

مدل سازی تغییرات شاخص سبزیگی پوشش گیاهی با بارش های جوی در منطقه زاگرس

منوچهر فرج زاده اصل*

استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

یوسف قویدل رحیمی

دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

فروزان عیسوند زیبایی

دانش آموخته کارشناسی ارشد آب و هوا شناسی دانشگاه تربیت مدرس، تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۹/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۷/۱۷

چکیده

ارزیابی ارتباط کمی بین الگوی پوشش گیاهی و عناصر اقلیمی یکی از کاربردهای سنجش از دور در مقیاس جهانی و منطقه ای است. مطالعه بارندگی یک منطقه و اثرات مخرب یا مفیدی که بر جا می گذارد، شرایط را برای برنامه ریزی و حفظ و حراست از آن محیط، مدیریت بهتر خاک و شناخت وضعیت پوشش گیاهی فراهم می کند. بارش پدیده ای است اقلیمی که مقدار آن در مکان پیوسته تغییر می کند. برای انجام این پژوهش از داده های بارش روزانه ۳۶ ایستگاه اقلیمی منطقه زاگرس در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ میلادی و تصاویر ماهواره MODIS و TRMM استفاده شد. به همین منظور برای رسیدن به نتیجه مطلوب، منطقه مورد مطالعه را به سه قسمت، منطقه دارای سبزیگی حداکثر، متوسط و حداقل تقسیم شده است. با توجه به این که بیشترین تراکم سبزیگی در ایران در ماه می می باشد، اخذ و بررسی تصاویر ماهواره ای به نحوی بوده است که محصول های ۱۶ روزه پوشش گیاهی تمام روزهای ماه میرا پوشش دهند و به توان در برآورد درستی رسید و بر اساس آن نیز روزهای بارشی همان بازه زمانی (۲۳ آوریل تا ۹ ژوئن) انتخاب شده است. سپس برای هر دوره ۱۶ روزه با دوره زمانی ۱۱ سال یک میانگین به دست آورده که در مجموع برای هر فاکتور سه تصویر برای هر ۱۶ روزه مطالعه گردید. نتایج بررسی ها نشان می دهد که مناطق با بارش بیشتر دارای سبزیگی بیشتری بوده و در بیشتر موارد تغییرات مکانی بارش باعث تغییر در میزان میانگین سبزیگی شده و همچنین شبیه سازی داده های بارش ماهواره ای با سبزیگی نسبت به بارش ایستگاهی سبزیگی بالاتری را پیش بینی می کند.

واژگان کلیدی: سبزیگی پوشش گیاهی، بارش، تصاویر ماهواره ای، زاگرس.

مقدمه

نوسان های اقلیمی اهمیت زیادی برای دینامیک پوشش گیاهی در مقیاس جهانی و منطقه ای دارند. تخمین ویژگی های پوشش گیاهی نظیر شاخص میزان سبزیگی پوشش گیاهی (NDVI) یک قدم مهم در تعیین اقلیم یک منطقه است.

سیستم‌های سنجش از دور قابلیت‌های بسیار مناسبی برای بررسی روند تحولات پوشش گیاهی را دارا می‌باشد. سیستم‌های سنجش از دوری این امکان را می‌دهد که در مناطقی که به علت‌های چون کوهستانی بودن، دره‌ای و ...، امکان بررسی میدانی و نصب ایستگاه‌های اقلیمی وجود ندارد، راه را برای مطالعه در این مناطق و در سطح گسترده تسهیل کند. استخراج اطلاعات دقیق و بهنگام از داده‌های سنجش از دوری جهت تولید نقشه‌های کاربری و پوشش اراضی در سطح ملی و پایش سرزمین بخصوص با استفاده از داده‌های سری زمانی تصاویر MODIS بسیار معمول و نقش بسیار مهمی در برنامه‌ریزی در بخش‌های منابع طبیعی، کشاورزی و محیط‌زیست بازی می‌کند. چرا که این اطلاعات و نقشه‌ها به‌طور قابل ملاحظه‌ای متفاوت از دیگر داده‌ها و اطلاعات بزرگ مقیاس پوشش اراضی می‌باشند که به ارائه نقشه بر اساس مجموعه‌ای از تک کلاس اطلاعاتی و گسسته در یک‌زمان خاص می‌پردازند. مودیس یک سنجنده با میدان دید وسیع است که توسط هر دو ماهواره آمریکایی Terra و Aqua، حمل می‌شود. این سنجنده هر ۱ الی ۲ روز یک‌بار یک پوشش کامل در ۳۶ باند تولید می‌کند. ماهواره Terra در زمان ۱۰:۳۰ و ماهواره Aqua در زمان ۱۳:۳۰ از استوا می‌گذرد. به این ترتیب دو دستگاه MODIS می‌توانند در گردآوری اطلاعات مربوط به تغییرات روزانه در رادیانس فراز آمده که با مشخصه‌ها و شرایط سطح زمین، متغیرهای سطح زمین، متغیرهای اقیانوسی و جوی مرتبط هستند، به کار گرفته شوند. از کاربردهای مودیس می‌توان به استفاده از اطلاعات آن برای بررسی مواردی چون قطع درختان جنگلی، مرزبندی صحراها و مناطق خشک زمین، بررسی تغییرات آب‌وهوای سطح زمین مانند رطوبت و دما و همچنین سطح پوشش گیاهی از طریق مودیس قابل بررسی است (رسولی، ۱۳۸۷).

بارش پدیده‌ای است اقلیمی که مقدار آن در مکان پیوسته تغییر می‌کند. تغییرات بارشی تحت تأثیر عوامل بارشی و سیستم‌های باران‌زا می‌باشد؛ این عوامل سبب به وجود آمدن رژیم‌های مختلف بارشی در مناطق مختلف شده است. پراکندگی جغرافیایی قلمرو این رژیم‌های بارشی نشان می‌دهد که تفاوت رژیم‌های بارش ایران عمدتاً متأثر از عرض جغرافیایی است. جنگل‌های زاگرس از جمله مناطق مهم و با ارزش منابع طبیعی کشور ایران است که در سطح ۵/۲ میلیون هکتار آن، بالغ بر ۱۹۰ گونه درختی و درختچه‌ای وجود دارد (فتاحی، ۱۳۸۴). بارندگی این ناحیه از ۶۰۰ میلی‌متر در قسمت‌های شمالی تا ۳۰۰ میلی‌متر در قسمت‌های جنوب غرب در نوسان است که این تفاوت در میزان بارندگی باعث تفاوت در تراکم پوشش گیاهی در منطقه می‌باشد؛ تراکم پوشش گیاهی متفاوت دارای انعکاس‌های متفاوتی در طول موج طیف الکترومغناطیسی است، به‌طوری که پوشش گیاهی تنک در مقایسه با پوشش گیاهی متراکم دارای انعکاس پایینی در طیف الکترومغناطیسی می‌باشد.

در طول سه دهه گذشته کاربرد نسبت‌های مختلف طیفی باندهای انعکاسی در مطالعه منابع طبیعی به‌ویژه پایش پوشش گیاهی در مقیاس منطقه‌ای و جهانی به‌طور گسترده‌ای افزایش یافته است. نتایج نشان‌دهنده ارتباط خوب بارش‌های جوی یک ناحیه با تراکم پوشش گیاهی می‌باشد. مطالعات مختلفی در این زمینه انجام شده است؛ مطالعه NDVI بارش و رطوبت خاک در بوتسوانا نشان داد که همبستگی بین NDVI و بارش زمانی بالاست که NDVI

به وسیله رطوبت خاک کنترل شود (فارار و همکاران، ۱۹۹۴). همبستگی دما و NDVI در نبراسکای ایالت متحده آمریکا همبستگی بالایی را بین NDVI با درجه روز و دمای خاک نشان داد (یانگ و همکاران، ۱۹۹۷). همچنین در جنگل های بامبو شاخص پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI) دارای همبستگی ضعیفی با رطوبت است، ولی با این حال شاخص های پوشش گیاهی دیگری مانند شاخص (PVI) و شاخص پوشش گیاهی (SAVI) که از پارامترهای خاک تأثیر می پذیرند، همبسته می باشد. این نتایج نشان می دهد در اقلیم های مختلف نوع، میزان، و روند همبستگی شاخص های گیاهی متفاوت است (دوو و همکاران، ۲۰۱۰). استفاده از داده های سری زمانی لندست و MODIS برای طبقه بندی پوشش جنگلی نشان دادند که شاخص NDVI نمی تواند در بهبود دقت طبقه بندی داده های سنجش از دور مؤثر باشد (جیا^۱ و همکاران، ۲۰۱۴). به طور کلی، شناخت چگونگی روند تغییرات اقلیمی به ویژه روند تغییرات بارش از جمله مواردی است که در سال های اخیر مورد توجه پژوهشگران علوم جوی قرار داشته است. بدون توجه به این که یک مکان در اقلیم مرطوب و یا خشک قرار داشته مطالعات انجام گرفته در این زمینه نمی تواند کارآمد باشد. آگاهی از روند تغییرات بارش یک مکان می تواند بسیاری از مدیران و مجریان مرتبط با آب را نسبت به تصمیم گیری های آینده خود در ارتباط با پروژه های عمرانی یاری دهد. بررسی روند تغییرات جنگل های شرقی تایلند با استفاده از تصاویر ماهواره ای و نقشه توپوگرافی مشخص کرد که تغییر کاربری جنگل به سایر کاربری ها باعث تخریب جنگل شده است (کانبوم، ۱۹۹۸). استفاده از داده های دما و بارش، وردایی سالیانه NDVI نشان داد که در عرض های متوسط به بالا، رشد پوشش گیاهی به دلیل افزایش دما بیشتر شده است (کاواباتا^۲ و همکاران، ۲۰۰۱). در مطالعه ای نقش پوشش گیاهی، توسط تصاویر ماهواره ای لندست در خشک سالی های حوزه آبریز ندوشن یزد مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد که در سال ۱۳۸۱ که سال بارانی این منطقه بوده، میزان افزایش تولید سالانه مرتع یا به عبارتی دیگر، افزایش جوانه های دارای سبزینه در منطقه مورد مطالعه تحت تأثیر مستقیم میزان بارندگی در همان سال می باشد. بنابراین در سال ۱۳۷۹ (سال کاهش بارش) که بارندگی ناچیزی گزارش شده است، نباید انتظار ظهور پوشش سبز در منطقه داشت (عبداللهی، ۱۳۸۵). تغییرات سطح و پوشش گیاهی کویر سیاه کوه یزد با استفاده از تصاویر TM و ETM+ بررسی شد. در این مطالعه از ۵ شاخص NDVI, SAVI, PVI, NRVI, RVI, استفاده کردند، نتایج نشان داد که شاخص NDVI بهترین شاخص برای تهیه نقشه پوشش گیاهی می باشد (یمانی و همکاران، ۱۳۸۷). تحلیل آستانه اقلیمی برای رشد مراتع با استفاده از داده های سنجش از دور، نیز نشان داد که در همه سطوح تراکم زاگرس، رطوبت نسبی بیش از ۴۰ درصد باعث افزایش مقدار NDVI می شود. همچنین در زمستان نقش اصلی در افزایش NDVI عنصر دما، و در تابستان عنصر بارش ایفا می کند. این در حالی است که در بهار هر دو عنصر بارش و دما تأثیر موازی دارند (فرج زاده و همکاران، ۱۳۸۹). همچنین ارزیابی اثر عوامل اقلیمی بر پوشش گیاهی زاگرس مشخص کرد که پوشش گیاهی زاگرس رگسیون چند متغیره ضریب تأثیر رطوبت نسبی حداکثر، میانگین و حداقل را در اغلب ماه های ژانویه تا اکتبر ۲۰۰۶ نشان می دهد. اما عوامل اقلیمی بارش

¹ Jia² Kavabata

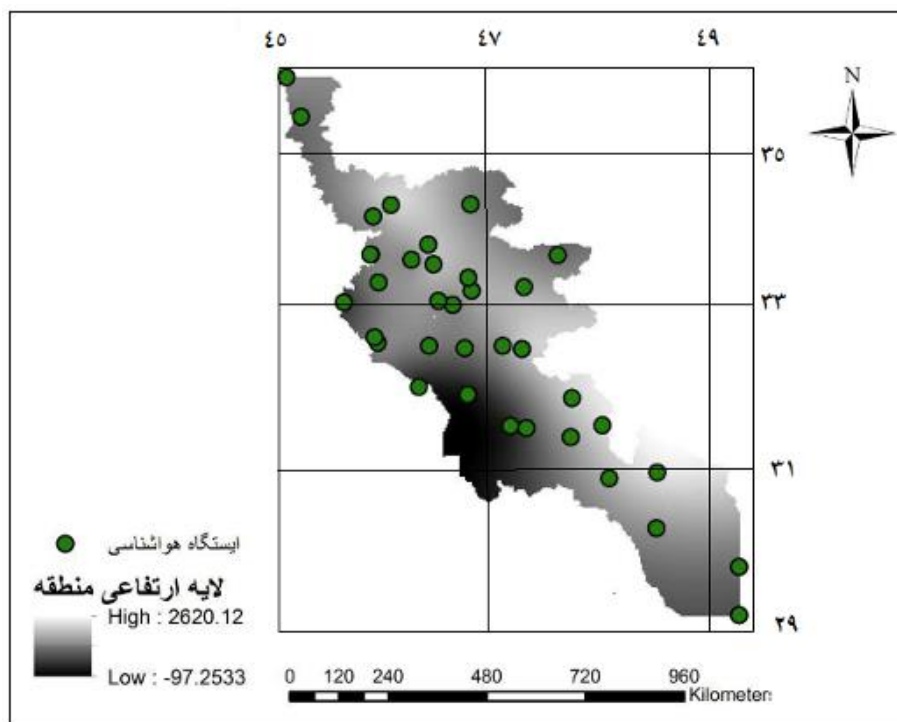
و دمای حداقل نقش خیلی کمتری در برآورد NDVI داشته‌اند و شروع رشد گیاه در مراتع کم تراکم ۲۵-۱۰ درصد تحت تأثیر ارتفاع به چند ماه زودتر یعنی ماه مارس منتقل شده است، درحالی‌که در ارتفاع‌های بالاتر، سطوح متراکم‌تر شروع رشد گیاه در ماه می اتفاق افتاده می‌افتد (فرج زاده و همکاران، ۱۳۸۹). همبستگی NDVI با رطوبت نسبی (میانگین و حداکثر) و دمای حداکثر بالاتر است. اما با بارش و دمای حداقل پایین‌تر است و تأثیر آب‌وهوای گرم بر روی NDVI بیشتر از فصل سرد بوده است (فرج زاده و همکاران، ۱۳۸۹). رابطه نوسان‌های بارندگی و تغییرات پوشش گیاهی در دوره زمانی ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۸ در بخشی از مراتع استان یزد مورد مطالعه قرار گرفت. در این پژوهش از اطلاعات بارندگی ماهانه ایستگاه‌های هواشناسی و تصاویر ماهواره NOAA استفاده شده است. نقشه‌های بارندگی با استفاده از روش‌های زمین آمار تهیه و تحلیل‌های آماری بین تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های بارش انجام شد. نتایج به‌دست‌آمده بیانگر ارتباط معنادار تیپ‌های پوشش گیاهی فورب و گراس با نوسانات بارندگی و عدم ارتباط یا ارتباط ضعیف تیپ‌های بوته‌زار، درختی و درختچه‌ای با بارندگی می‌باشد (حسینی و همکاران، ۲۰۱۱).

با توجه به مطالعات ذکر شده همواره مقدار NDVI تحت تأثیر مستقیم شرایط آب‌وهوایی است که با توجه به میزان بارش و شرایط رطوبتی محیط مقدار آن متفاوت است که این تفاوت در میزان سبزیگی انعکاس طیفی متفاوتی را به همراه دارد که به‌خوبی توسط ابزار سنجش از دور قابل ثبت است؛ به‌طور کلی هدف این پژوهش، تحلیل نقش ویژگی‌های بارش ماهواره‌ای TRMM و بارش ایستگاهی با سبزیگی پوشش گیاهی منطقه زاگرس با دوره زمانی ۱۶ روزه در ماه می (پوشش کامل ماه می در بازه زمانی ۲۰۱۰-۲۰۰۰) می‌باشد. با توجه به این‌که پژوهش در زمینه بررسی و تخمین مقدار (NDVI) و استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، توسط پژوهشگران زیادی انجام گرفته است؛ در این پژوهش که اساساً به بررسی ویژگی‌های بارشی و اثراتی که متقابلاً بر میزان سبزیگی پوشش گیاهی دارد، با توجه به روش کار و استفاده از تصاویر ماهواره‌ای MODIS و TRMM، می‌توان گفت اولین کار در این زمینه محسوب می‌شود.

داده‌ها و روش مطالعه

محدوده مورد مطالعه در این پژوهش، از جنوب پیرانشهر (واقع در آذربایجان غربی) به طول جغرافیایی ۴۵ درجه و عرض ۳۶ درجه شروع و در جنوب و جنوب شرقی با حد پایین ۵۲ درجه ۳۰ دقیقه طول جغرافیایی و ۲۹ درجه عرض جغرافیایی پایان می‌یابد. با توجه به گستردگی منطقه زاگرس، که از شمال غرب کشور شروع شده و تا جنوب شرق ادامه دارد و در قسمت‌های مختلف آن شرایط آب‌وهوایی متفاوتی حاکم است، این منطقه به سه قسمت تقسیم شده است. منطقه یک (منطقه دارای حداکثر سبزیگی) شامل استان‌های آذربایجان غربی، زنجان و کردستان می‌باشد که با توجه به موقعیت جغرافیایی و اقلیمی، در این مناطق با حداکثر ریزش‌های جوی وجود دارد. منطقه دو (منطقه دارای سبزیگی متوسط) در این پژوهش شامل استان‌های واقع در غرب و جنوب غرب کشور (کرمانشاه، ایلام، خوزستان، همدان، اراک، لرستان)

می‌باشند. منطقه سه (منطقه دارای حداقل سبزینگی) استان‌های چهار محال بختیاری، کهگیلویه و بویراحمد و فارس می‌باشند که در این استان‌ها در ماه می نزول کمتر بارش قابل مشاهده است.



مأخذ: نگارندگان

شکل ۱: نقشه موقعیت ایستگاهی و ارتفاعی منطقه مورد مطالعه

به منظور بررسی تحلیل نقش بارش بر روی سبزینگی پوشش گیاهی از داده‌های بارش روزانه ۳۶ ایستگاه سینوپتیکی و اقلیمی با طول دوره آماری (۲۰۰۰-۲۰۱۰) مورد استفاده قرار گرفته است. برای برآورد سبزینگی ماه می به علت وجود حداکثر سبزینگی در این ماه در منطقه مورد مطالعه انتخاب شده است. در این مطالعه از مجموع بارش ۱۶ روزه که از ۲۲ یا ۲۳ آوریل تا ۸ یا ۹ ژوئن را در بر می‌گیرد استفاده شد. از آنجایی که دوره مطالعاتی ۱۱ سال می‌باشد سعی شده است انتخاب ایستگاه‌های اقلیمی به نحوی باشد، که دارای پراکندگی نسبی و همچنین ۱۱ سال داده‌های اطلاعاتی باشد، با این وجود در برخی از استان‌ها دو یا سه ایستگاه اقلیمی دارای چنین ویژگی‌هایی بوده‌اند و در مجموع اطلاعات ایستگاهی به ۳۶ ایستگاه سینوپتیکی که دارای ۱۱ سال دوره آماری می‌باشند محدود شد. تصاویر ماهواره مورد استفاده در این پژوهش مربوط به سنجنده MODIS که از وب سایت این ماهواره اخذ شده^۳ و ماهواره TRMM^۴ می‌باشد که در مجموع ۹۹ تصویر محصول ۱۶ روزه (MOD13A2) از سنجنده MODIS با قدرت تفکیک ۱ کیلومتر و ۵۲۸ تصویر روزانه از ماهواره TRMM قدرت تفکیک ۰,۰۲۵ درجه استخراج شد. پس از اخذ تصاویر NDVI و TRMM از وب

^۳ <http://modis.gsfc.nasa.gov/>

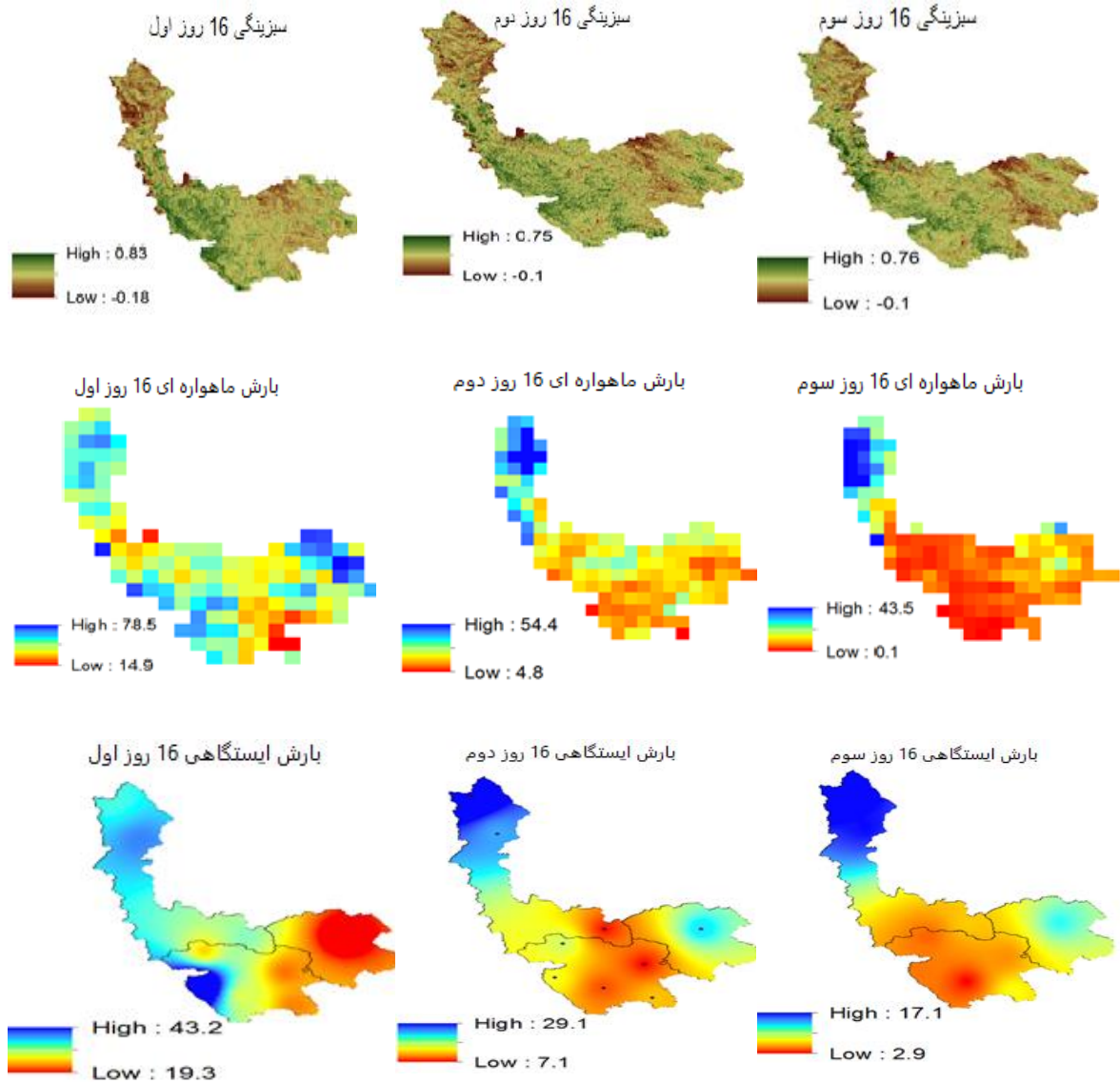
^۴ <http://pmm.nasa.gov/trmm>

سایت این ماهواره‌ها آن‌ها را در محیط نرم‌افزار GIS یکپارچه گردید. بعد از آن منطقه مورد مطالعه را به سه قسمت حداکثر، متوسط و منطقه دارای حداقل سبزیگی تقسیم‌شده است. بعد از تقسیم منطقه برای محاسبه NDVI ضریب $0,001$ اعمال شده است و برای خروجی گرفتن از این تصاویر آن‌ها را با نقاط $0,25$ درجه استخراج شده‌اند تا بر اساس این نقاط داده‌های سبزیگی استخراج‌شده و همچنین تعداد نقاط تصاویر یک کیلومتری NDVI را کاهش داده (در هر منطقه بالغ بر ۴۰ هزار نقاط ثبت سبزیگی وجود داشت) تا به نتیجه دلخواه رسیده شود. داده‌های بارش ایستگاهی نیز ابتدا در نرم‌افزار Excel به صورت مجموعه ۱۶ روزه مرتب‌شده است. پس از آن لایه درون‌یابی شده را به یک‌لایه رستری تبدیل کرده و از آن داده‌های $0,25$ درجه‌ای استخراج گردیده است. از تصاویر NDVI و بارش ماهواره‌ای و ایستگاهی همبستگی فضایی آن‌ها محاسبه و همچنین محاسبه همبستگی با تأخیر زمانی برای هر کدام از مناطق به دست آمده است و از خروجی داده‌های نقطه‌ای، میانگین بارش و NDVI محاسبه شده است. بعد از طی این مراحل در محیط ArcGIS با توجه به داده‌های که استفاده شده است برای هر دوره زمانی یک میانگین از مجموع آن‌ها به دست آورده شده و از خروجی نقطه‌ای آن‌ها برای هر سه دوره میانگین‌گیری انجام شده و بر روی نمودار نشان داده شده است. برای پیش‌بینی سبزیگی با داده‌های بارش ماهواره‌ای و ایستگاهی از روش رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی GWR^5 استفاده شده است. روش رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی یکی از روش‌های رگرسیون موضعی است. در مطالعات پهنه‌بندی میانگین ۲۵ ساله بارش سالانه در ترکیه، با محاسبه ضریب همبستگی بین مقدار پیش‌بینی شده و الگو شده مشخص شد که روش وزن‌دار جغرافیایی با ضریب تعیین ۸۶ درصد در مقایسه با روش کریجینگ و کوکریجینگ به ترتیب با ضرایب تعیین ۵۱ و ۶۷ درصد کمترین مقدار خطای پیش‌بینی شده را به خود اختصاص داده است (گوندوگدا و همکاران).

نتایج و بحث

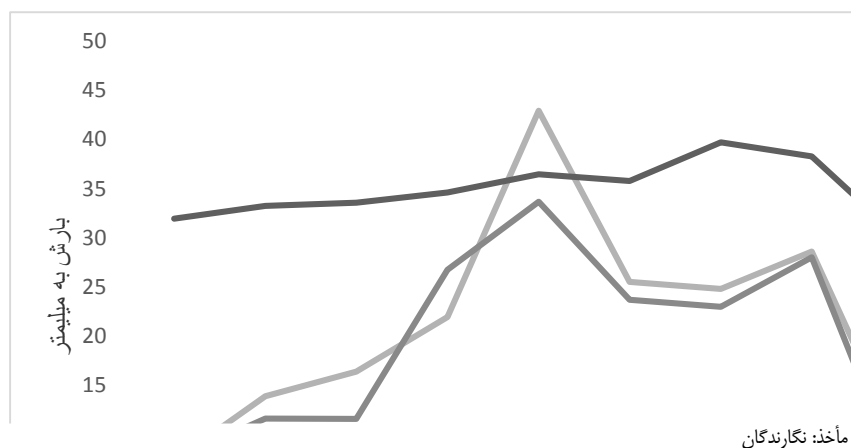
با توجه به شکل ۲ که میانگین تغییرات پوشش گیاهی، بارش ماهواره‌ای و ایستگاهی را نشان می‌دهد می‌توان دریافت که در منطقه یک از سال ۲۰۰۰-۲۰۰۵ میانگین سبزیگی تغییرات اندکی داشته در حالی که در این سال‌ها بارش دچار کاهش و افزایش شدید بوده است. بیشترین میانگین بارشی ثبت‌شده در این دوره آماری برای بارش ماهواره‌ای و ایستگاهی در سال ۲۰۰۴ می‌باشد. حداقل بارش‌ها در سال ۲۰۰۸ ثبت‌شده که متناسب با آن سبزیگی نیز کاهش داشته است و حداقل سبزیگی در این سال می‌باشد. افزایش بارش ماهواره‌ای در سال ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ باعث تغییر در میزان سبزیگی شده و افزایش پیدا کرده است. همان‌گونه که شکل ۳ نشان می‌دهد حداکثر میانگین سبزیگی در ۱۶ روز اول بوده که بیشترین تراکم آن در جنوب غرب منطقه می‌باشد و بارش ماهواره‌ای در ۱۶ روز اول حداکثر میانگین را ثبت کرده که بیشترین تراکم آن در جنوب شرق، جنوب غرب و شمال غرب منطقه است و بارش‌های ایستگاهی نیز حداکثر میانگین را در ۱۶ روز اول داشته که تراکم بیشتر آن در جنوب غرب، غرب و شمال غرب منطقه است.

⁵ Geographically Weighted Regression



مأخذ: نگارندگان

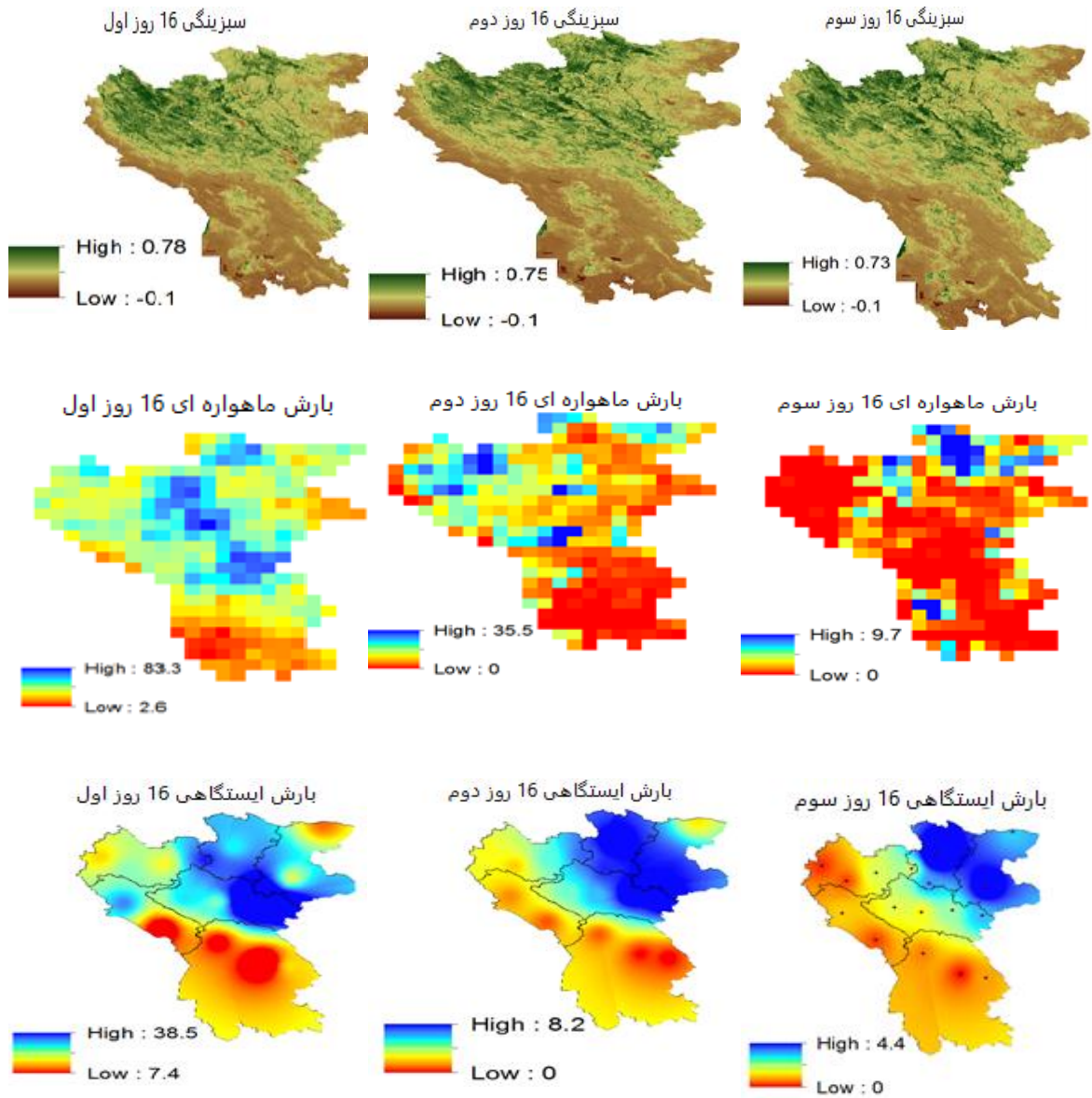
شکل ۲: نقشه‌های میانگین پوشش گیاهی، بارش ماهواره‌ای و ایستگاهی در منطقه یک



شکل ۳: نمودار میانگین پوشش گیاهی، بارش ماهواره‌ای و ایستگاهی در منطقه یک

طبق شکل ۴ که نمودار میانگین سبزیگی با بارش‌ها در منطقه دو می‌باشد از سال ۲۰۰۲-۲۰۰۶ سبزیگی تغییرات اندکی داشته در صورتی که در این سال‌ها بارش تغییرات زیاد کاهشی و افزایشی داشته است؛ افزایش بارش در سال ۲۰۰۷ باعث افزایش در میانگین سبزیگی شده که در این سال بیشترین سبزیگی را داشته و کاهش بارش در سال ۲۰۰۸ سبزیگی را تحت تأثیر قرار داده و باعث کاهش آن نسبت به سال قبل بوده است و همچنین بارش ماهواره‌ای در سال ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ نسبت به سال قبل افزایش داشته که در این سال‌ها نیز سبزیگی افزایش پیدا کرده است. همان‌گونه که شکل ۵ نشان می‌دهد بیشترین میانگین سبزیگی در ۱۶ روز اول بوده که بیشترین تراکم آن در شمال غرب و شمال منطقه می‌باشد و همچنین حداکثر میانگین بارش ماهواره‌ای در ۱۶ روز اول است که بیشتر در شمال، جنوب شرق و مرکز منطقه بوده و بارش ایستگاهی نیز در ۱۶ روز اول حداکثر میانگین را داشته که بیشتر در شمال، جنوب شرق و مرکز منطقه می‌باشد.

در شکل ۶ نشان می‌دهد از سال ۲۰۰۲-۲۰۰۶ سبزیگی تغییرات اندکی داشته در صورتی که در این سال‌ها بارش با تغییرات زیاد کاهشی و افزایشی روبه‌رو بوده است. حداکثر بارش ثبت‌شده در این دوره در سال ۲۰۰۶ بوده در حالی که در این سال سبزیگی نسبت به سال قبل تغییراتی نداشته است. کاهش بارش در سال ۲۰۰۸ باعث کاهش در مقدار میانگین سبزیگی شده و در سال ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ بارش ماهواره‌ای افزایش یافته که در این سال‌ها سبزیگی افزایش یافته است. با توجه به شکل ۷ حداکثر سبزیگی در ۱۶ روز دوم و سوم بوده که تراکم بیشتر آن در مرکز، شمال و شمال غرب منطقه می‌باشد. بیشترین بارش ماهواره‌ای ثبت‌شده در ۱۶ روز اول که بیشتر در شمال و شمال غرب منطقه و بیشترین بارش ایستگاهی نیز در ۱۶ روز اول که تراکم بیشتر بارش در شمال، شمال غرب و غرب منطقه است.



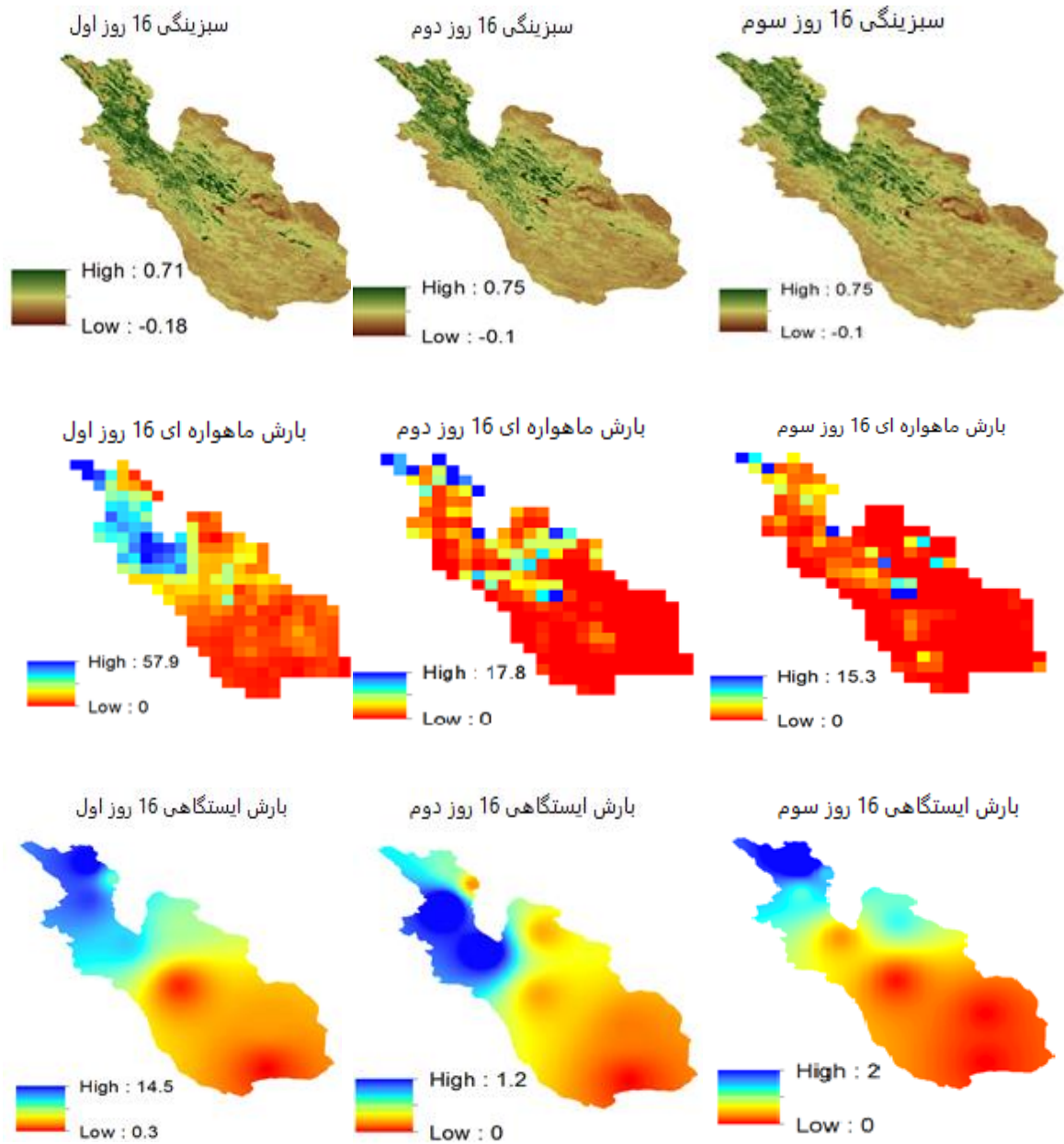
مأخذ: نگارندگان

شکل ۴: نقشه‌های میانگین پوشش گیاهی، بارش ماهواره‌ای و ایستگاهی در منطقه دو



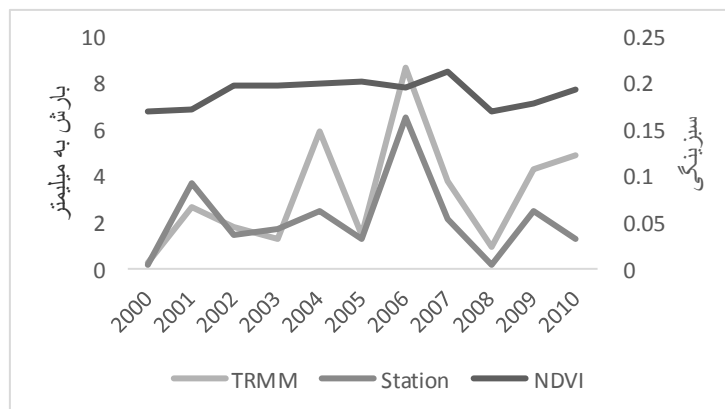
مأخذ: نگارندگان

شکل ۵: نمودار میانگین پوشش گیاهی، بارش ماهواره‌ای و ایستگاهی در منطقه دو



مأخذ: نگارندگان

شکل ۶: نقشه های میانگین پوشش گیاهی، بارش ماهواره ای و ایستگاهی در منطقه سه



مأخذ: نگارندگان

شکل ۷: نمودار میانگین پوشش گیاهی، بارش ماهواره‌ای و ایستگاهی در منطقه سه

ضرایب همبستگی NDVI با متغیرهای مورد مطالعه با در نظر گرفتن تأخیر زمانی

بررسی جدول ۱ نشان می‌دهد که در ۱۶ روز اول تأخیر زمانی NDVI با داده‌های بارش ماهواره‌ای، دارای معناداری و اطمینان لازم می‌باشد. بالاترین همبستگی در این دوره در سال ۲۰۱۰ با همبستگی ۰/۸۶ و پایین‌ترین همبستگی در سال ۲۰۰۸ با ۰/۷۱ به دست آمده است. در ۱۶ روز دوم همبستگی با داده‌های بارش ماهواره‌ای، معناداری و اطمینان لازم را داشته است. و بالاترین همبستگی در این دوره در سال ۲۰۰۴ با ۰/۸۴ و پایین‌ترین همبستگی در سال ۲۰۰۲ با همبستگی ۰/۵۷ می‌باشد. متناسب با افزایش بارش مقدار سبزیگی همبستگی بالایی را نشان داده است. تأخیر زمانی در داده‌های بارش ایستگاهی برای ۱۶ روز اول، دارای معناداری و اطمینان لازم بوده و در این دوره بالاترین همبستگی در سال ۲۰۱۰ با همبستگی ۰/۹۹ و پایین‌ترین همبستگی در سال ۲۰۰۰ با همبستگی ۰/۴۱ می‌باشد. در ۱۶ روز دوم بالاترین همبستگی در سال ۲۰۰۴ با ۰/۸۳ و پایین‌ترین آن در سال ۲۰۱۰ با ۰/۲ است.

جدول ۱: تأخیر زمانی میانگین سبزیگی با متغیرهای مورد مطالعه در منطقه یک

سال	زمان تأخیر ۱۶ روز اول بارش ماهواره‌ای و NDVI	زمان تأخیر ۱۶ روز دوم بارش ماهواره‌ای و NDVI	زمان تأخیر ۱۶ روز اول بارش ایستگاهی و NDVI	زمان تأخیر ۱۶ روز دوم بارش ایستگاهی و NDVI
۲۰۰۰	۰,۷۸	۰,۷۵	۰,۴۱	۰,۵۷
۲۰۰۱	۰,۸۴	۰,۶۳	۰,۴۳	۰,۴۵
۲۰۰۲	۰,۷۳	۰,۵۷	۰,۶۹	۰,۵۶
۲۰۰۳	۰,۷۷	۰,۷۴	۰,۵۵	۰,۸۱
۲۰۰۴	۰,۸۴	۰,۸۴	۰,۷۲	۰,۸۳
۲۰۰۵	۰,۸۱	۰,۸۳	۰,۹۰	۰,۰۳
۲۰۰۶	۰,۸۴	۰,۷۶	۰,۵۰	۰,۴۲
۲۰۰۷	۰,۷۵	۰,۸۳	۰,۸۴	۰,۶۳
۲۰۰۸	۰,۷۱	۰,۵۹	۰,۵۰	۰,۲۳
۲۰۰۹	۰,۸۱	۰,۵۹	۰,۹۱	۰,۳۳
۲۰۱۰	۰,۸۶	۰,۷۸	۰,۹۹	۰,۰۲

مأخذ: نگارندگان

بررسی جدول ۲ نشان می دهد که تأخیر زمانی همبستگی بین NDVI با داده های بارش ماهواره ای در ۱۶ روز اول دارای معناداری و اطمینان لازم است. بالاترین همبستگی در سال ۲۰۱۰ با ۰/۸۷ و پایین ترین آن در سال ۲۰۰۰ با ۰/۵۳ می باشد. در ۱۶ روز دوم نیز دارای معناداری و اطمینان لازم بوده و بالاترین همبستگی در این دوره در سال ۲۰۰۷ با ۰/۸۲ و پایین ترین آن در سال ۲۰۰۱ با ۰/۴۴ است. در ۱۶ روز اول تأخیر زمانی NDVI با داده های بارش ایستگاهی، بالاترین همبستگی در سال ۲۰۰۵ با ۰/۸۹ و پایین ترین آن در سال ۲۰۰۸ با ۰/۱۰ بوده و در ۱۶ روز دوم، بالاترین همبستگی در سال ۲۰۰۲ با ۰/۹۸ و پایین ترین آن در سال ۲۰۰۴ با همبستگی ۰/۲۲ می باشد.

جدول ۲: تأخیر زمانی میانگین سبزیگی با متغیرهای مورد مطالعه در منطقه دو

سال	زمان تأخیر ۱۶ روز اول بارش ماهواره ای و NDVI	زمان تأخیر ۱۶ روز دوم بارش ماهواره ای و NDVI	زمان تأخیر ۱۶ روز اول بارش ایستگاهی و NDVI	زمان تأخیر ۱۶ روز دوم بارش ایستگاهی و NDVI
۲۰۰۰	۰,۵۳	۰,۵۷	۰,۶۷	۰,۶۶
۲۰۰۱	۰,۸۴	۰,۴۴	۰,۶۸	۰,۴۹
۲۰۰۲	۰,۷۷	۰,۵۹	۰,۴۰	۰,۹۸
۲۰۰۳	۰,۶۷	۰,۶۶	۰,۶۴	۰,۹۶
۲۰۰۴	۰,۸۶	۰,۷۴	۰,۲۷	۰,۲۲
۲۰۰۵	۰,۷۹	۰,۶۶	۰,۸۹	۰,۹۵
۲۰۰۶	۰,۷۹	۰,۶۳	۰,۱۴	۰,۹۴
۲۰۰۷	۰,۸۱	۰,۸۲	۰,۳۴	۰,۳۰
۲۰۰۸	۰,۷۲	۰,۶۸	۰,۱۰	۰,۳۲
۲۰۰۹	۰,۸۱	۰,۷۲	۰,۶۸	۰,۲۳
۲۰۱۰	۰,۸۷	۰,۷۳	۰,۲۵	۰,۴۲

مأخذ: نگارندگان

با توجه به جدول ۳ تأخیر زمانی همبستگی NDVI با ۱۶ روز اول داده های بارش ماهواره ای، در بیشتر سال ها دارای معناداری و اطمینان لازم بوده، و بالاترین همبستگی در سال ۲۰۰۶ با ۰/۷۳ و پایین ترین آن در سال ۲۰۰۸ با ۰/۲۹ است. در ۱۶ روز دوم بالاترین همبستگی در سال ۲۰۰۷ با ۰/۵۳ و پایین ترین آن در سال ۲۰۰۰ با ۰/۱۸ می باشد. در ۱۶ روز اول تأخیر زمانی، همبستگی NDVI با داده های بارش ایستگاهی، بالاترین همبستگی در سال ۲۰۱۰ با ۰/۹۶ و پایین ترین آن در سال ۲۰۰۶ با ۰/۲۲ و در ۱۶ روز دوم بالاترین همبستگی در سال ۲۰۰۸ با ۰/۹۲ و پایین ترین آن در سال ۲۰۰۶، ۲۰۰۴، ۲۰۰۰ با حداقل همبستگی صفر است.

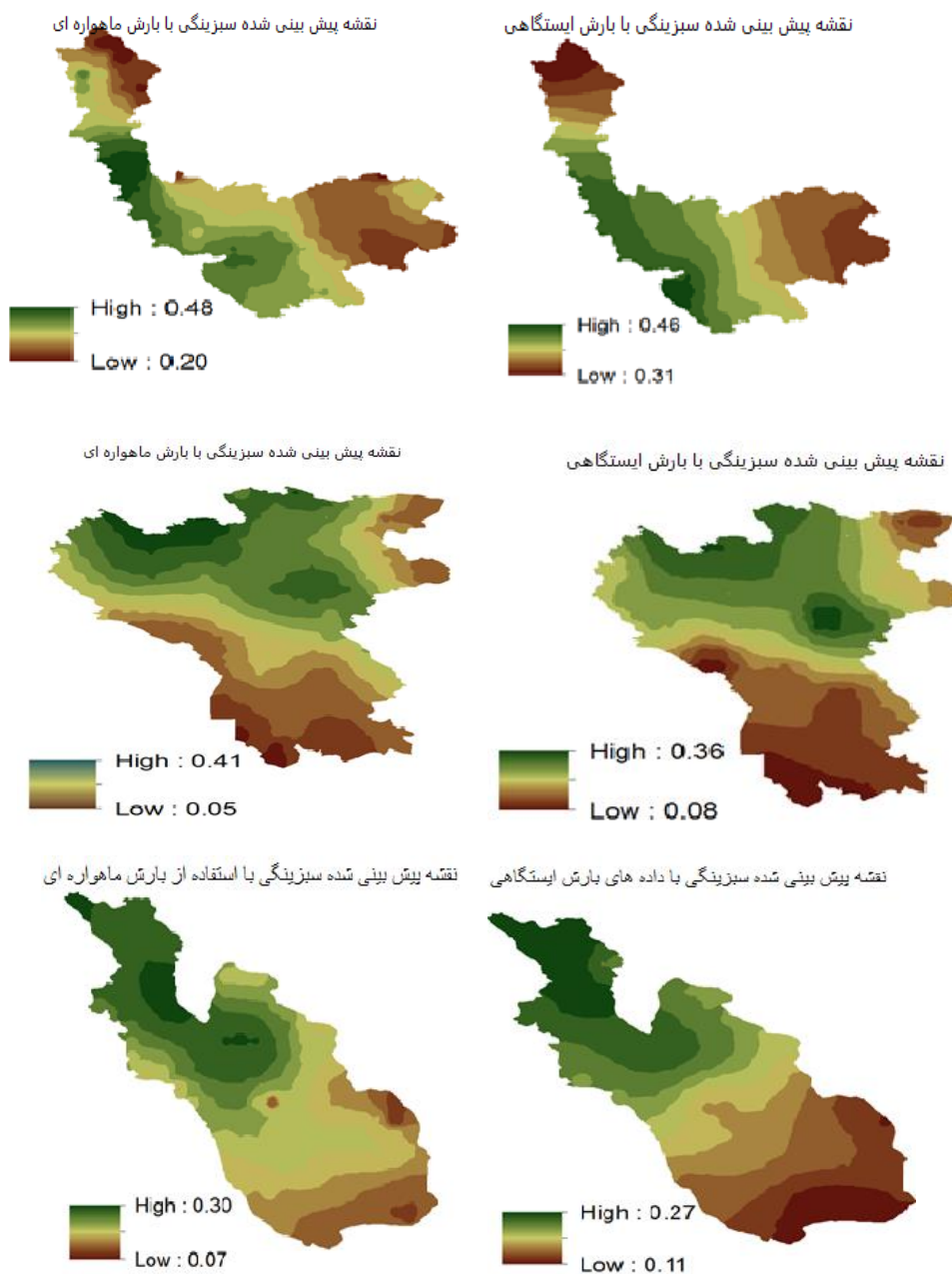
جدول ۳: تأخیر زمانی میانگین سبزینگی با متغیرهای مورد مطالعه در منطقه سه

سال	زمان تأخیر ۱۶ روز اول بارش ماهواره‌ای و NDVI	زمان تأخیر ۱۶ روز دوم بارش ماهواره‌ای و NDVI	زمان تأخیر ۱۶ روز اول بارش ایستگاهی و NDVI	زمان تأخیر ۱۶ روز دوم بارش ایستگاهی و NDVI
۲۰۰۰	۰,۵۵	۰,۱۸	۰,۸۹	۰
۲۰۰۱	۰,۶۶	۰,۴۶	۰,۷۵	۰,۷۶
۲۰۰۲	۰,۳۹	۰,۴۸	۰,۶۴	۰,۷۸
۲۰۰۳	۰,۴۰	۰,۲۸	۰,۸۷	۰,۴۳
۲۰۰۴	۰,۶۲	۰,۲۰	۰,۳۰	۰
۲۰۰۵	۰,۴۶	۰,۳۸	۰,۸۲	۰,۴۵
۲۰۰۶	۰,۷۳	۰,۲۹	۰,۲۲	۰
۲۰۰۷	۰,۴۷	۰,۵۳	۰,۹۳	۰
۲۰۰۸	۰,۲۹	۰,۴۰	۰,۵۷	۰,۹۲
۲۰۰۹	۰,۵۷	۰,۲۵	۰,۸۳	۰,۶۳
۲۰۱۰	۰,۷۳	۰,۴۶	۰,۹۶	۰,۳۸

مأخذ: نگارندگان

مدل‌سازی سبزینگی با داده‌های جوی

به منظور انجام مدل‌سازی با توجه به شکل ۸ پیش‌بینی سبزینگی با بارش ماهواره‌ای صورت گرفته برای منطقه یک با حداکثر سبزینگی ۰/۴۸ است. تراکم این سبزینگی بیشتر در قسمت‌های جنوب غرب و غرب منطقه می‌باشد و با فاصله گرفتن از این مناطق مقدار سبزینگی نیز کاهش یافته است. پیش‌بینی سبزینگی با بارش ایستگاهی نیز، حداکثر سبزینگی پیش‌بینی شده ۰/۴۶ می‌باشد که بیشترین تراکم آن در جنوب غرب و غرب منطقه است. در منطقه دو حداکثر سبزینگی پیش‌بینی شده برای داده‌های بارش ماهواره‌ای در طی دوره آماری ۱۱ ساله ۰/۴۱ می‌باشد که بیشترین تراکم آن در شمال، شمال غرب و مرکز منطقه است. حداکثر سبزینگی پیش‌بینی شده برای داده‌های بارش ایستگاهی ۰/۳۶ بوده که بیشترین تراکم آن در شمال، شمال غرب و مرکز این منطقه است. و همچنین برای منطقه سه حداکثر سبزینگی با داده‌های بارش ماهواره‌ای برای دوره آماری ۱۱ ساله ۰/۳۰ می‌باشد که بیشترین سبزینگی در مرکز، شمال و شمال غرب منطقه بوده و همچنین با توجه به داده‌های بارش ایستگاهی حداکثر سبزینگی ۰/۲۷ بوده که بیشترین آن در شمال، شمال غرب و مرکز این منطقه است. همان‌گونه که نتایج پیش‌بینی نشان می‌دهد مناطق دارای بارش بیشتر، سبزینگی بیشتری را پیش‌بینی کردند و همچنین با کاهش بارش در منطقه دو و سه سبزینگی نیز کاهش یافته است. همچنین بارش‌های ماهواره‌ای نسبت به بارش‌های ایستگاهی، سبزینگی بیشتری را پیش‌بینی کرده است.



مأخذ: نگارندگان

شکل ۸: مدل‌سازی سبزیگی با داده‌های بارش ماهواره‌ای و ایستگاهی در مناطق مورد مطالعه

نتیجه‌گیری

بارندگی یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر پوشش گیاهی به شمار می‌آید، نوسان و تغییر سال‌به‌سال بارندگی همواره پوشش گیاهی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. از آنجائی که تغییرات در عوامل کمی از جمله فراوانی، ترکیب، پوشش گیاهی و

تولید در مراتع متأثر از عوامل اقلیمی (مثل بارندگی) است، نیاز به مطالعه و بررسی روابط بارش با سایر پارامترها می‌باشد. در پژوهشی که نقش اطلاعات چند طیفی و چند زمانه تصاویر MODIS در طبقه‌بندی جهت تهیه نقشه کاربری و پوشش اراضی مورد بررسی قرار گرفت. هدف از این مطالعه بررسی سودمندی نسبی تصاویر چند طیفی و سری زمانی بالای MODIS برای طبقه‌بندی کاربری و پوشش اراضی بود. در این مطالعه به‌طور خاص، نقش انفرادی و ترکیبی باندهای طیفی و زمانی داده‌های بازتابندگی MODIS در طبقه‌بندی کاربری و پوشش اراضی برجسته شده است. این مطالعه متکی به یک سری زمانی محصولات ۸ روزه بازتابش (MOD09A1) در طول سال ۲۰۰۰، در رزولوشن ۵۰۰ متر برای کشور پرتغال بود (هوگو کارآو و همکاران، ۲۰۰۸). در این پژوهش به بررسی سبزیگی ماه می از سال ۲۰۰۰-۲۰۱۰ با توجه به بارش ماهواره‌ای و ایستگاهی همان دوره زمانی پرداخته شده است و از داده‌های بارش ۳۶ ایستگاه اقلیمی استفاده شده است. با توجه به بررسی‌های انجام شده می‌توان به این نتیجه رسید که هر چه میزان بارش بیشتر باشد متناسب با آن سبزیگی افزایش یافته است. مثلاً در منطقه یک که در قسمت شمال غرب و غرب کشور می‌باشد، دارای ارتفاع زیاد و همچنین بر سر راه توده‌های هوای غربی قرار گرفته است. این شرایط موجب شده است که این منطقه از کشور بارش بیشتری را دریافت کند. بارش‌های ماهواره‌ای نسبت به بارش‌های ایستگاهی مقدار بارش بیشتری را ثبت کرده‌اند و همچنین بارش ماهواره‌ای و ایستگاهی در سه دوره زمانی تقریباً روند کاهشی سبزیگی را دنبال کردند و متناسب با کاهش بارش مقدار سبزیگی در دوره‌های دوم و سوم نیز کاهش یافته است. بیشترین تراکم سبزیگی نیز در حاشیه غرب و جنوب غرب این منطقه می‌باشد که بارش‌های ایستگاهی و ماهواره‌ای مقدار حداکثر بارش‌ها را در این مناطق داشته‌اند. این قسمت از زاگرس بادگیر بوده و توده‌های هوایی در هنگام صعود به درجه اشباع رسیده و ایجاد بارش می‌کند. در منطقه دوم ما نیز سبزیگی بالایی ثبت شده که این قسمت در بیشتر ایام سال بارش خوبی دارا **است** و به سمت جنوب و جنوب شرق این منطقه بارش کاهش یافته که به مراتب سبزیگی نیز کاهش می‌یابد. بیشترین سبزیگی و همچنین بارش‌های ثبت شده در شمال منطقه به سمت مرکز و شمال شرق منطقه است. که این منطقه ارتفاع بیشتری داشته و به‌خوبی نشان‌دهنده نقش ارتفاع در دریافت بارش و افزایش مقدار سبزیگی را نشان می‌دهد. منطقه سه که زاگرس خشک است میزان بارش اندکی داشته و بیشتر بارش در فصل سرد ریزش می‌کند و به‌صورت رگباری می‌باشد که این مقدار بارش کم باعث کاهش سبزیگی است. در بیشتر موارد سبزیگی و بارش در ۱۶ روز اول بیشترین تراکم را داشته که علت آن را می‌توان در فعالیت توده‌های هوایی دانست که در منطقه فعال می‌باشند و ایجاد بارش می‌کنند. در منطقه یک که بیشترین بارش‌ها و سبزیگی ثبت شده، حداکثر بارش سالانه خود را در فصل بهار دارند و باعث تغییر در مقدار میانگین سبزیگی ماه می می‌شود. شبیه‌سازی سبزیگی با بارش نیز نشان می‌دهد که در بیشتر موارد مناطق دارای بارش بیشتر سبزیگی بیشتری داشته و همچنین بارش‌های ماهواره‌ای مقدار سبزیگی بیشتری را پیش‌بینی کرده که علت آن می‌تواند وسعت و قدرت تصاویر سنجش از دور در اخذ و برداشت پدیده‌ها سطح زمین است.

همبستگی بارش با سبزیگی در هر سه منطقه نشان دهنده، ارتباط زیاد بارش های ماهواره ای نسبت به ایستگاهی با سبزیگی است و در زمان هایی که بارش بالایی ثبت شده همبستگی زیاد بوده و در دوره ای کاهش بارش همبستگی به مراتب کاهش یافته است. ارتباط بارش های ماهواره ای و ایستگاهی در مناطق با بارش بیشتر، دارای ارتباط نزدیک بوده است. مثلاً در منطقه یک و دو که تقریباً بارش بیشتری دارند، بارش های ماهواره ای و ایستگاهی اختلاف زیادی با هم ندارند در صورتی که با کاهش بارش ها، مقادیر ثبت شده بارش های ماهواره ای و ایستگاهی دارای اختلاف فاحشی می باشند.

سیاسگزارى

نویسندگان این مقاله بر خود لازم می دانند که از سازمان هواشناسی کشور در خصوص در اختیار قرار دادن آمارهای اقلیمی تشکر و قدردانی کنند.

منابع

- ۱- رسولی، علی اکبر. (۱۳۸۷): مبانی سنجش از دور کاربردی با تأکید بر پردازش تصاویر ماهواره ای. جلد اول، انتشارات دانشگاه تبریز.
- ۲- عبداللهی، جلال، رحیمیان، محمدحسن، ثواقبی، محمدحسین. (۱۳۸۶): محدودیت ایجاد نقشه پوشش گیاهی توسط تصاویر ماهواره ای لندست ETM+ در خشک سالی ها، فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران شماره ۳: صص ۳۰۱-۲۸۹.
- ۳- فتاحی، محمد. (۱۳۸۴): روش های مدیریت جنگل های زاگرس. مجله دهاتی شماره ۳: صص ۴۲-۲۳.
- ۴- فرج زاده، منوچهر، فتح نیا، امان اله، علیجانی، بهلول، ضیائیان، پرویز. (۱۳۸۹): تحلیل آستانه های اقلیمی برای رشد مراتع با استفاده از داده های سنجش از دور، برنامه ریزی و آمایش فضا شماره ۳: صص ۱۷۷-۲۰۱.
- ۵- فرج زاده، منوچهر، فتح نیا، امان اله، علیجانی، بهلول، ضیائیان، پرویز. (۱۳۹۰): ارزیابی تأثیر عوامل اقلیمی بر رشد پوشش گیاهی در مراتع متراکم ایران با استفاده از تصاویر AVHRR. پژوهش های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۵، صص ۱-۱۳.
- ۶- یمانی، مجتبی، مزیدی، محمدعلی. (۱۳۸۷): بررسی تغییرات سطح و پوشش گیاهی کویر سیاهکوه با استفاده از داده های سنجش از دور، مجله پژوهش های جغرافیا، شماره ۶۴ صص ۱-۱۲.

- 7- Du H, Cui R, Zhou G, Shi, Xu X, Fan W, Lu. (2010): The Resposes of Moso Bamboo (*Phylloostachys Heterocycla* Var. *Pubescens*) Forest Aboveground Biomass to Landsat TM Spectral Reflectance and NDVI, *Acta Ecologica Sinice* 30: 257- 263.
- 8- Farrar, T. J. Nicholson, S. E. and Lare, A. R. (1994): The Influences of Soil Type on The Relationships Between NDVI, Rainfall, and Soil Moisture in Semiarid Botswana. II. NDVI Response to Soil Moisture. *Remote Sensing of Environment*, 50, Pp: 121-133.
- 9- Gundogdu I. and ESEN O. (2010): The Importance of Secondary Variables For Mapping of Meteorological Data. 3rd International Conference on Cartography and GIS. 15-20 June, 2010, Nessebar, Bulgaria.

- 10- Hugo Carrão, Paulo Gonçalves, Mário Caetano. (2008): "Contribution of Multispectral and Multitemporal Information From MODIS Images to Land Cover Classification." *Remote Sensing of Environment* (112). Pp 986-997.
- 11- Hosseini, S.Z. Kappas, M. and Propastin, P. (2011): "Estimating Relationship Between Vegetation Dynamic and Precipitation in Central Iran. Toledo, Spain." Pp: 41-49.
- 12- Kawabata, A. K. Ichii & Y. Yamaguchi. (2001): Global Monitoring of Interannual Changes in Vegetation Activities Using NDVI and Its Relationships to Temperature, *Int. J. Remote Sensing*. 22: Pp. 1377-1382.
- 13- Kanbbhum, R. T, (1998): Study on Forest Change Detection in Eastern Forest By Remote Sensing Technique, National Research Council of Thailand. *Remote Sensing of Environment* (90) Pp: 154-161
- 14- Jia, k. Shunlin, l. Zhang, l. Wei, x. Yao, y. Xie, x, (2014): Forest Cover Classification Using Landsat ETM+ Data and Time Series MODIS NDVI Data, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 33 (2014) 32–38.
- 15- Zhang, J, Zhang, L. Xu, C, .Liu, W, .Qi, Y, .Wo, X. (2010): Vegetation Variation of Mid-Subtropical Forest Based on MODIS NDVI Data — A Case Study of Jinggangshan City, Jiangxi Province, *Acta Ecologica Sinica* (34) pp: 7–12.