



استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به منظور تحلیل بلند مدت روند تغییرات و تشخیص ناهنجاری پوشش گیاهی با کمک داده‌های هواشناسی

عباس کیانی^۲

مریم کوهانی^۱

یاسر ابراهیمیان قاجاری^۳

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۰۳/۲۴

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۱۲/۰۳

چکیده

پوشش گیاهی نقش مؤثری بر روی محیط زیست داشته و با بررسی روند تغییرات آن می‌توان گام مهمی در جهت برنامه‌ریزی صحیح و مدیریت اصولی برداشت. در این راستا، تصاویر سری زمانی می‌تواند ابزار بسیار مفیدی در زمینه‌ی مطالعات محیطی مرتبط با تغییرات پوشش گیاهی و کشف ناهنجاری باشد. در پژوهش حاضر تغییرات زمانی بلندمدت پوشش گیاهی شهرستان چالوس با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای لندست ۷، ۵ و ۸ در طی سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۲۱ بررسی و ارزیابی شد. در راستای تحقق این هدف، ۳۶ تصویر سری زمانی شاخص EVI به کار گرفته شد. با توجه به وسعت منطقه و غیریکنواخت بودن تغییرات، با انتخاب چند موقعیت مکانی از منطقه مورد مطالعه به عنوان نقاط مهم بررسی‌ها صورت گرفت. نقشه تغییرات و روند تغییرات به دست آمده از این تحقیق حاکی از کاهش و رشد پوشش گیاهی، بسته به شرایط زمانی و مکانی بوده است. در برخی از مناطق ساحلی پوشش گیاهی به مرور زمان روند کاهشی داشته که تبدیل به شهرک و مناطق تجاری شده است و در برخی دیگر از نقاط شمالی، مناطقی که از پوشش گیاهی ضعیفی برخوردار بودند در طی این سال‌ها تبدیل به مزارع و زمین‌های کشاورزی شده‌اند. پوشش گیاهی در برخی مناطق کوهستانی به علت فاصله از مناطق مرطوب و با کاهش بارندگی روند کاهشی داشته است. در عین حال براساس تحلیل سری زمانی در این بازه زمانی ۳۶ ساله روند کاهش پوشش گیاهی برای دو سال نسبت به سایر سال‌ها از شدت بیشتری برخوردار بوده، به گونه‌ای که نمودارهای آنومالی آن دارای افت زیاد و کاهش چشم‌گیر پوشش گیاهی نسبت به وضعیت نرمال هستند. نتایج تحقیق نشان داد که معیار آنومالی به خوبی قادر است تغییرات سالانه بین پوشش گیاهی و همچنین خشکسالی‌های احتمالی رخ داده را به نمایش بگذارد. همچنین برای بهره‌گیری بهتر از این معیار، به کارگیری معیار آنومالی نسبت به میانگین کلی با تمایز بالایی موفق به کشف ناهنجاری پوشش گیاهی در این منطقه شد و درک بهتری از سیر روند تغییرات ارائه داد.

واژه‌های کلیدی: شاخص EVI، آنومالی، لندست، پایش، سری زمانی

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد فتوگرامتری، دانشکده عمران، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، ایران maryamkouhani@gmail.com

۲- استادیار گروه مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، ایران (نویسنده مسئول) a.kiani@nit.ac.ir

۳- استادیار گروه مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، ایران y.ebrahimian@nit.ac.ir

۱- مقدمه

پوشش گیاهی در طول زمان همواره تحت تأثیر عوامل مختلف محیطی و یا انسانی بوده است (Liu et al., 2015) که به دنبال آن دچار تغییراتی شده و به صورت مستقیم و یا غیرمستقیم شرایط و عملکرد محیط زیست را تحت تأثیر قرار داده است (سارلی et al., 2019). امروزه فرایند تخریب اراضی مرتعی و پوشش گیاهی و به دنبال آن توسعه روند بیابان زایی به علت اثرات مخربی که بر کشاورزی، محیط زیست و به دنبال آن کیفیت زندگی می گذارد از جمله مسائل مهم در سطح جهان به شمار می آید (Lilian Ndungu, 2019). در این راستا، اهمیت پایش و بررسی پوشش گیاهی در مناطق شمال ایران که دارای اقلیم معتدل و مرطوب و از تنوع پوشش گیاهی برخوردار است نیز یک امر مهم تلقی می شود. زیرا محققین بر این باور هستند که یکی از مهم ترین عوامل تأثیرگذار بر وقوع مخاطرات طبیعی، تخریب و تغییر پوشش گیاهی است (Hosseinzadeh et al., 2009). امروزه یکی از روش های مناسب، معتبر و کم هزینه برای دستیابی به اطلاعات محیطی استفاده از تصاویر ماهواره ای است (kiani et al., 2019). از این رو سنجش از دور از ابزارهای مفید برای پردازش و نمایش داده های مکانی شناخته شده است که با قابلیت های متفاوت می تواند در تصمیم گیری ها مورد استفاده قرار گیرد (Yang et al., 2017). یکی از کاربردهای مهم سنجش از دور به کارگیری تصاویر سری زمانی است که می تواند درک بشر را از تغییرات سالانه و بین سالی پوشش گیاهی در مقیاس محلی تا جهانی بهبود ببخشد (Fensholt et al., 2009). بنابراین تجزیه و تحلیل این سری های زمانی می تواند نقش مؤثری در شناخت ویژگی های مختلف پوشش های گیاهی داشته باشد (غفاریان مالیری و زارع خورمیزی، ۲۰۲۰).

در راستای بررسی پوشش گیاهی و تشخیص ناهنجاری با کمک سنجنده ها تاکنون مطالعات بسیاری انجام شده است. Yang-Sheng و همکاران (۲۰۱۱)، در مقاله ای با استفاده از تصاویر سری زمانی مادیس به بررسی و شناسایی آنومالی تغییرات پوشش گیاهی پرداختند. در این مقاله با استفاده از

شاخص NDVI^۱، معیار VAI^۲ برای هر یک از سال ها محاسبه شد و با کمک آن مناطقی که رفتار طیفی غیرنرمال داشتند شناسایی شدند (Yang-Sheng Chiang, 2011).

Rambold و همکاران (۲۰۱۹) با کمک شاخص NDVI، چند رویکرد محاسباتی آنومالی را در پژوهش خود به کار گرفته اند. نتایج نشان داد که با به کارگیری معیار آنومالی در تولید نقشه های هشدار از مناطق زراعی می توان درک مناسبی از تغییرات صورت گرفته داشت (Rembold et al., 2019). در مقاله ای دیگر Ndungu و همکاران (۲۰۱۹)، با کمک تصاویر سری زمانی مادیس و شاخص NDVI به نظارت پوشش گیاهی مراتع پرداختند. در یک بازه زمانی ماهانه و فصلی تصاویر آنومالی مطلق NDVI، آنومالی استاندارد و شاخص وضعیت پوشش گیاهی^۳ محاسبه شد. نتایج حاکی از آن است که بخشی از منطقه مطالعاتی شاهد تخریب قابل توجه و کاهش بهره وری پوشش گیاهی بوده است (Lilian Ndungu, 2019).

Meroni و همکاران (۲۰۱۹)، در مقاله ای با به کارگیری تصاویر سری زمانی NDVI سنجنده مادیس به بررسی پوشش گیاهی در منطقه ای از آفریقا پرداختند. یافته ها بیانگر آن است که با توجه به نوع کاربرد، شرایط منطقه و اعمال حد آستانه، بهترین روش محاسباتی را می توان انتخاب کرد (Meroni et al., 2019). بنابراین در اغلب پژوهش های انجام شده که شاخص آنومالی برای تشخیص ناهنجاری و خشکسالی به کاربرده شد، تصاویر مورد استفاده دارای قدرت تفکیک مکانی پایین مادیس بوده است و بررسی کارایی سایر تصاویر ماهواره ای با قدرت تفکیک متوسط کمتر مورد توجه واقع شده است. همچنین لازم به ذکر است که در اکثر این مقالات NDVI به عنوان شاخص اصلی به کاربرده شده است.

علاوه بر پژوهش های انجام شده، مطالعات داخلی بسیاری نیز در راستای تحلیل و ارزیابی بلندمدت پوشش گیاهی در

1- Normalized Difference Vegetation Index

2- Vegetation Anomaly Index

3- Vegetation Condition Index

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (س)

استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به منظور تحلیل بلند مدت روند تغییرات و تشخیص... / ۶۳

قنبری و همکاران (۲۰۲۰)، در تحقیقی با کمک تصاویر سنجنده مادیس اقدام به کشف ارتباط زمانی و مکانی تغییرات پوشش گیاهی در استان مازندران با عناصر اقلیمی کردند. نتایج نشان داد که مساحت پوشش جنگلی استان مازندران طی هفده سال دوره مطالعه روند کاهشی داشته است (قنبری مطلق و امرایی، ۲۰۲۰).

مجموع سوابق تحقیق نشان می‌دهد که در غالب موارد تمرکز اصلی بر روی بررسی روند تغییرات به صورت بلندمدت بوده که از سایر پارامترها برای شناسایی ناهنجاری استفاده شد و از به کارگیری آنومالی کمتر بهره برده شد. همچنین اکثر مطالعات صورت گرفته با کمک تصاویر قدرت تفکیک پایین انجام شده است.

مطالعات بسیاری در زمینه ارزیابی پوشش گیاهی با کمک داده‌های سنجش از دوری صورت گرفته است (Barzegar et al., 2015). با این وجود نیاز به بررسی‌های مداوم بیشتری در زمینه تغییرات سری زمانی پوشش گیاهی در بازه درازمدت احساس می‌شود؛ به گونه‌ای که در آن از تصاویر قدرت تفکیک متوسط، شاخص‌های پوشش گیاهی و معیار آنومالی به صورت هم‌زمان بهره‌مند شد. از طرفی مناطق توریستی شمال کشور و شهرستان‌های مجاور دریای خزر بالأخص شهرستان چالوس در چند دهه اخیر به علت برخورداری از شرایط مساعد طبیعی و فرهنگی همواره با پتانسیل بالایی مورد توجه بسیاری از گردشگران از نقاط مختلف کشور به ویژه برای سرمایه‌گذاری واقع شده است. به این سبب با افزایش ساخت و ساز، تخریب زمین و تغییرات کاربری موجب تغییرات و نتایج جبران‌ناپذیری در شرایط اقلیمی استان مازندران شد که این عوامل به تبع تأثیر مستقیم و یا غیرمستقیم بر پوشش گیاهی گذاشته است. در همین راستا، در تحقیق حاضر، هدف، بررسی بلندمدت تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از داده‌های سری زمانی لندست است که در یک بازه زمانی سی و شش ساله از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۲۱ صورت گرفت. در این پژوهش به موجب شناخت روند تغییرات و آشکارسازی مناطقی که در طول

ابعاد مختلف صورت گرفته است.

منتظری و همکاران (۲۰۱۸)، در پژوهشی به واکاوی بلندمدت پوشش گیاهی ایران به کمک شاخص NDVI با تصاویر مادیس پرداختند. نتایج حاصله در این تحقیق بیانگر آن است که پوشش گیاهی در ایران در بازه ۵ تا ۱۹ دی به کمترین حد گسترش و در بازه ۱۱ الی ۲۶ اردیبهشت به اوج گسترش خود رسیده است (Montazeri and Kefayat Motlagh, 2018).

شعبانی‌پور و همکاران (۲۰۱۹)، در مقاله‌ای به تحلیل روند بلندمدت تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از داده‌های سری زمانی NDVI ۱۶ روزه مادیس در بازه زمانی سال‌های ۲۰۰۰ الی ۲۰۱۷ پرداختند. براساس تحلیل روند من-کندال حدود ۹۷ درصد منطقه روند افزایشی و ۲/۴۶ درصد منطقه روند کاهشی داشته است (Shabanipoor et al., 2019).

کاظمی‌نیا (۲۰۱۸) در تحقیقی با کمک تصاویر لندست، استخراج شاخص گیاهی SAVI^۱ و طبقه‌بندی به تهیه و بررسی نقشه پهنه‌بندی تغییرات پوشش گیاهی غرب ایران در سال‌های ۲۰۰۲ الی ۲۰۱۲ پرداخت. نتایج نشان داد اراضی با پوشش خوب و ضعیف، افزایش مساحت و اراضی با پوشش متوسط، کاهش مساحت را به همراه داشته است (کاظمی‌نیا، ۲۰۱۸).

سادات میراحسنی و همکاران (۲۰۱۹) در تحقیقی به بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی با کمک تصاویر سری زمانی و شاخص NDVI پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که کشت آبی در بازه زمانی مورد مطالعه با کاهش شدیدی روبرو شده است (Mirahsani et al., 2019).

رجایی و همکاران (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به بررسی تغییرات کاربری‌های اراضی جنگل، مرتع و کشاورزی در دوره‌های زمانی مختلف، پرداختند. نتایج این تحقیق بیانگر آن است که مناطق جنگلی هیرکانی در طی ۲۶ سال شدیداً کاهش یافته و به کاربری کشاورزی و مرتع تبدیل شده است (رجایی et al., 2020).

مانند NDVI و EVI^۱ حاصل می‌شود قادر است وضعیت پوشش گیاهی هر منطقه را با توجه به موقعیت مکانی و زمانی آن با وضعیت میانگین (که به عنوان وضعیت نرمال یاد می‌شود) مقایسه کند. لذا با کمک این روش می‌توان مناطقی که با رشد غیرعادی پوشش گیاهی همراه بودند را شناسایی و با کشف عوامل مؤثر بر آن، تصمیم‌های بهینه در جهت رشد و پویایی آن اتخاذ نمود. بر این اساس، مقاله حاضر بر روی بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از شاخص آنومالی متمرکز شده و به منظور کشف عوامل مؤثر، برخی داده‌های آماری به کار گرفته شده‌اند. در ادامه به معرفی و جزئیات به کار گرفته شده در هر مرحله پرداخته شده است.

۲-۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

شهرستان چالوس با مساحت ۱۵۹۷ کیلومتر مربع، در جلگه میانی کرانه دریای خزر و غرب استان مازندران قرار گرفته است. این محدوده از نظر موقعیت جغرافیایی در ۵۰ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۲۷ دقیقه طول جغرافیای شرقی و ۳۶ درجه و ۹ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۴۱ دقیقه عرض شمالی قرار دارد (نگاره ۱).

۲-۲- روش پژوهش

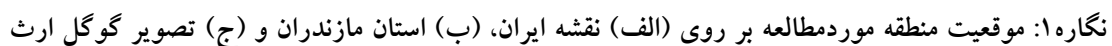
اساس کلی این تحقیق بر پایه ارزیابی بلندمدت تغییرات پوشش گیاهی توسط داده‌های ماهواره است که با کمک داده‌های آماری به ارزیابی نتایج به دست آمده به صورت کمی و کیفی پرداخته شده است. طبق مراحل انجام این تحقیق که در نگاره ۲ ارائه شده است، ابتدا تصاویر ماهواره‌ای لندست به عنوان داده اصلی و داده‌های آماری هواشناسی به منظور ارزیابی نتایج، اخذ و جمع‌آوری شدند. در مراحل بعد پس از تصحیحات و پیش‌پردازش‌های مورد نظر بر روی تصاویر، اقدام به استخراج شاخص و تولید تصاویر سری زمانی EVI شده است. سپس با کمک آنالیزهای آماری،

زمان دچار ناهنجاری بودند از معیار آنومالی استفاده شد. این شاخص از عملکرد خوبی در شناسایی مناطق تغییر یافته برخوردار بود که می‌تواند با تمایز و تفکیک‌گذاری بالایی مناطق ناهنجاری را به نمایش بگذارد. این توانمندی در مطالعات انجام شده‌ی پیشین کمتر مورد توجه واقع شده است. همچنین در جهت نیل به این هدف، از نقشه تغییرات پوشش گیاهی نیز به صورت بصری استفاده شد تا در کنار آنومالی، مناطق تغییر یافته آشکار شوند و به تصمیم‌گیری بهتر کمک کند. نتایج به دست آمده از این تحقیق گویای آن است که نمودارهای آنومالی نسبت به میانگین کل سال‌ها در این بازه زمانی عموماً دارای شیب ثابت است که روند خطی آن به صورت صعودی و یا نزولی میل می‌کند. این در حالی است که در بررسی آنومالی نسبت به میانگین هر سنجنده این شیب از نوساناتی برخوردار است و از روند خطی مشخصی پیروی نکرد. از این رو در تحقیق حاضر به بررسی و ارزیابی معیار آنومالی در نمایش روند تغییرات و تفکیک نقاط ناهنجاری پرداخته شده است. بنابراین با کشف و مکان‌یابی مناطقی که در بازه‌های زمانی خاص دچار تغییرات پوشش گیاهی شدند و به دنبال آن با کشف عوامل مؤثر بر آن می‌توان گامی مثبت در جهت مقابله با تخریب پوشش گیاهی و کاهش آثار محیط زیستی منطقه برداشت.

۲- مواد و روش تحقیق

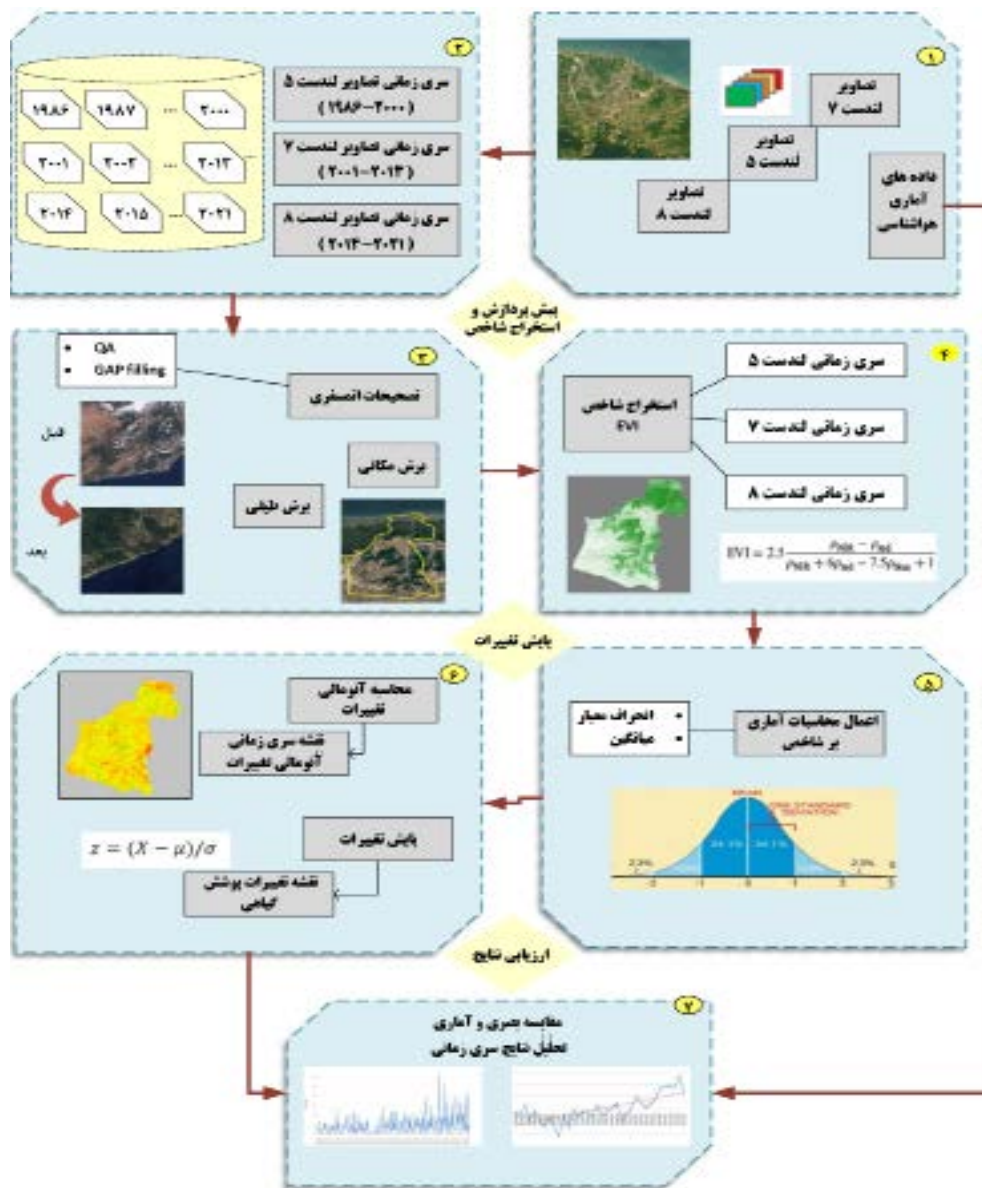
امروزه تحلیل و بررسی سری زمانی پوشش گیاهی با استفاده از شاخص‌ها از اهمیت بسیاری برخوردار است و برای دستیابی به اهداف گوناگون همچون بیابان‌زدایی، تولید محصولات کشاورزی، تخریب زمین به کار گرفته می‌شود (De Jong et al., 2011).

استفاده از شاخص‌های آنومالی به منظور کشف مناطقی از پوشش‌های گیاهی که در اثر گذر زمان دچار تغییرات شده‌اند می‌تواند مثر ثمر باشد. نقشه‌های ناهنجاری که با استفاده از تصاویر سری زمانی شاخص‌های پوشش گیاهی



نقشه‌های سری زمانی آنومالی تغییرات و نقشه‌های تغییرات پوشش گیاهی تولید شد. در آخرین مرحله به بحث و ارزیابی نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق پرداخته می‌شود. لازم به ذکر است تمامی مراحل فوق در محیط گوگل ارث انجین، پیاده‌سازی شده است.

تصاویر ماهواره‌ای به‌کاررفته در این تحقیق متعلق به سنجنده‌های لندست است که از قدرت تفکیک مکانی متوسطی برخوردار هستند. امروزه تصاویر این ماهواره جزء پرکاربردترین تصاویر ماهواره‌ای محسوب می‌شوند که با داشتن تاریخچه طولانی‌مدت و قدرت تفکیک طیفی و مکانی مناسب، نقش مؤثری در کاربردهای سری زمانی دارند. براین اساس در تحقیق حاضر، از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ سنجنده نقشه‌بردار موضوعی (TM) برای سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۰۰، تصاویر لندست ۷ سنجنده نقشه‌بردار موضوعی ارتقاءیافته (ETM+) برای سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۳ و همچنین تصاویر لندست ۸ سنجنده تصویربردار عملیاتی زمین (OLI) برای طول دوره ۲۰۱۴



نگاره ۲: مراحل انجام تحقیق

جدول ۱: مشخصات داده‌های تصویری ماهواره لندست مورد استفاده در تحقیق

ردیف	ماهواره	سنجنده	تاریخ	تعداد تصاویر	باند	اندازه پیکسل (متر)
۱	لندست-۵	TM	۱۹۸۶-۲۰۰۰	۱۵	NIR, Red, Blue	۳۰
۲	لندست-۷	TM	۲۰۰۱-۲۰۱۳	۱۳	NIR, Red, Blue	۳۰
۳	لندست-۸	OLI	۲۰۱۴-۲۰۲۱	۸	NIR, Red, Blue	۳۰

پوشش گیاهی به خود اختصاص داده است (Huang et al., 2021).

مقدار این شاخص برای پوشش گیاهی عددی مثبت است که از ۰/۳ تا ۰/۷ متغیر است و مقادیر کمتر از آن

۲-۲-۲- استخراج شاخص

در میان شاخص‌های گیاهی، شاخص NDVI همواره بیشترین کاربرد و محبوبیت را در زمینه‌ی بررسی وضعیت

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (۳۳)

استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به منظور تحلیل بلند مدت روند تغییرات و تشخیص... / ۶۷

در طول زمان کمک می‌کند. آنومالی استاندارد نشان‌دهنده تفاوت بین مقادیر فعلی و میانگین بلندمدت است. انحراف معیار از رشد پوشش گیاهی بیانگر هر دو تغییرات مثبت و منفی است که نشان می‌دهد از نظر کیفی فصل جاری چه میزان نسبت به سایر دوره‌های مشابه عملکرد خوب یا بد داشته است (Lilian Ndungu, 2019). آنومالی استاندارد پوشش گیاهی با استفاده از رابطه (۱) محاسبه می‌شود.

$$VAI = \frac{EVI(i,m,y) - E(EVI(i,m))}{SD(EVI(i,m))}$$

رابطه (۱)

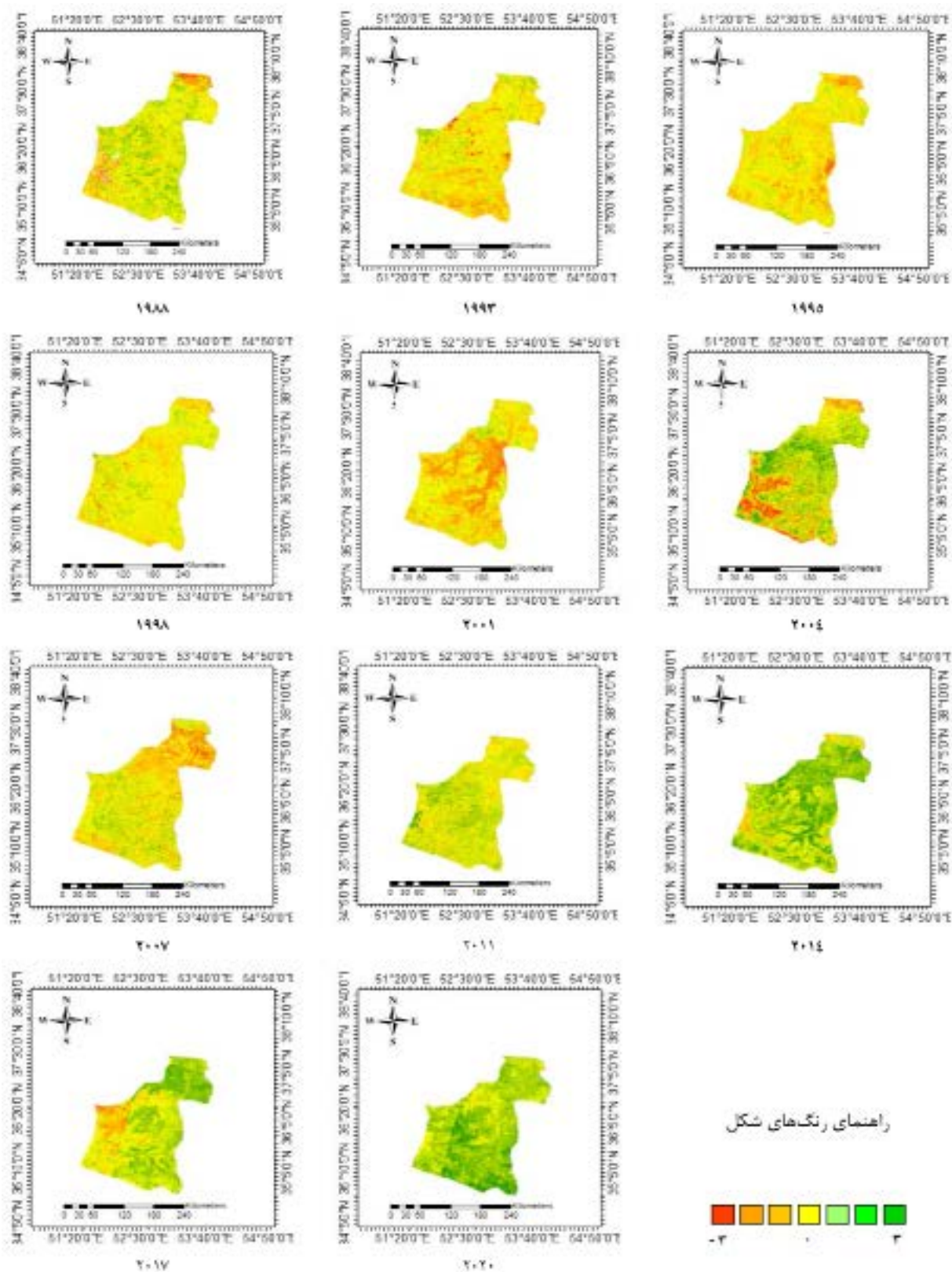
در رابطه (۱) m بیانگر ماه، y سال، E میانگین EVI در یک بازه زمانی مشخص و SD انحراف معیار استاندارد است. با کمک نقشه‌های به دست آمده از آنومالی تغییرات و مقایسه وضعیت پوشش گیاهی نسبت به وضعیت عادی، می‌توان به کشف و تشخیص تغییرات غیرعادی مزارع و مراتع پرداخت (Meroni et al., 2019).

از این رو در تحقیق حاضر، به منظور بررسی وضعیت تغییرات پوشش گیاهی در محدوده منطقه مورد مطالعه از شاخص آنومالی استفاده شده است. در این پژوهش به منظور برآورد معیار آنومالی دو رویکرد محاسباتی به کار گرفته شد. در رویکرد نخست، تصویر میانگین EVI از میانگین‌گیری کل طول دوره آماری (۱۹۸۶-۲۰۲۱) حاصل می‌شود و به عنوان مبنا در معادله قرار می‌گیرد. این در حالی است که میانگین EVI در رویکرد دوم نسبت به هر یک از سه سری زمانی لندست به صورت مجزا به دست آمده و سپس در محاسبه آنومالی مورد استفاده قرار می‌گیرد. نقشه‌های سری زمانی در هر دو رویکرد به صورت مجزا تهیه شده است که به علت شباهت نسبی تصاویر و رعایت حجم مقاله تنها به نمایش خروجی رویکرد اول بسنده شده است. در بخش بحث و تحلیل نتایج، خروجی هر دو رویکرد در قالب نمودار به طور کامل ذکر شده است و توضیحات مربوط به هر کدام از آن مطرح شد. نمودار تصاویر سری زمانی آنومالی تغییرات پوشش گیاهی نسبت به میانگین کل سال‌ها در نگاره ۳ ارائه شده است.

بیانگر پوشش گیاهی ضعیف و یا شرایط نامطلوب آب و هوایی است (Bellone et al., 2009). بازتاب این شاخص گیاهی به دلیل ویژگی‌های نسبیتی باعث می‌شود که NDVI بخش زیادی از نویز را که ممکن است ناشی از تغییر زاویه خورشید، شرایط توپوگرافی، ابر یا سایه و شرایط جوّی باشد را حذف کند. با این حال این شاخص همچنان در شرایط جوّی متغیر در معرض خطا و عدم قطعیت است (Alfredo Huete, 1999). شاخص EVI همانند NDVI می‌تواند برای تعیین کمیت سبزی‌نگی پوشش گیاهی مورد استفاده قرار گیرد با این تفاوت که EVI برخی از شرایط جوّی و نویزی را نیز تصحیح می‌کند (Liu and Huete, 1995). همچنین این شاخص در مناطقی با پوشش گیاهی متراکم‌تر دارای حساسیت بیشتری است. لذا در این تحقیق، به منظور ارزیابی روند تغییرات پوشش گیاهی، شاخص EVI به کار برده شد و تصاویر سری زمانی EVI در طول دوره ۳۶ ساله از منطقه مورد مطالعه تهیه شده است.

۲-۲-۱- نقشه‌های سری زمانی آنومالی تغییرات

NDVI با توجه به شرایط فنولوژیکی، تراکم متفاوت گیاهان و تغییرات آب و هوایی همواره در حال تغییر است که این تفاوت در مقادیر می‌تواند ناشی از دلایل گوناگونی باشد که کشف آن از اهمیت بالایی برخوردار است. آنومالی (ناهنجاری) یکی از معیارهای اندازه‌گیری است که برای ارزیابی چگونگی تغییرات سبزی‌نگی پوشش گیاهی در مکان و زمان به کار برده می‌شود. در واقع، آنومالی پوشش گیاهی به علت تغییر قابل توجه پوشش گیاهی که می‌تواند به دلایل متعددی چه به صورت طبیعی و چه انسانی رخ دهد، به کار برده می‌شود (Yang-Sheng Chiang, 2011). پایداری و استمرار مقادیر منفی آنومالی یک هشدار برای آن منطقه تلقی می‌شود زیرا بیانگر آن است که منطقه از نظر پوشش گیاهی در حال نابودی است؛ بنابراین، این شاخص با نمایش مناطقی که از نظر روند پوشش گیاهی در وضعیت مناسبی قرار ندارند با در نظر گرفتن روند تغییرات به بهره‌وری مناسب پوشش گیاهی



نگاره ۳: سری زمانی آنومالی نسبت به میانگین کلی از منطقه مورد مطالعه از سال ۱۹۸۸ الی ۲۰۲۰

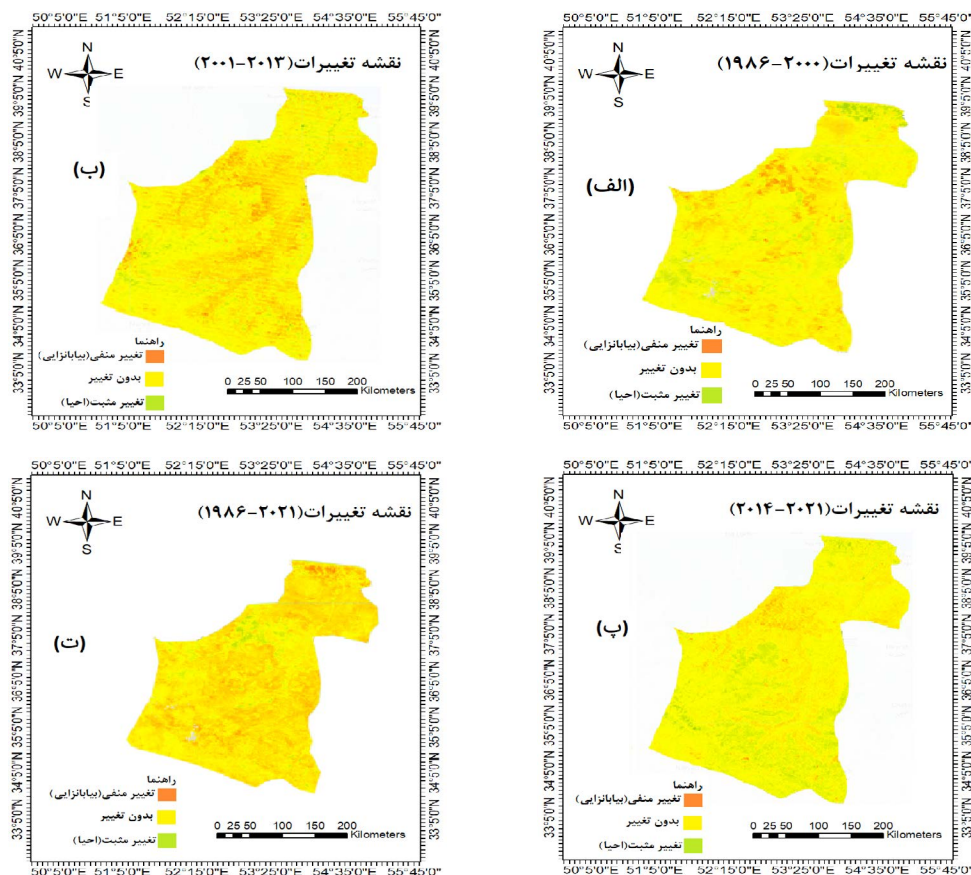
فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (مهر)

استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به منظور تحلیل بلند مدت روند تغییرات و تشخیص... / ۶۹

۲-۲-۲-۲- نقشه تغییرات پوشش گیاهی

که در آن x_{ij}^k مقدار پیکسل از باند k برای پیکسل x در زمان t_1 و t_2 است. مقادیر تفریق مثبت و منفی نشان‌دهنده مناطق تغییر یافته و مقادیر نزدیک به صفر مناطقی است که در طول زمان مشخص نسبتاً بدون تغییر باقی ماندند (Jensen and Toll, 1982). در این پژوهش به منظور کسب یک دید بصری و درک توزیع مکانی از تغییرات رخ داده در جهت رشد و زوال پوشش گیاهی در بین سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۲۱ از نقشه تغییرات استفاده شد تا با کمک آن بتوان نواحی که دچار تغییرات شدند را کشف نمود و تشخیص داد. پس از تولید نقشه‌های پوشش گیاهی با استفاده از روش تفریق تصویر، نقشه تغییرات پوشش گیاهی به دست می‌آید که به سه گروه کاهش (بیابان‌زایی)، رشد (احیا) و بدون تغییر تقسیم می‌شوند. تصاویر خروجی به دست آمده از نقشه تغییرات منطقه مورد مطالعه در نگاره ۴ ارائه شده‌اند.

تاکنون روش‌های متعددی در راستای تشخیص تغییرات پوشش زمین با کمک داده‌های ماهواره‌ای ارائه شده است. یکی از روش‌های نسبتاً سریع برای شناسایی مناطق تغییر یافته، روش نسبت است (Howarth and Wickware, 1981). در این روش دو تصویر از یک منطقه ولی با تاریخ‌های متفاوت از یکدیگر تقسیم شده و پیکسل به پیکسل با یکدیگر مقایسه می‌شوند (Tamimi et al., 2017). مقادیر نسبت بزرگ‌تر و یا کوچک‌تر از یک، بسته به ماهیت تغییرات بین دو تاریخ به عنوان منطقه تغییر یافته به شمار می‌آید (Singh, 1989). یکی دیگر از روش‌های کشف تغییرات تفریق تصاویر است. در این روش دو تصویر رجیستر شده از زمان‌های t_1 و t_2 پیکسل به پیکسل از یکدیگر تفریق می‌شوند. تفریق تصویر از رابطه (۲) به دست می‌آید:

$$Rx_{ij}^k = x_{ij}^k(t_2) - x_{ij}^k(t_1) \quad \text{رابطه (۲)}$$


نگاره ۴: نقشه تغییرات از سال ۱۹۸۶ الی ۲۰۲۱

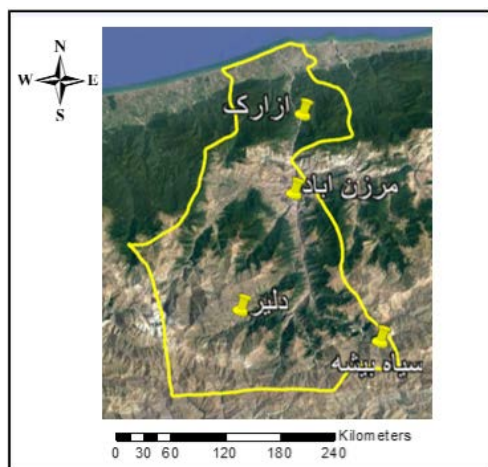
۳- بحث و تحلیل نتایج

همان‌طور که از موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه پیدا است، شهرستان چالوس از وسعت نسبی برخوردار است و برخی عوامل مانند فاصله از دریا، شهرنشینی، وجود مناطق کوهستانی هرکدام می‌تواند نقش مجزایی در تخریب پوشش گیاهی ایفا کند. لذا در این تحقیق سعی بر آن شده است که با تعیین چند موقعیت مکانی با توزیع مناسب به بررسی و ارزیابی هر یک از مناطق به صورت جداگانه پرداخته شود. نگاره ۵ توزیع مکانی نمونه‌های تعیین شده در شهرستان چالوس را نشان می‌دهد. همچنین به منظور ارزیابی نتایج به دست آمده و تشخیص ارتباط و همبستگی روند تغییرات پوشش گیاهی با میزان بارش، داده‌های آماری بارندگی چندین ایستگاه هواشناسی واقع در شهرستان چالوس مورد استفاده قرار گرفته‌اند؛ و به علت وسعت منطقه و تحلیل هر بخش به صورت مجزا، برای هر موقعیت از داده ایستگاه هواشناسی مجاور و یا حتی الامکان نزدیک‌ترین ایستگاه به آن استفاده شده است. داده‌های آماری به کار برده شده در این تحقیق از ایستگاه‌های هواشناسی مناطق ازارک، مرزن‌آباد، دلیر و سیاه‌بیشه اخذ شده که در نگاره ۵-ب توزیع هر یک از ایستگاه‌ها را به نمایش گذاشته است.

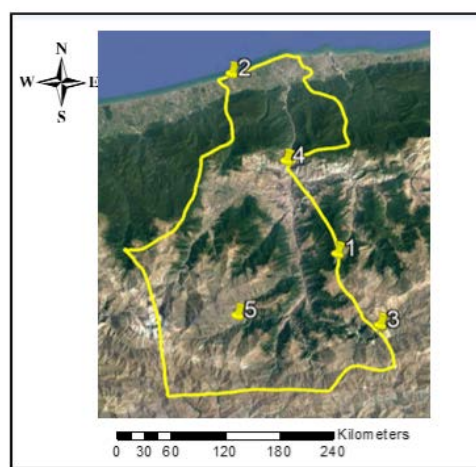
نتایج به دست آمده از نقشه تغییرات نگاره ۴-الف حاکی از آن است که بیشترین تغییرات در جهت کاهش پوشش گیاهی در بازه ۱۹۸۶ الی ۲۰۰۰ مربوط به نواحی مرکزی و غرب استان است. این در حالی است که در قسمت ساحلی تغییرات مثبتی در جهت افزایش پوشش گیاهی دیده می‌شود که مربوط به رشد و تقویت پوشش گیاهی و تبدیل زمین‌های بی حاصل با پوشش گیاهی ضعیف به مزارع و زمین‌های کشاورزی در طی این سال‌ها است.

طبق نگاره (۴-ب) در بازه دوم دوره آماری از ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۳، عمده تغییرات منفی در جهت کاهش پوشش گیاهی مربوط به بخش مرکزی و نواحی کوهستانی استان است. همچنین این نقشه نشان‌دهنده تغییرات (منفی) گسترده‌تر پوشش گیاهی در مقایسه با دوره قبل خود بوده است. با توجه به این که تغییرات کاهشی در این بازه زمانی از شدت بالایی برخوردار بوده است، می‌توان خبر از وجود سال‌های خشکسالی در این دوره آماری داد.

در نگاره (۴-پ) از سال ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۱ از شدت روند کاهشی پوشش گیاهی در نواحی مرکزی و جنوب شرقی کاسته شده ولی خشکسالی در غرب همچنان ادامه دارد که نشان‌دهنده استمرار آن در این منطقه است.



(ب)



(الف)

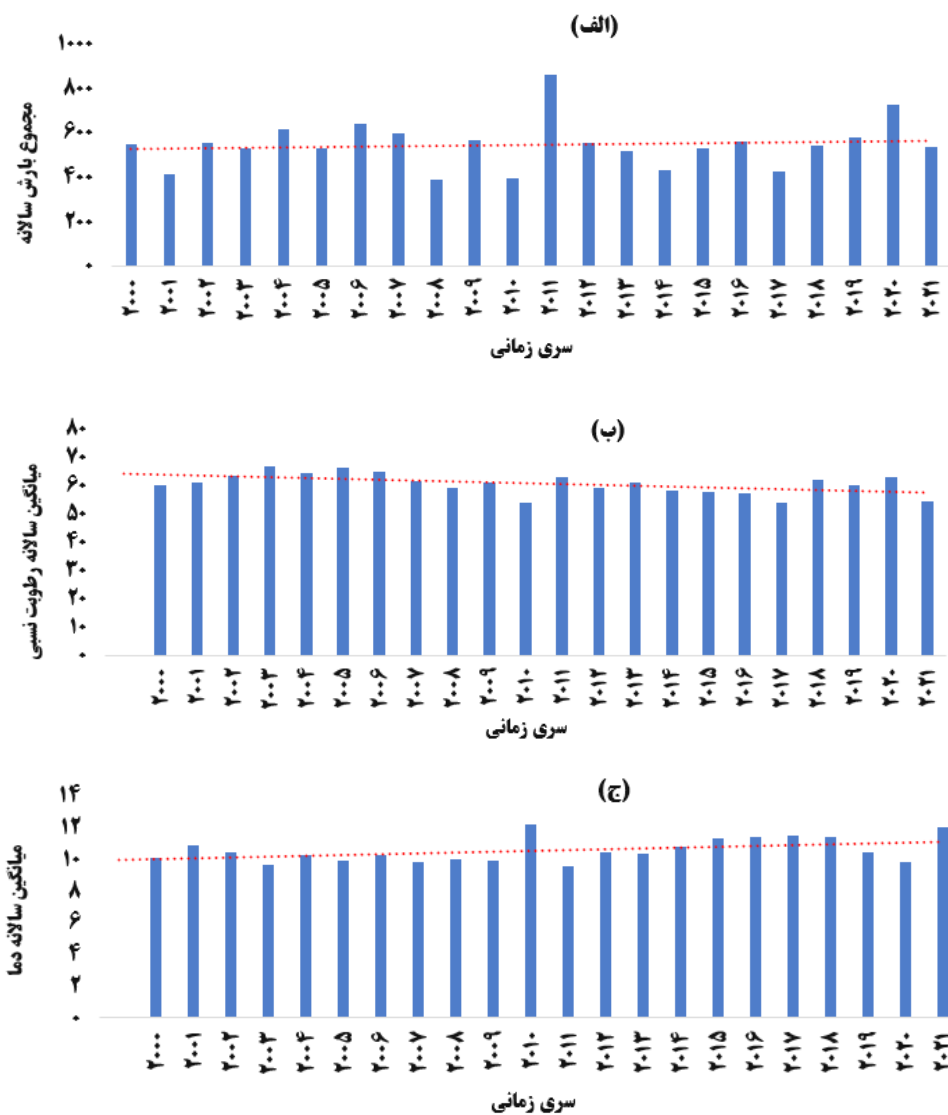
نگاره ۵: موقعیت جغرافیایی منطقه الف) موقعیت ۵ نمونه انتخاب شده، ب) موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)

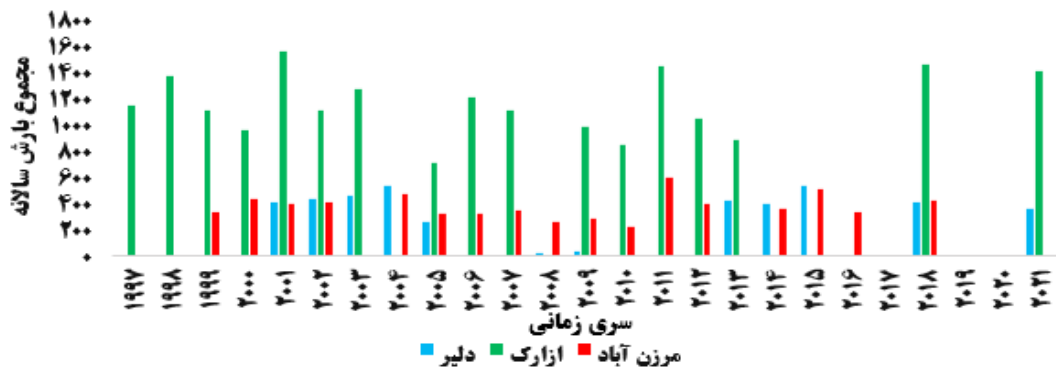
استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به منظور تحلیل بلند مدت روند تغییرات و تشخیص... / ۷۱

داده شده است. داده‌های هواشناسی سیاه‌پیشه به صورت نمودار در نگاره ۶ ارائه شده است. همچنین داده‌های بارشی ایستگاه‌های دلیر، ازارک و مرزن‌آباد نیز در نگاره ۷ به نمایش گذاشته شده است. در این پژوهش مقادیر EVI و به دنبال آن مقدار آنومالی از هریک از موقعیت‌های انتخابی محاسبه شده و به صورت نمودار در نگاره ۸ نمایش داده شده است. **نقطه اول** در موقعیت شرقی شهرستان چالوس است که در نواحی غربی فیروزآباد واقع شده است (نگاره ۸).

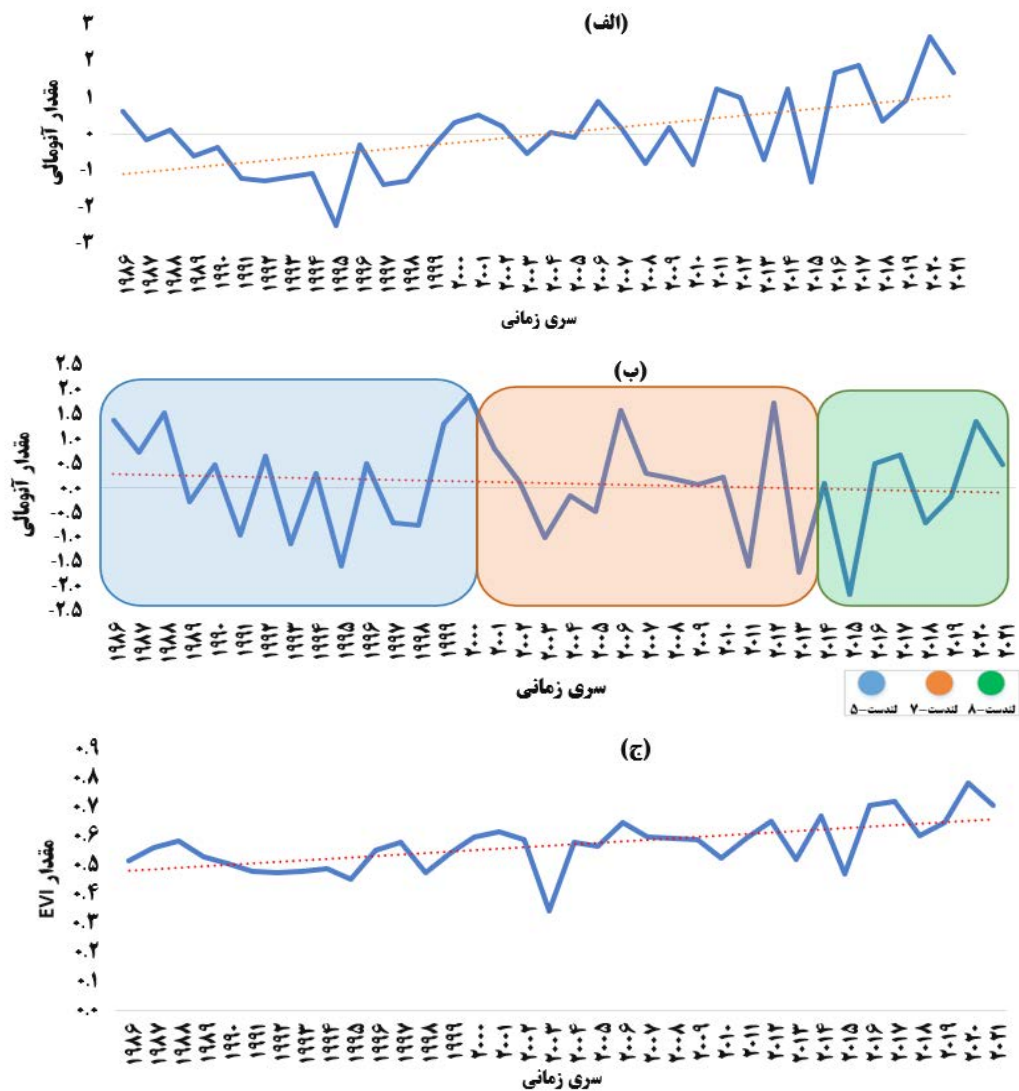
داده‌های آماری هواشناسی به کار گرفته شده در این پژوهش شامل مجموع بارش، میانگین رطوبت نسبی، میانگین دما بوده که از سازمان هواشناسی کشور اخذ شده است. لازم به ذکر است که داده‌های اخذ شده در برخی از تاریخ‌ها ناموجود و غیرقابل دسترس بوده‌اند و به این دلیل در تحقیق حاضر ارائه نشده‌اند. به منظور بررسی و تحلیل بهتر نتایج به دست آمده و مقایسه آن با داده‌های آماری، داده‌های هواشناسی هر ایستگاه در قالب نمودار نمایش



نگاره ۶: نمودار داده‌های آماری ایستگاه هواشناسی شهر سیاه‌پیشه. الف) نمودار مجموع سالانه بارش، ب) میانگین سالانه رطوبت نسبی و ج) میانگین مجموع دما در هر سال



نگاره ۷: نمودار سری زمانی مجموع بارش سالانه در ایستگاه‌های مختلف شهر دلیز، ازارک و مرزن‌آباد



نگاره ۸: نمودارهای سری زمانی آنومالی و EVI در نقطه اول. الف) نمودار سری زمانی مقدار آنومالی نسبت به میانگین کلی، ب) نمودار سری زمانی مقدار آنومالی نسبت به میانگین هر مجموعه تصاویر و ج) نمودار سری زمانی مقدار EVI در نقطه اول

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (۳۳)

استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به منظور تحلیل بلند مدت روند تغییرات و تشخیص... / ۷۳

می‌آید. نمودار آنومالی تغییرات در برخی سال‌ها شیب منفی و در برخی سال‌ها شیب مثبت داشته است اما به‌طور کلی روند نمودار در طی بازه زمانی ۳۶ ساله شیب نزولی و کاهشی داشته است. طبق نمودار به‌طور مثال در سال‌های ۱۹۹۷، ۱۹۹۱ و همچنین ۲۰۰۵ و ۲۰۱۳ این منطقه منتخب مطالعاتی شاهد کاهش پوشش گیاهی بوده است. در داده هواشناسی اخذشده از ایستگاه هواشناسی ازارک میزان میانگین بارش سالانه در این سال‌ها به نسبت مقدار کمی گزارش شده است. به‌طور نمونه در سال ۲۰۰۵ مجموع بارش سالانه ۷۱۳ میلی‌متر گزارش شده که در مقایسه با سایر سال‌هایی که میزان بارش توسط این ایستگاه هواشناسی ثبت و در دسترس است، مقدار کمی دارد. مقدار شاخص EVI نیز در سال ۲۰۰۵ و ۲۰۱۳ به ترتیب برابر با ۰/۱۴ و ۰/۰۹ بوده است. نمودار آنومالی تغییرات نسبت به میانگین هر مجموعه تصاویر نیز روندی مشابه داشته است. نمودارهای مربوطه از نقطه دوم الی پنجم به‌صورت کلی در سه نمودار مجزا در نگاره ۹ به نمایش گذاشته شده‌اند.

نقطه سوم از نقاط انتخاب شده در قسمت جنوب شرقی چالوس و منطقه جنوبی هریجان واقع شده است. نتایج به‌دست آمده از این منطقه در طی سری زمانی از نظر پوشش گیاهی روندی صعودی و افزایشی داشته است. روند کاهش پوشش گیاهی به‌طور مثال در سال‌های ۱۹۹۵، ۱۹۹۷ و ۲۰۰۸ از روی نمودار قابل مشاهده است. طبق داده هواشناسی ایستگاه سیاه‌بیشه که در منطقه‌ای نزدیک بر سومین موقعیت انتخاب شده واقع شده است، در سال ۲۰۰۸ میانگین میزان بارش نسبت به چند سال قبل کاهشی و برابر با ۳۸۶ میلی‌متر بوده است و میانگین رطوبت نسبی نیز در این سال با روندی کاهشی نسبت به سال‌های قبل به مقدار ۵۹ رسید که ممکن است یکی از دلایل کاهش پوشش گیاهی در این منطقه کاهش بارندگی در این سال باشد. طبق نمودار سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۲۰ تغییرات آنومالی در جهت افزایش پوشش گیاهی بوده و میزان میانگین بارش در این سال‌ها به ترتیب برابر با ۸۵۹ و ۷۲۵ میلی‌متر گزارش

روند تغییرات آنومالی در این موقعیت مکانی از سال ۱۹۸۶ تا ۱۹۹۱ به‌صورت نزولی بوده که در سال ۱۹۹۵ به پایین‌ترین مقدار خود یعنی ۲/۵۰۳- رسیده و مقدار EVI آن برابر با ۰/۳۴ بوده است. سپس نمودار روندی صعودی در پیش داشته که نشان‌دهنده آن است که پوشش گیاهی کمتر دستخوش تخریب و کاهش قرار گرفته است. هرچند در سال ۲۰۰۸ مجدد شاهد افت پوشش گیاهی بوده است و داده‌های آماری میزان بارش سالانه اخذشده از منطقه مرزن‌آباد که منطقه‌ای نزدیک به این موقعیت مکانی است نیز تصدیق همین امر را دارد. میانگین میزان بارش سالانه در سال ۲۰۰۸ برابر با ۲۶۲/۵ میلی‌متر بوده که براساس این داده آماری این سال نسبت به سال‌های دیگر جزء سال‌های کم بارش به حساب می‌آید. از سال ۲۰۱۸ الی ۲۰۲۰ نیز روند تغییرات به‌طور صعودی بوده است. هرچند در سال ۲۰۲۱ در پی تغییرات صورت گرفته نمودار روندی نزولی در پیش گرفته است. به‌طور کلی این نمودار نشان می‌دهد که پوشش گیاهی این منطقه در طول زمان همواره در حال تغییرات بوده اما در مجموع با شیب مثبت در حال رشد بوده است.

نگاره ۸-ب که بیانگر آنومالی نسبت به میانگین هر سنجنده است، نیز با فراز و نشیب‌های زیادی در مقدار پوشش گیاهی همراه بوده اما در مجموع روند کلی نمودار مشابه نمودار نگاره ۸-الف است. بررسی ۱۵ سال نخست با کمک لندست-۵ نشان می‌دهد که در سال ۱۹۹۵ مقدار آنومالی نسبت به میانگین این دوره زمانی به‌طور قابل توجهی کاهش پیدا کرده و مقدار آن به ۱/۵- رسیده است. در سری دوم زمانی توسط لندست-۷ کاهش پوشش گیاهی نسبت به میانگین این دوره در سال ۲۰۱۳ رخ داده که معادل ۱/۷- بوده است؛ و در نهایت در سری آخر سری زمانی در سال ۲۰۱۵ این مقدار به ۲/۱۷- کاهش پیدا کرده است و مقدار EVI در این سال نیز برابر با ۰/۴۶ بوده است.

دومین نقطه در منطقه شمالی جاده منتهی به شهر تنکابن واقع شده است که جزء مناطق نسبتاً ساحلی به حساب

طبق نمودار نگاره ۹-ب در اولین سری زمانی لندست-۵ در سال ۱۹۹۱ این منطقه یک افت در مقدار پوشش گیاهی نسبت به میانگین ۱۹۸۶ الی ۲۰۰۰ داشته که مقدار آنومالی و EVI در این سال به ترتیب برابر با $-1/20$ و $0/17$ بوده است.

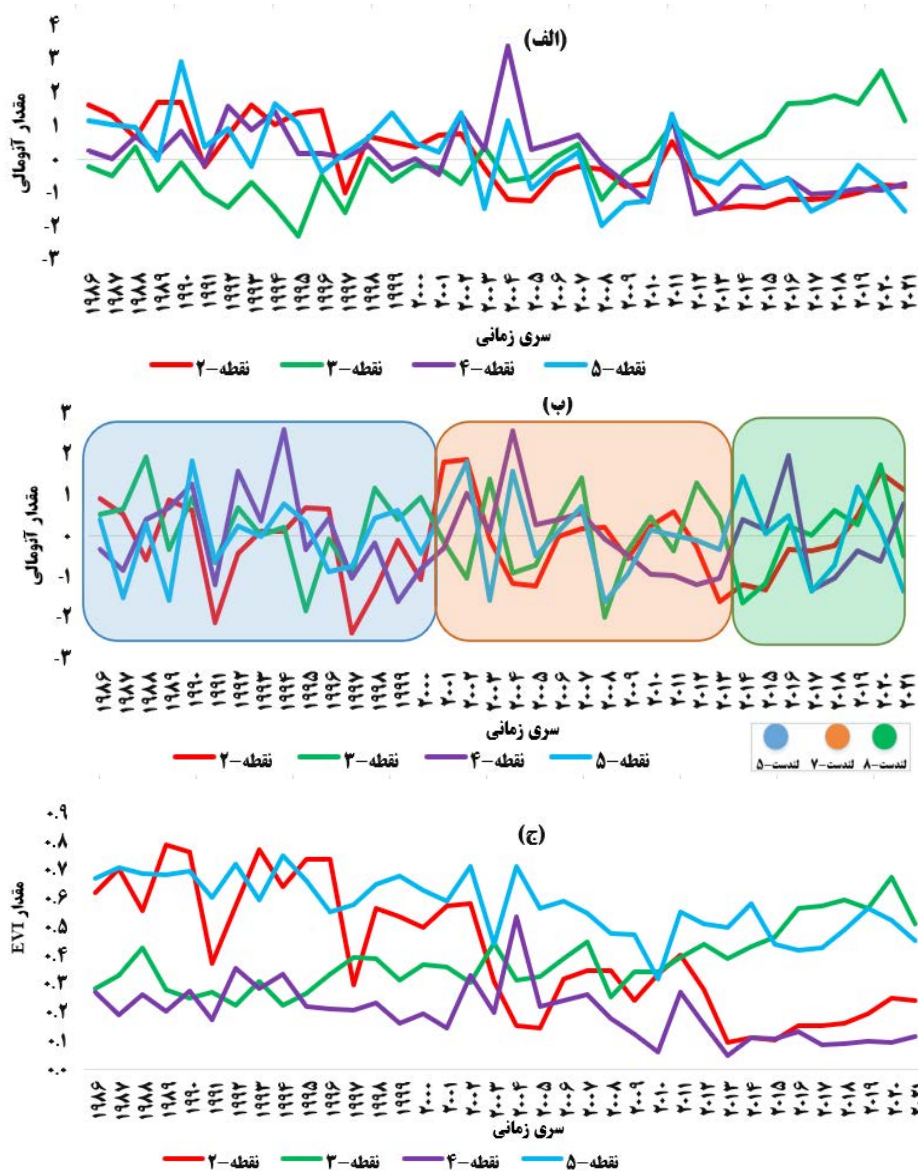
آخرین و پنجمین نقطه انتخاب شده، در موقعیت مرکزی و نسبتاً جنوبی شهرستان چالوس در یک منطقه مرتفع کوهستانی و در نزدیکی دلیر واقع شده است. همان طور که از نمودار نگاره ۹-الف مشخص است، پوشش گیاهی در طی این بازه زمانی دارای تغییرات متعددی بوده ولی روند کلی به صورت شیب نزولی است.

مطابق نگاره ۹ بیشترین میزان تغییر در جهت رشد و افزایش پوشش گیاهی در سال ۱۹۹۰ اتفاق افتاده که مقدار آن برابر با $2/93$ بوده است؛ و بیشترین میزان تغییر در جهت تخریب و کاهش پوشش گیاهی طبق نمودار در سال ۲۰۰۸ است که به مقدار $-1/96$ رسید. لازم به ذکر است که مجموع بارش سالانه نیز در این سال بسیار کم و برابر با $259/8$ میلی متر توسط ایستگاه هواشناسی دلیر گزارش شده است. روند تغییرات آنومالی نیز در بازه زمانی ۲۰۰۹ الی ۲۰۱۱ رو به افزایش بوده است که با توجه به وجود همین روند در میزان بارش می توان بهبود پوشش گیاهی را ناشی از رشد بارش در این دوره زمانی دانست. در بررسی آنومالی از میانگین هر سری لندست جهت شیب نمودار به صورت خطی بوده است به گونه ای که در سری زمانی لندست-۵ همانند نمودار نگاره ۹-الف در سال ۱۹۸۹ افت و سپس در سال ۱۹۹۰ رشد پیدا کرده و مقدار آنومالی از $-1/57$ به $1/85$ رسیده است. در مطالعه سری دوم زمانی توسط لندست-۷ در سال ۲۰۰۸ مقدار کاهش پوشش گیاهی به بیشترین حد خود نسبت به میانگین این بازه زمانی رسیده و مقدار آن برابر با $-1/60$ است. همچنین در آخرین بررسی سری زمانی از سال ۲۰۱۷ الی ۲۰۱۹ شیب نمودار صعودی و افزایشی بوده و مقادیر آنومالی و EVI در سال ۲۰۱۹ به ترتیب برابر با $1/19$ و $0/56$ است.

شده است که جزء سال های پربارش محسوب می شوند. در بررسی آنومالی نسبت به میانگین هر مجموعه تصاویر نیز روندی مشابه مشاهده شده، اما روند خطی آن در این پریود زمانی به صورت خطی یکنواخت بوده و شیب صعودی نداشته است.

طبق نمودار نگاره ۹-ب در دوره زمانی لندست-۵ در سال ۱۹۹۵ نیز یک افت مشاهده می شود و مقادیر آنومالی و EVI در این سال به ترتیب به $-1/82$ و $0/26$ رسیده است. همچنین در دوره زمانی لندست-۷ در سال ۲۰۰۸ مقدار آنومالی به $-1/97$ کاهش پیدا کرده و گواه آن است که این منطقه در این سال شاهد کاهش پوشش گیاهی بوده است؛ و در آخرین سری زمانی که مربوط به لندست-۸ است روند تقریباً به صورت صعودی بوده که در سال ۲۰۲۰ به بیشترین حد خود رسیده و مقدار آنومالی آن به $1/76$ افزایش پیدا کرده است. مقدار EVI نیز در این سال برابر با $0/67$ بوده است.

نقطه چهارم در موقعیت نسبتاً شمالی شهر چالوس در نزدیکی منطقه بیری انتخاب شده است. این نقطه از نظر موقعیت مکانی در جایگاهی مابین مرزن آباد و ازارک واقع شده است. نمودار این منطقه انتخابی همواره با روندی متغیر همراه بوده به گونه ای که در برخی از بازه های زمانی شیب تغییرات صعودی و در برخی دیگر نزولی بوده است. طبق نمودار نگاره ۹-الف در سال های ۲۰۰۴ و ۲۰۱۱ پیک افزایش پوشش گیاهی مشاهده می شود و در سال ۲۰۰۵ شیب نمودار نزولی شده است. سال ۲۰۱۱ براساس داده های ایستگاه هواشناسی ازارک جزء سال های پربارش بوده که گواه بر آن ادعا است. کاهش میزان بارش در سال ۲۰۰۵ در ایستگاه ازارک و مرزن آباد نیز گزارش شده و مقادیر آن به ترتیب برابر با $713/6$ و $319/6$ میلی متر بوده است. همچنین در ادامه ایستگاه ازارک کاهش نزولی بارش را از سال ۲۰۰۶ الی ۲۰۱۰ نشان می دهد که میزان آنومالی هم در این سال طبق نمودار با شیب کاهشی همراه بوده است.



نگاره ۹: نمودارهای سری زمانی آنومالی و EVI در نقطه دوم الی پنجم. الف) نمودار سری زمانی مقدار آنومالی نسبت به میانگین کلی، ب) نمودار سری زمانی مقدار آنومالی نسبت به میانگین هر مجموعه تصاویر و ج) نمودار سری زمانی مقدار EVI

دیگر خبر از کاهش آن داده شده است، اما در مجموع می‌توان شیب تغییرات را نزولی دانست. پوشش گیاهی در مناطق اول و سوم به‌طور کلی در ۳۶ سال گذشته در حال افزایش بوده، اگرچه در برخی موارد آنومالی و نوساناتی در مقدار EVI وجود داشته است. به‌طور مثال تغییرات پوشش گیاهی در منطقه ۳ واقع در البرز مرکزی عمدتاً

طبق نتایج فوق، رشد و یا تخریب پوشش گیاهی در مناطق مختلف همواره دارای روند متفاوتی بوده است. به‌طور نمونه نتایج نشان داد که در حالت کلی پوشش گیاهی در منطقه ۴ که در مجاورت جاده چالوس قرار دارد با تغییرات زیادی همراه بوده است به‌گونه‌ای که در برخی سال‌ها با افزایش بارش شاهد رشد پوشش گیاهی بوده و در سال‌های

۴- نتیجه گیری

پوشش گیاهی یکی از پدیده‌های متأثر از تغییرات محیطی، شرایط اقلیمی و یا عوامل انسانی است. در این راستا بررسی پوشش گیاهی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و ارتباط آن با شرایط اقلیمی و پارامترهای دیگر می‌تواند نقش مؤثری در تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی‌ها داشته باشد. در این تحقیق با استفاده از تصاویر سری زمانی سنجنده‌های لندست به بررسی تغییرات و کشف آنومالی در بازه زمانی ۳۶ ساله در شهرستان چالوس پرداخته شده است. به این منظور برای دستیابی به نتایج قابل اعتماد و ارزیابی بهتر نتایج حاصل از آنومالی، نقشه تغییرات پوشش گیاهی نیز در این دوره زمانی به کار گرفته شد. همچنین با توجه به اینکه علاوه بر عوامل انسانی مانند ساخت و ساز، تخریب جنگل و یا دیگر عوامل، شرایط اقلیمی و محیطی مانند شرایط آب و هوایی نیز می‌تواند نقش مؤثری در تغییرات پوشش گیاهی داشته باشد، نتایج به دست آمده از این تحقیق با برخی داده‌های آماری هواشناسی موجود اعم از بارش، دما و رطوبت نیز مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفت.

با توجه به این امر که مناطق وسیع دارای شرایط محیطی متفاوتی هستند، منطقه مورد مطالعه در این تحقیق نیز به ۵ بخش تقسیم‌بندی شده و سپس به تحلیل جداگانه هر یک پرداخته شده است. طبق نتایج به دست آمده منطقه (۴) در طی این بازه زمانی شاهد کاهش پوشش گیاهی بوده است که این کاهش را می‌توان ناشی از عوامل متعددی مانند کاهش بارش، قطع درختان، رانش زمین و یا تغییر کاربری اراضی در طی این سه دهه دانست.

به طور کلی شیب تغییرات پوشش گیاهی در منطقه (۳) به علت تنوع پوشش گیاهی و رطوبت بالا روند افزایشی در پیش داشته اما در برخی سال‌ها مانند ۲۰۰۸ شاهد روند نزولی بوده است که می‌توان علت آن را در کاهش میزان بارش و رطوبت و افزایش دما دانست. نقشه تغییرات به دست آمده در برخی از مناطق شمالی شهرستان چالوس حاکی از آن است که تا سال ۲۰۰۲ تغییراتی

به صورت صعودی و مثبت، و در سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۲۰ در پی افزایش بارش این منطقه شاهد رشد پوشش گیاهی بوده است. هرچند که در برخی سال‌های دیگر مانند ۲۰۰۸ و ۲۰۲۱ پوشش گیاهی روند کاهشی در پیش داشته است؛ بنابراین در بررسی کلی، بارش همواره یکی از عوامل مهم در میزان رشد پوشش گیاهی بوده است. همچنین با ارزیابی نتایج فوق و مقایسه آن با نتایج به دست آمده از نقشه تغییرات می‌توان پی برد که تغییرات بسیاری در جهت کاهش پوشش گیاهی در مناطق نواحی مرتفع رخ داده است. به گونه‌ای که در این پژوهش برخی مناطق مرتفع مانند نقطه (۵) شاهد روند کاهشی پوشش گیاهی بوده در حالی که نتایج در برخی مناطق دیگر متفاوت بوده است که میزان رشد و ثبات بارش می‌تواند یکی از علل آن باشد. اداره هواشناسی استان مازندران نیز با توجه به مناطق جغرافیایی استان اعلام کرد که بیشتر خشکسالی‌های استان که بر روی آب‌های زیرزمینی نیز اثر گذاشته، مربوط به نواحی ساحلی و جلگه‌ای شرق و مرکز استان مازندران است و در شهرستان‌های غربی بیشتر مربوط به نواحی کوهستانی بوده است که یکی از دلایل آن می‌تواند وجود فاصله از مناطق رطوبت خیز باشد. این مطلب در تحقیق رنجبر و همکاران نیز مشاهده و تأیید شده و بیانگر آن است که یکی از عوامل مؤثر بر تغییرات پوشش گیاهی ارتفاع محسوب می‌شود (رنجبر فردونی *et al.*, 2020). همچنین نتایج نشان داد که شیب تغییرات پوشش گیاهی در سال ۲۰۲۱ عمدتاً نزولی بوده است.

در این راستا براساس گزارشی که مرکز پایش خشکسالی سازمان هواشناسی کشور در بررسی پهنه‌بندی مازندران داشت اعلام کرد که سال زراعی ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۱ نسبت به دوره‌های قبل کاهش یافته است. از این رو با توجه به گزارش افزایش دما و کاهش بارش در استان مازندران در سال ۲۰۲۲، می‌توان پیش‌بینی کرد که در سال‌های آتی نیز پوشش گیاهی در این منطقه روند کاهشی در پیش داشته باشد.

منابع و مآخذ

- ۱- رجایی، اسماعیلی ساری، سلمان ماهینی، دلاور، مساح بوانی؛ فاطمه، عباس، عبدالرسول، مجید، علیرضا (۲۰۲۰). ارزیابی تغییرات کاربری اراضی در حوضه آب‌خیز رودخانه تجن با تکیه بر سنج‌های سیمای سرزمین. علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره ۲۲، صص ۳۶۶-۳۵۱.
- ۲- رنجبر، ولی، مکرم، تارپناه؛ ابلفضل، عباسعلی، مرضیه، فریده (۲۰۲۰). بررسی روند تغییرات زمانی-مکانی پوشش گیاهی و واکنش آن به عوامل محیطی در شمال استان فارس، ایران. نشریه سنجش از دور و GIS ایران، دوره ۱۱، صص ۸۲-۶۱.
- ۳- سارلی، روشن، گرب؛ رضا، غلامرضا، استفان (۲۰۱۹). سنجش و پیش‌بینی تغییرات پوشش گیاهی حوزه استان مازندران طی بازه زمانی ۲۰۱۷-۲۰۰۵ با استفاده از زنجیره مارکوف و GIS. فصلنامه علمی-پژوهشی اطلاعات جغرافیایی «سپهر». دوره ۲۸، صص ۱۶۲-۱۴۹.
- ۴- غفاریان مالمیری، زارع خورمیزی؛ حمیدرضا، هادی (۲۰۲۰). بررسی تغییرات پوشش گیاهی ایران با استفاده از سری‌های زمانی NDVI سنجنده NOAA-AVHRR و تجزیه و تحلیل هارمونیک سری‌های زمانی (HANTS). فصلنامه علمی-پژوهشی اطلاعات جغرافیایی «سپهر». دوره ۲۹، صص ۱۵۸-۱۴۱.
- ۵- قنبری مطلق، امرایی؛ محدثه، بهزاد (۲۰۲۰). آشکارسازی ارتباط زمانی - مکانی تغییرات پوشش گیاهی در استان مازندران با عناصر اقلیمی. جغرافیا و پایداری محیط، دوره ۳۷، صص ۵۵-۱۰.
- ۶- کاظمی‌نیا (۲۰۱۸). کاربرد سنجش از دور و GIS در بررسی پوشش گیاهی. نشریه علمی مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی. دوره ۹، صص ۸۵-۷۵.
- 7- Alfredo Huete, C.J., Wim van Leeuwen, 1999. MODIS VEGETATION INDEX.
- 8- Barzegar, M., Ebadi, H., Kiani, A., 2015. Comparison of different vegetation indices for very high-resolution images, specific case UltraCam-D imagery, International مقدار شاخص پوشش گیاهی مشاهده شد که ناشی از بهبود وضعیت سبزی‌نگی پوشش گیاهی در آن مناطق است. در این مناطق از حجم زمین‌های بایر کاسته شده و بر وسعت مساحت زمین‌های زراعی و شالیزار افزوده شده است. این امر در پژوهش‌های قبلی و رجایی نیز مشاهده شد. این در حالی است که در برخی دیگر از مناطقی که در مجاورت ساحل دریای خزر و خط ساحلی قرار دارند به علت ساخت‌وساز ویلا و مناطق تجاری مسکونی درصد بالایی از پوشش گیاهی از بین رفته است. به‌طور مثال نقشه تغییرات پوشش گیاهی از منطقه (۲) مطالعاتی نشان داد که بخش عمده‌ای از پوشش گیاهی با ایجاد شهرک و راه‌سازی تخریب شده است.
- لازم به ذکر است که با بررسی نتایج به‌دست‌آمده و مقایسه آن با نقشه تغییرات پوشش گیاهی این نتیجه حاصل شد که یکی از عوامل تأثیرگذار بر تغییرات پوشش گیاهی ارتفاع است.
- در این تحقیق با مقایسه ارزیابی دو رویکرد معیار آنومالی این نتیجه حاصل شد که هر دو رویکرد تقریباً نشان‌دهنده روند تغییر مشابهی بوده‌اند با این تفاوت که نمودارها در حالت آنومالی نسبت به میانگین کلی در مقایسه با میانگین هر مجموعه تصاویر، دارای شیب‌خط ثابتی بوده که روند تغییرات را بهتر به نمایش می‌گذارد. همچنین با بررسی و مقایسه نتایج به‌دست‌آمده هر یک از مناطق مورد مطالعه با داده بارش این نتیجه حاصل شده که هرچند در برخی سال‌ها و دوره‌های زمانی میزان بارش همواره یک عامل مؤثر در تغییرات پوشش گیاهی بوده، اما در حالت کلی نمی‌توان این متغیر را لزوماً و به‌تنهایی ازجمله عوامل مهم و تأثیرگذار بر کاهش پوشش گیاهی مناطق قلمداد کرد؛ بنابراین پیشنهاد می‌شود که در پژوهش‌های آتی به‌منظور مقایسه بهتر و دقیق‌تر از دیگر متغیرهای اقلیمی و آماری نیز استفاده شود.

- Application of MODIS NDVI for Monitoring Kenyan Rangelands Through a Web Based Decision Support Tool. *Frontiers in Environmental Science* 7.
- 18- Liu, H.Q., Huete, A., 1995. A feedback based modification of the NDVI to minimize canopy background and atmospheric noise. *IEEE transactions on geoscience and remote sensing* 33, 457-465.
- 19- Liu, Y., Li, Y., Li, S., Motesharrei, S., 2015. Spatial and temporal patterns of global NDVI trends: correlations with climate and human factors. *Remote Sensing* 7, 13233-13250.
- 20- Meroni, M., Fasbender, D., Rembold, F., Atzberger, C., Klisch, A., 2019. Near real-time vegetation anomaly detection with MODIS NDVI: Timeliness vs. accuracy and effect of anomaly computation options. *Remote sensing of environment* 221, 508-521.
- 21- Mirahsani, M.s., SALMAN, M.A., SOFFIANIAN, A.R., Mohamadi, J., MODARRES, R., 2019. Evaluation of trend in vegetation variations using time series images and mann-kendall test over Gavkhuni Basin.
- 22- Montazeri, M., Kefayat Motlagh, O.R., 2018. long term mean of vegetation analysis in Iran using NDVI index. *Geography and Environmental Planning* 29, 1-14.
- 23- Rembold, F., Meroni, M., Urbano, F., Csak, G., Kerdiles, H., Perez-Hoyos, A., Lemoine, G., Leo, O., Negre, T., 2019. ASAP: A new global early warning system to detect anomaly hot spots of agricultural production for food security analysis. *Agricultural systems* 168, 247-257.
- 24- Scaramuzza, P., Micijevic, E., Chander, G., 2004. SLC gap-filled products phase one methodology. *Landsat Technical Notes* 5.
- 25- Shabanipoor, M., Darvish Sefat, A.A., Rahmani, R., 2019. Long-term trend analysis of vegetation changes using MODIS-NDVI time series during 2000-2017 (Case study: Kurdistan province). *Forest and Wood Products* 72, 193-204.
- 26- Singh, A., 1989. Review article digital change detection techniques using remotely-sensed data. *Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, pp. 97-104.
- 9- Bellone, T., Boccardo, P., Perez, F., 2009. Investigation of vegetation dynamics using long-term normalized difference vegetation index time-series. *American Journal of Environmental Sciences* 5, 461.
- 10- De Jong, R., de Bruin, S., de Wit, A., Schaepman, M.E., Dent, D.L., 2011. Analysis of monotonic greening and browning trends from global NDVI time-series. *Remote Sensing of Environment* 115, 692-702.
- 11- Fensholt, R., Rasmussen, K., Nielsen, T.T., Mbow, C., 2009. Evaluation of earth observation based long term vegetation trends—Intercomparing NDVI time series trend analysis consistency of Sahel from AVHRR GIMMS, Terra MODIS and SPOT VGT data. *Remote sensing of environment* 113, 1886-1898.
- 12- Hosseinzadeh, M.M., Esmaili, R., Nohegar, A., Saghaei, M., 2009. A Survey of Changes to Forest Covering in the Northern Slopes of Alborz-A Case Study: the Distance between Harahz and Chalos River and Chalos, Noshar, Noor and Amol Cities. *Environmental Sciences* 7.
- 13- Howarth, P.J., Wickware, G.M., 1981. Procedures for change detection using Landsat digital data. *International Journal of Remote Sensing* 2, 277-291.
- 14- Huang, S., Tang, L., Hupy, J.P., Wang, Y., Shao, G., 2021. A commentary review on the use of normalized difference vegetation index (NDVI) in the era of popular remote sensing. *Journal of Forestry Research* 32, 1-6.
- 15- Jensen, J.R., Toll, D.L., 1982. Detecting residential land-use development at the urban fringe. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 48.
- 16- Kiani, a., Farnood Ahmadi, F., Ebadi, H., 2019. Developing an Interpretation System for High-Resolution Remotely Sensed Images Based on Hybrid Decision-Making Process in a Multiscale Manner. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing* 48, 197-214.
- 17- Lilian Ndungu, M.O., Steve Omondi, Anastasia Wahome, Anastasia Wahome, Emily Adams, 2019.

International journal of remote sensing 10, 989-1003.

27- Tamimi, E., Ebadi, H., Kiani, A., 2017. Evaluation of different metaheuristic optimization algorithms in feature selection and parameter determination in SVM classification. Arabian Journal of Geosciences 10, 478.

28- Yang-Sheng Chiang, K.-S.C., 2011. vegetation anomalies detected by time-series MODIS observation.

Yang, M.-D., Chen, S.-C., Tsai, H.P., 2017. A long-term vegetation recovery estimation for Mt. Jou-Jou using multi-date SPOT 1, 2, and 4 images. Remote Sensing 9, 893.

COPYRIGHTS

©2023 by the authors. Published by National Geographical Organization. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons [Attribution-NoDerivs 3.0 Unported \(CC BY-ND 3.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nd/3.0/)



