



بررسی روند تغییرات شروع و پایان فصل رویش با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در جنگلهای هیرکانی

خدیجه کیاپاشا^۱، علی اصغر درویش صفت^{۲*}، نصرت الله ضرغام^۳، پدرام عطارد^۳، مهدی نادی^۴

- ۱- دانشجوی دکتری جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
- ۲- استاد گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
- ۳- دانشیار گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
- ۴- استادیار گروه مهندسی آب دانشکده مهندسی زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

چکیده:

دمای هوا در حال افزایش است و از آنجا که یکی از پارامترهای تأثیرگذار بر پوشش گیاهی و مراحل فنولوژیکی آن است، می‌تواند منجر به تغییراتی در میزان رشد گیاهان و کاهش تنوع زیستی شود. آگاهی از چگونگی تغییرات فنولوژی پوشش گیاهی ناشی از تغییرات قلیمی یکی از موضوعات حیاتی در درک بازخورد پویایی اکوسیستم‌ها از جمله جنگلهای هیرکانی به عنوان یکی از با ارزش‌ترین نواحی پوشش گیاهی است. در این مطالعه روند تغییرات شروع و پایان فصل رویش با استفاده از مجموعه داده GIMMS NDVI3g، شامل تصویر سال‌های ۱۹۸۱-۲۰۱۲ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. همچنین روند تغییرات دما و بارندگی در طول این ۳۲ سال بررسی شد. پارامترهای فنولوژیکی جنگلهای هیرکانی به روش نقطه میانی (Midpoint) استخراج و روندها و معنی‌داری آنها به ترتیب با برآوردگر تیل-سن و آزمون من-کنداش بررسی شد. بررسی تغییرات روند پارامترهای فنولوژیکی نشان داد که شروع و پایان فصل رویش در جنگلهای هیرکانی به ترتیب ۰/۱۶ روز در سال زودتر و ۰/۴۱ روز در سال دیرتر رخ داده است. روند تغییرات متوسط دمای سالانه نیز در طول دوره مطالعه افزایشی بوده است ولی در مردم مجموع بارندگی سالانه در بعضی از قسمت‌های غرب جنگلهای هیرکانی روند کاهشی مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: روش نقطه میانی، روند، شروع و پایان فصل رویش، GIMMS NDVI3g

۱- مقدمه

پوشش گیاهی از جمله جنگل به عنوان یک پدیده پویا، متأثر از تغییرات محیطی است و باید به طور مستمر مورد پایش قرار گیرد. روند افزایشی دمای زمین می‌تواند منجر به بازخوردهای مثبت یا منفی در فنولوژی پوشش گیاهی گردد. تغییرات طول دوره رشد گیاهان یکی از اثرات پدیده گرایش جهانی است. بهار زودرس و تأخیر در آغاز شرایط پائیز یکی از نشانه‌های این پدیده است. از طرفی پوشش گیاهی با خاک، اتمسفر و آب در ارتباط است و نقش مهمی در حفظ تعادل اکولوژیکی دارد [۱]. مطالعه روند و تغییرپذیری سالانه فنولوژی پوشش گیاهی دارای اهمیت است زیرا این تغییرات بر تبادل آب، انرژی و کربن بین پوشش گیاهی و اتمسفر تأثیر می‌گذارند [۲]. بنابراین با توجه به شرایط گرمایش جهانی، ضرورت دارد روند تغییرات فنولوژی پوشش گیاهی بررسی شود.

مشاهدات فنولوژی متداول که از دیرباز به صورت نقطه‌ای و مشاهده مستقیم روی گونه‌های گیاهی صورت می‌گرفته است، نه تنها قابل تعمیم به کل منطقه نیست بلکه تغییرات مکانی روند را هم ارائه نمی‌دهد. در مقابل، پایش فنولوژی گیاهی از طریق داده‌های سنجش از دور می‌تواند این نوع تغییرات را بیان کند. سنجش از دور می‌تواند اطلاعات جدید اقلیمی درمورد فنولوژی و امکان تهیه نقشه پویایی وضعیت توسعه پوشش گیاهی را فراهم سازد [۳]. ضمناً آگاهی دقیق از فنولوژی پوشش گیاهی نیاز به برداشت‌های میدانی در بازه زمانی نسبتاً طولانی دارد. در بسیاری از زمینه‌ها بخصوص جنگل، این چنین داده‌های بلندمدت که لازمه بررسی اثرات تغییر اقلیم بر فنولوژی جنگل است وجود ندارد. در این شرایط داده‌های ماهواره‌ای تاریخی به صورت سری زمانی و با توان تفکیک زمانی مناسب می‌توانند کمک مؤثری نمایند.

با توجه به اینکه داده‌های تاریخی ماهواره‌ای در دسترس و کارآمد هستند، محققان زیادی با تکیه بر سری‌های زمانی ماهواره‌ای به مطالعه فنولوژی پرداختند. اطلاعات فنولوژیکی بدست آمده از داده‌های ماهواره‌ای که فنولوژی سطح زمین (LSP) نامیده می‌شود ارتباطی قوی با فنولوژی پوشش گیاهی دارند [۴]، اما دقیقاً همان فنولوژی گیاه نیست [۲]، زیرا داده فنولوژیکی زمینی عمدتاً بصورت نقطه‌ای جمع‌آوری و مربوط به گونه‌های کمی می‌شوند، در حالیکه کمیت‌های سنجش از دوری استخراج شده، سطحی هستند [۵، ۶] و مربوط به میانگین گونه‌ها در کل وسعت مکانی یک پیکسل است. جهت بررسی صحت مدل‌های دستیابی به شروع فصل رویش حاصل از داده‌های ماهواره‌ای، سری‌های زمانی داده‌های ماهواره‌ای با سری‌های زمانی داده زمینی سطحی مقایسه شدن و رابطه قوی بین آنها گزارش شد [۵، ۶].

تغییرات فصلی فنولوژی پوشش گیاهی متأثر از تغییرات فصلی آب و هوایی در طول سال و بدون اثر بر مؤلفه اصلی روند کلی بلندمدت رخ می‌دهد و در واقع چرخه‌ای تکرارشونده است که در فواصل زمانی مشخص به وقوع می‌پیوندد. مطالعه روند این تغییرات تحت عنوان بررسی روند فصلی انجام می‌شود.

با توجه به اهمیت جنگل‌های شمال در سطح ملی و جهانی که بازمانده دوران سوم زمین شناسی بوده و دارای ارزش اکولوژیکی بالایی است و واقعیت وجودی تغییرات دما و بارندگی جهان، ضرورت دارد که روند تغییرات در این جنگل‌ها نیز مورد بررسی قرار گیرد. در زمینه چگونگی تغییرات فعالیت پوشش جنگلی در ایران اطلاعات چندانی وجود ندارد، ولی در سایر کشورها در مقیاس‌های جهانی و محلی مطالعات زیادی براساس سری زمانی^۱ انجام شده است [۶، ۷]. به عنوان مثال در طول سال‌های ۱۹۸۲-۲۰۱۱ در آلمان و کشورهای اسکاندیناوی به ترتیب ۱/۴۷ و ۱/۴۷ روز در سال طول دوره رویش تغییر یافته است [۷، ۸].

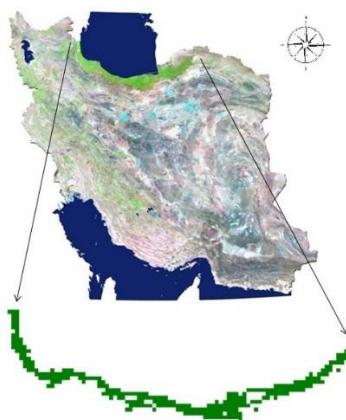
^۱ Normalized Difference Vegetation Index

تاکنون مطالعه‌ای در این زمینه در ایران صورت نگرفته است بر اساس مطالب یاد شده و اینکه تاکنون مطالعه‌ای در این زمینه در ایران صورت نگرفته، این تحقیق با هدف بررسی تغییرات شروع و پایان فصل رویش پوشش گیاهی در سطح کل نوار جنگل‌های هیرکانی با استفاده از داده‌های^۱ GIMMS در یک بازه زمانی ۳۲ ساله انجام شد.

۲- روش کار

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

با توجه به اهمیت و گستردگی شرقی- غربی جنگل‌های هیرکانی، این جنگل‌ها به عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب شدند. جنگل‌های هیرکانی با مساحتی حدود ۱/۸ میلیون هکتار [۹] در نواری به طول حدود ۸۰۰ کیلومتر (از آستانرا تا شرق گرگان) و پهنه‌ای ۲۰ تا ۷۰ کیلومتر، دامنه‌های شمالی رشته کوه البرز را از سطح دریا تا خط مرزی جنگل (ارتفاع ۲۸۰۰ متر از سطح دریا) پوشش می‌دهند (شکل (۳)-(۱)). میزان بارندگی متوسط سالیانه آن حدود ۶۰۰ میلی‌متر در شرق و حدود ۲۰۰۰ میلی‌متر در غرب می‌باشد. حداکثر بارندگی در بهار و اوخر پاییز و زمستان رخ می‌دهد. دمای متوسط سالیانه در این نوار جنگلی بین ۱۵ تا ۱۸ درجه سانتیگراد است. بیشترین دمای ماهانه بین ۲۸ تا ۳۵ درجه می‌باشد در حالیکه کمترین دمای ماهانه بین ۱ و +۴ درجه ثبت شده است [۹].



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران، شکل پایین سلول‌هایی که سطح پوشش جنگلی آن‌ها بیشتر از ۸۰ درصد بوده را نشان می‌دهد که از نقشه رقومی و برداری محدوده این جنگل تهیه و مناسب با اندازه سلول داده GIMMS (۸ کیلومتر) رستری و به عنوان ماسک جنگل در تجزیه تحلیل‌ها استفاده شد.

۲-۲- داده‌های مورد استفاده

در این تحقیق نسخه سوم سری زمانی (NDVI3g) NOAA AVHRR^۲ ماهواره^۳، که توسط گروه GIMMS در سال ۲۰۱۲ تهیه شده و در مطالعات پوشش گیاهی از آنها بهره می‌برند، مورد استفاده قرار گرفته است. در این داده، به‌منظور به حداقل رساندن اثرات منفی جوی از روش ترکیب ارزش‌های حداکثر (MVC^۴) استفاده و داده‌های NDVI، ۱۵ روزه تولید شده است. همچنین خطاهای ناشی از انحراف مدار، اثرات ابر و ذرات متعلق در هوای تغییرات سکوها و ضرایب کالیبراسیون که موجب عدم پیوستگی بین داده‌ها می‌شود، توسط GIMMS حذف شده است. NDVI3g شامل ۷۵۶ تصویر ترکیب شده از جوای ۱۹۸۱ تا دسامبر ۲۰۱۲ با تفکیک مکانی ۰/۰۸۳ درجه (هشت کیلومتر) می‌باشد

¹ Global Inventory Modeling and Mapping Studies

² Advanced Very High Resolution Radiometer

³ National Oceanic and Atmospheric Administration

⁴ Maximum Value Composite

[۱۰]. اعتبار مجموعه داده GIMMS در مطالعات گذشته بررسی و قابلیت آن برای این چنین مطالعات تأیید شده است [۱۱، ۱۲ و ۱۳].

به منظور محدود کردن تحقیق در جنگل‌های هیرکانی، آخرین نقشه رقومی و برداری محدوده این جنگل‌ها از سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور تهیه و مناسب با اندازه سلول داده GIMMS (هشت کیلومتر) رسترنی و به عنوان ماسک جنگل در تجزیه تحلیل‌ها استفاده شد. ضمناً تنها سلول‌هایی که سطح پوشش جنگلی آن‌ها بیشتر از ۸۰ درصد بوده، به عنوان جنگل در نظر گرفته شد (شکل (۱)).

همچنین جهت تحلیل روند و شناسایی ارتباط بین تغییرات فعالیت پوشش گیاهی و تغییرات آب و هوایی از داده‌های دمای ۴۵ ایستگاه و بارش ۲۹۲ ایستگاه هواشناسی موجود در منطقه استفاده شد. این داده‌های روزانه از سازمان هواشناسی و وزارت نیرو تهیه و سپس به داده دوهفته‌ای تبدیل و با تفکیک مکانی مشابه داده GIMMS درون‌یابی و به صورت رستری تولید شد.

۳-۲- روش پژوهش

پنجره‌ای از داده‌های GIMMS از منطقه شمال ایران تهیه شد. با توجه به اینکه داده‌ها به صورت تصاویر جداگانه و دوهفته‌ای موجود بود، پس از انجام پیش‌پردازش‌های لازم نظیر معرفی سیستم مختصات و تبدیل به فرمت مورد نظر جهت تجزیه تحلیل، به صورت سری زمانی درآمد.

همانطور که گفته شد قبل از بررسی روند ابتدا باید پارامترهای فنولوژیکی مانند شروع و پایان فصل رویش براساس داده‌های ماهواره‌ای استخراج شوند. استخراج فنولوژی از سری‌های زمانی داده‌های ماهواره‌ای معمولاً در دو مرحله صورت می‌گیرد: یکنواخت کردن داده و شناسایی زمان‌بندی مراحل فنولوژیکی. سپس روند تغییرات پارامترهای فنولوژیکی استخراج شده بررسی می‌شود.

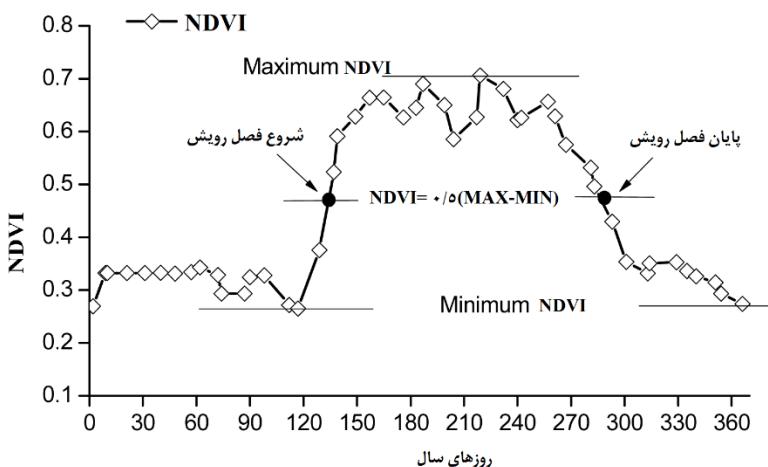
یکنواخت کردن داده شاخص پوشش گیاهی به منظور کاهش اطلاعات غیر از پوشش گیاهی (خطا) در مشاهدات ماهواره‌ای صورت می‌گیرد. هرچند که ابر و اثرات آن بر تصاویر به روش MVC تا حد بسیار زیادی برطرف می‌شود ولی وجود ابر باقی‌مانده احتمالی می‌تواند منجر به کاهش مقادیر NDVI و همچنین موجب به تأخیر انداختن شناسایی فنولوژی سطح زمین مانند شروع فصل رویش شوند. خطاهای احتمالی باقی‌مانده در سری‌های زمانی NDVI را می‌توان توسط روش^۱ IDR حذف کرد. روش IDR در هر پیکسل با محاسبه میانگین دو همسایه زمانی داده در تاریخی مشخص (تاریخ قبل و بعد) و مقایسه آنها با مقدار مورد مشاهده انجام می‌شود. سپس بالاترین مقدار انتخاب شده و جایگزین داده اصلی می‌شود. این روند آنقدر ادامه پیدا می‌کند تا اختلاف مقادیر درون‌یابی شده و مقادیر اصلی کمتر از مقدار آستانه‌ای که بر اساس دقت برآورد NDVI، ۰/۰۲ واحد NDVI است، شود [۱۴، ۱۵].

پس از یکنواخت کردن داده، پارامترهای فنولوژیکی از سری زمانی استخراج می‌شود. در این پژوهش از روش نقطه میانی استفاده شد. براساس مطالعه‌ای که توسط Julien و همکاران (۲۰۱۰) صورت گرفته این روش نسبت به روش‌های دیگر برآورد فنولوژی ارجحیت دارد. همچنین براساس مطالعه White و همکاران (۲۰۰۹) روش نقطه میانی و روش^۲ HANTS-FFT نسبت به روش‌های دیگر، با داده‌های فنولوژیکی اندازه‌گیری شده زمینی ارتباط بیشتری دارد و دارای عملکرد بهتری است. چنانچه بیش از ده درصد مشاهدات در طول دوره مورد مطالعه و یا

¹ Iterative Interpolation for Data Reconstruction

² Harmonic Analyses of NDVI Time Series – Fast Fourier Transform

بیش از سه مشاهده در سال مفقود باشند از این روش استفاده نمی‌شود [۲]. براساس این روش زمان شروع فصل مربوط به تاریخی می‌شود که در آن ۵۰ درصد از دامنه سالانه به‌واسطه افزایش در مقادیر NDVI بدست می‌آید در حالیکه پایان فصل رویش مربوط به تاریخی می‌شود که ۵۰ درصد از دامنه سالانه به‌واسطه کاهش مقادیر حاصل شود. بنابراین ابتدا در هر پیکسل مقدار حداقل و حداقل NDVI در طول این ۳۲ سال محاسبه می‌شود و سپس مقدار آستانه ۵۰ درصدی تعیین می‌گردد (شکل (۲)).



شکل ۲: نمونه‌ای از یک فصل رویش و استخراج پارامترهای فنولوژیکی به روش نقطه میانی

روند تغییرات سری‌های زمانی پارامترهای فنولوژیکی سالانه در هر پیکسل از جنگل‌های هیرکانی با استفاده از برآورده‌گر تیل سن محاسبه شد. این روش نیز همانند بسیاری دیگر از روش‌های ناپارامتریک همچون من-کنдал بر تحلیل تفاوت بین مشاهدات سری زمانی استوار است و به مقادیر داده‌های پرت حساسیت کمی دارد. این آماره با تعیین شبیه هر ترکیب جفتی و پیدا کردن شبیه میانه محاسبه می‌شود. این روش برای ارزیابی نرخ تغییر در سری‌های کوتاه و دارای نویز توصیه می‌شود. محاسبه شبیه بین هر جفت داده NDVI با استفاده از معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$Q_i = \frac{x_j - x_k}{j - k} \quad \text{for } i = 1, \dots, N \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن x_j و x_k به ترتیب داده‌های مشاهده‌ای NDVI در زمان‌های j و k است و i یک واحد زمانی بعد از زمان j می‌باشد. N برابر است با:

$$N = n \times (n - 1)/2 \quad \text{رابطه (۲)}$$

n تعداد کل مشاهدات است که در اینجا تعداد تصاویر می‌باشد.

میانه شبیه جفت داده‌های بدست آمده (Q_i) به عنوان شبیه برآورده‌گر تیل سن ارائه می‌شود. چنانچه تعداد داده‌ها (N) فرد باشد به صورت زیر:

$$Q_{med} = Q_{[(N+1)/2]} \quad \text{رابطه (۳)}$$

و چنانچه زوج باشد به صورت زیر محاسبه می‌شود:

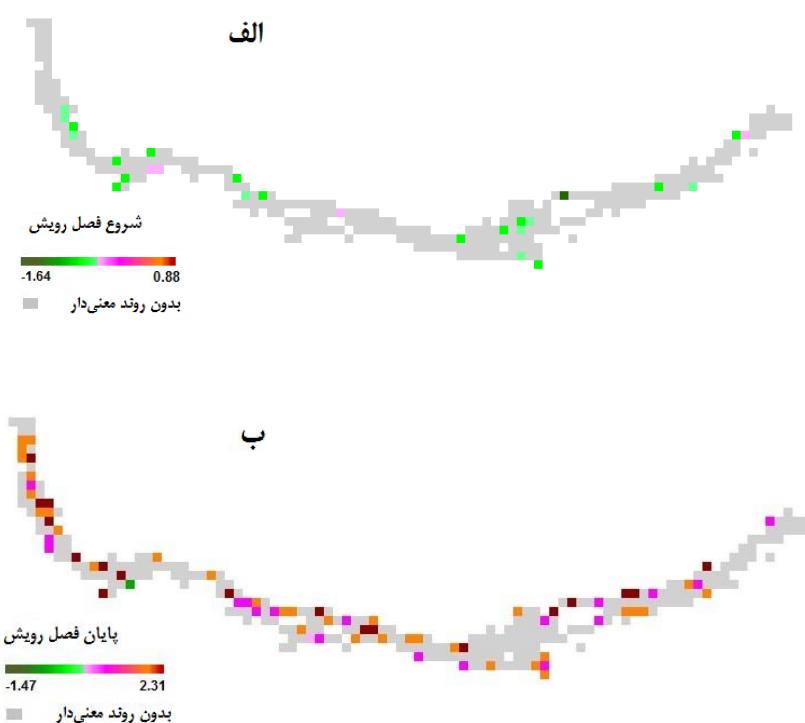
$$Q_{med} = 0.5(Q_{[n/2]} + Q_{[(N+2)/2]}) \quad \text{رابطه (۴)}$$

شیب مثبت روند افزایشی و شیب منفی روند کاهشی را نشان می‌دهد. سپس معنی‌داری روندهای حاصله با استفاده از آزمون معنی‌داری من-کن达尔 آزمون شدند. جهت تفسیر نتایج حاصل کلیه تجزیه تحلیل‌های روند تغییرات بر روی پارامترهای دمای میانگین و مجموع بارندگی سالانه نیز انجام شد.

۳- نتایج و پیشنهادات

پارامترهای فنولوژیکی با استفاده از روش نقطه میانی در دوره ۱۹۸۱-۲۰۱۲ استخراج شد. شروع فصل رویش در قسمت‌های مختلف جنگل‌های هیرکانی بین اواخر اسفند و در برخی مناطق در ارتفاعات تا اواسط خرداد و میانگین آن در ۲۰ فروردین اتفاق افتاده است. در حالیکه متوسط پایان فصل رویش جنگل در این منطقه در طول این ۳۲ سال مورد مطالعه از نیمه دوم شهریور تا اواخر آبان رخ داده است و میانگین تاریخ وقوع پایان فصل رویش در دوره مورد مطالعه پنج آبان می‌باشد. شروع و پایان فصل رویش در جنگل‌های هیرکانی به ترتیب ۰/۱۶ روز در سال زودتر و ۰/۴۱ روز در سال دیرتر رخ داده است.

مشاهدات نتایج روند پارامترهای فنولوژیکی بدست آمده با استفاده از برآوردهای تیل سن نشان می‌دهد که در اغلب مناطق جنگل هیرکانی شروع فصل رویش زودتر (روند منفی) و پایان فصل رویش دیرتر (روند مثبت) اتفاق افتاده است. این روندها سبب طولانی‌تر شدن فصل رویش می‌شود. اما ممکن است کلیه روندهای حاصل از تیل سن معنی‌دار نباشد بنابراین معنی‌داری آنها با استفاده از آزمون روند من-کن达尔 در سطح اطمینان ۹۰ درصد محاسبه شده است. روندهای معنی‌دار شروع و پایان فصل رویش در شکل (۳) نشان داده شده است.



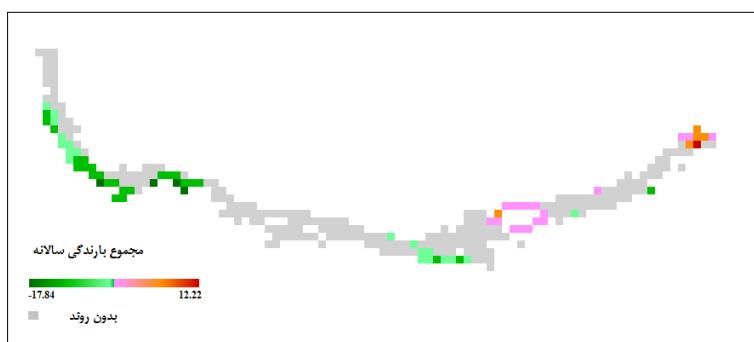
شکل ۳: پردازش مناطق دارای روند معنی‌دار (الف): شروع فصل رویش، (ب): پایان فصل رویش بر حسب روز در سال.

همانطور که در شکل (۳) دیده می‌شود پیکسل‌های کمی از جنگل‌های هیرکانی دارای روند معنی‌دار منفی (زودتر سبز شدن) در شروع فصل رویش هستند و در مقابل پیکسل‌های بیشتری روند معنی‌دار مثبت (تأخير) در پایان فصل رویش را نشان می‌دهند و این دو پارامتر فنولوژیکی در قسمت اعظم منطقه مورد مطالعه بدون روند هستند.

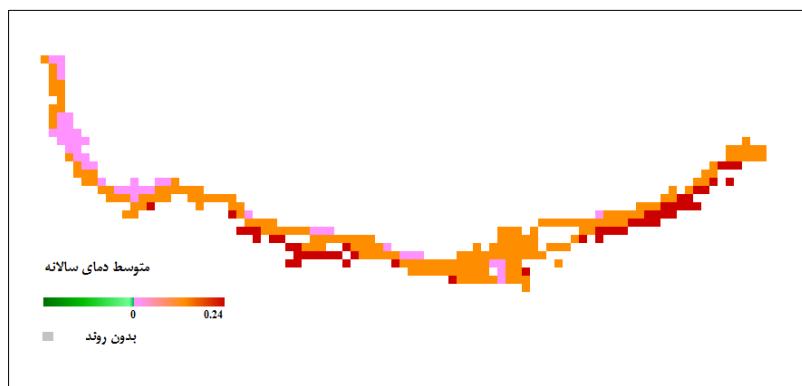
پیکسل‌هایی که دارای روند تأخیر در پایان فصل رویش هستند در سراسر جنگل‌های هیرکانی پراکنده هستند و روندهای معنی‌دار قوی‌تر در پایان فصل رویش، بیشتر در ارتفاعات پایین منطقه دیده می‌شود.

شکل (۴) معنی‌داری روند تغییرات در پارامتر مجموع بارش سالانه را نشان می‌دهد. تغییرات مجموع بارش سالانه در اکثر مناطق روند معنی‌داری نداشتند. نتایج، در بعضی از مناطق در غرب، روند کاهشی، به میزان حداقل ۱۷/۸۴ میلی‌متر در سال و در بعضی مناطق در شرق روند افزایشی، به میزان حداقل ۱۲/۲۲ میلی‌متر در سال را نشان می‌دهد.

شکل (۵) نتایج معنی‌داری روندها در پارامتر دما در جنگل‌های هیرکانی را نشان می‌دهد. در پارامتر دمای متوسط سالیانه روند معنی‌دار منفی وجود نداشت و روند افزایشی دما در کل منطقه مورد مطالعه قابل رؤیت است. روندهای مثبت شدیدتری در استان گلستان وجود دارد.



شکل ۴: روندهای معنی‌دار تغییرات پارامتر مجموع بارش در سطح اطمینان ۹۰ درصد



شکل ۵: روندهای معنی‌دار تغییرات پارامتر متوسط دمای سالانه در سطح اطمینان ۹۰ درصد

با توجه به اینکه شرایط بارش در جنگل‌های هیرکانی مطلوب است و حتی در شرق منطقه که مقدار بارش کمتر است این میزان بارش برای رشد جنگل کافی است، بنابراین تغییرات کم در بارش نمی‌تواند بر پارامترهای فنولوژیکی اثر بگذارد و بارش را به عنوان عامل محدودکننده در منطقه در نظر گرفته نمی‌شود. همچنین روندهای پارامترهای فنولوژیکی همسو با روند افزایش دما است. بنابراین دما اثر بیشتری نسبت به بارش در منطقه دارد.

با افزایش دما پایان فصل رویش با تأخیر همراه است. همچنین در این منطقه در نقاطی که شروع فصل رویش زودتر اتفاق نیفتاده و هیچ روندی در بارش نیز وجود ندارد فصل رویش به واسطه تأخیر در پایان فصل افزایش می‌یابد.

بطور کلی اگر افزایش دما در فصل رشد همراه با شرایط مناسب رطوبتی باشد جنگل‌های سازگارتر با شرایط، از دمای بالاتر بهار و تابستان سود خواهند برد [۱۶]. در مقابل، فتوسنتز می‌تواند توسط دما زیاد و کمود آب در تابستان در ارتفاعات بالای منطقه محدود شود. این نکته توسط Jolly و همکاران (۲۰۱۵) نیز تاکید شده است [۱۷].

در مقیاس محلی متغیرهای اقلیمی و ریزاقلیمی ممکن است تغییرات فنولوژیکی را بهتر تفسیر نماید. ضمن اینکه اثر فعالیت‌های بشر بر پویایی پوشش گیاهی در این مطالعه در نظر گرفته نشده است. به علت وجود شرایط جغرافیایی مختلف در منطقه، شبیب، ارتفاع، ریزاقلیم‌های مختلفی در منطقه وجود دارد که همراه با فعالیت‌های انسانی بر پاسخ پارامترهای فنولوژیکی به تغییرات محیطی اثر می‌گذارد. برای مثال اگر کاربری زمین به علت فعالیت انسانی مانند کشاورزی تغییر کند، پوشش گیاهی جدید می‌تواند رفتار بسیار متفاوتی به لحاظ NDVI نشان دهد. بنابراین تخریب زمین در کنار تغییر اقلیم از عواملی هستند که می‌توانند بر فنولوژی سطح زمین اثر بگذارند [۱۸].

مقایسه نتایج تحقیق حاضر با مطالعات جهانی بررسی روند با توجه به تفاوت منطقه مورد مطالعه، استفاده از داده و محدوده زمانی متفاوت، مشکل است. اما به طور کلی نتایج این تحقیق با سایر مطالعات در همین زمینه که در سطح جهانی انجام شده است، مطابقت دارد. وجود نتایج متفاوت در برخی مناطق در تحقیقات انجام شده می‌تواند به دلیل مطالعه در مناطق متفاوت از نظر ارتفاع منطقه و عرض جغرافیایی باشد. همچنین روش‌های متفاوت به کار رفته در بررسی روندهای موجود و طول سری مورد مطالعه می‌تواند بر نتایج مطالعه اثر بگذارد. تاکنون مطالعه‌ای در زمینه روند تغییرات فعالیت پوشش گیاهی در جنگل‌های هیرکانی به این صورت انجام نشده تا بتوان نتایج را مقایسه کرد.

تغییرات پوشش گیاهی متأثر از ترکیب فاکتورهای طبیعی همچون تغییرات آب و هوایی و فعالیت‌های بشر مانند دامداری در جنگل، جنگل‌زدایی، فرسایش خاک است. این مطالعه تنها بر دما و بارش مرکز بود و دیگر عوامل تأثیرگذار بررسی نشد و یک دید کلی از پویایی مکانی-زمانی پوشش گیاهی در چند دهه گذشته ارائه می‌دهد.

مراجع

- [1] D. Wu, H. Wu, T. Zhou, B. Tang, W. Zhao, and K. Jia, “Evaluation of Spatiotemporal Variations of Global Fractional Vegetation Cover Based on GIMMS NDVI Data from 1982 to 2011”, *Remote Sensing*, Vol. 6, pp. 4217-4239, 2014; doi:10.3390/rs6054217.
- [2] M.A. White, K.M. de Beurs, K. Didan, D.W. Inouye, A.D. Richardson, O.P. Jenson, J.O. Keefe, G. Zhang, R.R. Nemani, W.J.D. Leeuwen, J.F. Brown, A. De Wit, M. Schaepman, X. Lin, M. Dettinger, A.S., Bailey, J. Kimball, M.D. Schwartz, D. Baldocchi, J.T. Lee, and W. Lauenroth, “Intercomparison interpretation and assessment of spring phenology in North America estimated from remote sensing for 1982–2006”, *Global Change Biology*, Vol. 15, pp. 2335-2359, 2009.
- [3] Y. Curnel, and R. Oger, “Agrophenology indicators from remote sensing: state of the art”, *ISPRS Archives XXXVI-8/W48* Workshop proceedings: Remote sensing support to crop yield forecast and area estimates P. 32-38, 2006.
- [4] J. B. Thayn, “Assessing vegetation cover on the date of satellite – derived start of spring”, *Remote sensing*, Vol. 3, No. 8, pp. 721-728, 2012.
- [5] L. Liang, M.D. Schwartz, and F. Songlin, “Validating satellite phenology through intensive ground observation and landscape scaling in a mixed seasonal forest”, *Remote Sensing of Environment*, Vol. 115, pp. 143–157, 2011.
- [6] R. Fensholt, and S.R. Proud, “Evaluation of Earth Observation based global long term vegetation trends — Comparing GIMMS and MODIS global NDVI time series”, *Remote Sensing of Environment*, Vol. 119, pp. 131–147, 2012.
- [7] K.A. Hogda, H. Tommervik, and S.R. Karlsson, “Trends in the Start of the Growing Season in Fennoscandia 1982–2011”, *Remote Sensing*, Vol. 5, pp. 4304-4318, 2013.

- [8] J. Verbesselt, R. Hyndman, G. Newnham, and D. Culvenor, “Detecting trend and seasonal changes in satellite image time series”, *Remote Sensing of Environment*, Vol. 114 pp. 106-115, 2010.
- [9] M. R. Marvie Mohadjer, “Silviculture,” University of Tehran, 387p ,in Persian, 2005.
- [10] J.E. Pinzon, and C.J. Tucker, “A non-stationary 1981–2012 AVHRR NDVI3g time series”. *Remote Sensing*, Vol. 6, pp. 6929-6960, 2014.
- [11] L.M. Zhou, C.J. Tucker, R.K. Kaufmann, D. Slayback, N.V. Shabanov, and R.B. Myneni, “Variations in northern vegetation activity inferred from satellite data of vegetation index during 1981 to 1999”, *J. Geophys. Res.*, Vol. 106, 20069–20083, 2001.
- [12] C.J. Tucker, J.E. Pinzon, M.E. Brown, D.A. Slayback, E.W. Pak, R. Mahoney, E.F. Vermote and N. El Saleous, “An extended AVHRR 8-km NDVI dataset compatible with MODIS and SPOT vegetation NDVI data”, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 26, No. 20, 4485–4498, 2005.
- [13] X. Luo, X. Chen, L. Xu, R. Myneni, and Z. Zhu, “Assessing Performance of NDVI and NDVI3g in Monitoring Leaf Unfolding Dates of the Deciduous Broadleaf Forest in Northern China”, *Remote sensing*, Vol. 5, pp. 845-861, 2013.
- [14] Y. Julien, and J. A. Sobrino, “Comparison of cloud-reconstruction methods for time series of composite NDVI data,” *Remote Sensing of Environmental*, vol. 114, pp. 618–625, 2010.
- [15] J.A. Sobrino, Y. Julien, and Guillem Soria, “Phenology estimation from Meteosat second generation data”, *Journal of selected topic in applied earth observation and remote Sensing*, Vol. 6, No. 3, pp. 1653–1659, 2013.
- [16] H. Park, S. J. Jeong, Ch. H. Ho, J. Kim, M. E. Brown e, M. E. Schaepman, “Nonlinear response of vegetation green-up to local temperature variations in temperate and boreal forests in the Northern Hemisphere,” *Remote Sensing of Environment*, Vol. 165, pp. 100–108, 2015.
- [17] W. M. Jolly, R. Nemani, and S. W. Running, “A generalized, bioclimatic index to predict foliar phenology in response to climate,” *Global Change Biology*, Vol. 11, pp. 619–632, 2005.
- [18] A. Vrieling, J.D. Leeuw, and Mohammed Y.Said, “Length of growing period over Africa: Variability and trends from 30 years of NDVI time series”, *Remote sensing*, Vol. 5, pp. 982-1000, 2013; doi: 10.3390/rs5020982.