

مدل سازی تاج پوشش سبز گیاهی مرتع مرجن طی فصل رویش با استفاده از پارامترهای طیفی سنجنده OLI

فاطمه پردل^۱، عطاالله ابراهیمی^۲، زهرا عزیزی^{۳*}

^۱ کارشناس ارشد مرتعداری - دانشکده مهندسی منابع طبیعی و علوم زمین - دانشگاه شهرکرد
f.pordel@stu.sku.ac.ir

^۲ دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری - دانشکده مهندسی منابع طبیعی و علوم زمین - دانشگاه شهرکرد
ataollah.ebrahimi@nres.sku.ac.ir

^۳ استادیار گروه سنجش از دور و GIS - دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست - دانشگاه آزاد اسلامی - واحد علوم و تحقیقات
zazizi@srbiau.ac.ir

(تاریخ دریافت اردیبهشت ۱۳۹۶، تاریخ تصویب آذر ۱۳۹۶)

چکیده

پوشش گیاهی به عنوان شاخص مهم در مدیریت مراتع، نقش بسزایی را در فرایندهای اکولوژیکی ایفا می نماید. با توجه به نبود مدل برآورد تاج پوشش سبز گیاهی در مرتع مرجن بروجن با هدف بررسی تغییرات زمانی تاج پوشش گیاهی، تحقیق حاضر انجام شد. در تکمیل تحقیقات گذشته، در این تحقیق سعی شد اثر دوره رویش گیاه و اثر زمان در مدل برآورد تاج پوشش سبز گیاهی حذف شده، در نتیجه مدلی ارائه شد که در تمام فصل رویش و برای زمانهایی هم که نمونه زمینی موجود نبود قدرت برآورد مناسبی را داشت. بدین منظور، تاج پوشش سبز گیاهی در ۱۹ نقطه نمونه برداری (در هر نقطه ۵ کوادرات) در طول ترانسکتی به طول ۱۰ کیلومتر اندازه گیری شد. اندازه گیری ها طی ۴ دوره عملیات صحرایی تکرار شد. سپس ۱۲ شاخص گیاهی محاسبه شد. با استفاده از رابطه رگرسیونی بین تاج پوشش زمینی حاصل از ۴ دوره نمونه برداری و شاخص های گیاهی، مدل برآورد تاج پوشش سبز گیاهی تهیه، سپس این مدل برای تولید نقشه درصد تاج پوشش در ۴ دوره زمانی دیگر هم که نمونه زمینی در دست نبود نیز تعمیم داده شد. نهایتاً نقشه تاج پوشش در ۸ دوره زمانی طی فصل رویش از فروردین الی شهریور تهیه گردید. طبق نتایج، شاخص های گیاهی مقاوم به شرایط جوی، بهبود یافته و همچنین شاخص گیاهی مقاوم به شرایط جو و خاک با ضرایب تبیین ۰/۸۰ بهترین ارتباط را با تاج پوشش گیاهی دارند. به طور کلی نتیجه گیری می شود، دست یابی به مدل برآورد پوشش گیاهی که در تمام فصل رویش مورد استفاده قرار بگیرد با استفاده از داده های سنجنده OLI در این مناطق امکان پذیر می باشد. مطابق با نقشه های پوشش بدست آمده در ۸ دوره زمانی، مرتع مرجن در اردیبهشت ماه در اوج رویش می باشد. بیشترین مساحت منطقه از نظر میزان تغییرات پوشش طی فصل رویش، در طبقه تغییرات کم می باشد. در بازه زمانی فروردین الی اواخر اردیبهشت طبقات افزایشی در منطقه مشهود است ولی پس از این بازه، طبقات کاهشی در منطقه غالب می باشد.

واژگان کلیدی: شاخص های طیفی، فصل رویش مرتع، پایش تاج پوشش گیاهی، سنجنده OLI

مراعات بعنوان زیستگاه جانوران و گیاهان بومی با ارائه خدمات تفرجگاهی [۱]، حفاظت و تولید خاک [۲]، انجام فرایند ترسیب کربن^۱ [۳] و همچنین کنترل چرخه هیدرولوژیکی نقش بسزایی را در پایداری اکوسیستم‌های مناطق خشک و نیمه خشک از آنجا که اندازه‌گیری تاج پوشش گیاهی با روش‌های غیر مخرب مقدور بوده و همچنین به علت ارتباط این شاخص با پارامترهایی همچون تولید گیاهی و شاخص سطح برگ [۴] در مطالعات محیطی به عنوان پارامتر کلیدی به منظور پایش تغییرات فصلی و سالیانه سطح زمین مورد توجه است. تاج پوشش گیاهی مساحتی از زمین است که توسط مواد گیاهی پوشیده شده است [۵] و بر حسب درصد بیان می‌شود. تهیه نقشه پوشش گیاهی به علت اینکه زیستگاه‌های گیاهی پیوسته در حال تغییر هستند، در عرصه‌های وسیع به سختی امکان پذیر است [۶]. اندازه‌گیری‌های زمینی تاج پوشش گیاهی مستلزم صرف وقت و هزینه‌ی بالایی است. در این راستا شاخص‌های گیاهی بدست آمده از داده‌های ماهواره‌ای که بر اساس ترکیبات ساده‌ای از محدوده مادون قرمز و مرئی بنا گذاشته شده‌اند، در دو دهه اخیر کاربرد زیادی در زمینه پایش تغییرات پوشش زمین در مقیاس‌های مختلف پیدا کرده‌اند. شاخص‌های گیاهی مختلف بر اساس ترکیبی از دو یا چند باند با این فرض که تحلیل چند باندی اطلاعات بیشتری در مقایسه با تک باند فراهم می‌کند توسعه یافته‌اند. در واقع شاخص‌های گیاهی به استخراج اطلاعات طیفی موجود در گیاهان کمک می‌کنند [۷]. تأثیرات جو و اثر انعکاس خاک به ناخالص شدن و ایجاد اختلال در بازتابندگی طیفی پوشش گیاهی منجر می‌شود. بعضی از شاخص‌های گیاهی اثرات این عوامل را تصحیح کرده و یا به حداقل می‌رسانند. در این راستا شاخص‌های طیفی همچون شاخص پوشش گیاهی قائم (PVI PVI1,2 3)^۲ و شاخص گیاهی تفاضلی وزن داده شده (WDVI)^۳ که برای به حداقل رساندن اثر خاک و شاخص‌هایی نظیر شاخص گیاهی مقاوم به شرایط جوی (ARVI)^۴ و شاخص گیاهی بهبودیافته (EVI)^۵ که از

باند آبی به منظور کاهش اثر جو استفاده شده است، توسعه یافته‌اند [۷]. ولی موضوعی که در این زمینه مطرح می‌باشد این است که پوشش گیاهی در مراحل مختلف رویشی خود از نظر ترکیب شیمیایی و مورفولوژی دچار تغییر می‌شوند [۸]. به عنوان مثال در گیاهان بالغ نسبت ساقه به برگ، مقدار لیگنین و سلولز آن‌ها در طول دوره رویشی افزایش می‌یابد و این افزایش به طور همزمان با یک کاهش در مقدار کلروفیل همراه است [۹]. در نتیجه پاسخ طیفی گیاهان در مراحل مختلف رویش تغییر می‌یابد [۱۰] و مدل بدست آمده در یک دوره رویشی خاص، قابل استفاده در تمام دوره‌های رویشی نخواهد بود، بنابراین توسعه روش‌هایی با دقت بیشتر و به صورت غیر مخرب به منظور حصول اطمینان از پایداری پوشش و پایداری انرژی زیستی طی فصل رویش حیاتی است [۱۱]. روابط بین زمان وقوع پدیده‌های فنولوژیکی (ظهور غنچه، پیری و ...) با شرایط آب‌وهوایی و شار کربن اخیراً موضوع تحقیقات متعددی بوده است، درحالی‌که تغییرات فصلی توسعه تاج پوشش کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در تحقیق جی و همکاران [۱۲] مدل برآورد تولید سبز گیاهی در منطقه Fukon با استفاده از داده‌های لندست و نمونه‌برداری‌های زمینی و ایجاد یک مدل رگرسیونی تولید شد. از جمله تحقیق‌های مرتبط با شاخص‌های گیاهی در برآورد پوشش گیاهی مطالعه فرزاد مهر و همکاران [۱۳] می‌باشد که در منطقه حنا سمیرم انجام شده و استفاده از شاخص‌های گیاهی VNIR2 و HYB4 در مناطق مشابه به منظور برآورد تاج پوشش و تولید گیاهی را پیشنهاد کردند. نتایج مطالعه درویش‌زاده و همکاران [۱۴] در برآورد پوشش گیاهی با استفاده از شاخص‌های پوشش گیاهی در منطقه شیطان بافق یزد نشان داد، شاخص‌های گیاهی که ضرایب خط خاک در محاسبه آنها در نظر گرفته می‌شود از دقت مناسب‌تری برخوردار بوده و می‌توانند بیانگر درصد پوشش گیاهی در مناطق خشک باشند. طبق تحقیق ارزانی و همکاران [۱۵] در بررسی داده‌های ماهواره‌ای لندست در برآورد پوشش و تولید گیاهی در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران شاخص ARVI یک شاخص مناسب به این منظور معرفی شده است. در تحقیقی مشابه [16] Zehtabian, et al. با

^۱ Carbon sequestration

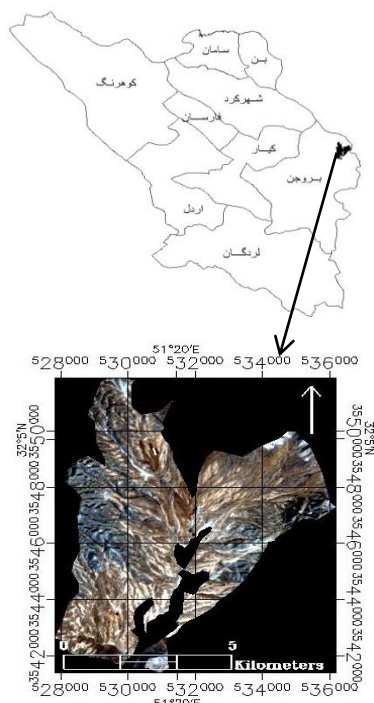
^۲ Perpendicular Vegetation Index

^۳ Weighted Difference vegetation index

^۴ Atmospheric Resistant Vegetation Index

^۵ Enhanced Vegetation Index

۱۳۹۲ میانگین بارش در این منطقه برابر ۲۶۸/۲ میلی متر بوده است. در این منطقه ۵ واحد مدیریتی مجزا وجود دارد که در فصل بهار و تابستان حدود ۴۵۰۰ رأس واحد دامی کوچک در این منطقه چرا می شوند.



شکل ۱- تصویر ماهواره لندست ۸ از منطقه مورد مطالعه و موقعیت آن نسبت به استان چهارمحال و بختیاری

۲-۲- داده های مورد استفاده

در تحقیق حاضر از تصاویر ماهواره لندست ۸ اخذ شده از منطقه مورد مطالعه استفاده شد که مربوط به تاریخ های ۲۳ فروردین، ۲۴ اردیبهشت، ۹ خرداد، ۲۵ خرداد، ۲۶ تیر، ۱۱ مرداد، ۱۲ شهریور، ۲۸ شهریور سال ۱۳۹۳ می- باشند. همچنین در عملیات میدانی و در دوره های زمانی فوق داده های پوشش و مرتع برداشت گردید.

۲-۳- اندازه گیری پوشش و تولید در عرصه

در این تحقیق با توجه به اهداف ذکر شده پس از تعیین محدوده مورد مطالعه به منظور اندازه گیری تاج پوشش سبز گیاهی، این پارامتر به تفکیک ۵ فرم رویشی گندمی بلند، فورب بلند، فورب کوتاه، بوته ای و گندمی کوتاه اندازه گیری شد. در این تحقیق با توجه به تحقیق آندرسون و همکاران [۱۹] که تولید گیاهی را با استفاده از داده های لندست برآورد کرده بودند از ترانسکت استفاده شد. ۹۵ کوادرات در ۱۹ پلات در امتداد یک ترانسکت ۱۰

استفاده از شاخص ARVI با ضریب تبیین ۰/۸۶ به برآورد مناسبی از پوشش گیاهی دست یافتند. بعلاوه اثر بازتاب خاک به عنوان عامل انعکاسی در ارزش شاخص پوشش گیاهی شاخص هایی مانند SAVI [۱۷] و PVI با توجه به تغییرات در روشنایی و اثر پس زمینه خاک در مناطق با تاج پوشش گسسته ظهور و گسترش پیدا کردند که برای استفاده در مناطق خشک و نیمه خشک باید مناسب باشند. در تحقیق حسینی و همکاران [۱۸] از شاخص WDI با ضریب همبستگی (R² = ۰/۸۹) برای تهیه نقشه پوشش گیاهی و بررسی تغییرات پوشش در منطقه ی بیابانی استفاده کردند. بررسی تحقیقات صورت گرفته نشان می دهد قابلیت شاخص های گیاهی را در یک مرحله رویشی مورد بررسی قرار داده اند، اما تحقیقات ناچیزی در خصوص میزان پوشش در مراحل مختلف رویشی و ارتباط آن با شاخص های گیاهی انجام شده است. یکی از اهداف این تحقیق که به نوعی نوآوری آن نیز است، توسعه مدلی برای برآورد پوشش گیاهی از داده های سنجنده OLI می باشد که در فصول رویشی مختلف که مقادیر پوشش گیاهی متفاوتی را دارند، قابل استفاده می باشد. همچنین قابلیت تعمیم این مدل برای دوره هایی که نمونه زمینی پوشش برای آنها در دست نبود نیز بررسی شد. در این راستا این تحقیق با اهداف زیر انجام گرفت:

- ۱- تعیین شاخص گیاهی مناسب و ارائه یک مدل رگرسیونی برای برآورد تاج پوشش سبز گیاهی در دوره های مختلف طی فصل رویش در مرتع مرجن
- ۲- بررسی تغییرات زمانی تاج پوشش سبز گیاهی طی فصل رویش در مرتع مرجن

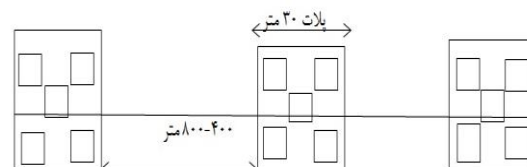
۲- مواد و روش ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

مرتع مرجن در ۲ کیلومتری شهرستان بروجن در استان چهارمحال و بختیاری واقع شده است. این منطقه دارای مساحتی معادل ۵۶۹۴ هکتار می باشد. از نظر جغرافیایی در حدفاصل ۵۱°۱۷'۳۰" تا ۵۱°۲۳'۳۰" عرض شمالی و ۳۲°۰'۰" تا ۳۲°۰۶'۳۰" طول شرقی و قرار گرفته است. ارتفاع متوسط از سطح دریا در این رویشگاه ۲۳۷۳ متر از سطح دریای آزاد است. متوسط بارندگی طبق آمار ۲۵ ساله برابر ۲۵۰ میلی متر و در سال

کیلومتری با در نظر گرفتن تیپ‌های گیاهی موجود در منطقه مستقر شدند. اندازه‌گیری‌ها در ۱۹ نقطه نمونه برداری (شامل ۵ کوادرات) که هر نقطه نماینده یک پیکسل تصویر ماهواره‌ای بود انجام شد. با توجه به نتایج تحقیق طهماسبی و همکاران [۲۰] اندازه و شکل کوادرات، مربع ۲*۲ متر در نظر گرفته شد (شکل ۲). اندازه‌گیری‌های فوق در ۴ دوره رویشی (اواسط اردیبهشت، اواخر خرداد، اوایل مرداد و اواسط شهریور) در سال ۱۳۹۳ تکرار شد. در ضمن مختصات پلات‌های موجود در عرصه توسط دستگاه GPS کالیبره شده با دقت زیاد ثبت شد و با پوکه برای نمونه‌برداری دوره‌های بعد علامت‌گذاری شد.

نمونه‌برداری در هر مرحله طی ۳-۴ روز انجام شد. برای اندازه‌گیری تاج پوشش سبز گیاهی از کوادرات مشبک که توسط شیومی و یوشیمورا [۲۱] پیشنهاد شده، استفاده شد. در پلات مشبک بعلت اینکه هر شبکه کوچک ایجاد شده برابر یک درصد از مساحت پلات می‌باشد اندازه‌گیری درصدی از پلات که بوسیله تاج پوشش سبز گیاهی اشغال شده است خطای بسیار کمتری نسبت به پلات شبکه بندی نشده دارد. در هر دوره نمونه برداری فقط تاج پوشش سبز گیاهی و بخش فتوسنتز کننده گیاه اندازه‌گیری شد.



شکل ۲- ارائه شماتیک از ۳ نقطه نمونه‌برداری (هر نقطه شامل ۵ کوادرات، با ۴ متر فاصله از کوادرات مرکزی)

مقادیر تاج پوشش سبز اندازه‌گیری شده طی عملیات صحرایی به تفکیک ۴ دوره در جدول ۱ آورده شده است. چنانچه در این جدول مشاهده می‌شود میزان تاج پوشش سبز گیاهی در منطقه مورد مطالعه از ۱۵/۵ درصد در اولین مرحله آماربرداری (۹۳/۰۲/۲۴) به میزان ۲/۵۲ درصد در آخرین مرحله آماربرداری (۹۳/۰۶/۱۲) کاهش یافته است.

جدول ۱- مقادیر اندازه‌گیری شده درصد تاج پوشش سبز و تولید برحسب کوادرات‌های نمونه‌برداری صحرایی

مرحله	تاریخ نمونه‌برداری	درصد تاج پوشش سبز
مرحله ۱	۹۳/۰۲/۲۴	۱۵/۵
مرحله ۲	۹۳/۰۳/۲۵	۸/۵۵
مرحله ۳	۹۳/۰۵/۱۱	۳/۷۵
مرحله ۴	۹۳/۰۶/۱۲	۲/۵۲

۲-۴- پیش پردازش و پردازش تصاویر

به منظور بررسی دقت هندسی تصاویر ماهواره‌ای مختصات چندین نقطه کنترل از نقشه ۱:۲۵۰۰۰ منطقه استخراج شد، به علت تطابق هندسی تصاویر و نقاط کنترل استخراج شده، و دقت بالای تصاویر سنجنده OLI، نیازی به انجام تصحیح هندسی تصاویر ماهواره‌ای نبود. سپس به منظور بررسی تغییرات و کاهش اثر جو و عوامل دیگر در تصاویر چندزمانه با مروری بر منابع موجود در این زمینه از روش تصحیح اتمسفری فلش (FLAASH) استفاده شد. سپس ۱۲ شاخص گیاهی به شرح جدول ۲ محاسبه شدند. طبق تحقیق جکسون و همکاران [۲۲]، شاخص‌های گیاهی در دو دسته کلی قرار می‌گیرند، شاخص‌های شیب‌محور و فاصله‌محور. شاخص‌های شیب-محور ترکیب ریاضی ساده‌ای هستند که بر تضاد بین الگوی پاسخ طیفی گیاهان در محدوده قرمز و مادون قرمز نزدیک در طیف الکترومغناطیسی تمرکز می‌کنند. در مقابل، شاخص‌های فاصله‌محور مقدار پوشش گیاهی در هر پیکسل را با استفاده از تفاوت بازتاب هر پیکسل از بازتاب خاک لخت اندازه‌گیری می‌کنند.

۲-۵- رابطه بین تاج پوشش سبز گیاهی با داده‌های ماهواره‌ای

پس از انجام مراحل ذکر شده به منظور بررسی رابطه بین تاج پوشش سبز گیاهی با داده‌های ماهواره‌ای از تحلیل رگرسیون استفاده شد. در این قسمت سعی شد مناسب‌ترین شاخص گیاهی برای برآورد تاج پوشش سبز در منطقه‌ی مورد مطالعه معرفی شود. به این منظور ارزش شاخص‌های گیاهی از تصاویر ۲۴ اردیبهشت، ۲۵ خرداد، ۱۱ مرداد و ۱۲ شهریور (تاریخ‌هایی از تصاویر که هم زمان نمونه‌برداری زمینی هم انجام شده بود) محاسبه شد. در

$$Bias = \sum_{i=1}^n \frac{y_i - y}{n} \quad (3)$$

در معادلات بالا y_i و y به ترتیب مقدار برآورد شده و مقدار اندازه گیری شده تاج پوشش سبز گیاهی، i th شماره نمونه یا شماره پلات در اندازه گیری زمینی و n تعداد کل نمونه ها است. پارامترهای ذکر شده نشان دهنده دقت و صحت مدل های رگرسیونی و نشانگر این می باشند که تا چه اندازه ارزش های پیش بینی شده به ارزش های واقعی نزدیک است. ارزش کمتر در مقادیر RMSE، MAE و Bias و ارزش بیشتر در مقادیر R و R^2 نمایانگر دقت و صحت بیشتر مدل رگرسیونی است.

در مرحله بعد در ۳۳ درصد از داده هایی که در ایجاد مدل رگرسیونی وارد نشده بودند مقادیر تاج پوشش سبز گیاهی اندازه گیری شده در عملیات صحرایی در برابر مقادیر برآورد شده از رابطه رگرسیونی توضیح داده شده، قرار گرفته و با آزمون تی جفتی وجود یا عدم وجود اختلاف معنی دار بین این دو ارزش مورد بررسی قرار گرفت. در ضمن مقدار ۳۳ درصد ذکر شده به صورت کاملاً تصادفی به تعداد برابر از مشاهدات مربوط به هر ۴ دوره انتخاب شد به طوریکه تعداد ۵۰ مشاهده برای مدلسازی و ۲۶ مشاهده برای ارزیابی در نظر گرفته شد.

۷-۲- بررسی تغییرات تاج پوشش سبز گیاهی طی فصل رویش

به منظور بررسی تغییرات زمانی طی فصل رویش در بازه های زمانی کوتاه تر، پس از تعیین شاخص مناسب این شاخص برای تصاویر تاریخ های ۲۳ فروردین، ۹ خرداد، ۲۳ تیر و ۲۸ شهریور، یعنی تصاویر دوره ها با تاج پوشش گیاهی مجهول محاسبه شد. برای تهیه نقشه تاج پوشش سبز گیاهی منطقه در زمان های مختلف طی فصل رویش پس از دستیابی به مدل برآورد تولید گیاهی به وسیله شاخص های گیاهی، این معادله علاوه بر تصاویری که نمونه زمینی در دست بود بر تصاویر ۴ دوره دیگر که تاج پوشش گیاهی مجهول بود نیز اعمال و تعمیم داده شد. برای استخراج تغییرات زمانی تاج پوشش سبز گیاهی از نقشه های بدست آمده از تصاویر سنجنده OLI در مرحله قبل از تکنیک تفریق تصویر (یکی از روش های بررسی تغییرات) استفاده شد و تصویر همراه از ماه قبل کم شد.

این روش مقادیر شاخص های گیاهی محاسبه شده در هر پیکسل از داده های ماهواره ای در محل پیکسل های نمونه برداری زمینی به عنوان متغیر مستقل و مقادیر محاسبه شده تاج پوشش سبز زمینی اندازه گیری شده در این ۴ دوره به عنوان متغیر وابسته وارد رابطه رگرسیونی خطی و غیر خطی درجه ۲ شدند. به این ترتیب که مجموع مشاهدات در ۴ دوره برای ساخت یک معادله در نظر گرفته شدند. در ضمن مقادیر زمینی تاج پوشش گیاهی میانگین ۵ کوادرات در هر پلات است که نماینده ارزش یک پیکسل در نظر گرفته شد. در مطالعات مختلفی [۱۱، ۲۳] یک کوادرات ۱ متر مربعی نماینده پیکسل ۹۰۰ متر مربعی لندست در نظر گرفته شده است ولی در تحقیق حاضر با توجه به تنوع گونه های گیاهی در طول دوره رویش، اختلاف در به اوج رسیدن تولید در فرم های رویشی مختلف، الگوی پراکنش گیاهان، ناهمگنی های موجود و در نهایت برای اطمینان بیشتر میانگین ۵ کوادرات نماینده یک پیکسل در نظر گرفته شد. قبل از ایجاد مدل های رگرسیونی نرمال بودن توزیع متغیر وابسته بررسی شد و با انجام تبدیل و پس از اطمینان از نرمال بودن توزیع این متغیر، تجزیه و تحلیل رگرسیون خطی و غیر خطی انجام شد.

۶-۲- اعتبار سنجی مدل برآورد تاج پوشش گیاهی

پس از رسیدن به مدل برآورد تاج پوشش سبز آزمون اعتبار سنجی مدل رگرسیونی ایجاد شده انجام شد. در مرحله اول اعتبار سنجی در این مطالعه در ۳۳ درصد از داده ها که وارد ساخت مدل نشده بودند مقادیر اندازه گیری شده و مقادیر برآورد شده توسط مدل های رگرسیونی، در رگرسیون خطی در مقابل هم قرار گرفتند محاسبه پارامترهای R ، R^2 ، انجام شد سپس پارامترهای RMSE، MAE و Bias محاسبه شد. فرمول های مربوط به این پارامترها آورده شده است.

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(y_i - y)^2}{n}} \quad (1)$$

$$MAE: \sum_{i=1}^n \frac{|y_i - y|}{n} \quad (2)$$

سپس نقشه‌های حاصل طبقه‌بندی شدند. طبقات در این مرحله با توجه مقادیر میانگین $\pm$ انحراف معیار و میانگین ± 2 انحراف معیار و میانگین ± 3 انحراف معیار.

جدول ۲- شاخص‌های گیاهی مورد استفاده در تحقیق حاضر

منبع	خصوصیات	رابطه	شاخص گیاهی
[۲۴]	شیب محور	$\frac{NIR - Red}{NIR + Red}$	Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)
[۲۵]	شیب محور	NIR/Red	Ratio Vegetation Index (RVI)
[۲۶]	فاصله محور	$\sqrt{(R_{gg} - NIR)^2 + (R_{gg} - Red)^2}$	Perpendicular Vegetation Index (PVI)
[۲۷]	فاصله محور	$\frac{(bNIR - Red) + a}{\sqrt{b^2 + 1}}$	Perpendicular Vegetation Index 1 (PVI1)
[۲۸]	فاصله محور	$\frac{(NIR - a) * (Red + b)}{\sqrt{1 + a^2}}$	Perpendicular Vegetation Index 2 (PVI2)
[۲۹]	فاصله محور	$aNIR - bRed$	Perpendicular Vegetation Index 3 (PVI3)
[۲۶]	شیب محور	Red/NIR	Ratio Vegetation Index (RVI)
[۲۶]	فاصله محور	$aNIR - Red$	Difference vegetation index (DVI)
[۲۶]	فاصله محور	$NIR - aRed$	Weighted Difference vegetation index (WDVI)
[۳۰]	مقاوم به شرایط جوی	$\frac{NIR - (2 * Red - Blue)}{NIR + (2 * Red - Blue)}$	Atmospheric Resistant Vegetation Index (ARVI)
[۳۱]	مقاوم به شرایط جوی - دارای ضریب تعدیل کننده خاک	$G \frac{NIR - Red}{NIR + C_1 Red - C_2 B + L}$	Enhanced Vegetation Index (EVI)
[۳۲]	مقاوم به شرایط جوی - دارای ضریب تعدیل کننده خاک	$\frac{(1 + L) * (NIR - (Red - (Blue - Red)))}{NIR + (Red - (Blue - Red)) + L}$	Soil & Atmospheric Resistant Vegetation Index (SARVI)

NIR = باند مادون قرمز، Red = باند قرمز، $Blue$ = باند آبی، a = شیب خط خاک، b = عرض از مبدأ خط خاک، $C_1 = 1/6$ و $C_2 = 1/7$ ، $G = 2/5$ همچنین $L = 1/5$ ، R_{gg} = خط خاک

۳- نتایج و بحث

۳-۱- نتایج آنالیز رگرسیونی شاخص‌های گیاهی

و تاج پوشش سبز گیاهی

آنالیز رگرسیونی خطی و درجه دوم تک متغیره بین تاج پوشش سبز به عنوان متغیر وابسته و شاخص‌های طیفی به عنوان متغیر مستقل مورد بررسی قرار گرفت. لازم به ذکر است کل داده‌ها در ۴ دوره برای ساخت یک مدل در نظر گرفته شد. بعلاوه ارتباط قوی‌تر رابطه درجه دوم نتایج این رابطه ارائه شد. طبق نتایج جدول ۳ تمام شاخص‌ها دارای ارتباط معنی‌دار ($p \leq 0.05$) می‌باشد در رابطه رگرسیونی درجه دوم ارتباط قوی‌تری بین تاج

پوشش سبز و شاخص‌های گیاهی نسبت به رگرسیون درجه اول مشاهده می‌شود. در رابطه رگرسیونی درجه دوم شاخص‌های EVI، SARVI، ARVI با ضریب همبستگی ۰/۹ و ضریب تبیین ۰/۸ بیشترین ارتباط را در بین شاخص‌های گیاهی با تاج پوشش سبز داشتند.

شاخص‌های گیاهی PVI3 و DVI نیز کمترین همبستگی را با متغیر ذکر شده داشتند. این مسئله ممکن است به دلیل تخمین غیردقیق پارامترهای محاسبه شده خط خاک برای این شاخص‌ها باشد [۳۳] که در منطقه مورد مطالعه باعث ایجاد تفاوت قابل ملاحظه‌ای با شاخص‌های ساده نشده است. بعلاوه شاید نبود پیکسل خالص خاک هم دلیلی برای این امر باشد.

با توجه به نتایج جدول ۳ از بین سه شاخص گیاهی SARVI، EVI، ARVI که دارای قوی‌ترین ارتباط بودند، شاخص ARVI به‌عنوان شاخص مورد نظر در برآورد تاج پوشش سبز گیاهی در رابطه درجه دوم در منطقه مورد مطالعه در نظر گرفته شد. همانطور که ذکر شد تصاویر مورد استفاده در این تحقیق از نظر زمانی در فصل و ماه‌های مختلف بوده و از این‌رو انتظار می‌رود اثر تفاوت در شرایط جوی در هنگام تصویر برداری و تأثیر اختلاف در زاویه تابش خورشید در تصاویر ماه‌ها و فصول مختلف و همچنین اختلاف در مقدار بخار آب موجود در جو بر بازتاب واقعی پوشش، در برآورد پوشش گیاهی اثر گذار می‌باشد. در نتیجه، از آنجا که این شاخص‌ها این امر را تا حدود زیادی کنترل می‌کنند، می‌تواند دلیلی بر ارتباط قوی‌تر شاخص‌های مقاوم به شرایط جوی (ARVI، EVI و SARVI) نسبت به شاخص‌های دیگر در مدل برآورد پارامترهای تاج پوشش سبز طی فصل رویش باشد. هر چند انجام تصحیحات اتمسفری قبل از انجام محاسبات بر روی تصاویر مورد استفاده صورت گرفته است استفاده از باند آبی در محاسبه این شاخص‌ها تا حدود

زیادتری می‌تواند اثرات جوی را به حداقل ممکن برساند که شاخص‌های مذکور با نقش تکمیلی خود در تأثیر عوامل جوی همچون بخار آب موجود در جو بر محاسبه شاخص‌های گیاهی نیز موثر باشد. به‌علت اینکه طبق تعریفی که برای شاخص EVI آمده است، این شاخص با حساسیت به مناطق با زیتوده بالا توسعه یافته است [۳۱]، شاخص گیاهی ARVI بر این شاخص ارجحیت داده شد. در تحقیق حاضر از رابطه رگرسیونی درجه دوم استفاده شد انواع مدل‌های آماری برای پیوند داده‌های سنجش از دوری و زمینی وجود دارد در میان روش‌های پارامتریک رگرسیون خطی ساده، ساده‌ترین روش است [۳۴، ۳۵]. ولی این روش وقتی روابط بین متغیرها غیرخطی (لگاریتمی، نمایی و سینوسی و...) باشد یا بیش از یک متغیر مستقل توجیه‌کننده این رابطه باشد کارایی خود را از دست می‌دهد. سپهری و همکاران [۳۶] در مطالعه‌ای مشابه نیز از رگرسیون خطی ساده به این منظور استفاده کردند محققانی نیز در ارتباط بین شاخص‌های گیاهی و درصد پوشش از رگرسیون غیرخطی درجه دوم استفاده کردند [۳۷، ۳۸].

جدول ۳- نتایج حاصل از رگرسیون درجه دوم بین تاج پوشش سبز و شاخص‌های طیفی داده‌های سنجنده لندست ۸ در مجموع مشاهدات ۴ دوره نمونه‌برداری صحرایی، معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ (p≤)

شاخص	R	R ²	Std. Error	Sig.	رابطه
RVI	۰/۸۹	۰/۷۹	۰/۵۹	۰/۰	$Y = -39/85 + 49/95(RVI) - 13/42(RVI^2)$
NDVI	۰/۸۹	۰/۷۹	۰/۵۲	۰/۰	$Y = -4/20 + 61/53(NDVI) - 82/84(NDVI^2)$
RVI	۰/۸۹	۰/۷۹	۰/۵۲	۰/۰	$Y = 6/1 + 15/89(RVI) - 26/89(RVI^2)$
PVI	۰/۷۷	۰/۶۰	۰/۷۲	۰/۰	$Y = 1/47 + 10/97(PVI) - 456/73(PVI^2)$
PVI1	۰/۷۳	۰/۵۳	۰/۷۸	۰/۰	$Y = 1/65 + 96/06(PVI1) - 713/03(PVI1^2)$
PVI2	۰/۸۵	۰/۷۲	۰/۶۰	۰/۰	$Y = 0/77 - 13/89(PVI2) + 215/09(PVI2^2)$
PVI3	۰/۵۶	۰/۳۲	۰/۹۴	۰/۰	$Y = 25/31 + 191/15(PVI3) + 389/57(PVI3^2)$
DVI	۰/۶۲	۰/۳۸	۰/۹۰	۰/۰	$Y = -2/68 - 4/076(DVI) + 534/77(DVI^2)$
WDVI	۰/۸۶	۰/۷۵	۰/۵۷	۰/۰	$Y = -1/10 + 37/16(WDVI) + 12/81(WDVI^2)$
ARVI	۰/۸۹	۰/۸	۰/۴۸	۰/۰	$Y = 4/66 + 23/04(ARVI) - 55/1(ARVI^2)$
EVI	۰/۹	۰/۸	۰/۴۹	۰/۰	$Y = -3/48 + 73/06(EVI) - 129/81(EVI^2)$
SARVI	۰/۹	۰/۸	۰/۴۹	۰/۰	$Y = -3/48 + 48/7(SARVI) + 57/69(SARVI^2)$

۳-۲- اعتبار سنجی مدل برآورد پوشش گیاهی

به‌منظور بررسی اعتبار مدل به‌دست‌آمده، در مقادیر پوشش برآورد شده توسط مدل بوسیله شاخص گیاهی ARVI با پوشش واقعی به روش گفته شده پارامترهای R²، RMSE، MAE و Bias در داده‌های تست مدل

محاسبه شد که نتایج در جدول ۴ ارائه شده است. در مرحله بعد نیز این دو مقدار (مقادیر پوشش و تولید برآورد شده توسط مدل با شاخص گیاهی ARVI با پوشش واقعی) در داده‌های تست مدل با آزمون تی جفتی مورد مقایسه قرار گرفتند. همان‌طور که در جدول ۵ آمده است تفاوت معنی‌داری بین تاج پوشش سبز برآورد شده با تاج پوشش سبز واقعی در سطح اطمینان ۰/۰۵ وجود ندارد (p>۰/۰۵).

جدول ۴- اعتبار سنجی مدل رگرسیونی درجه دوم برآورد تاج پوشش در ۳۳ درصد از داده‌های تست مدل

پارامتر	R	R2	RMSE (خطا)	MAE (خطا)	Bias (اریبی)
معادله درجه دوم برآورد پوشش	۰/۷۸	۰/۶۲	۰/۷۷	۰/۶۵	۰/۰۶۰۸۰

جدول ۵- درصد تاج پوشش سبز برآورد شده توسط مدل در برابر درصد تاج پوشش سبز اندازه‌گیری شده در فرم‌های رویشی و تاریخ‌های نمونه‌برداری مختلف (در ۳۳ درصد از داده‌های تست مدل)

معنی‌داری/اختلاف	درصد پوشش تخمین زده شده	درصد پوشش واقعی	تاریخ
عدم اختلاف معنی‌دار	۱۲/۲۱	۱۵/۱	۲۴ اردیبهشت
عدم اختلاف معنی‌دار	۷/۳۹	۹/۶۴	۲۵ خرداد
عدم اختلاف معنی‌دار	۶/۳	۳/۸	۱۱ مرداد
عدم اختلاف معنی‌دار	۲/۴	۱/۹	۱۲ شهریور

معنی‌داری در سطح ۹۵٪ ($P > 0.05$)

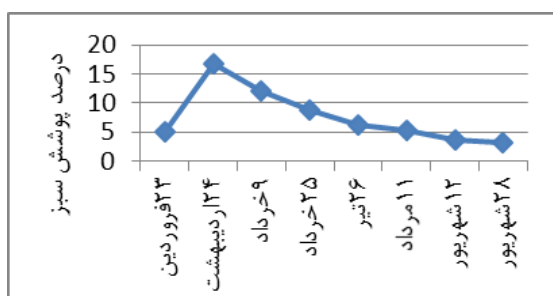
۳-۴- نقشه‌های تاج پوشش سبز گیاهی

پس از دستیابی به مدل برآورد پوشش در منطقه مورد مطالعه با استفاده از داده‌های زمینی جمع‌آوری شده طی ۴ دوره نمونه‌برداری و محاسبه شاخص‌های گیاهی از تصاویر مربوط به هر دوره، مدل حاصل برای تهیه نقشه پوشش سبز گیاهی در منطقه برای تاریخ‌های ۲۳ فروردین، ۹ خرداد، ۲۶ تیر و ۲۸ شهریور علاوه بر تصاویر اصلی که در تاریخ‌های ۲۴ اردیبهشت، ۲۵ خرداد، ۱۱ مرداد و ۱۲ شهریور بودند، استفاده شد. شکل ۳ نمایانگر نقشه‌های پوشش برای تصاویر تاریخ‌های مختلف در واحدهای بهره‌برداری موجود در منطقه با برش مناطق کشاورزی است. در این نقشه‌ها شاهد ناهمگنی مکانی مکانی تاج پوشش گیاهی در پوشش سبز گیاهی در این منطقه است. با وجود مدیریت‌های مختلف احتمال می‌رود این ناهمگنی مکانی مربوط به تفاوت در نوع مدیریت در قسمت‌های مختلف منطقه مورد مطالعه می‌باشیم نمایانگر ارزش بیشتر پوشش گیاهی در قسمت غرب و مقداری هم در شمال غربی و شرق منطقه مورد مطالعه است.

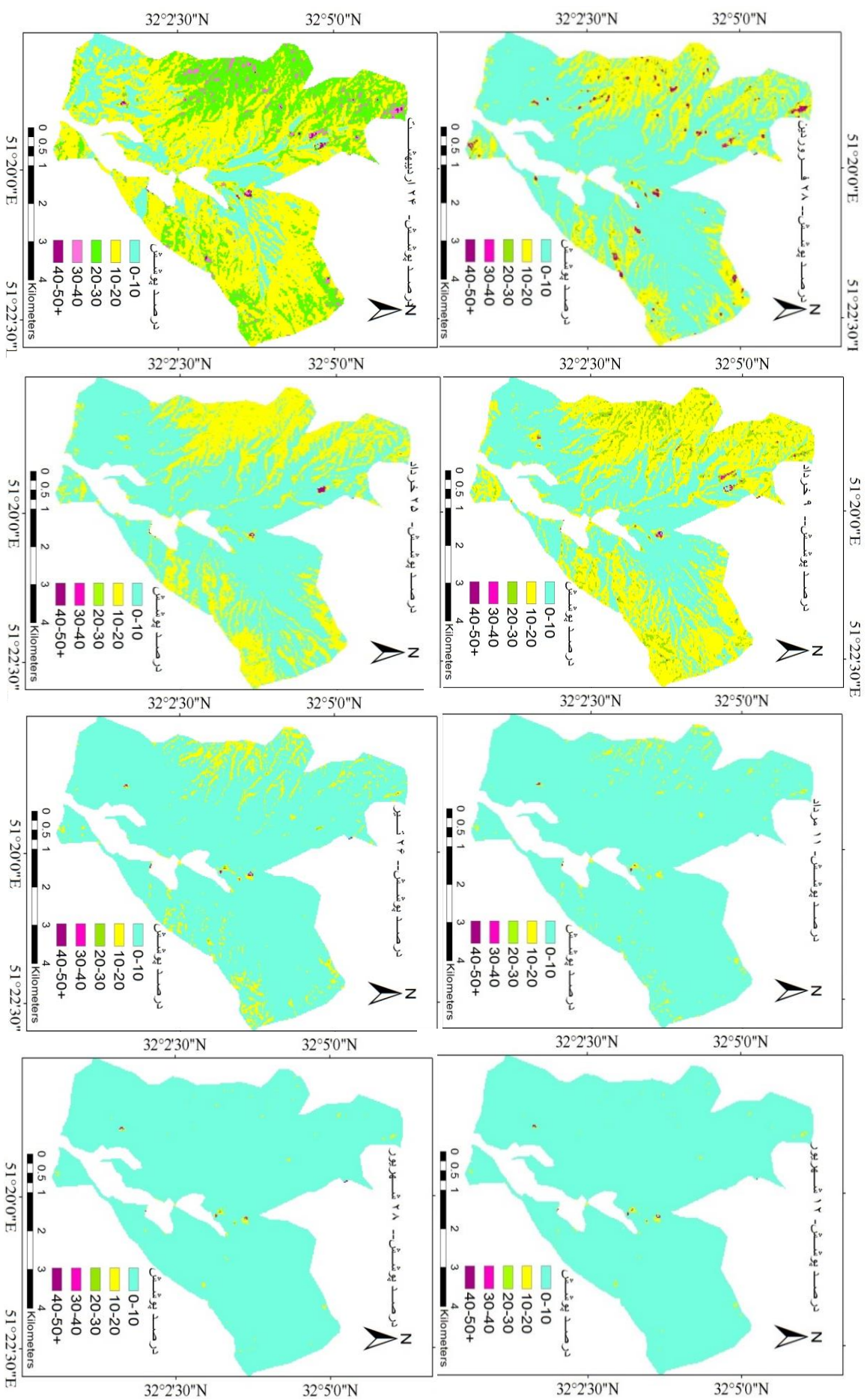
۳-۵- تغییرات پوشش سبز گیاهی طی فصل رویش

جهت بررسی تغییرات پوشش سبز گیاهی از فروردین الی شهریور درصد پوشش سبز برای هر دوره از نقشه‌های بدست آمده استخراج شد. همان‌طور که در شکل ۴ مشخص است بالاترین درصد پوشش سبز مربوط به تاریخ ۲۴ اردیبهشت است. ترتیب ارزش درصد پوشش سبز پس از ماه اردیبهشت در ماه‌های خرداد، تیر، مرداد، فروردین و شهریور است. این روند تغییرات تاج پوشش سبز گیاهی در

فصل رویش در مناطق آب و هوایی مدیترانه‌ای امری معقول و مورد تایید به نظر می‌رسد و همان‌طور که در قسمت معرفی منطقه ذکر شد در این منطقه که دارای زمستان‌های سرد و معتدل و تابستان‌های گرم و خشک می‌باشد این روند قابل قبول می‌باشد. که در انطباق با این موضوع، نتایج تحقیق Weiss et al (2004) نشانگر حداکثر ارزش NDVI در فصل بهار و همچنین همگنی مکانی بیشتر ارزش این شاخص در فصل بهار است. در مطالعه Guido et al (2004) در بررسی تغییرات مکانی و زمانی ANPP حداکثر تولید را در تمام واحدها مربوط به فصل بهار می‌دانند همچنین نتیجه ناهمگنی مکانی تولید را در واحدهای ژئومرفولوژی مختلف مربوط به تفاوت در عمق خاک، لیتولوژی و آب در دسترس دانستند [۱۵].



شکل ۴- تغییرات تولید مرجن طی فصل رویش



شکل ۳- نقشه تاج پوشش گیاهی مرجن

۳-۶- نمودارهای حاصل از نقشه‌های تفاضلی تاج پوشش سبز گیاهی

پس از ساخت و طبقه‌بندی نقشه‌های تفاضلی به روش توضیح داده شده از اعداد مساحت هر طبقه در نقشه‌های تفاضلی خروجی گرفته شد و در قالب نمودار برای هر بازه زمانی ارائه شد. تغییر تاج پوشش سبز گیاهی از تاریخ ۲۳ فروردین الی ۲۴ اردیبهشت در طبقات تغییر کم، متوسط افزایشی و همچنین مقداری هم در طبقه تغییرات زیاد افزایشی قرار دارد (مساحت طبقات دیگر بسیار کم می‌باشد). این امر در مراتع مناطق نیمه استپی کاملاً مورد انتظار است زیرا در بازه زمانی اواسط فروردین‌ماه تا اواخر اردیبهشت‌ماه گیاهان با روندی افزایشی به سمت حداکثر رویش و سبزی‌نگی خود پیش می‌روند که ناشی از فراهم بودن بارش و دما می‌باشد. (بازه زمانی ذکر شده بسته به بارش و میزان دما در هر سال می‌تواند بیشتر از ۱۰ روز جابجایی داشته باشد). در بازه زمانی ۲۴ اردیبهشت الی ۹ خرداد تغییر تاج پوشش سبز گیاهی در نمودار نمایانگر تغییر کاهشی در ارزش‌های تاج پوشش سبز و تولید گیاهی است. طبقات تغییر کم و متوسط کاهشی بیشترین مساحت منطقه مورد مطالعه را می‌پوشانند و تغییرات زیاد تا خیلی زیاد کاهشی در مقایسه با دوطبقه ذکر شده مساحت کمتری را به خود اختصاص داده‌اند. این امر گذشته از ملایم بودن ذاتی روند تغییرات در این اکوسیستم‌ها در این دوره به علت فشار ملایم چرا در اوایل ورود دام و در دسترس بودن علوفه کافی نیز می‌تواند باشد. همین روند کاهشی در طبقات مختلف تا تاریخ ۱۲ شهریور مشهود می‌باشد. در بازه ۱۲ الی ۲۸ شهریور تغییرات پوشش و تولید گیاهی در طبقات کم، کاهشی متوسط و مقداری هم در طبقه کاهشی است. در این بازه در کنار طبقات کاهشی مقداری هم تغییرات در طبقات متوسط، زیاد و خیلی زیاد افزایشی داریم. دلیل این امر ظهور گونه‌های جدید پاییزی همچون گونه بالشتکی است که در حاشیه نقشه‌ی تاج پوشش که مناطق با ارتفاعات بیشتر را شامل می‌شود.

۴- نتیجه‌گیری

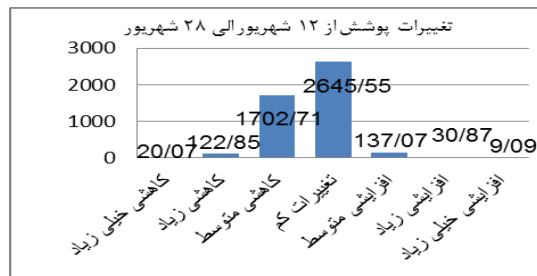
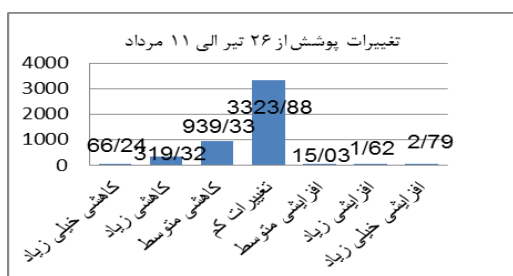
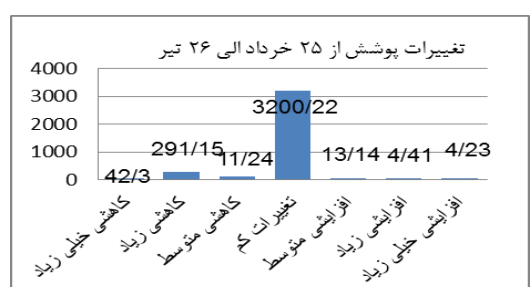
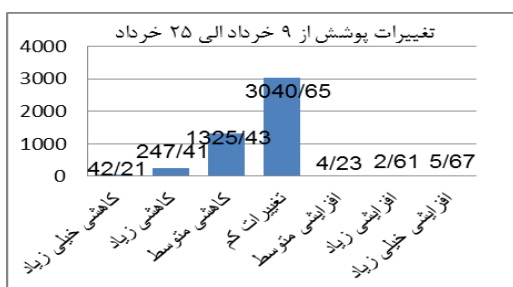
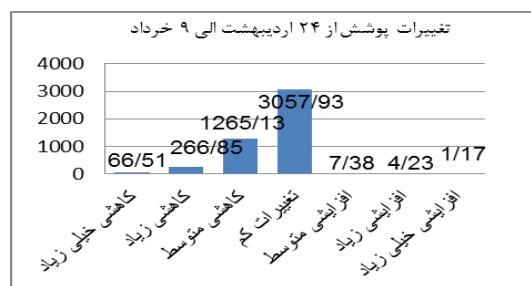
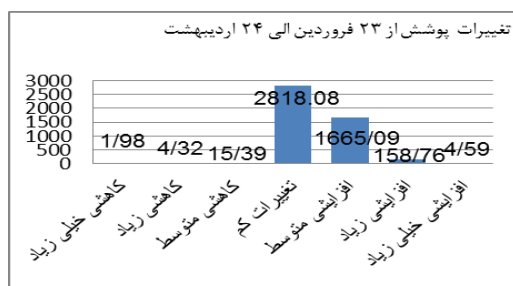
پایش پوشش گیاهی زیست‌بوم‌ها و بررسی پویایی تخصیص مواد مغذی و ترسیب کربن در این اکوسیستم‌ها منجر به درک بهتر و مدیریت پایدار آن‌ها خواهد شد. از طرفی، پوشش گیاهی به‌عنوان شاخص مهم در مدیریت

مراتع، نقش بسزایی را در فرایندهای اکولوژیکی ایفا می‌نماید. در تحقیق حاضر با هدف بررسی تغییرات زمانی تاج پوشش گیاهی مدل برآورد تاج پوشش سبز گیاهی در مرتع مرجن بروجن مورد بررسی قرار گرفت. طبق نتایج این تحقیق شاخص‌های گیاهی ARVI، EVI و SARVI دارای ارتباط قوی‌تری با پارامتر پوشش تاجی با استفاده از باندهای ۲، ۴ و ۵ در ماهواره سنجنده OLI می‌باشد. در نهایت در این تحقیق از شاخص ARVI استفاده شد. طبق نتایج تحقیق حاضر شاخص EVI هم دارای ضریب تبیین بالا با تاج پوشش سبز ($R^2 = 0.8$) در رابطه رگرسیونی می‌باشد شاخص گیاهی SARVI هم دارای ارتباط بالایی با تاج پوشش سبز ($R^2 = 0.8$) در رابطه رگرسیونی است. به این دلیل که شاخص SARVI جزء شاخص‌های مقاوم به شرایط جوی بوده و بعلاوه دارای ضریب تعدیل کننده خاک می‌باشد گزینه مناسبی برای مطالعات این چنینی مناسب به نظر می‌رسد و پیشنهاد می‌شود در مطالعات بعدی با شاخص ARVI مورد مقایسه قرار گیرد. عملکرد پیش‌بینی‌های حاصل از شاخص‌هایی همچون PVI، DVI و WDI در برابر اندازه‌گیری‌های میدانی در تحقیق حاضر از تاج پوشش سبز نشان داد که این شاخص‌ها ضریب همبستگی بالاتری نسبت به شاخص‌هایی همچون NDVI و RVI یا ARVI که مستقل از خط خاک نیستند نداشتند. در این مطالعه رگرسیون خطی ساده به مقدار کم دارای ارتباط ضعیف‌تری نسبت به رابطه درجه دوم بود، بنابراین از رگرسیون درجه دوم استفاده شد. در مطالعات مشابه نیز از یک شاخص گیاهی به‌عنوان متغیر مستقل در برآورد تاج پوشش سبز گیاهی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای استفاده شده است؛ بنابراین در مناطق خشک و نیمه‌خشک یک شاخص مناسب به همراه نمونه زمینی به خودی خود می‌تواند تاج پوشش گیاهی را پیش‌بینی کند، البته در برخی مطالعات بیش از یک شاخص گیاهی به‌عنوان متغیر مستقل وارد معادله شده است که در این صورت پیشنهاد می‌شود اثر هم راستایی این شاخص‌ها در معادله رگرسیونی از نظر آماری بررسی شود. نقشه‌های پوشش گیاهی نمایانگر ناهمگنی مکانی تاج پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه می‌باشند. لذا این نتیجه مبین این موضوع است که منطقه مورد مطالعه در اردیبهشت‌ماه دارای حداکثر میزان تاج پوشش گیاهی است.

نمودارهای تغییر تاج پوشش سبز گیاهی از تاریخ ۲۳ فروردین الی ۲۴ اردیبهشت مبین این موضوع است که در

بر اساس نتایج این تحقیق که در منطقه خشک مرجن انجام شد و نمونه‌های زمینی و تصاویر در ۴ مرحله از فصل رویش مورد استفاده قرار گرفت، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که دستیابی به مدل برآورد تاج پوشش سبز گیاهی که در تمام فصول رویش مورد استفاده قرار بگیرد با استفاده از داده‌های لندست ۸ در این مناطق امکان‌پذیر می‌باشد. تلفیق داده‌های دوره‌های مختلف رویشی و ساختن مدلی که بتواند پوشش گیاهی را در فصول مختلف نشان دهد حائز اهمیت فراوانی است و از ایجاد مدل‌های متعددی که می‌تواند خود منشاء ایجاد برآوردی اشتباه از پوشش گیاهی باشد جلوگیری به عمل می‌آورد، که نتایج این تحقیق نشان داد نه تنها رابطه معنی داری بین شاخص‌های گیاهی و پوشش گیاهی در مناطق خشک وجود دارد، همچنین این امکان وجود دارد که تنها یک مدل را برای داده‌های دوره‌های مختلف ایجاد کرد. همانطور که در این تحقیق مدل برآورد تاج پوشش بدست آمده برای دوره‌ها با تاج پوشش مجهول نیز تعمیم یافت و روند تغییرات طی فصل رویش قابل انتظار بود.

این بازه زمانی تغییرات منطقه، در طبقات تغییر کم، متوسط افزایشی و همچنین مقداری هم در طبقه تغییرات زیاد افزایشی قرار دارد. از این بحث می‌توان نتیجه گرفت برنامه‌های مدیریتی-احیایی در این منطقه به صورتی باشد که پاسخ آن‌ها در این بازه زمانی آشکار شود، زیرا در این حالت به علت نبود دام در منطقه و طی شدن روند طبیعی برنامه‌های مدیریتی-احیایی می‌تواند مثمر ثمرتر واقع شود. در بازه زمانی ۲۴ اردیبهشت الی ۹ خرداد نقشه‌های تغییر تاج پوشش سبز گیاهی نمایانگر تغییر کاهشی در ارزش تاج پوشش سبز است. طبقات تغییر کم و متوسط کاهشی بیشترین مساحت منطقه مورد مطالعه را می‌پوشانند و تغییرات زیاد تا خیلی زیاد کاهشی در مقایسه با دو طبقه ذکر شده مساحت کمتری را به خود اختصاص داده‌اند؛ روند تغییرات تقریباً به همین صورت تا ۱۲ شهریور ادامه می‌یابد. در بازه ۱۲ الی ۲۸ شهریور تغییرات تاج پوشش گیاهی در طبقات کم، کاهشی متوسط و مقداری هم در طبقه کاهشی است. در این بازه در کنار طبقات کاهشی مقداری هم تغییرات در طبقات متوسط، زیاد و خیلی زیاد افزایشی داریم.



شکل ۵- مساحت مربوط به هر طبقه تغییرات در نقشه‌های تفاضلی تاج

- [1] M. Mesdaghi, Range Management in Iran. Third edition. Mashhad: Astan Ghods Razavi Press, Iran, 2015.
- [2] M. R. Moghadam, Range and range management: Tehran University Press, 2009.
- [3] p. Flombaum and O. E. Sala, "Cover is a good predictor of aboveground biomass in arid systems," *Journal of Arid Environments*, vol. 73, pp. 597–598, 2009.
- [4] Z. Chen, W. Chen, S. Leblanc, G., and G. Henry, H, R., "Digital Photograph Analysis for Measuring Percent Plant Cover in the Arctic," *Arctic*, vol. 63, pp. 315–326, 2010.
- [5] C. D. Bonham, *Measurements for Terrestrial Vegetation: A John Wiley & Sons, Ltd., Publication*, 2013.
- [6] T. Edwards, J. Deshler, and D. Foster, "Adequacy of wildlife habitat environmental systems research institute," I.E(E.D). *Computational Issues*, 1996.
- [7] N. G. Silleos, T. K. Alexandridis, I. Z. Gitas, and K. Perakis, "Vegetation Indices: Advances Made in Biomass Estimation and Vegetation Monitoring in the Last 30 Years," *Geocarto International*, vol. 21, 2006.
- [8] I. M. Morrison, "Changes in the lignin and hemicellulose concentrations of ten varieties of temperate grasses with increasing maturity.," *Grass Forage Science*, vol. 35, pp. 93-287, 1980.
- [9] G. C. Fahey, M. Collins, D. R. Mertens, and L. E. Moser, *Forage quality, evaluation, and utilization: American Society of Agronomy, Inc.*, 1994.
- [10] E. B. Knipling, "Physical and physiological basis for the reflectance of visible and near-infrared radiation from vegetation," *Remote Sensing of Environment*, vol. 1, pp. 155–159, 1970.
- [11] T. F. Porter, C. Chen, J. H. Long, and R. L. Lawrence, "Estimating biomass on CRP pastureland: A comparison of remote sensing techniques," *biomas and bioenergy*, vol. 66, pp. 268-274, 2014.
- [12] L. Ji, B. K. Wylie, D. R. Noss, B. Peterson, M. P. Waldrop, J. W. McFarland, et al., "Estimating aboveground biomass in interior Alaska with Landsat data and field measurements," *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, vol. 18, pp. 451–461, 2012.
- [13] H. Farzadmehr, H. Arzani, A. Darvish Sefat, and M. Jafari, "Study of Landsat TM image data for estimate production and vegetation cover in Hanna-Semirom," *Iranian Journal Natural Resources*, vol. 57, pp. 339-350, 2004.
- [14] R. Darvishzadeh, A. A. Matkan, HosseiniaslA, and M. Ebrahimi Khusefi, "Estimation of vegetation fraction in the Central arid region of Iran using satellite images (Case study: Sheitoor basin, Bafgh)," *Arid Biome Scientific and Research Journal*, vol. 2, pp. 25-37, 2012.
- [15] H. Arzani, "Using digital Landsat TM image data for estimate production and vegetation cover.," *Iranian Jour. Natural Resources*, vol. 50, pp. 11-21, 1998.
- [16] G. Zehtabian, H. Azarnivand, H. Ahmadi, and S. Kalantari, "Presentation of Suitable Model to Estimate Vegetation Fraction Using Satellite Images in Arid Region (Case Study: Sadough-Yazd, Iran)," *Journal of Rangeland Science*, vol. 3, pp. 108-117, 2013.
- [17] A. R. Huete, "A soil adjusted vegetation index (SAVI)." *Remote sensing of environment*, vol. 25, pp. 295-309, 1988.
- [18] S. M. Hosseini, H. Shafei, M. R. Ekhtesassi, and S. Mohtasham Nia, "Drought effects on vegetation degradation of Sistan," *Iranian Journal of Range and Desert Research*, vol. 20, pp. 227-239, 2013.
- [19] G. L. Anderson, J. D. Hanson, and R. H. Hanson, "Evaluating Landsat Thematic Mapper Derived Vegetation Indices for Estimating Above-Ground Biomass on Semiarid Rangelands," *Remote sensing of environment*, vol. 45, pp. 165-175, 1993.
- [20] P. Tahmasebi, A. Ebrahimi, and N. A. Yarali, "The Most Appropriate Quadrature Size and Shape for Determining Some Characteristics of a Semi-steppic Rangeland," *Journal of Range and Watershed Management, Iranian Journal of Natural Resources*, vol. 65, p. 203_216, 2012.
- [21] M. Shiyomi and J. Yoshimura, "Measures of spatial heterogeneity for species occurrence or disease incidence with finite-counts," *Ecological Research*, vol. 15, pp. 13-20, 2000.
- [22] R. D. Jackson and A. Huete, R., "Interpreting vegetation indices," *Preventive Veterinary Medicine*, vol. 11, pp. 185-200, 1991.
- [23] C. L. Maynard, R. L. Lawrence, G. A. Nielsen, and G. Decker, "Modeling vegetation amount using bandwise regression and ecological site descriptions as an alternative to vegetation indices.," *Glsci RemotE Sens*, vol. 43, pp. 1-14, 2006.

- [24] J. G. Lyon, D. Yuan, R. S. Lunetta, and C. D. Elvidge, "A Change Detection Experiment Using Vegetation Indices," *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, vol. 64, pp. 143-150, 1998.
- [25] G. S. Birth and G. Mc Vey, "Measuring the color of growing turf with a reflectance spectroradiometer," *Agronomy Journal*, vol. 60, pp. 640-643, 1968.
- [26] A. J. Richardson and C. L. Wiegand, "Distinguishing Vegetation From Soil Background Information,," *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 43, pp. 1541-1552, 1997.
- [27] C. R. Perry and L. F. Lautenschlager, "Functional Equivalence of Spectral Vegetation Indices,," *Remote Sensing of Environment*, vol. 14, pp. 169-182, 1984.
- [28] A. Bannari, A. R. Huete, D. Morin, and F. Zagolski, "Effets de la Couleur et de la Brillance du Sol Sur les Indices de Végétation,," *International Journal of Remote Sensing*, vol. 17, pp. 1885-1906, 1996.
- [29] J. A. Qi, A. Chehbouni, A. R. Huete, and A. Sorooshian, "A Modified Soil Adjusted Vegetation Index," *Remote sensing of environment*, vol. 43, pp. 1541-1552, 1994.
- [30] Y. J. Kaufman and D. Tanre, "Strategy for Direct and Indirect Methods for Correcting the aerosol effect on remote sensing: From AVHRR " *Remote sensing of environment*, vol. 55, pp. 65-79, 1996.
- [31] A. Huete, R., C. Justice, and W. van Leeuwen, *MODIS Vegetation Index (MOD13) Algorithm Theoretical Basis Document*, NASA Goddard Space Flight Center, 1999.
- [32] H. Liu, Q. and A. Huete, "A Feedback Based Modification of the NDVI to Minimize Canopy Background and Atmospheric Noise," *IEEE transactions on geoscience and remote sensing*, vol. 33, pp. 457-465, 1995.
- [33] K. Brinkmann, U. Dickhoefer, E. Schlecht, and A. Buerkert, "Quantification of aboveground rangeland productivity and anthropogenic degradation on the Arabian Peninsula using Landsat imagery and field inventory data," *Remote Sensing of Environment*, vol. 115, pp. 465-474, 2011.
- [34] W. P. Du plessis, "Linear regression relationships between NDVI, vegetation and rainfall in Etosha National Park, Namibia," vol. 42, pp. 235-260, 1999.
- [35] J. B. Drake, R. G. Knox, R. O. Dubayah, D. B. Clark, R. Condit, J. B. Blair, et al., "Above-ground biomass estimation in closed canopy Neotropical forests using lidar remote sensing: factors affecting the generality of relationships," *Glob. Ecol. Biogeogr*, vol. 12, pp. 147-159, 2003.
- [36] A. Sepehri and M. R. Motaghi, "Using Vegetation indices for estimate rangeland vegetation cover in Jahannama refuge,," *Iranian Journal of Natural Resources*, vol. 55, pp. 20-31, 2003.
- [37] T. Mannschatz, B. Pflug, E. Borg, K. H. Feger, and p. Dietrich, "Uncertainties of LAI estimation from satellite imaging due to atmospheric correction," *Remote Sensing of Environment*, vol. 153, pp. 24-39, 2014.
- [38] K. P. Paudel and P. Andersen, "Assessing rangeland degradation using multi temporal satellite images and grazing pressure surface model in Upper Mustang, Trans Himalaya, Nepal," *Remote sensing of environment*, vol. 114, pp. 1845-1855, 2010.