌چاه‌ها داشتند. جیانگ و همکاران (۳۴) در بررسی ارتباط بین خشک‌سالی و پوشش گیاهی (شاخص پوشش گیاهی NDVI) در چین طی دوره ۲۰۱۳-۱۹۸۲ (۳۰ سال) با استفاده از شاخص تبخیر و تعرق- بارش استاندارد به این نتیجه رسیدند که شاخص NDVI در سال‌های متفاوت مورد مطالعه دچار نوسان بوده و به صورت کلی به علت داشتن آب‌های سطح الارضی، این شاخص افزایش نشان می‌دهد و بین شاخص پوشش گیاهی و بارش-تبخیر استاندارد نیز همبستگی بالایی وجود دارد. محمدیاری و همکاران (۱۷) با استفاده از تکنیک‌های سنجش‌ازدور و GIS به بررسی تغییرات ۱۴ ساله پوشش گیاهی بهبهان پرداختند و نتیجه گرفتند که بیشترین کاهش مساحت مربوط به اراضی مرطوب با پوشش خوب بوده است و همچنین همبستگی بالای شاخص NDVI با دمای محیط نشان داد که با کاهش این شاخص برافزایش دمای محیط تأثیر گذاشته است.

محمدی و همکاران (۱۸) در تحقیقی تحت عنوان پایش و پیش‌بینی تغییرات کاربری/پوشش اراضی و ارتباط آن با خشک‌سالی از زنجیره مارکوف برای سال ۱۴۱۰ استفاده کردند. در این راستا عزیززی قلاتی و همکاران (۱۱) تحقیقی به‌منظور پیش‌بینی تغییرات مکانی کاربری اراضی با استفاده از مدل زنجیره‌های مارکوف در منطقه کوهمره سرخی استان فارس انجام دادند. بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه بیشترین

۲۰٪ چریده می‌شوند. این دام‌ها اواخر خرداد به منطقه آمده و تا نزدیک به انتهای شهریور در منطقه می‌مانند (۱۰ و ۱۴).

۱۳۶۰۰ هکتار است که توسط ۱۴۰۰۰ دام‌های عشایری نظیر گوسفند (نژاد شال و سنگسری) و بز به ترتیب با نسبت ۸۰ و



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور، استان و شهرستان

روش تحقیق

است اما به منظور کنترل تصویر ماهواره‌ای از نظر ثبت دقت زمینی، تصحیح هندسی بر روی تصاویر انجام شد. برای رسیدن به این منظور، تصاویر سنجنده‌های TM، ETM⁺ و OLI به روش تصویر به تصویر زمین مرجع شدند (۹ و ۴۱). تصحیح اتمسفری و رادیومتریک توسط روش فلاش (FLAASH) (۲۸) بر روی فایل فراداده (Meta Data) در محیط نرم‌افزار ENVI انجام شد. پس از استخراج شاخص‌های پوشش گیاهی در محیط نرم‌افزاری ENVI، در نرم‌افزار IDRISI طبقه‌بندی کلاس‌ها انجام شد (۴۴). جهت طبقه‌بندی از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده (۱۹) و از الگوریتم بیشترین شباهت استفاده گردید (۳۶). ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصاویر با استفاده ضریب کاپا انجام شد. در طبقه‌بندی مقادیر کمتر از صفر به دلیل اینکه عاری از پوشش گیاهی هستند و بیشتر اثر انعکاس مناطق برفی و آب و رطوبت را شامل می‌شوند، صفر در نظر گرفته شدند (۲۲) و مقادیر بیشتر از صفر با توجه به

تصاویر ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه طبق سیستم مرجع جهانی مربوط به صفحات با مشخصات قطعه و ردیف به ترتیب ۱۶۴ و ۳۵ منطقه پلور با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر از سایت تصاویر ماهواره‌ای USGS مربوط به روزهای ۴، ۵ و ۴ تیرماه (هم‌زمان با برداشت صحرائی) طی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۶۶ در بازه زمانی ۳۰ ساله از آرشیو این سایت دانلود شد. تصاویر استخراج‌شده مربوط به ماهواره لندست ۴ (TM) و ۵ (TM)، ۷ (ETM⁺) و لندست (OLI) ۸ بوده است. پیش‌پردازش‌های صورت گرفته روی تصاویر ماهواره‌ای شامل تصحیح هندسی، اتمسفری و رادیومتریک بوده است. با توجه به اینکه تصاویر به کاررفته در این تحقیق مربوط به تصاویر سطح یک ماهواره TM است، بنابراین این تصاویر ژئورفرنس شده‌اند و نمونه‌گیری مجدد بر روی آنها از قبل اعمال شده

نوع منطقه در ۸ گروه تقسیم‌بندی شد (۲۵) که در جدول ۱ مساحت و وضعیت هر یک از کلاس‌های پوشش گیاهی نشان داده شد و نشان‌دهنده واقعیت میدانی بوده است. سپس محاسبه و استخراج شد.

جدول ۱. طبقه‌بندی استفاده‌شده برای شاخص پوشش گیاهی

کد کلاس	نام طبقه	عدد شاخص پوشش گیاهی
۱	پوشش برف	<۰
۲	خاک لخت	۰ - ۰/۱
۳	پوشش خیلی فقیر	۰/۱ - ۰/۲
۴	پوشش فقیر	۰/۲ - ۰/۳
۵	پوشش متوسط به فقیر	۰/۳ - ۰/۴
۶	پوشش متوسط به خوب	۰/۴ - ۰/۵
۷	پوشش خوب	۰/۵ - ۰/۶
۸	پوشش خیلی خوب	۰/۶ - ۰/۷
۹	پوشش عالی (مشجر)	>۰/۷

قوی در همبستگی ($r=0.86/73$) بین دو سری داده وجود دارد. به عبارتی، طبقه‌بندی شاخص NDVI به ۹ طبقه مطابق با واقعیت میدانی صورت گرفته است و لذا می‌توان از آن‌ها برای تفسیر نتایج استفاده کرد. به منظور بررسی روند تغییرات شاخص پوشش گیاهی (NDVI) در بازه زمانی ۳۰ ساله (۱۳۶۶-۱۳۹۵)، داده‌های آماری مربوط به ایستگاه‌های کلیماتولوژی و سینوپتیک هم‌جوار استخراج و پس از داده-کاوی داده‌های ایستگاه‌ها و برقراری رابطه رگرسیونی بین آن‌ها (ضرایب همبستگی ۰/۸۹۳، ۰/۹۱۵ و ۰/۸۹۵ به ترتیب برای دمای حداکثر، حداقل و بارندگی)، داده‌های اقلیمی زمانی و مکانی مورد مطالعه استخراج گردید. برآورد دوره‌های خشک‌سالی با استفاده از شاخص بارش استاندارد (Standardized Precipitation Index, SPI) به دست آمد که دامنه عددی این شاخص بین ۲+ (شدیداً ترسالی) تا ۲- (خشک‌سالی خیلی شدید) است (۴۱) و با استفاده از نرم‌افزار DIP (Drought Indicis Package) محاسبه گردید. پس از محاسبه این شاخص برای هر سال، بین اعداد به دست آمده با شاخص NDVI در هر سال، با استفاده از تکنیک رسته‌بندی PCA میزان وابستگی و گروه‌بندی آن‌ها استخراج گردید. از

جهت ایجاد شبکه نمونه‌برداری به منظور صحت برآورد شاخص NDVI توسط سنجنده‌ها با واقعیت زمینی پوشش گیاهی، مناطق معرفی که دارای همگنی پوشش گیاهی و نیز به لحاظ توپوگرافی در شرایط مطلوب به لحاظ پوشش دادن مکانی و زمانی تصاویر ماهواره‌ای بود، انتخاب شدند که در آن نوارهای باریکی به طول ۲۰۰ متر (به دلیل کوهستانی بودن) و به فاصله ۱۰۰ متر از یکدیگر مستقر شدند. طول نوار باریک و همچنین چگونگی پراکنش آن تابعی از پستی و بلندی منطقه و با توجه به همگنی پراکنش گونه‌ها صورت گرفته تا برآورد مناسبی از وضعیت مرتع بیان کند (۳). سپس در طول هر نوار ۱۰ پلات یک مترمربعی به فاصله ۲۰ متر از یکدیگر مستقر شد (۱). تاج پوشش گونه‌های گیاهی در داخل هر پلات برحسب درصد یادداشت گردید و موقعیت جغرافیایی آن (طول و عرض) با GPS مدل گارمین ۱۵۰ ثبت شد. جهت تعیین میزان همبستگی بین شاخص پوشش گیاهی (NDVI) با پوشش سطحی اندازه‌گیری سال مطالعه ۱۳۹۵، از روش آماری رگرسیون ساده استفاده شد (۲). همبستگی (پیرسون) بین داده‌های پوشش گیاهی و شاخص NDVI به دست آمده از تصویر ماهواره‌ای سال برداشت ۱۳۹۵ نشان می‌دهد ارتباط

متغیرها با استفاده از آزمون کای اسکوئر و ضریب وی کرامر مورد سنجش قرار گرفت (۴۹).

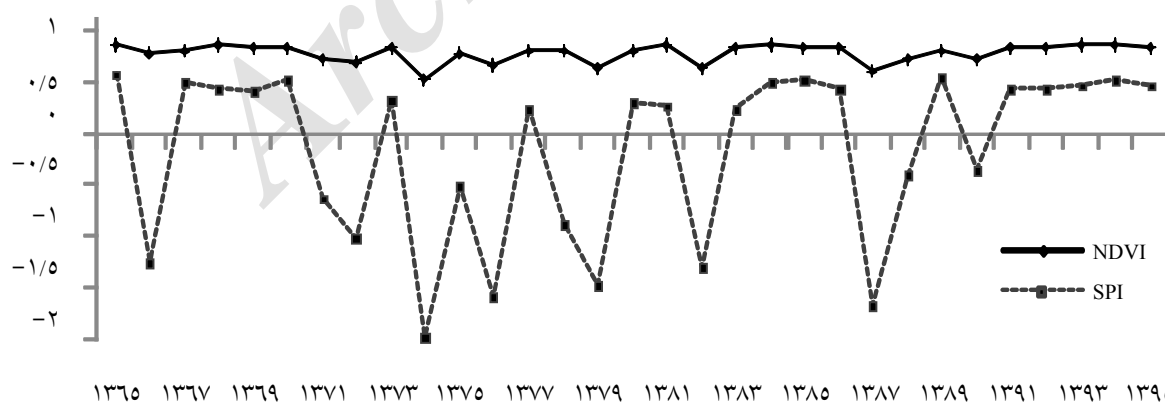
نتایج

نتایج آنالیز رگرسیونی بین شاخص بارش نرمال استاندارد (SPI) و شاخص پوشش گیاهی (NDVI) نشان داد که همبستگی بالایی بین آن‌ها برقرار است (جدول ۲). همان‌طور که در شکل ۲ ملاحظه می‌شود، روند انطباق‌پذیری خطوط این دو شاخص تقریباً مشابه هم عمل می‌کنند. همچنین بر اساس شاخص بارش استاندارد، سال‌های ۱۳۷۴، ۱۳۸۷، ۱۳۷۶ و ۱۳۷۹ خشک‌سالی همراه بوده و شدیدترین خشک‌سالی نیز مربوط به سال ۱۳۷۴ بود. نتایج تفکیک و گروه‌بندی توسط تکنیک PCA برای سال‌هایی که در آن خشک‌سالی اتفاق افتاده است، نشان می‌دهد که در محور اول درجات خشک‌سالی از چپ (شدیدترین دوره خشک‌سالی) تا منتهی‌الیه راست (ترسالی) قرار گرفته است (شکل ۳).

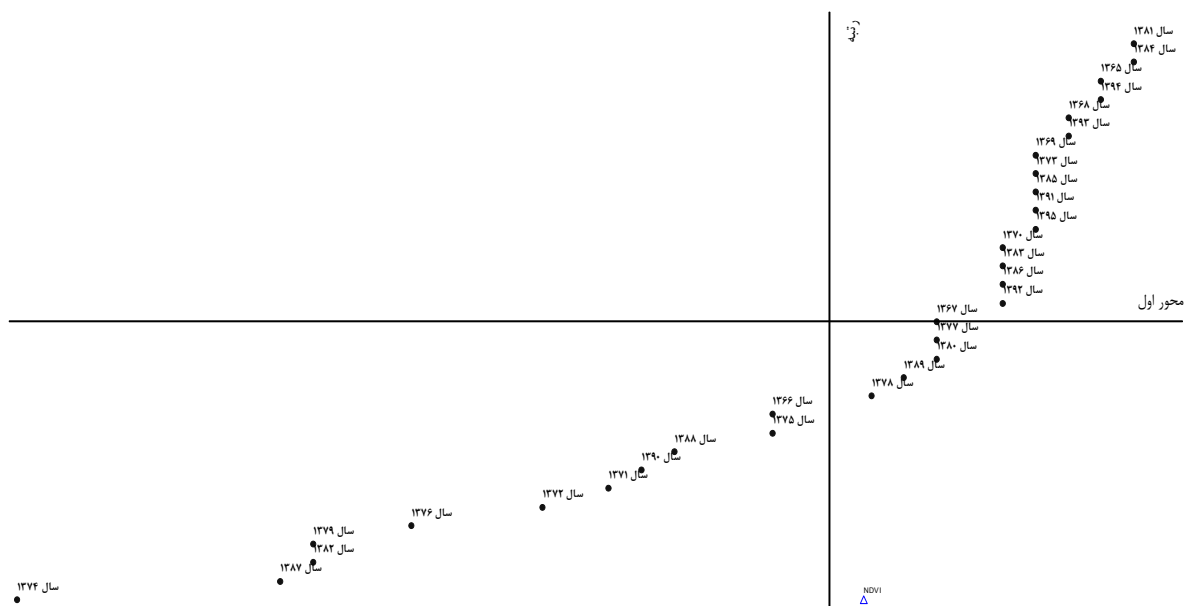
مدل زنجیره مارکوف به منظور پیش‌بینی تغییرات وضعیت پوشش گیاهی در آتی با استفاده از تصاویر پوشش گیاهی سال‌های مبنای ۱۳۶۶ و ۱۳۸۰ استفاده شد. با معرفی این دو سال برای سیستم، پیش‌بینی شاخص پوشش گیاهی سال ۱۳۹۵ (سالی که اندازه‌گیری زمینی پوشش گیاهی در آن صورت گرفت) به دست آمد. با برقراری رابطه رگرسیونی بین مدل پیش‌بینی شده شاخص پوشش گیاهی سال ۱۳۹۵ و نیز شاخص پوشش گیاهی حاصل از تصاویر واقعی سال ۱۳۹۵، میزان همبستگی بین پیش‌بینی و واقعی (۹۸/۶۵٪) به دست آمد که نشان از قابلیت بالای مدل مارکوف در پیش‌بینی وضعیت آتی شاخص پوشش گیاهی دارد. سپس با استفاده از تصاویر شاخص پوشش گیاهی سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵ شاخص پوشش گیاهی برای سال‌های ۱۴۱۰ و ۱۴۲۵ پیش‌بینی شد و جهت آشکارسازی تغییرات رخ داده از سال ۱۳۹۵ تا سال ۱۴۲۵ از دستور جداول متعامد (Crosstab) در نرم‌افزار ادریسی استفاده شد. به منظور استخراج نقشه‌های موضوعی از نرم‌افزار ArcGIS استفاده شد. معناداری و میزان همبستگی

جدول ۲. ضریب همبستگی بین دو شاخص NDVI و SPI

انحراف معیار از برآورد	ضریب تبیین تعدیل شده	ضریب تبیین	ضریب همبستگی
۰/۰۳۷۴	۰/۸۳۱	۰/۸۳۶	۰/۹۱۵



شکل ۲. روند بررسی شاخص خشک‌سالی SPI و پوشش گیاهی NDVI طی دوره سی ساله (۱۳۶۶-۱۳۹۵)



شکل ۳. رسته‌بندی PCA از وضعیت خشک‌سالی‌ها طی دوره ۳۰ ساله

غیره تبدیل شده است. بیشترین تغییر در پوشش گیاهی طبقات، مربوط به طبقه ۴ یعنی پوشش فقیر است، به طوری که از ۸۲۹/۹۸ هکتار تغییرات این طبقه، میزان جابجایی این طبقه به سمت منفی (کاهش سطح) طی سه مرحله پوشش خیلی فقیر (۱۳۱/۱۳ هکتار)، خاک لخت (۱۵/۳ هکتار) و پوشش برفی (۰/۷۲ هکتار) بوده است. ضمن اینکه میزان جابجایی ۲۴۹/۹۳ هکتار در همین طبقه (پوشش فقیر) به دیگر نقاط نیز قابل توجه است، اما گرایش مثبت نیز از این طبقه به دیگر طبقات (با وضعیت بهتر) نیز صورت گرفته است. مثلاً، به میزان ۱۶۱/۶۴ هکتار به طبقه متوسط به فقیر، ۸۲/۴۴ هکتار به طبقه متوسط به خوب، ۴۳/۵۶ هکتار به طبقه خوب، ۱۲/۲۴ هکتار طبقه خیلی خوب و در نهایت ۰/۸۱ هکتار نیز به طبقه عالی تغییر ماهیت دادند.

آنالیز تصاویر ماهواره‌ای بر روی شاخص NDVI نشان می‌دهد که تغییرات پوشش گیاهی از سال ۱۳۶۶ تا سال ۱۳۸۰ چشم‌گیر بوده است، به طوری که از ۱۳۶۰۰ هکتار مراتع مورد بررسی زیر قله دماوند، حدود ۸۳۲۵ هکتار دچار دگرگونی شده‌اند (جدول ۳). سطح پوشش برفی زیر قله بیشترین تغییر را داشته است، به عبارتی تغییر پوشش برفی در جهت افزایش سطح بوده اما نسبت به سال مبنا ۱۳۶۶ در جهات مختلف حرکت داشته است و اوج این جابجایی مربوط به سال‌های ۱۳۷۱ و ۱۳۷۷ (شکل ۴) بوده است. افزایش و جابجایی پوشش برفی به میزان ۴۰۹۰/۵ هکتار صورت گرفت. اما از پوشش برفی به دیگر طبقات نیز تبدیلاتی صورت گرفته است؛ به عنوان مثال، ۱۷۸/۱۱ هکتار به خاک لخت، ۷۱/۱۹ هکتار آن به پوشش خیلی فقیر، ۳۶/۹ هکتار به پوشش فقیر و

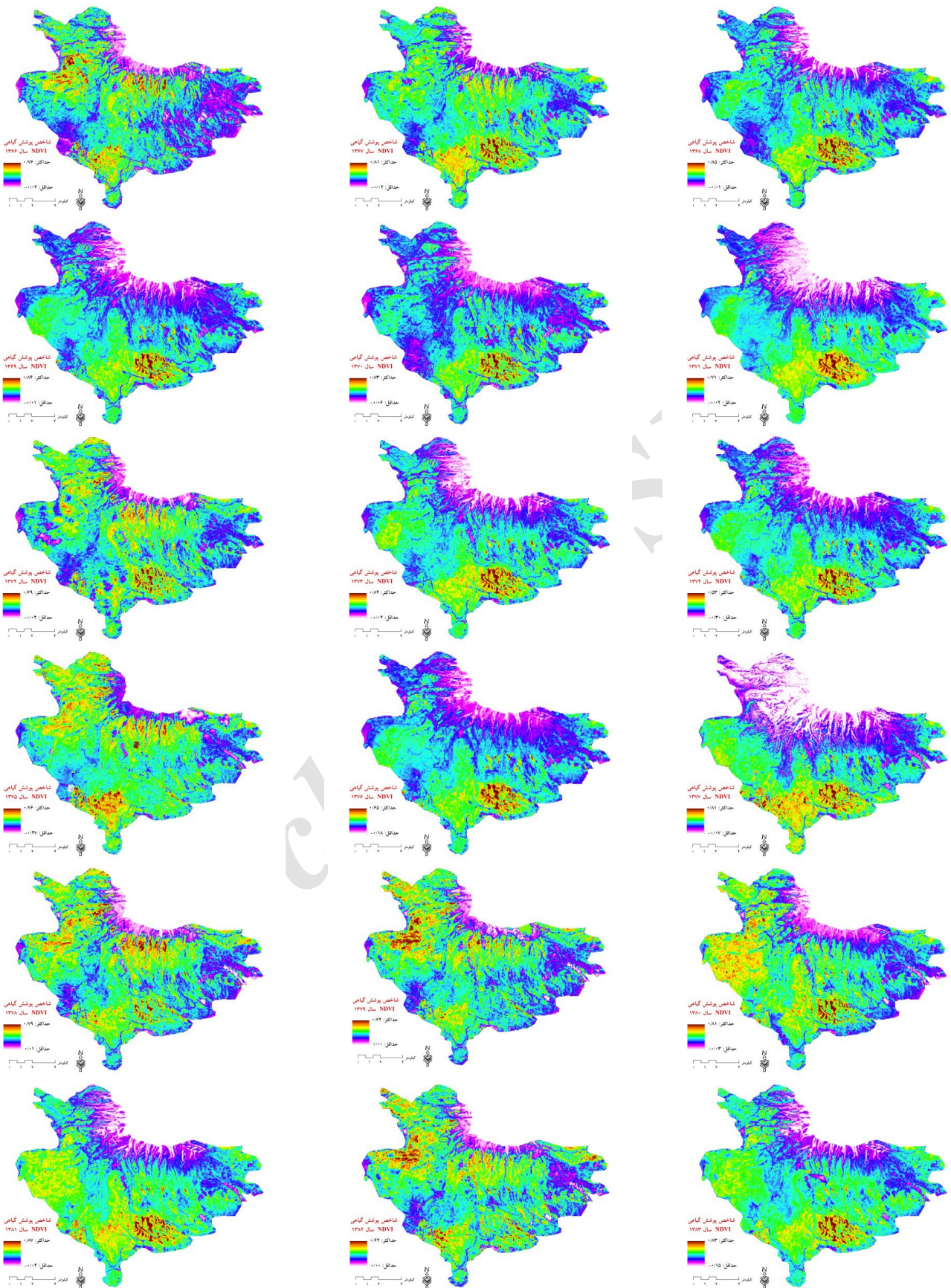
جدول ۳. میزان تغییرات طبقات پوشش گیاهی از سال ۱۳۶۶ به سال ۱۳۸۰

کد کلاس طبقات تغییر پوشش گیاهی مربوط به سال ۱۳۶۶

کد کلاس طبقات تغییر پوشش گیاهی مربوط به سال ۱۳۸۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	جمع
۱	۴۰۹۰/۵	۰/۹	۰/۷۲	۱/۸۹	۱/۰۸	۰/۳۶	۰/۰۹	۰	۰	۴۰۹۵/۵۴
۲	۱۷۸/۱۱	۹۱/۱۷	۴۵/۳۶	۱۵/۳	۷/۷۴	۰/۶۳	۰/۵۴	۰	۰	۳۳۸/۸۵
۳	۷۱/۱۹	۸۹/۹۱	۲۶۴/۰۶	۱۳۱/۱۳	۶۲/۰۱	۳۰/۶	۹/۳۶	۲/۰۷	۰/۰۹	۶۶۱/۲۳
۴	۳۶/۹	۵۱/۵۷	۱۶۵/۹۶	۲۴۹/۹۳	۱۶۱/۶۴	۸۲/۴۴	۴۳/۵۶	۱۲/۲۴	۰/۸۱	۸۰۵/۰۵
۵	۲۵/۲	۴۱/۴۹	۸۶/۸۵	۱۹۵/۷۵	۲۱۸/۹۷	۱۳۱/۰۴	۷۵/۷۸	۱۵/۱۲	۲/۷	۷۹۲/۹
۶	۲۴/۴۸	۳۰/۵۱	۶۳/۴۵	۱۲۱/۷۷	۱۴۹/۱۳	۱۴۷/۵۱	۹۸/۵۵	۲۶/۵۵	۳/۶۹	۶۶۵/۶۴
۷	۱۲/۳۳	۱۴/۱۳	۲۴/۱۲	۸۷/۹۳	۱۴۳/۴۶	۱۰۰/۴۴	۷۴/۹۷	۳۳/۶۶	۵/۷۶	۴۹۶/۸
۸	۵/۰۴	۵/۰۴	۳/۱۵	۲۵/۲۹	۷۴/۵۲	۴۷/۰۷	۲۳/۳۱	۳۲/۷۶	۱۲/۳۳	۲۲۸/۵۱
۹	۰/۹	۰/۳۶	۰/۶۳	۰/۹۹	۱/۴۴	۲/۷۹	۱/۵۳	۶/۳۹	۲۳/۴	۳۸/۴۳
جمع	۴۴۴۴/۶۵	۳۲۵/۰۸	۶۵۴/۳	۸۲۹/۹۸	۸۲۰/۸	۵۴۲/۸۸	۳۲۷/۶۹	۱۲۸/۷۹	۴۸/۷۸	۸۳۲۵/۳۶

مقابل حداکثر شاخص پوشش گیاهی NDVI مربوط به سالهای ۱۳۸۱ و ۱۳۸۴ (مقدار شاخص ۰/۸۷) و مقدار شاخص ۰/۸۶ مربوط به سالهای ۱۳۶۶ و ۱۳۹۴ در حد بالایی بوده است. کمترین مقدار شاخص NDVI (۰/۴۷-) مربوط به سال ۱۳۷۵ است و نکته قابل توجه دیگر حذف پوشش برفی در محدوده مورد مطالعه در سالهای ۱۳۷۹، ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ است (شکل‌های ۴ و ۵). لازم به ذکر است که بالاترین محدوده مورد مطالعه (۴۴۰۰ متر) دقیقاً زیر قله دماوند واقع شده است.

نتایج آزمون کای اسکور (۲۲۸۸۲۲/۷۳) در سطح یک درصد نشان می‌دهد که ارتباط معنی‌داری بین متغیرهای طبقات وجود دارد که ضریب وی کرامر به میزان ۰/۶۲۴ بر همبستگی آن‌ها صحت می‌گذارد. همچنین ضریب کاپای بالای ۸۰ درصد (۰/۸۲۶) نیز بر صحت طبقه‌بندی فوق تأکید دارد. روند تغییرات سال‌به‌سال پوشش گیاهی توسط شاخص NDVI نشان می‌دهد که حداقل شاخص برای پوشش گیاهی مربوط به سال ۱۳۷۴ است که سال‌های نزدیک به آن ۱۳۸۷ (مقدار شاخص ۰/۶۱)، ۱۳۷۹ و ۱۳۸۲ (مقدار شاخص ۰/۶۲) بوده است و در



شکل ۴. روند تغییرات شاخص پوشش گیاهی NDVI طی سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۸۳

تغییرات منفی پوشش گیاهی به معنی تمایل به طبقات ضعیف‌تر ماقبل خود نشان دادند. به‌عنوان مثال، به میزان ۴۹۸/۴۲ هکتار از طبقه ۴ (پوشش خیلی فقیر) سال ۱۳۸۰ به طبقه ۵ (پوشش فقیر) تغییر یافتند درحالی‌که ۲۶۰/۷۳ هکتار از طبقه ۶ به پوشش متوسط به فقیر تبدیل شدند. نتایج آنالیز کای اسکوتر (۳۳۱۸۲۶/۹۶) در سطح ۹۹٪ نشان می‌دهد که ارتباط بسیار بالایی بین طبقات وجود دارد و میزان همبستگی بالای ۰/۷۳/۴۲ وی کرامر با صحت ضریب کاپای ۰/۹۲۳ نیز بر ارتباط قوی و درستی طبقات تأکید دارند.

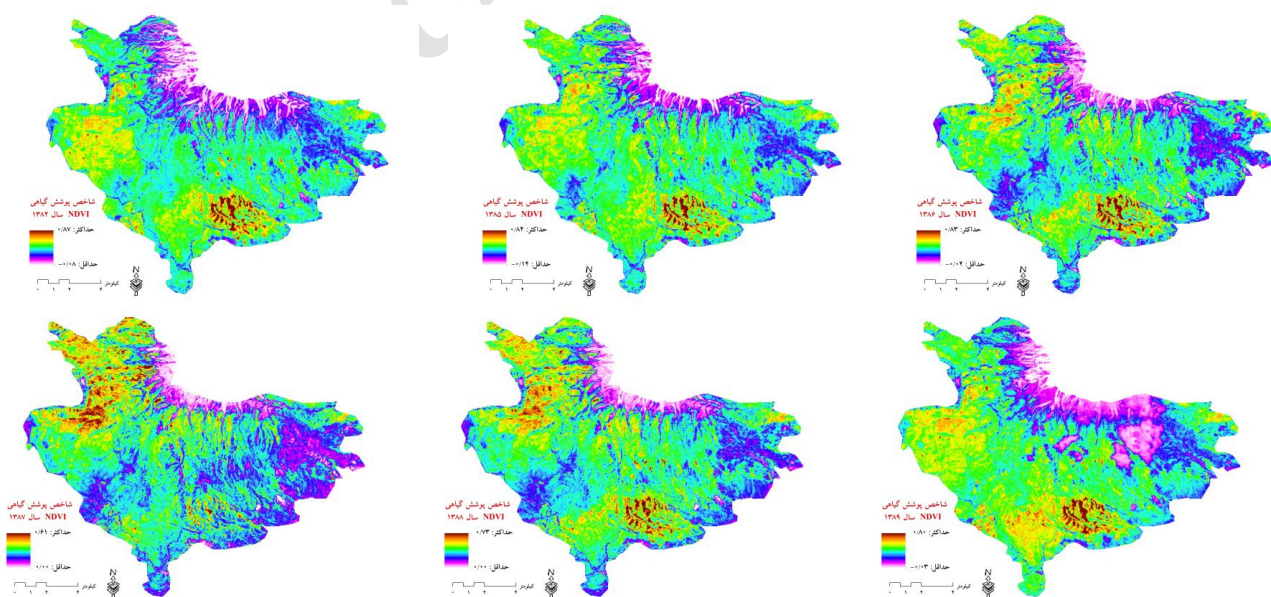
همانند ۱۵ سال قبل از سال ۱۳۸۰، در ۱۵ سال اخیر نیز بیشترین میزان تغییرات مربوط به سطح پوشش برف در زیر قله دماوند بوده است (شکل‌های ۵ و ۶)، اما به‌گونه‌ای نبوده است که هدر رفت زیادی داشته باشد (جدول ۴). از سطح پوشش برفی، به میزان ۱۳/۴۱ هکتار به خاک لخت، ۲/۹۷ هکتار به پوشش خیلی فقیر، ۰/۹ هکتار به پوشش فقیر و غیره تبدیل شده است. هرچند که میزان تغییرات پوشش گیاهی در طبقات ۳، ۴ و ۵ به سمت مثبت (یعنی تبدیل وضعیت به طبقات بالاتر از خود) بوده است، اما از طبقات ۶ تا ۹ نیز

جدول ۴. میزان تغییرات طبقات پوشش گیاهی از سال ۱۳۸۰ به سال ۱۳۹۵

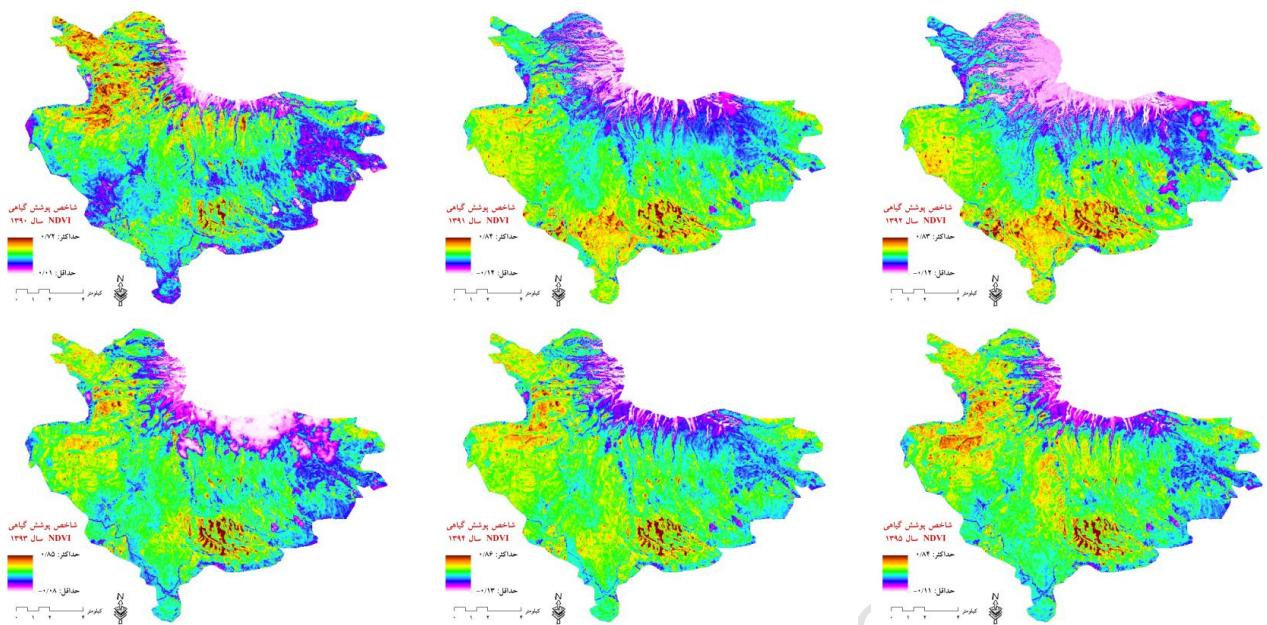
کد کلاس طبقات تغییر پوشش گیاهی مربوط به سال ۱۳۸۰

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	جمع
۱	۴۰۴۰/۲۸	۱۲/۹۶	۱/۶۲	۰/۷۲	۰/۱۸	۰/۴۵	۰/۳۶	۰	۰/۰۹	۴۰۵۶/۶۶
۲	۱۳/۴۱	۸۱/۳۶	۴/۲۳	۱/۸۹	۰/۰۹	۰	۰	۰	۰	۱۰۰/۹۸
۳	۲/۹۷	۱۸۶/۸۴	۶۰/۲۱	۷/۲	۱/۸	۰/۴۵	۰/۵۴	۰/۰۹	۰	۲۶۰/۱
۴	۰/۹	۵۳/۴۶	۴۲۳	۲۰۷/۸۱	۴۷/۷	۱۴/۴۹	۴/۳۲	۰/۹۹	۰/۱۸	۷۵۲/۸۵
۵	۱/۱۷	۴/۰۵	۱۶۴/۳۴	۴۹۸/۴۲	۴۷۱/۶۹	۲۶۰/۷۳	۱۱۰/۰۷	۲۱/۸۷	۰/۶۳	۱۵۳۲/۹۷
۶	۰/۲۷	۰/۱۸	۷/۶۵	۸۶/۵۸	۲۵۸/۰۳	۳۳۳/۸۱	۲۴۲/۱	۷۶/۷۷	۱/۹۸	۱۰۰۷/۳۷
۷	۰/۱۸	۰	۰/۰۹	۲/۲۵	۱۲/۷۸	۵۳/۸۲	۱۳۳/۱۱	۹۸/۹۱	۵/۸۵	۳۰۶/۹۹
۸	۰	۰	۰	۰/۰۹	۰/۳۶	۱/۲۶	۶/۰۳	۲۸/۸۹	۱۵/۸۴	۵۲/۴۷
۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۹۹	۱۳/۸۶	۱۴/۸۵
جمع	۴۴۴۴/۶۵	۳۲۵/۰۸	۶۵۴/۳	۸۲۹/۹۸	۸۲۰/۸	۵۴۲/۸۸	۳۲۷/۶۹	۱۲۸/۷۹	۴۸/۷۸	۸۰۸۵/۲۴

کد کلاس طبقات تغییر پوشش گیاهی مربوط به سال ۱۳۹۵



شکل ۵. روند تغییرات شاخص پوشش گیاهی NDVI طی سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۹



شکل ۶. روند تغییرات شاخص پوشش گیاهی NDVI طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵

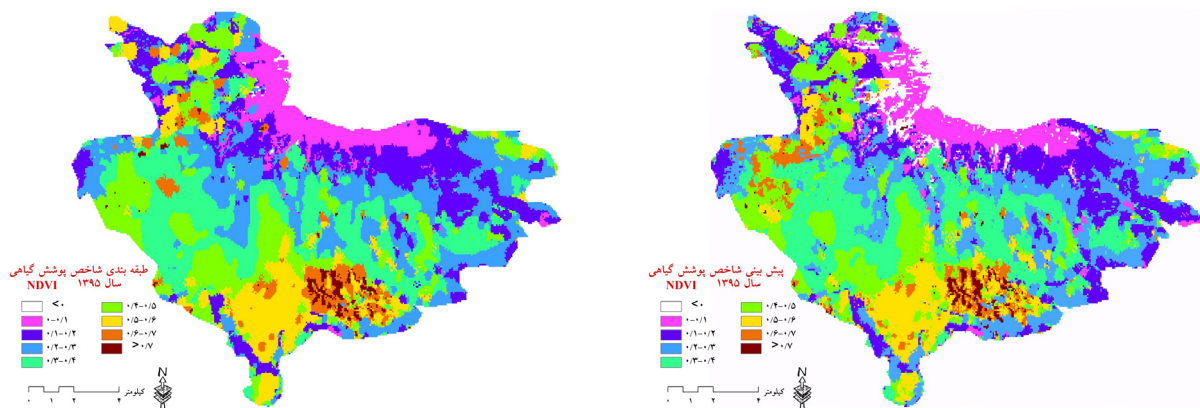
این مدل دارد، لذا می‌توان از آن به‌منظور پیش‌بینی تغییرات آینده پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه استفاده کرد. ماتریس تغییرات مربوط به این پیش‌بینی در جدول ۵ آمده است. نسبت‌های ارائه‌شده میزان تغییرات هر طبقه را نشان می‌دهد که مدل مارکوف برای سال ۱۳۹۵ پیش‌بینی کرده است و در اکثر موارد مبین تغییرات اندک است.

به‌منظور پیش‌بینی روند تغییرات پوشش گیاهی در سال‌های آینده، طبق مدل زنجیره‌ای مارکوف، داده‌های شاخص پوشش گیاهی NDVI تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۱۳۶۶ و ۱۳۸۰ به‌عنوان ورودی سیستم معرفی شدند که میزان شاخص NDVI ۱۳۹۵ را پیش‌بینی نماید (شکل ۷). بالا بودن میزان ضریب همبستگی (۰/۹۰/۲۴) نشان از بالا بودن قدرت پیش‌بینی

جدول ۵. ماتریس پیش‌بینی تغییرات پوشش گیاهی برای سال ۲۰۱۶ توسط مدل مارکوف

کد کلاس طبقات تغییر پوشش گیاهی

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
کد کلاس طبقات تغییر پوشش گیاهی	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
۱	۰/۹۱۱۱	۰/۰۴۴۷	۰/۰۱۷۹	۰/۰۰۹۳	۰/۰۰۶۳	۰/۰۰۶۱	۰/۰۰۳۱	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۰۲
۲	۰/۰۰۲۸	۰/۲۷۷۶	۰/۲۷۷۷	۰/۱۵۹۳	۰/۱۲۸۱	۰/۰۹۴۲	۰/۰۴۳۶	۰/۰۱۵۶	۰/۰۰۱۱
۳	۰/۰۰۱۱	۰/۰۶۹۸	۰/۳۹۹۵	۰/۲۵۵۴	۰/۱۳۳۶	۰/۰۹۷۶	۰/۰۳۷۱	۰/۰۰۴۸	۰/۰۰۱۰
۴	۰/۰۰۲۳	۰/۰۱۸۵	۰/۱۵۸۷	۰/۲۹۸۱	۰/۲۳۶۹	۰/۱۴۷۳	۰/۱۰۶۴	۰/۰۳۰۶	۰/۰۰۱۲
۵	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۹۵	۰/۰۷۶۸	۰/۱۹۷۶	۰/۲۶۴۱	۰/۱۸۲۳	۰/۱۷۵۴	۰/۰۹۱۱	۰/۰۰۱۸
۶	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۱۲	۰/۰۵۶۶	۰/۱۵۲۴	۰/۲۴۲۳	۰/۲۶۹۰	۰/۱۸۵۷	۰/۰۸۷۰	۰/۰۰۵۲
۷	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۱۷	۰/۰۲۸۶	۰/۱۳۳۳	۰/۲۳۱۹	۰/۳۰۱۶	۰/۲۲۶۵	۰/۰۷۱۳	۰/۰۰۴۷
۸	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۱۶۱	۰/۰۹۵۴	۰/۱۱۷۸	۰/۲۰۶۹	۰/۲۶۲۲	۰/۲۵۱۸	۰/۰۰۴۹۸
۹	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۱۹	۰/۰۱۶۸	۰/۰۵۵۹	۰/۰۷۶۳	۰/۱۱۹۲	۰/۲۵۵۱	۰/۰۷۴۹



شکل ۷. مقایسه شاخص NDVI سال ۱۳۹۵ (سمت چپ) و پیش بینی توسط مدل مارکوف سال ۱۳۹۵ (سمت راست)

پوشش برفی (۹۸/۵۴٪) است و از بین طبقات پوشش گیاهی، کاهش ۶۲/۱۳ درصدی پوشش گیاهی از طبقه ۵ به ۴ و نیز ۶۴/۰۴٪- تغییر از طبقه ۴ به ۳ قابل ملاحظه است. در اکثر موارد تغییرات گرایش منفی دارند و بعضاً تغییرات با گرایش مثبت نیز دیده می شود؛ تغییر ۴۳/۳۵ درصدی از طبقه ۷ به ۸ و یا ۴۱/۴۵٪ از ۸ به ۹.

در ادامه آنالیز پیش بینی، از تصاویر سال های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵ به منظور پیش بینی تغییرات پوشش گیاهی برای ۱۵ سال بعد، سال ۱۴۱۰ استفاده شد که قدرت پیش بینی توسط ضریب همبستگی بالا (۹۷/۶۶٪) تأیید شد. ماتریس نسبت های تغییرات پوشش گیاهی برای سال ۱۴۱۰ در جدول ۶ آمده است. همان طور که ملاحظه می شود، بیشترین تغییرات مربوط به

جدول ۶. ماتریس پیش بینی تغییرات پوشش گیاهی برای سال ۱۴۱۰ توسط مدل مارکوف (۱۵ سال اول)

کد کلاس طبقات تغییر پوشش گیاهی

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
کد کلاس طبقات تغییر پوشش گیاهی	۰/۹۸۵۴	۰/۰۱۰۴	۰/۰۰۲۳	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰
	۰/۰۳۸۴	۰/۲۳۷۷	۰/۵۵۳۱	۰/۱۵۸۳	۰/۰۱۲۰	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰
	۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۶۴	۰/۰۹۰۲	۰/۶۴۰۴	۰/۲۴۸۸	۰/۰۱۱۶	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰
	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۹۰	۰/۲۵۵۶	۰/۶۲۱۳	۰/۱۰۷۹	۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰
	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۲۳	۰/۰۶۱۱	۰/۵۸۹۱	۰/۳۳۰۳	۰/۰۱۶۴	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۰
	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۷	۰/۰۲۲۰	۰/۳۹۶۰	۰/۴۹۶۹	۰/۰۸۱۷	۰/۰۰۱۹	۰/۰۰۰۰
	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۸۷	۰/۲۲۲۵	۰/۴۸۹۴	۰/۲۶۵۴	۰/۰۱۲۲	۰/۰۰۰۰
	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۴۳	۰/۰۹۵۸	۰/۳۳۶۴	۰/۴۳۳۵	۰/۱۲۵۲	۰/۰۰۴۳
	۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۴۷	۰/۰۱۶۵	۰/۰۵۱۸	۰/۱۵۳۱	۰/۴۱۴۵	۰/۳۵۷۰

(پوشش متوسط به فقیر) است که به میزان ۵۷/۴۱ درصد به طبقه ۴ (پوشش فقیر) و ۵۷/۱۵٪ به طبقه ۳ (پوشش خیلی فقیر) تبدیل وضعیت می دهد. گرایش روند کاهشی در طبقات ۴، ۵ و ۶ قابل ملاحظه است. اما گرایش مثبت نیز از طبقه ۶ (پوشش متوسط به خوب) به طبقه ۷ (پوشش خوب) به میزان

روند تغییرات برای سال ۱۴۲۵ (۱۵ سال دوم) نیز با همبستگی بسیار بالا (۹۷/۱۵٪) بین داده های تصاویر ماهواره ای ۱۳۹۵ و ۱۴۲۵ مورد تأیید قرار گرفت (جدول ۷). همچنان میزان تغییرات پوشش برفی با ۹۸/۰۹٪ تغییر در بالاترین رده قرار دارد و پس از آن بیشترین تغییرات منفی مربوط به طبقه ۵

۶۶/۵۳٪ و از طبقه ۷ (پوشش خوب) به طبقه ۸ (پوشش خیلی خوب) به میزان ۲۰/۰۲٪ قابل توجه است. آنالیز تجزیه واریانس (خوب) به میزان ۰/۰۰۲ (P < ۰/۰۰۲) (جدول ۸).

جدول ۷. ماتریس پیش‌بینی تغییرات پوشش گیاهی برای سال ۱۴۲۵ توسط مدل مارکوف (۱۵ سال دوم) کد کلاس طبقات تغییر پوشش گیاهی

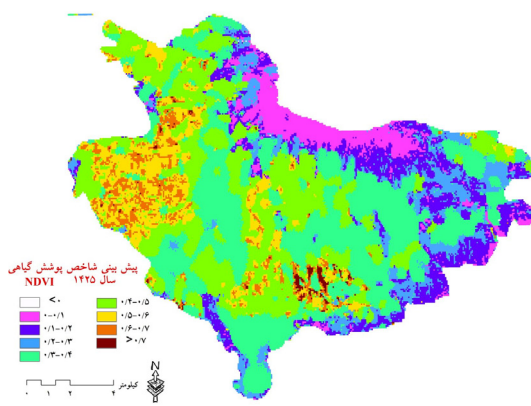
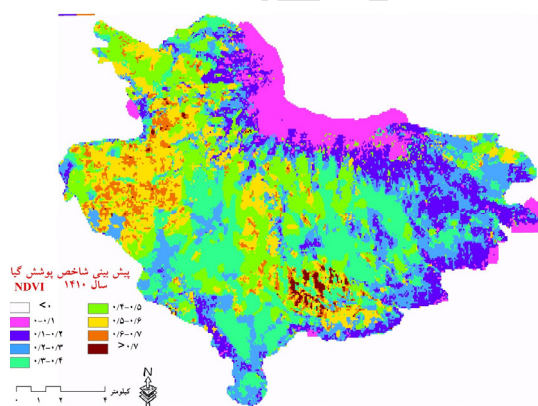
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
کد کلاس طبقات تغییر پوشش گیاهی	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
۱	۰/۹۸۰۹	۰/۰۰۸۵	۰/۰۰۵۵	۰/۰۰۲۷	۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰
۲	۰/۰۴۸۸	۰/۰۶۱۱	۰/۱۸۴۲	۰/۴۳۲۴	۰/۲۴۵۱	۰/۰۲۷۷	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰
۳	۰/۰۰۳۵	۰/۰۰۳۷	۰/۰۱۷۹	۰/۲۳۹۷	۰/۵۷۱۵	۰/۱۵۶۷	۰/۰۰۶۸	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰
۴	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۵۹	۰/۱۱۱۲	۰/۵۷۴۱	۰/۲۸۵۲	۰/۰۲۰۲	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۰۰
۵	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۲۴	۰/۰۶۰۷	۰/۵۱۸۰	۰/۳۷۵۷	۰/۰۴۱۱	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۰۰
۶	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱۶	۰/۰۴۱۶	۰/۴۶۵۳	۰/۴۱۷۸	۰/۰۷۰۰	۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۰۰
۷	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱۳	۰/۰۲۹۳	۰/۳۸۹۹	۰/۴۵۳۳	۰/۱۱۹۰	۰/۰۰۵۸	۰/۰۰۰۱
۸	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۱۰	۰/۰۱۸۸	۰/۲۹۹۷	۰/۴۵۴۱	۰/۲۰۰۲	۰/۰۲۳۵	۰/۰۰۲۱
۹	۰/۰۰۳۳	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۸۱	۰/۱۱۲۱	۰/۲۶۳۴	۰/۲۷۹۰	۰/۲۰۳۰	۰/۱۳۰۵

جدول ۸. نتایج آنالیز واریانس یک طرفه برای سال‌های مورد پیش‌بینی

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	ضریب فیشر	سطح بحرانی
بین گروه‌ها	۱/۵۷۱	۲۶	۰/۰۶۰	۲/۱۵۲	۰/۰۰۲
داخل گروه‌ها	۶/۰۶۲	۲۱۶	۰/۰۲۸	-	-
جمع	۷/۶۳۳	۲۴۲	-	-	-

بیشترین درصد پوشش گیاهی این دوره را تشکیل می‌دهد. طبقات هفتم و هشتم بیشتر محدود به مناطق اطراف دریاچه لار (سمت چپ تصاویر) شده است (شکل ۸).

نقشه تغییرات شاخص پوشش گیاهی برای سال‌های ۱۴۱۰ و ۱۴۲۵ نشان می‌دهد که طبقات اول تا چهارم یعنی خاک لخت (رنگ صورتی)، پوشش خیلی فقیر و پوشش فقیر



شکل ۸. تغییرات شاخص پوشش گیاهی NDVI مربوط به سال ۱۴۱۰ (سمت راست) و ۱۴۲۵ (سمت چپ)

بحث و نتیجه گیری

نتایج بررسی ۳۰ ساله تصاویر ماهواره‌ای زیر قله دماوند نشان می‌دهد که در بالای منطقه مورد مطالعه سطح پوشش برفی در اکثر سال‌ها دچار نوسان شده به طوری که سال‌های کاهش (۱۳۷۴، ۱۳۷۶، ۱۳۷۹ و ۱۳۸۷) چشمگیرتر از سال‌های افزایش (۱۳۶۶، ۱۳۷۱، ۱۳۷۷ و ۱۳۹۲) این سطح شده است. نوسان کاهشی سطح پوشش برفی برای دو دوره ۱۵ ساله پیش‌بینی شده نیز قابل ملاحظه است (شکل‌های ۴، ۵ و ۷؛ جدول‌های ۶ و ۷). تغییر اقلیم بر کارکردها و خدمات اکوسیستمی مراتع به صورت کمی و کیفی اثرگذار است (۲۱ و ۲۷). ادامه روند فعلی گرمایش جهانی و نیز تغییرات در وضعیت اقلیمی (خشک‌سالی)، عاملی جهت کاهش برف زیر قله دماوند شده است که البته باعث به هم ریختگی شرایط وضعیت زیستگاه مرتعی زیر قله نیز می‌گردد (۳۰). تغییر افزایش دما و گرمایش در دامنه جنوبی دریای خزر طی سال‌های اخیر شدت گرفته است (۵) که باعث کاهش پوشش برفی، کندشدن و کاهش رطوبت سطحی و زیرسطحی و به وجود آمدن شرایط خشک‌سالی برای پوشش گیاهی مراتع مورد مطالعه در اکثر سال‌ها شده است (جدول ۳). با توجه به شرایط آشفته‌گی سنواتی حادث شده، کاهش پوشش گیاهی برای سال‌های ۱۳۷۴، ۱۳۷۶ و ۱۳۸۷ نیز مشخص می‌شود، زیرا که پایین‌ترین سطح شاخص NDVI را داشتند. شرایط خشک‌سالی باعث ایجاد روند ایستایی در رویش گیاهان شده و باعث محدود شدن طبقه وضعیت پوشش متوسط به خوب شده است. مقایسه ۱۵ سال اول (۱۳۸۰-۱۳۶۶) شاخص NDVI نیز مؤید آن است که بعد از سطح پوشش برفی، بیشترین تغییرات مربوط به طبقه ۴ (پوشش فقیر) شده است. افزایش پوشش برفی در سال‌های (۱۳۸۱ و ۱۳۸۴) پرباران نیز باعث افزایش شاخص NDVI به بالاترین سطح (پوشش عالی) رسیده است و البته برای سال‌های ۱۳۶۶ و ۱۳۹۴ نیز این سطح در محدوده پایین‌تر حفظ شده است (شکل ۲). تغییرات وضعیت پوشش گیاهی در ۱۵ سال دوم (۱۳۹۴-۱۳۸۱) نیز بیشتر در طبقات پایین (۳، ۴ و ۵) با گرایش منفی صورت گرفته است. کلیش و

آزبرگر (۳۷) به روندیابی خشک‌سالی از طریق شاخص پوشش گیاهی (NDVI) اذعان کردند و کای و همکاران (۲۳) نیز به دقت بالای داده‌های ماهواره‌ای جهت پایش خشک‌سالی‌های اشاره کردند. خسروی و همکاران (۳۶) با استفاده از شاخص SPI و NDVI مشخص کردند که بیشترین اثر خشک‌سالی در مراتع به صورت کاهش سطح گیاهان صورت گرفته است. یافته‌های جباری و همکاران (۶) و نیز کاظمی‌نیا (۱۵) نیز مبین افزایش طبقه ضعیف و کاهش طبقات خوب و متوسط بوده است.

بالا بودن ضریب همبستگی پیرسون برای پیش‌بینی شاخص NDVI سال ۱۳۹۵ از طریق زنجیره مارکوف (جدول ۵)، امکان پیش‌بینی نزدیک به واقعیت برای سال‌های ۱۴۱۰ و ۱۴۲۵ را میسر ساخته است. به طوری که در ۱۵ سال اول بیشترین جابجایی پوشش گیاهی (گرایش منفی) مربوط به طبقات ۵ و ۴ و ۳ و برای ۱۵ سال دوم شامل طبقات ۶، ۵ و ۴ شده است. به عبارتی ادامه روند گرمایش جهانی سبب کاهش در میزان سطح پوشش برفی و چرخه هیدرولوژیکی منطقه می‌گردد و پوشش طبقاتی گیاهان مراتع (۵ و ۴) که نیازمند رطوبت سطحی بیشتری برای ادامه حیات هستند، در کاهش رطوبت این سال‌ها به سمت قهقرا میل می‌کنند و در عوض مناطقی که دارای پوشش مناسب فعلی هستند، با به تعادل رسیدن شرایط سخت محیطی سال‌های آتی، حتی به طبقات بالاتر نیز گرایش نشان دادند. این مناطق عمدتاً در اطراف سد لار و منطقه حفاظت‌شده پارک ملی لار محدود می‌شوند که در حال حاضر نیز به علت چرای سبک توسط دام‌ها (۷ و ۸). به لحاظ مدیریت مرتع، روند گرمایش پیش‌رو باعث افزایش نسوج و درصد گیاهی (در اثر افزایش میزان دی‌اکسید کربن) خواهد شد. این بدان معنی نیست که روند تولید و کیفیت علوفه نیز خواهد شد، بلکه برعکس افزایش میزان دی‌اکسید کربن باعث افزایش بافت غیرخوشخوراک، حتی برای گونه‌های خوشخوراک فعلی، خواهد شد و لذا در کل از کیفیت و عملکرد مرتع کاسته می‌شود (۳۸). یافته‌های جیانگ و همکاران (۳۴) اشاره به افزایش شاخص NDVI در سال‌های متفاوت

- رقومی ماهواره لندست TM در تخمین تولید و پوشش گیاهی. مجله منابع طبیعی ایران، ۵۰(۱): ۳-۲۱.
۳. ارزانی، ح.، س. نوری، س. ح. کابلی، ح. ر. مرادی و ح. قلیچ‌نیا. ۱۳۸۷. معرفی شاخص‌های مناسب ارزیابی پوشش و تولید گیاهی در مراتع ییلاقی جنوب استان مازندران. نشریه منابع طبیعی تهران، ۶۱(۴): ۹۹۷-۱۰۱۶.
۴. اکبرزاده، م.، م. مقدم، م. جعفری، و ح. ارزانی. ۱۳۸۶. تأثیر بارندگی بر تغییرات پوشش تاجی و تولید گیاهان در پلور. نشریه منابع طبیعی ایران، ۶۰(۱): ۳۰۷-۳۲۲.
۵. پیرنیا، ع.، م. حبیب‌نژادروشن و ک. سلیمانی. ۱۳۹۴. بررسی تغییرات دما و بارندگی در سواحل جنوبی دریای خزر و مقایسه آن با تغییرات در مقیاس جهانی و نیمکره شمالی. پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، ۶(۱۱): ۹۰-۱۰۱.
۶. جباری، س.، س. ج. خواجه‌الدین، ر. جعفری و س. سلطانی. ۱۳۹۳. بررسی تغییرات درصد پوشش گیاهی مراتع با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در منطقه سمیرم اصفهان. بوم‌شناسی کاربردی، ۳(۱۰): ۲۷-۳۹.
۷. جوادی، س.، ا. م. جعفری، ح. آذرینوند و س. ج. علوی. ۱۳۸۴. بررسی اثر شدت چرای دام بر تغییرات ماده آلی و نیتروژن خاک در مراتع لار. ۵۸(۳): ۷۱۱-۷۱۸.
۸. جوری، م. ح. ۱۳۹۵. تحلیل اثر مدیریت مرتع با استفاده از شاخص‌های تنوع و SHE. مجله محیط‌شناسی، ۴۲(۱): ۲۲۹-۲۴۴.
۹. رحمانی، ن.، ک. شاهدی و ح. میریعقوب زاده. ۱۳۹۰. ارزیابی شاخص‌های پوشش گیاهی مورد استفاده در سنجش‌ازدور (مطالعه موردی: حوزه هریسک). ۲۵ تا ۲۹ اردیبهشت، همایش ژئوماتیک، تهران، سازمان نقشه‌برداری کشور. ۱۵۵۹ صفحه.
۱۰. شکراللهی، ش.، ح. م. مرادی و ق. ع. دیانتی تیلکی. ۱۳۹۱. بررسی اثر ویژگی‌های خاک و عوامل فیزیوگرافی بر پوشش گیاهی (مطالعه موردی: بخشی از مراتع ییلاقی پلور). مجله تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۹(۴): ۶۵۵-۶۶۸.
۱۱. عزیزی قلاتی، س.، ک. رنگزن، ج. سدیدی، پ. حیدریان و آ. تقی زاده. ۱۳۹۵. پیش‌بینی روند تغییرات مکانی کاربری اراضی با استفاده از مدل زنجیره مارکوف-CA (مطالعه موردی: منطقه کوهمره سرخی استان فارس). سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۷(۱): ۵۹-۷۱.

دارد. همچنین بررسی تغییرات ۱۴ ساله پوشش گیاهی بهبهان نشان داد که بین شاخص NDVI و دمای محیط همبستگی بالایی وجود دارد (۱۸).

وسعت مراتع و نبود امکانات میدانی اندک برای مطالعه آن سبب شده است که رویکرد استفاده از فناوری‌های نوین افزایش یابد. در مطالعه حاضر با استفاده از تکنیک سنجش‌ازدور (شاخص NDVI) و نیز همبستگی بالایی آن با شاخص SPI، ضمن پایش تغییرات پوشش گیاهی متأثر از خشک‌سالی، پیش‌بینی نوآورانه آینده این تغییرات توسط زنجیره مارکوف میسر گردید که می‌تواند به‌عنوان مبنایی جهت مطالعات مراتع تلقی گردد. محمدی و همکاران (۱۸) و عزیزی قلاتی و همکاران (۱۱) نیز از مدل مارکوف جهت پیش‌بینی تغییرات ناشی از خشک‌سالی‌ها استفاده کردند و کارآمدی آن را برای پیش‌بینی تأیید کردند. همچنین شاخص NDVI به علت سادگی و دقت در برآورد (۲۱، ۲۸، ۳۱، ۳۴، ۴۰، ۴۱ و ۴۴) توانست نمودار درستی از واقعیت میدانی عرصه به نمایش بگذارد، خصوصاً اینکه بین این شاخص در سال مطالعه ۱۳۹۵ و درصد پوشش گیاهی زمینی همبستگی بالایی نیز وجود داشته است. با توجه به پیش‌بینی زنجیره مارکوف، در صورت حفظ روند فعلی (گرم شدن تدریجی اقلیمی) وضعیت پوشش گیاهی به سمت کاهش و طبقات ضعیف‌تر پیش خواهد رفت. بنابراین با توجه به قابلیت زنجیره مارکوف در مدیریت منابع طبیعی (۱۶)، پیشنهاد می‌گردد که مدیریت مرتع در این مناطق، جهت حفظ وضعیت پوشش گیاهی، باید به سمت کاهش تعداد دام، جایگزین کردن دام‌های با عملکرد بالا، استفاده از گونه‌های گیاهی مقاوم به شرایط خشکی و نیز تدوین برنامه‌های حمایتی برای دام و مرتع‌دار پیش برود.

منابع مورد استفاده

۱. ارزانی، ح. ۱۳۷۷. دستورالعمل طرح ملی ارزیابی مراتع مناطق مختلف آب و هوایی ایران. موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور. ۱۵۰ صفحه.
۲. ارزانی، ح.، گ. کینگ و ب. فورستر. ۱۳۷۶. کاربرد داده‌های

- world's biodiversity priorities. *PloS one*, 12(1): e0170615.
22. Cabrera-Bosquet L, Molero G, Stellacci A, Bort J, Nogues S, Araus J. 2011. NDVI as a potential tool for predicting biomass, plant nitrogen content and growth in wheat genotypes subjected to different water and nitrogen conditions. *Cereal Research Communications*, 39(1): 147-159.
 23. Cai G, Du M, Liu Y. 2010. Regional drought monitoring and analyzing using MODIS data-A case study in Yunnan Province. In: *International conference on Computer and Computing Technologies in Agriculture*. Springer, pp 243-251.
 24. Campbell JB, Wynne RH. 2011. *Introduction to remote sensing*. Fifth Edition edn. Guilford Press, 718 pp.
 25. Caratti JF. 2006. Cover/Frequency (CF). In: Lutes, Duncan C; Keane, Robert E; Caratti, John F; Key, Carl H; Benson, Nathan C; Sutherland, Steve; Gangi, Larry J 2006 FIREMON: Fire effects monitoring and inventory system Gen Tech Rep RMRS-GTR-164-CD Fort Collins, CO: US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station p CF-1-15, 164.
 26. Casady GM, Van Leeuwen WJ, Reed BC. 2013. Estimating winter annual biomass in the Sonoran and Mojave Deserts with satellite-and ground-based observations. *Remote Sensing*, 5(2): 909-926.
 27. Collins S, Larry E. 2008. Caring for our natural assets: an ecosystem services perspective. (PNW-GTR-733): 1-11.
 28. Cord AF, Klein D, Mora F, Dech S. 2014. Comparing the suitability of classified land cover data and remote sensing variables for modeling distribution patterns of plants. *Ecological Modelling*, 272: 129-140.
 29. Felde G, Anderson G, Cooley T, Matthew M, Berk A, Lee J. 2003. Analysis of Hyperion data with the FLAASH atmospheric correction algorithm. In: *Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2003. IGARSS'03. Proceedings. 2003 IEEE International*. IEEE, pp 90-92.
 30. Hamann A, Roberts DR, Barber QE, Carroll C, Nielsen SE. 2015. Velocity of climate change algorithms for guiding conservation and management. *Global Change Biology*, 21(2): 997-1004.
 31. Hao R, Yu D, Liu Y, Liu Y, Qiao J, Wang X, Du J. 2017. Impacts of changes in climate and landscape pattern on ecosystem services. *Science of the Total Environment*, 579: 718-728.
 32. Jewitt D, Erasmus BF, Goodman PS, O'Connor TG, Hargrove WW, Maddalena DM, Witkowski ET. 2015. Climate-induced change of environmentally defined floristic domains: A conservation based vulnerability framework. *Applied Geography*, 63: 33-42.
 33. Jiang Y, Wang R, Peng Q, Wu X, Ning H, Li C. ۱۲. علوی پناه، س. ک.، ع. رفیعی امام، س. ز. حسینی و م. ج. بیگلو. ۱۳۸۵. بررسی تغییرپذیری طیفی پدیده‌های مختلف پوشش گیاهی و آب با استفاده از سنجش‌ازدور، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، ۹۷: ۵۸-۸۱.
 ۱۳. فرج‌زاده، م. ا. ا. فتح‌نیا، ب. علیجانی و پ. ضیائیان. ۱۳۹۰. ارزیابی اثر عوامل اقلیمی بر پوشش گیاهی منطقه زاگرس با استفاده از اطلاعات رقومی ماهواره‌ای. مجله تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۸(۱): ۱۰۷-۱۲۳.
 ۱۴. قلیچ‌نیا، ح. ۱۳۹۶. بررسی رفتار چرای گوسفند نژاد شال در مراتع کوهستانی پلور، استان مازندران. مجله تحقیقات مرتع و بیابان، ۲۴(۲): ۲۸۰-۲۹۰.
 ۱۵. کاظمی‌نیا، ع. ر. ۱۳۹۶. کاربرد سنجش‌ازدور و GIS در بررسی پوشش گیاهی. نشریه علمی ترویجی مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی، ۹(۱): ۷۵-۸۶.
 ۱۶. کریمی، ک. و ج. ب. کمکی. ۱۳۹۴. پایش، ارزیابی و پیش‌بینی روند تغییرات مکانی کاربری اراضی/پوشش زمین با استفاده از مدل زنجیره‌های مارکوف (مطالعه موردی: دشت بسطاق - خراسان جنوبی). سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۶(۲): ۷۵-۸۸.
 ۱۷. محمدیاری، ف.، ح. پورخیزاب، م. توکلی و ح. اقدر. ۱۳۹۳. تهیه نقشه پوشش گیاهی و پایش تغییرات آن با استفاده از تکنیک‌های سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: شهرستان بهبهان). فصلنامه علمی-پژوهشی اطلاعات جغرافیایی، ۲۳(۹۲): ۲۳-۳۴.
 ۱۸. محمدی، ش.، خ. حبشی، س. پورمنافی. ۱۳۹۷. پایش و پیش‌بینی تغییرات کاربری/پوشش اراضی و ارتباط آن با خشک‌سالی (مطالعه موردی: زیر حوزه پارسل B_۲، حوزه آبخیز زاینده‌رود). سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۹(۱): ۲۴-۳۹.
 19. Abburu S, Golla SB. 2015. Satellite image classification methods and techniques: A review. *International Journal of Computer Applications*, 119(8): 20-25.
 20. Archer ER. 2004. Beyond the climate versus grazing impasse: using remote sensing to investigate the effects of grazing system choice on vegetation cover in the eastern Karoo. *Journal of Arid Environments*, 57(3): 381-408.
 21. Aukema JE, Pricope NG, Husak GJ, Lopez-Carr D. 2017. Biodiversity areas under threat: Overlap of climate change and population pressures on the

2018. The relationship between drought activity and vegetation cover in Northwest China from 1982 to 2013. *Natural Hazards*, 92(1): 145-163.
34. Jin Y, Yang X, Qiu J, Li J, Gao T, Wu Q, Zhao F, Ma H, Yu H, Xu B. 2014. Remote sensing-based biomass estimation and its spatio-temporal variations in temperate grassland, Northern China. *Remote Sensing*, 6(2): 1496-1513.
35. Johansen B, Tømmervik H. 2014. The relationship between phytomass, NDVI and vegetation communities on Svalbard. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 27: 20-30.
36. Khosravi H, Haydari E, Shekoohzadegan S, Zareie S. 2017. Assessment the Effect of Drought on Vegetation in Desert Area using Landsat Data. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 20: S3-S12.
37. Klisch A, Atzberger C. 2016. Operational drought monitoring in Kenya using MODIS NDVI time series. *Remote Sensing*, 8(4): 267.
38. Li S, Potter C, Hiatt C. 2012. Monitoring of net primary production in California rangelands using Landsat and MODIS satellite remote sensing. *Natural Resources*, 3(2): 56-65.
39. Lillesand T, Kiefer RW, Chipman J. 2014. *Remote Sensing and Image Interpretation*. 7 edn. John Wiley & Sons, 704 pp.
40. Mahyou H, Tychon B, Lang M, Balaghi R. 2018. Phytomass estimation using eMODIS NDVI and ground data in arid rangelands of Morocco. *African Journal of Range & Forage Science*, 35(1): 1-12.
41. McKee TB, Doesken NJ, Kleist J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In: *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*, vol 22. American Meteorological Society Boston, MA, pp 179-183.
42. Mustak S. 2013. Correction of atmospheric haze in Resourcesat-1 Liss-4 Mx Data for urban analysis: an improved dark object subtraction approach. In: *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, SMPR 2013, 5- 8 October 2013, Tehran, Iran. pp 283-287.
43. Numata I, Roberts DA, Chadwick OA, Schimel J, Sampaio FR, Leonidas FC, Soares JV. 2007. Characterization of pasture biophysical properties and the impact of grazing intensity using remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*, 109(3): 314-327.
44. Pettorelli N, Vik JO, Mysterud A, Gaillard J-M, Tucker CJ, Stenseth NC. 2005. Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. *Trends in Ecology & Evolution*, 20(9): 503-510.
45. Reynolds M, Walker D, Maier H. 2006. NDVI patterns and phytomass distribution in the circumpolar Arctic. *Remote Sensing of Environment*, 102(3-4): 271-281.
46. Saltz D, Schmidt H, Rowen M, Karnieli A, Ward D, Schmidt I. 1999. Assessing grazing impacts by remote sensing in hyper-arid environments. *Journal of Range Management*, 52(5): 500-507.
47. Santin-Janin H, Garel M, Chapuis J-L, Pontier D. 2009. Assessing the performance of NDVI as a proxy for plant biomass using non-linear models: a case study on the Kerguelen archipelago. *Polar Biology*, 32(6): 861-871.
48. Schuman G, Reeder J, Manley J, Hart R, Manley W. 1999. Impact of grazing management on the carbon and nitrogen balance of a mixed-grass rangeland. *Ecological Applications*, 9(1): 65-71.
49. Smeeton NC. 1985. Early history of the kappa statistic. *Biometrics*, 41: 795-805.
50. Yang X, Guo X, Fitzsimmons M. 2012. Assessing light to moderate grazing effects on grassland production using satellite imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 33(16): 5087-5104.



Surveying of the past, present and future of vegetation changes in the central Alborz ranges in relation to climate change

D. Askarizadeh¹, H. Arzani^{2*}, M. Jaffari², J. Bazrafshan³, I. C. Prentice⁴

1. PhD Student of Range Science, Department of Natural Resources, University of Tehran

2. Prof. College of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Department of Natural Resources, University of Tehran

3. Assoc. Prof. College of Irrigation and Reclamation Engineering, Department of Agricultural Engineering & Technology, University of Tehran

4. Prof. Department of Natural Sciences, Imperial College London, Silwood Park, England

ARTICLE INFO

Article history:

Received 24 July 2018

Accepted 21 October 2018

Available online 21 November 2018

Keywords:

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

Standardized Precipitation Index (SPI)

Markov Chain

Central Alborz rangeland

ABSTRACT

Acceleration of climate trend change is caused by the swift shift of rangeland conditions that using modern methods of evaluation to them are counted to sustainable management of the rangelands. In order for an investigation of trend change of rangeland vegetation due to climate change, central Alborz rangelands were selected. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) for the period of 30-year (1987-2016) was extracted by Landsat satellite, TM, ETM⁺, and OLI series. Drought periods were determined using the Standardized Precipitation Index (SPI). The Markov Chain model was used to anticipate the future changes of rangeland vegetation. The results showed that the vegetation cover index's changes have risen and fallen for three decades in which, despite of increasing for some years 1986 (0.86), 2002 (0.87), 2005 (0.87), and 2015 (0.86); the changes trend was decreasingly for 1995 (0.53), 1998 (0.65), 2000 (0.62), and 2008 (0.61) years, especially for fair to very poor classes. The highest correlation (91.5%) between the SPI and NDVI was shown that severe to moderate drought has taken place along with decreased vegetation periods. Moreover, the Markov Chain model has anticipated a forcible declined change of vegetation cover for 2031 and 2046 periods. Therefore, range management approaches have to prepare itself in order to the gradual increase of temperature, which has destructive effects on vegetation cover, via regulating of grazing capacity and replacing of highly performance livestock in the future.

* Corresponding author e-mail address: harzani@ut.ac.ir