

اثر تغییر اقلیم بر فنولوژی پوشش گیاهی حوضه دریاچه ارومیه با استفاده از سری زمانی

تصاویر NOAA-AVHRR

فرزانه حدادی^{۱*}، داود عاشورلو^۲، علیرضا شکیبا^۲، علی اکبر متکان^۴، حسین عقیقی^۲

۱. کارشناس ارشد سنجش از دور و GIS، دانشگاه شهید بهشتی

۲. استادیار مرکز مطالعات سنجش از دور و GIS، دانشگاه شهید بهشتی

۳. دانشیار مرکز مطالعات سنجش از دور و GIS، دانشگاه شهید بهشتی

۴. استاد مرکز مطالعات سنجش از دور و GIS، دانشگاه شهید بهشتی

*نویسنده مسئول: farzaneh.hadadi.۶۷@gmail.com

چکیده

تغییر اقلیم به عنوان یکی از مهم‌ترین چالش‌های پیش روی بشر می‌باشد. این پدیده تاکنون تأثیرات قابل توجهی را بر تولیدات کشاورزی در اکثر نقاط جهان مخصوصاً مناطق خشک و نیمه خشک بر جای گذاشته است. همچنین، در اکثر مناطق دنیا طی دهه‌های اخیر، متوسط درجه حرارت افزایش یافته است. امروزه در تحقیقات مختلف، شاخص‌های سنجش از دور به عنوان یکی از روش‌های نوین در شناسایی تغییر اقلیم استفاده می‌شوند. یکی از شاخص‌های مهم سنجش از دور، ویژگی‌های فنولوژی پوشش گیاهی است که در مطالعات اخیر توانایی خوبی در شناسایی و تخمین پوشش گیاهی نشان داده است. در مطالعه حاضر، با استفاده از سری زمانی ۵ روزه شاخص نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI) از تصاویر NOAA-AVHRR و پارامترهای فنولوژی گیاه، تغییرات پوشش گیاهی مناطق مراتع و اراضی دیم حوضه دریاچه ارومیه در طول سال‌های ۲۰۱۳-۱۹۸۴ مورد بررسی قرار گرفت. داده‌های اقلیمی دما و بارش از ایستگاه‌های هواشناسی حوضه دریاچه ارومیه اخذ و در مقایسه با نتایج تصاویر ماهواره‌ای استفاده گردید. نتایج تحلیل سری زمانی در طی سی سال دوره آماری در حوضه دریاچه ارومیه نشان داد، پارامتر شروع فصل رشد در منطقه اشنویه، سقز و سراب در سال ۲۰۱۳ نسبت به سال ۱۹۸۴ زودتر آغاز شده است. اما در منطقه مراغه دیرتر آغاز شده است. پارامتر پایان فصل رشد در اشنویه، سقز و تکاب زودتر به پایان رسیده است. همچنین پارامتر اوج رشد در شهرستان‌های مذکور پوشش گیاهی زودتر به حداکثر مقدار خود رسیده است. طول فصل رشد در شهرستان‌های اشنویه، مراغه و سقز به ترتیب کوتاه‌تر شده است. نتایج تحلیل‌های آماری بدست آمده از تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های اقلیمی نشان داد که تغییرات پارامترهای فنولوژی به مکان وابسته می‌باشد و همچنین شب‌های سرد و روزهای گرم در ابتدای فصل رشد به ترتیب کاهش و افزایش یافته است. اما در انتهای فصل رشد روزهای گرم افزایش داشته است. این تغییرات باعث افزایش شیب منحنی فنولوژی رشد گیاه در زمان پیری گیاه شده است و در نهایت طول فصل رشد را کاهش داده است.

کلمات کلیدی: تغییر اقلیم، سری زمانی، پارامترهای فنولوژی، شاخص نرمال شده پوشش گیاهی، حوضه دریاچه ارومیه

توسعه شهرها و صنایع، به موجب آن افزایش مصرف سوخت از یک سو و تغییرات کاربری اراضی از سوی دیگر باعث افزایش گازهای گلخانه‌ای در چند دهه اخیر شده است. این افزایش سبب اختلال در روند متغیرهای اقلیمی به خصوص دمای کره زمین شده، به طوری که با بررسی روند تغییرات داده‌های آب‌وهوایی و نتایج مدل‌های اقلیمی، تغییرات وسیعی در اقلیم جهانی به وجود آمده است (IPCC, ۲۰۰۷). تغییر اقلیم بر عوامل اقلیمی، اقتصاد، اجتماع، کشاورزی تأثیر گذار می‌باشد و پیامدهایی چون سیل، خشکسالی و مهاجرت را به همراه دارد. بنابراین، بررسی این موضوع برای تعیین سیاست‌های لازم و آمادگی بیشتر جهت مقابله با تأثیرات منفی این پدیده بر اقلیم کره زمین ضروری به نظر می‌رسد.

در حال حاضر دانشمندان و سیاست‌گذاران این عرصه به دنبال روش‌هایی نوین برای بررسی تغییر اقلیم هستند. برای شناسایی تغییرات به مجموعه‌ای از داده‌ها و روش‌های تحلیلی در مقیاس‌های مختلف زمانی و مکانی نیاز است. روش‌های معمول اندازه‌گیری زمینی، بدلیل صعب‌العبور بودن مناطق و زمان بر بودن برداشت داده‌ها، اطلاعات دقیقی را در اختیار کارشناسان قرار نمی‌دهند. در این شرایط لازم است تا داده‌های بیشتری در سطح لیتوسفر، اتمسفر، هیدروسفر با استفاده از داده‌های سنجنش از دور جمع آوری شوند. این داده‌ها به دلیل ویژگی‌هایی نظیر بروز بودن، چند طیفی بودن، گستره وسیع و رقومی بودن توانایی مناسبی را در بررسی تغییر اقلیم دارند (Brown et al., ۲۰۱۲).

در روش‌های سنجنش از دوری، از سری زمانی تصاویر ماهواره‌ای با توان تفکیک مناسب و شاخص‌های پوشش گیاهی مختلف استفاده می‌شود. این تصاویر قادر به تشخیص مراحل رشد پوشش گیاهی از طریق پارامترهای فنولوژی هستند. جهت استخراج پارامترهای فنولوژی اغلب از شاخص‌های گیاهی مانند شاخص نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI)^۱، (EVI)^۲ و (NDWI)^۳ استفاده می‌شود (Heumann et al., ۲۰۰۷). این شاخص قادر است کلروفیل گیاه، شدت متابولیسم و تغییرات فصلی و سالیانه گیاه را منعکس کند. در این مطالعه جهت استخراج پارامترهای فنولوژی از شاخص NDVI استفاده شده است. این شاخص فرآیند محاسباتی ساده‌ای دارد و حساسیت کمتری در مقابل اثرات جوی و زمینه‌ی خاک نشان می‌دهد.

فنولوژی گیاه "مطالعه زمانی مراحل مختلف چرخه فصلی پوشش گیاهی مانند: برگ‌دهی، گل‌دهی و پیری در رابطه با پارامترهای اقلیمی" تعریف شده است. مراحل فنولوژیکی گیاه را می‌توان از طریق پارامترهای متعددی مانند: شروع فصل رشد (SOS)^۴، پایان فصل رشد (EOS)^۵، دامنه فصل رشد (AMP)^۶ و طول فصل رشد (LOS)^۷ شناسایی نمود. روش‌های مورد استفاده برای شناسایی پارامترهای فنولوژی گیاه بر اساس سری زمانی داده‌های شاخص NDVI، عمدتاً شامل روش آستانه‌گذاری (Zhang et al., ۲۰۰۳; Duchemin et al., ۱۹۹۹) و معادله رگرسیون تجربی (Moulin et al., ۱۹۹۷; Myneni et al.,) (White et al., ۱۹۹۷; Heumann et al., ۲۰۰۷; Tang et al., ۲۰۱۵)؛ Zhang et al., ۲۰۰۴)؛ شیب حداکثر (Zhang et al., ۲۰۰۴)؛ برآزش منحنی (Zhang et al., ۲۰۰۳; Duchemin et al., ۱۹۹۹) و معادله رگرسیون تجربی (Moulin et al., ۱۹۹۷; Myneni et al.,)

^۱ Normalized Difference Vegetation Index

^۲ Enhanced Vegetation Index

^۳ Normalized Difference Water Index

^۴ Start-of-Season

^۵ End-of-Season

^۶ Seasonal amplitude

^۷ Length-of-Season

۲۰۱۷, Yu et al., ۲۰۱۵; Tang et al., ۲۰۰۱; Zhou et al., ۱۹۹۷) است. نتایج این تحقیقات نشان می‌دهد که دمای کره زمین از سال ۱۹۷۰ میلادی به ویژه در نیمکره شمالی افزایش یافته است. افزایش دما منجر به شروع زود هنگام فصل بهار و وقوع پاییز دیر هنگام شده و در نهایت فصل رشد افزایش یافته است (Cook et al., ۲۰۱۲). به علاوه در نتایج این مقالات به رابطه معنادار بین شاخص‌های پوشش گیاهی و عناصر اقلیمی مانند دما و بارش اشاره شده است (Zhou et al., ۲۰۰۱; Gong, ۲۰۰۳; de Beurs & Henebry, ۲۰۰۵; White et al., ۲۰۰۶).

در تحقیقات اخیر جهت استخراج پارامترهای فنولوژی از بسته نرم افزاری TIMESAT استفاده شده است (Li et al., ۲۰۱۳; Yu et al., ۲۰۱۷). این نرم افزار امکان استخراج پارامترهای فنولوژی گیاه را از طریق سری زمانی تصاویر ماهواره‌ای و توابع مختلف جهت کاهش نویز تصاویر ماهواره‌ای فراهم می‌کند. در این بسته روش‌های برازش توابع در مدل‌های مختلف سری فوریه، منحنی لجستیک، روش (MVC)^۱ و استخراج شیب وجود دارد. در نهایت به ازای هر پیکسل یک سری زمانی هموار از داده‌های پوشش گیاهی را ارائه می‌دهد و به کمک مدل‌های رگرسیون خطی، نرخ تغییرات پارامترهای فنولوژی در یک دوره زمانی استخراج می‌شود و اطلاعات مفیدی را از اکوسیستم گیاه و شرایط کشاورزی در اختیار کاربر قرار می‌دهد. علاوه بر آن، نوسانات داخلی و سالانه پوشش گیاهی در مقیاس‌های محلی و جهانی را به خوبی نشان می‌دهد (Heumann et al., ۲۰۰۷). مطالعه‌ای اخیراً در داخل کشور توسط ملاپیری و همکاران (۱۳۹۷) انجام شده که با استفاده از سری زمانی داده‌های AVHRR و نرم افزار TIMESAT، فنولوژی مراتع واقع در دامنه جنوبی البرز مرکزی را بررسی کردند.

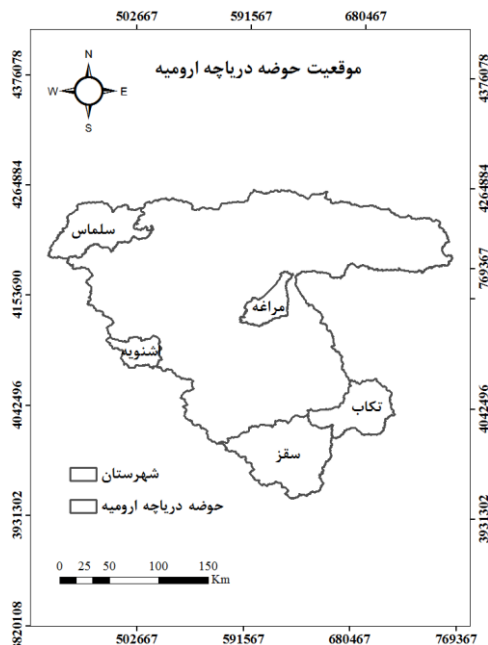
حوضه آبریز دریاچه ارومیه واقع در شمال غرب ایران با توجه به شرایط خاص اقلیمی و اهمیت کشاورزی، یکی از آسیب پذیرترین مناطق به تغییر اقلیم می‌باشد که در سال‌های اخیر دچار تنش‌های فراوانی شده است. لذا در تحقیق حاضر، با استفاده از استخراج پارامترهای فنولوژی شروع، پایان و طول فصل رشد از سری زمانی تصاویر ماهواره‌ای NOAA-AVHRR و تابع Savitzky-Golay اثر تغییر اقلیم بر روی پارامترهای فنولوژی پوشش گیاهی مرتعی و اراضی دیم در حوضه دریاچه ارومیه در طول سال‌های ۲۰۱۳-۱۹۸۴ میلادی مورد بررسی قرار گرفته است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز دریاچه ارومیه در محدوده ۴۵/۵ تا ۴۶ طول شرقی و ۳۷/۵ تا ۳۸/۱۵ عرض شمالی و در ناحیه کوهستانی شمال غربی ایران و بین استان‌های آذربایجان غربی، شرقی و کردستان واقع شده است (شکل ۱). وسعت تقریبی این حوضه ۵۲۰۰۰ کیلومتر مربع می‌باشد. مساحت دریاچه ارومیه در حدود ۵۰۰۰ کیلومتر مربع برآورد شده است. این حوضه آبریز در ارتفاعی بین ۱۲۸۰ تا ۳۶۰۰ متر بالاتر از سطح دریا قرار دارد و از لحاظ شرایط اقلیمی این حوضه دارای زمستان‌های سرد و تابستان‌های نسبتاً معتدل است. متوسط میزان بارش در منطقه ۳۵۰ میلی‌متر تخمین زده شده است که بخش عمده بارش از فصل پاییز تا اواسط بهار رخ می‌دهد. جدول ۱ مختصات جغرافیایی شهرستان‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

^۱ Maximum Value Compositing



شکل ۱. شهرستان‌های مورد مطالعه در حوضه دریاچه ارومیه که شامل پوشش گیاهی مرتع و زمین‌های دیم است.

جدول ۱. مشخصات شهرستان‌های مورد مطالعه

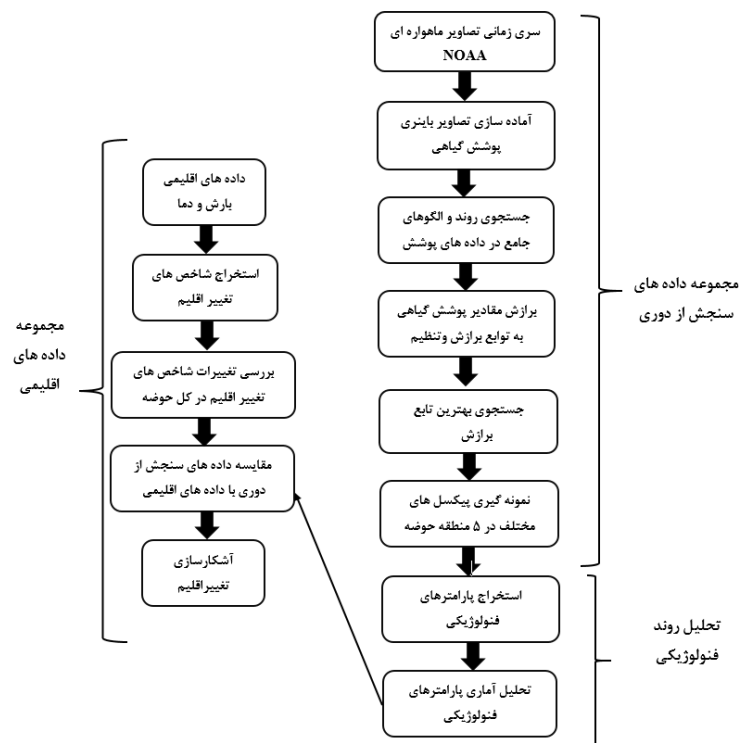
عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	منطقه مورد مطالعه
۳۸°۱۱'N	۴۴°۴۷'E	سلماس
۳۷°۲۱'N	۴۵°۶۰'E	اشنویه
۳۶°۸'N	۴۷°۰۷'E	تکاب
۳۶°۱۴'N	۴۶°۱۷'E	سقز
۳۷°۳۰'N	۴۶°۱۲'E	مراغه

۲-۲- داده‌های مورد استفاده

در این بخش مجموعه داده‌های اقلیمی و ماهواره ای مورد استفاده شرح داده خواهد شد. در ادامه مراحل انجام تحقیق در شکل ۲ ارائه گردیده است. ابتدا داده‌های روزانه بلند مدت (۳۰ ساله) شاخص NDVI از سری زمانی تصاویر ماهواره‌ای AVHRR با فواصل زمانی ۵ روزه انتخاب شدند. این تصاویر از پایگاه ثبت داده‌های اقلیمی (CDR)^۱ برداشت شد و نیاز به انجام تصحیحات هندسی و اتمسفری نداشتند و تصحیحات روی آنها اعمال شده است. داده‌های اقلیمی مورد استفاده شامل داده‌های دما و بارش روزانه ایستگاه‌های سلماس، اشنویه، تکاب، سقز و مراغه در محدوده حوضه دریاچه ارومیه جمع آوری شد. سپس به منظور استخراج پارامترهای فنولوژی و محاسبه شاخص‌های تغییر اقلیم از نرم افزارهای TIMESAT و RCLimdex استفاده گردید. در مراحل بعد جهت کاهش نویز تصاویر ماهواره‌ای از فیلتر Savitzky-Golay به عنوان فیلتر

^۱ NOAA Climate Data Record

مناسب در تحلیل سری زمانی داده‌ها استفاده گردید (Jonsson and Eklundh, ۲۰۰۴). در نهایت پس از استخراج روند پارامترهای فنولوژی، جهت ارزیابی نتایج با مقدار شیب شاخص‌های حدی تغییر اقلیم مقایسه گردید.



شکل ۲. مراحل انجام تحقیق

۲-۲-۱- داده‌های اقلیمی

مجموعه داده‌های اقلیمی روزانه بارش و دما ۵ ایستگاه اشنویه، مراغه، سقز، سراب و تکاب در سال‌های ۲۰۱۳-۱۹۸۴ از سازمان هواشناسی ایران جمع آوری گردید. همگنی داده‌ها با استفاده از آزمون ران تست بررسی و سپس نرمال بودن آنها با استفاده از آزمون کلموگروف - اسمیرنوف توسط نرم افزار SPSS ۲۱ انجام شد (طرح کلان ملی بررسی اثرات تغییر اقلیم و مدیریت خشکسالی - شورای عالی عتف ۱۳۹۱).

۲-۲-۲- داده‌های ماهواره‌ای مورد استفاده

شاخص نرمال شده پوشش گیاهی، بر اساس باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک معرفی شده است. این شاخص در موارد مختلف مانند تشخیص سلامت گیاه، برآورد بایومس و تولید، شاخص سطح برگ و تفکیک پوشش گیاهی مناسب می‌باشد. در این مطالعه، از داده‌های اقلیمی ثبت شده (CDR) در سازمان ملی اقیانوسی و جوی (NOAA^۱) استفاده شده است. این

^۱ National Oceanic and Atmospheric Administration

مجموعه داده‌ها شامل شاخص نرمال شده پوشش گیاهی NDVI از داده‌های بازتاب سطحی به صورت روزانه است. در این تصاویر از شش سری ماهواره‌های NOAA-AVHRR استفاده شده و طولانی‌ترین تصاویر ماهواره‌ای را به منظور مطالعه پوشش گیاهی در مقیاس جهانی ارائه داده است. این تصاویر دارای کیفیت مناسب از تغییرات مداری سنجنده‌ها در مدار، کاهش ارتفاع سنجنده‌ها در مدار، تغییرات مداری ماهواره، زاویه اوج خورشیدی و تصحیح تأثیرات آتروسفر استراتوسفر می‌باشد. مشخصات تصاویر NOAA-AVHRR در جدول ۲ به صورت خلاصه نشان داده شده است.

جدول ۲. ویژگی‌های تصاویر NOAA-AVHRR

مشخصات	پارامتر
TIFF	نوع تصویر
۰,۰۵ درجه	قدرت تفکیک مکانی
جغرافیایی	سیستم مختصات
WGS۸۴	سیستم تصویر
AVHRR	سنجنده
NOAA ۷,۹,۱۱,۱۴,۱۶	ماهواره

۲-۲-۳- شاخص‌های تغییر اقلیم

به منظور تحلیل پارامترهای فنولوژی و آستانه‌های اقلیمی، شاخص‌های متعددی در گروه بندی‌های اقلیم و هواشناسی، اقیانوس، یخ، برف و اکوسیستم ارائه شده است. در این تحقیق از شاخص‌های حدی اقلیم و هواشناسی معرفی شده به وسیله مرکز (EPA^۱) آمریکا استفاده شده است. در این مرکز، شاخص‌های تغییر اقلیم به دو گروه عمده جهانی و منطقه‌ای تقسیم بندی شده است. جدول ۳ شاخص‌های تغییر اقلیم را نشان می‌دهد که از وب سایت گروه متخصصین شناسایی تغییر اقلیم استخراج شده است (http://etccdi.pacificclimate.org/list_۲۷_indices.shtml).

جدول ۳. شاخص‌های تغییر اقلیم

علامت	شاخص	تعریف	واحد
TN ^{۱۰} p	فراوانی روزهایی که تعداد آنها مساوی یا کمتر از میانگین صدک دهم میانگین دمای روزانه است.	شب‌های سرد	روز
TG ^{۱۰}	فراوانی روزهایی که تعداد آنها مساوی یا کمتر از میانگین صدک دهم میانگین دمای روزانه است.	روزهای سرد	روز
TN ^{۹۰} p	فراوانی روزهایی که تعداد آنها مساوی و یا بیشتر از میانگین صدک ۹۰ام حداقل دمای روزانه است.	شب‌های گرم	روز

^۱ U.S. Environmental Protection Agency

روز	روزهای گرم	۱۹۰ام حداکثر	فراوانی روزهایی که تعداد آنها مساوی و یا بیشتر از میانگین صدک ۱۹۰ام حداکثر دمای روزانه است.	TX ^{۹۰} p
روز	طول دوره گرم	۱۹۰ام حداکثر دما بیشتر	فراوانی روزهایی که در آن حداقل ۶ روز متوالی از صدک ۱۹۰ام حداکثر دما بیشتر باشند.	WSDI
روز	نوسان دمای روزانه		اختلاف دمای حداکثر از دمای حداقل روزانه.	DTR
روز	روزهای شدیداً مرطوب	۹۵ام و دور از	مجموع مقدار بارش روزهایی از سال که مقدار بارش بیش از صدک ۹۵ام و دور از مینا باشد.	CWD

۲-۳- فیلتر Savitzky-Golay

شاخص‌های گیاهی تغییرات پوشش گیاهی در طول زمان را از سری زمانی داده‌های سنجش از دوری در مراحل مختلف رشد گیاه نشان می‌دهند. پس از ساخت سری زمانی تصاویر شاخص نرمال شده پوشش گیاهی NDVI، جهت استخراج پارامترهای فنولوژی گیاه در حوضه دریاچه ارومیه و هموارسازی داده‌ها از روش هموارسازی Savitzky-Golay استفاده شده است. ضرایب این فیلتر با استفاده از یک تابع چند جمله‌ای با درجه معلوم تعیین می‌شود. در ادامه به توضیح روش کار این تابع پرداخته شده است.

در این روش، پارامترهای فنولوژی هر پیکسل با استفاده از معادله زیر محاسبه می‌شوند (Jonsson and Eklundh, ۲۰۰۴):

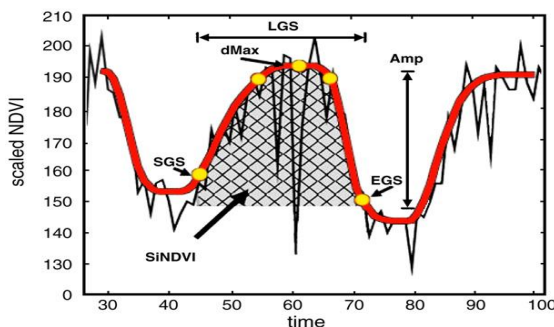
$$t_j = \sum_{j=-n_L}^{n_R} c_j f_{i+j} \quad (\text{رابطه ۱})$$

n_R و n_L به ترتیب تعداد نقاطی است که در سمت چپ و راست نقطه i قرار می‌گیرند. c_j ضرایب مدل هستند که از معادله زیر محاسبه می‌شوند:

$$c_j = 1 / (n_R + n_L + 1) \quad (\text{رابطه ۲})$$

در این نوع روش، مقدار تابع f_i با میانگین مقادیر درون پنجره جایگزین می‌شود.

با اعمال این فیلتر بر روی تصاویر، سری زمانی به ازای هر پیکسل در منطقه مورد نظر ترسیم می شود. پارامترهای فنولوژی مانند شروع، پایان و طول فصل رشد، مقدار نقطه پیک و زمان رسیدن به نقطه اوج تعیین می شود (شکل ۳).



شکل ۳. پارامترهای فنولوژی: شروع فصل رشد (SGS)، پایان فصل رشد (EGS)، طول فصل رشد (LGS)

پارامترهای شروع SGS و پایان فصل رشد EGS از طریق مشتق اول منحنی شاخص NDVI در طول سال‌های ۲۰۱۳-۱۹۸۴ محاسبه شده است. بطوری که نقاط ماکزیمم و مینیمم مشتق اول به ترتیب شروع و پایان فصل رشد را نشان می دهند (Butt et al., ۲۰۱۱). اولین تاریخ پس از مقدار حداکثر شاخص NDVI، زمان شروع پیری گیاه است. در این زمان، ۸۰ درصد از حداکثر شاخص NDVI کاهش پیدا کرده است. طول فصل رشد LGS از تفاوت بین شروع و پایان فصل رشد محاسبه می شود (Butt et al., ۲۰۱۱).

۲-۴-آزمون رگرسیون خطی

شکل عمومی معادله رگرسیون خطی ساده بر اساس رابطه ۳ است:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x \quad (\text{رابطه ۳})$$

در این فرمول، Y متغیر وابسته مورد مطالعه (اختلاف روزهای جابه جا شده در طول سی سال دوره آماری)، x متغیر مستقل (سال)، β_1 شیب خط و β_0 عدد ثابت این معادله است. پس از برازش، با استفاده از همبستگی پیرسون معنی دار بودن شیب معادله رگرسیون خطی در سطوح اطمینان ۹۵ درصد آزمون می شود. اگر علامت شیب منفی باشد، روند داده‌ها، نزولی و در صورت مثبت بودن شیب، روند صعودی خواهد بود. نتیجه تحلیل آماری این روش، شامل مدلی با ضریب تعیین (R) بوده و ارزیابی صحت و کفایت مدل با استفاده از همین ضریب صورت می گیرد. فرض صفر این آزمون بر عدم وجود شیب و فرض یک مبنی بر وجود شیب می باشد. این آزمون توسط نرم افزار آماری SPSS اجرا گردیده و در صورتی که در جدول ضرایب خروجی، مقدار P-value از ۰/۰۵ کمتر باشد، نشان دهنده وجود شیب رگرسیونی و روند معنی دار می باشد.

۳- نتایج و بحث

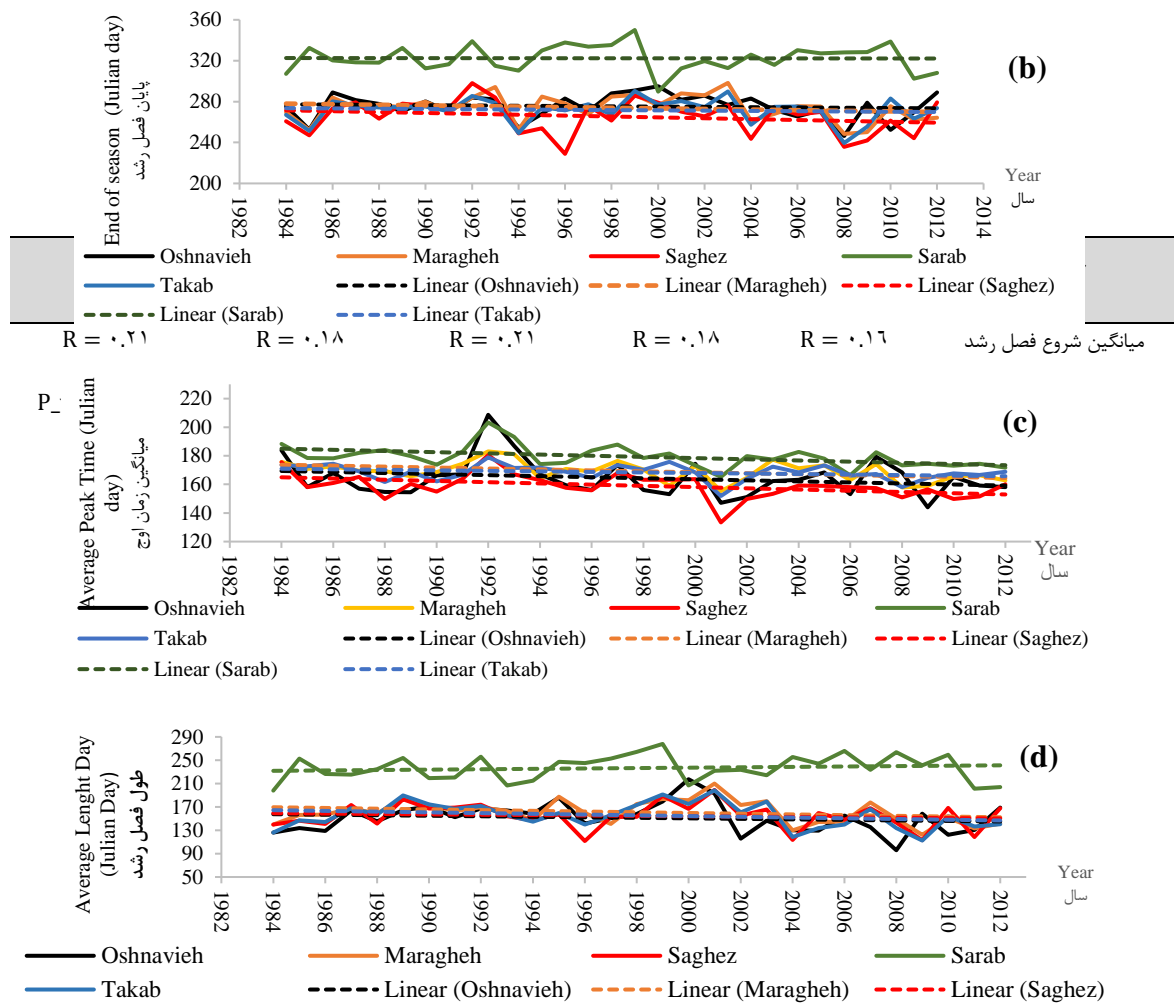
نمودارهای روند پارامترهای فنولوژی گیاه مانند شروع فصل رشد SOS، پایان فصل رشد EOS، طول فصل رشد LOS و زمان اوج رشد منحنی حاصل از پردازش سری زمانی تصاویر شاخص پوشش گیاهی NDVI استخراج و تغییرات آنها در ۵ منطقه اشنویه، مراغه، سقز، سراب و تکاب بررسی و به صورت جداگانه در شکل ۴ (نمودارهای a, b, c و d) و جدول ۴ نشان داده شده است. در ادامه این نتایج با مقادیر شیب شاخص‌های حدی دما و بارش مقایسه شده است. نرم افزار RCLimindex بر

اساس آستانه‌های تعریف شده برای هر شاخص، میزان شیب آنها را در طی دوره آماری محاسبه می‌کند. این نرم افزار براساس محاسبه روند شاخص‌های حدی دما و بارش توسعه یافته است.

۳-۱- نتایج حاصل از بررسی تغییرات پارامترهای فنولوژی استخراج شده در حوضه دریاچه

ارومیه

براساس استخراج پارامترهای فنولوژی از سری زمانی تصاویر شاخص NDVI در طول سال‌های ۲۰۱۳-۱۹۸۴، مقادیر شروع، پایان، طول دوره رشد و زمان اوج رشد پوشش گیاهی در مناطق مختلف حوضه دریاچه ارومیه با یکدیگر مقایسه گردید. تابع $Y = X$ برای ارزیابی دقت نتایج و محاسبه خطای میانگین مربعات استفاده گردید. برای بدست آوردن نتایج دقیق تر، پیکسل‌های خالصی که شامل اراضی مرتع با تراکم‌های متفاوت هستند، در اطراف ایستگاه‌های حوضه دریاچه ارومیه انتخاب گردید. مقایسه نمودار پارامترهای فنولوژی شهرستان‌های حوضه دریاچه ارومیه در شکل ۴ آورده شده است. همچنین خطوط روند بر روی هر یک از پارامترهای مختلف فنولوژی و مناطق مورد مطالعه برازش داده شده است. همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌کنید پارامترهای شروع، پایان و زمان اوج رشد فصل رشد در هر ۵ منطقه دارای روند نزولی و شیب منفی است که بیانگر شروع و پایان زود هنگام فصل رشد و کوتاه شدن زمان اوج رشد گیاه می‌باشد، علت آن ممکن است به روند تغییرات بارش و کاربری اراضی در طی سال‌های اخیر بستگی داشته باشد. اما پارامتر طول فصل رشد با شیب صعودی و مثبت، افزایش تعداد روزهای فصل رشد را در منطقه نشان می‌دهد. بازه زمانی تغییرات پارامترهای فنولوژی شروع، پایان، طول فصل رشد و زمان اوج رشد پوشش گیاهی در هر ۵ منطقه به ترتیب ۱۴۳-۸۱، ۲۹۸-۲۴۸، ۲۱۲-۱۱۶ و ۱۹۲-۱۵۸ روز در سال محاسبه شده است. بطوری که پارامترهای شروع و پایان فصل رشد به ترتیب با ماه‌های اواخر اسفند تا اواسط خرداد و اوایل شهریور تا اواسط آبان ماه مطابقت دارند. زمان اوج فصل رشد، اواسط خرداد ماه تا اوایل تیر ماه است. نتایج تحلیل پارامترهای فنولوژی تغییرات قابل ملاحظه‌ای را نشان می‌دهد و به مکان وابسته است.



شکل ۴. نمودارهای فنولوژی به ترتیب میانگین شروع (a)، پایان (b)، اوج (c) و طول فصل رشد (d) در شهرستان‌های اشنویه، مراغه، سقز، سراب و تکاب در طول سال‌های ۲۰۱۳-۱۹۸۴ میلادی می‌باشند.

جدول ۴ مقادیر مربوط به ضریب تعیین و معناداری آزمون را برای پارامترهای فنولوژی در ۵ منطقه اشنویه، مراغه، سقز، سراب و تکاب نشان داده است. نتایج نشان دادند، ضریب تعیین R برای پارامتر شروع فصل رشد و پایان فصل رشد در مناطق اشنویه و تکاب بهتر از شهرستان‌های دیگر است. در حالی که ضریب تعیین پارامتر طول فصل رشد و زمان اوج پوشش گیاهی در شهرستان‌های سراب و تکاب عملکرد بهتری داشته است. با توجه به جدول ۴، اکثر مقادیر P-value بیشتر از ۰/۰۵ برآورد شده‌اند. لذا مدل‌های موجود برای پارامترهای شروع، پایان و طول فصل رشد در سطح ۰/۹۵ درصد معنی دار نبوده و فقط پارامتر میانگین زمان اوج رشد در ۴ شهرستان بجز تکاب معنی دار است. بر اساس داده‌های موجود، مدل‌های خطی تا حدودی قادر به بیان تغییرات پارامترهای فنولوژی می‌باشند.

R = ۰.۳	R = ۰.۱۹	R = ۰.۲۲	R = ۰.۱۵	R = ۰.۱	میانگین پایان فصل رشد
P_value = ۰.۱۱	P_value = ۰.۳۱	P_value = ۰.۲۴	P_value = ۰.۳۵	P_value = ۰.۵۴	
R = ۰.۲۱	R = ۰.۱۸	R = ۰.۱۳	R = ۰.۴۴	R = ۰.۲۸	میانگین زمان اوج رشد
P_value = ۰.۰۲*	P_value = ۰.۰۲*	P_value = ۰.۰۲*	P_value = ۰.۰۱*	P_value = ۰.۱۳	
R = ۰.۱۱	R = ۰.۲۱	R = ۰.۱۲	R = ۰.۲۴	R = ۰.۲۶	میانگین طول فصل رشد
P_value = ۰.۱۷	P_value = ۰.۱۷	P_value = ۰.۵۲	P_value = ۰.۵۲	P_value = ۰.۵۲	

جدول ۲. مقادیر ضریب تعیین (R) و P-value برای پارامترهای فنولوژی در شهرستان‌های تکاب، سراب، سقز، مراغه و اشنویه.

پس از محاسبه روزهای جابه جا شده در طول دوره آماری، پارامتر شروع فصل رشد در منطقه اشنویه، سقز و سراب در سال ۲۰۱۳ نسبت به ۱۹۸۴ با مقادیر متوسط ۷/۶۹، ۳/۲۶ و ۴/۵ روز در سال زودتر آغاز شده است. اما در منطقه مراغه ۸/۸۹ روز دیرتر آغاز شده است. پارامتر پایان فصل رشد در سال ۲۰۱۳ نسبت به سال ۱۹۸۴ میلادی در اشنویه، سقز و تکاب ۶/۳۷، ۱۲/۰۹ و ۳/۷ روز زودتر پایان یافته اما در مراغه ۶/۳۷ روز فصل رشد دیرتر تمام شده است. همچنین پارامتر اوج رشد در شهرستان‌های مذکور پوشش گیاهی زودتر به حداکثر مقدار خود رسیده است. طول فصل رشد در شهرستان‌های اشنویه، مراغه و سقز به ترتیب ۲/۲۹، ۱۷، ۸/۹۷ روز در سال کوتاه‌تر شده است (جدول ۵). در این تحقیق براساس مقاله Heumann et al. (۲۰۰۷) از تعداد روزهای جابه جا شده کمتر از ۱/۵ روز چشم پوشی شده است.

جدول ۵. تعداد روزهای جابه جا شده در سال ۲۰۱۳ نسبت به ۱۹۸۴ در شهرستان‌های تکاب، سراب، سقز، مراغه و اشنویه.

* علامت مثبت و منفی در جدول افزایش یا کاهش روزهای جابه جا شده در پارامترهای فنولوژی در طول سال‌های ۲۰۱۳-۱۹۸۴ را نشان می‌دهد.

۳-۲- نتایج حاصل از بررسی شاخص‌های حدی دما و بارش در حوضه دریاچه ارومیه

پارامتر	تکاب	سراب	سقز	مراغه	اشنویه
میانگین شروع فصل رشد	+۱*	-۴,۵	-۳,۲۶	+۸,۸۹	-۷,۶۹
میانگین پایان فصل رشد	-۳,۷	+۱	-۱۲,۰۹	+۸,۱۵	-۶,۳۷
میانگین زمان اوج رشد	-۵,۱۸	-۱۱	-۱۱,۸۹	-۸,۷۳	-۱۰
میانگین طول فصل رشد	-۱	+۱	-۸,۹۷	-۱۷	-۲,۲۹

در این مطالعه به منظور ارزیابی نتایج حاصل از تصاویر ماهواره‌ای از شاخص‌های حدی دما و بارش استفاده شده است. شیب شاخص‌های حدی در ایستگاه‌های ارومیه، مراغه، سقز، سراب و تکاب در جدول ۶ نشان داده شده است. ایستگاه ارومیه به دلیل نزدیکی با منطقه اشنویه انتخاب شده است.

جدول ۶. شیب شاخص‌های حدی دما و بارش در دوره آماری ۲۰۱۳-۱۹۸۴ در ایستگاه‌های مورد مطالعه (علامت منفی روند کاهش و علامت

افزایشی)

مثبت روند

پارامترها	تکاب	سراب	سقز	مراغه	ارومیه
شب‌های سرد	-۰,۱	-۰,۱	-۰,۰۱	-۰,۰۵	-۰,۲
روزهای سرد	-۰,۲	-۰,۲	-۰,۰۱	-۰,۰۵	-۰,۰۵
شب‌های گرم	۰,۱۵	۰,۰۹	-۰,۲۵	۰,۰۵	۰,۰۵
روزهای گرم	۰,۲	۰,۲	-۰,۰۲	۰,۰۵	۰,۰۵
نوسان دمای روزانه	۰,۰۱	۰,۰۲	۰,۰۴	۰,۰۳	۰,۰۱
روزهای با بارش سنگین	-۰,۱۹	-۰,۰۵	-۰,۰۲	-۰,۲۶	-۰,۰۷
روزهای با بارش بسیار سنگین	-۰,۰۴	-۰,۰۲	-۰,۰۸	-۰,۰۶	۰,۰۱
حداکثر ۱ روز بارش	-۰,۱۰	-۰,۱۷	-۰,۰۴	-۰,۰۱	۰,۰۷
حداکثر ۵ روز بارش	-۰,۶۴	-۰,۲۰	-۰,۰۷	-۰,۰۱	۰,۰۸
شدت مقادیر آستانه‌ای بارش	-۰,۰۲	-۰,۰۰۱	-۰,۰۲	-۰,۰۰۵	۰,۰۰۹

شاخص‌های حدی گرم شامل شاخص‌های شب‌های گرم و روزهای گرم است که در جدول ۳ به تعریف آنها پرداخته شده است. شب‌های گرم فراوانی تعداد روزهایی است که تعداد آنها مساوی و یا بیشتر از صدک ۹۰ ام حداقل روزانه است و روزهای گرم فراوانی روزهایی که تعداد آنها مساوی و یا بیشتر از صدک ۹۰ ام حداکثر دمای روزانه است. با توجه به جدول ۶ برازش این دو شاخص بر روی داده‌های دمای منطقه مورد مطالعه، حاکی از روند معنادار و مثبت این دو شاخص در اغلب ایستگاه‌ها به جز سقز است. شاخص روزهای گرم با روند مثبت بیانگر افزایش تعداد روزهای گرم بوده است.

شاخص‌های حدی سرد که شامل شاخص‌های روزهای سرد و شب‌های سرد است. شب‌های سرد فراوانی تعداد روزهایی که تعداد آنها مساوی یا کمتر از میانگین صدک دهم میانگین دمای روزانه است و روزهای سرد فراوانی روزهایی است که تعداد آنها مساوی یا کمتر از میانگین صدک دهم میانگین روزانه است. شاخص‌های حدی سرد برخلاف شاخص‌های حدی گرم بیشتر روند کاهشی را نشان می‌دهند. شیب شاخص روزهای سرد در اغلب ایستگاه‌ها نشان دهنده شیب منفی است و شاخص شب‌های سرد در سقز از روند خاصی برخوردار نبوده و کمتر از یک روز است. نتایج نشان دهنده کاهش شدت و فراوانی رویدادهای سرد در حوضه دریاچه ارومیه می‌باشد، در حالی که در دوره مورد مطالعه رویدادهای گرم به طور قابل توجهی روند افزایشی داشتند.

شاخص DTR دامنه تغییرات شبانه روزی دما را نشان می‌دهد. این شاخص برای اغلب ایستگاه‌ها روند معناداری دارد، به طوری که مناطق اشنویه، مراغه، سقز از ۲ تا ۹ روز طول دوره رشد کمتر شده است.

شاخص‌های بارش شامل حداکثر ۱ روز بارش، حداکثر ۵ روز بارش و شدت مقادیر آستانه‌ای است. در بررسی همه شاخص‌های بارش در ایستگاه‌های مورد مطالعه روند کاهشی و منفی مشاهده می‌شود. شاخص حداکثر ۱ روز بارش در ایستگاه‌های سقز و

سرآب روند افزایشی و در سایر ایستگاه‌ها کاهش یافته است. شاخص حداکثر ۵ روز بارش، در همه ایستگاه‌ها به جز ارومیه روند کاهشی داشته است. روزهای با بارش سنگین یعنی تعداد روزهای با مقدار بارش روزانه مساوی یا بیشتر از ۱۰ متر در تمام ایستگاه‌ها به غیر از ارومیه روند کاهشی و منفی داشته است. شاخص ساده شدت روزانه، شاخص بارندگی کل سالانه تقسیم بر تعداد روزهای مرطوب در سال می‌باشد که در تمام ایستگاه‌ها به جز ارومیه روند کاهشی داشته و شاخص تعداد روزهای با بارش خیلی سنگین با شیب کاهشی و منفی نشان دهنده کاهش مقدار بارش در حوضه دریاچه ارومیه است.

۳-۳- نتیجه‌گیری

روش‌های آشکارسازی تغییر اقلیم و مدل‌سازی پارامترهای آن همواره با دگرگونی و پیشرفت همراه است. منابع اطلاعاتی جدید و روش‌های مختلف بهینه‌سازی، در مدل‌سازی پارامترهای تغییر اقلیم موثر بوده است. در این تحقیق با استفاده از سری زمانی تصاویر NOAA-AVHRR و انجام مراحل مختلف پردازش و تصحیح داده‌ها، امکان استخراج شاخص‌های فنولوژی پوشش گیاهی نظیر شروع فصل رشد، پایان فصل رشد، طول فصل رشد و زمان اوج رشد گیاه با استفاده از منحنی برازش Savitzky-Golay در طول دوره آماری ۲۰۱۳-۱۹۸۴ فراهم گردید. سپس رابطه پارامترهای فنولوژی گیاه بررسی و دقت آنها با شاخص‌های تغییر اقلیم در ۵ ایستگاه حوضه آبریز دریاچه ارومیه شامل اشنویه، مراغه، سقز، سرآب و تکاب مقایسه شد.

بدین ترتیب با استفاده از پارامترهای بدست آمده از تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های اقلیمی دما و بارش، امکان تجزیه و تحلیل داده‌ها به منظور آشکارسازی تغییر اقلیم و مدل‌سازی آن با استفاده از روش‌های آماری مانند رگرسیون‌های خطی ساده فراهم گردید. با توجه به نمودارها و جداول ارائه شده در قسمت نتایج، با بررسی مقادیر پارامترهای فنولوژی در این تحقیق، شروع فصل رشد، پایان فصل رشد، طول فصل رشد و زمان حداکثر اوج رشد گیاه به عنوان متغیرهای موثر در آشکارسازی تغییر اقلیم تشخیص داده شده است. با تحلیل پارامترهای فنولوژی در طول دوره آماری ۲۰۱۳-۱۹۸۴ پارامتر شروع فصل رشد در منطقه اشنویه، سقز و سرآب زودتر آغاز شده است. اما در منطقه مراغه دیرتر آغاز شده است. پارامتر پایان فصل رشد در اشنویه، سقز و تکاب زودتر به پایان رسیده اما در مراغه دیرتر تمام شده است. همچنین پارامتر اوج رشد در شهرستان‌های مذکور پوشش گیاهی زودتر به حداکثر مقدار خود رسیده است. طول فصل رشد در شهرستان‌های اشنویه، مراغه و سقز کوتاه‌تر شده است.

نتایج تجزیه و تحلیل شاخص‌های حدی دما و بارش مطابقت با گرم شدن منطقه دارد و نشان داد که شاخص‌های حدی گرم مانند شاخص روزها و شب‌های گرم در منطقه مورد مطالعه روند افزایشی و شاخص‌های حدی سرد روند کاهشی دارند. نتایج تحقیق حاضر با تحقیقات گذشته مطابقت دارد. به عنوان مثال زمان آغاز و طول فصل رشد در کشورهای نیم‌کره شمالی مانند آفریقا (Vrieling et al., ۲۰۱۳) و اروپا (Atzberger et al., ۲۰۱۴) زودتر و کوتاه‌تر گزارش شده است. ژو^۱ و همکاران (۲۰۰۱) با استفاده از سری زمانی شاخص NDVI سال‌های ۱۹۹۹-۱۹۸۱ در شمال اوراسیا فصل بهار را یک هفته زودتر گزارش داده‌اند، اما فصل پاییز ۱۰ روز دیرتر به پایان رسیده است. ژانگ^۲ و همکاران (۲۰۱۳) با تلفیق داده‌های GIMMS در سال‌های ۱۹۸۲-۲۰۰۰ و داده‌های SPOT در سال‌های ۲۰۱۱-۲۰۰۱ زمان شروع فصل رشد را مورد بررسی قرار دادند. در نتایج حاصل از تحقیقات آنها پارامتر شروع فصل رشد در سال ۲۰۱۱ نسبت به سال ۱۹۸۲، ۱/۰۴ روز در سال

^۱ Zhou

^۲ Zhang

زودتر آغاز شده است. مطالعه حاضر نشان داد پارامترهای فنولوژی با شاخص‌های تغییر اقلیم، رابطه معناداری دارند که بیانگر توانایی داده‌های سنجش از دور در تغییرات فنولوژی گیاه و آشکارسازی تغییر اقلیم است.

۴-منابع

ملایری، ف.، عاشورلو، د.، شکیبا، ع.، متکان، ع. ا.، و عقیقی، ح.، ۱۳۹۶. بررسی تأثیرات تغییر اقلیم بر فنولوژی پوشش گیاهی با استفاده از سری زمانی داده‌های AVHRR. مجله کشاورزی بوم شناختی. ۸ (۲): ۹۸-۱۱۷.

Atzberger, C., Klisch, A., Mattiuzzi, M. and Vuolo, F., ۲۰۱۴. **Phenological metrics derived over the European continent from NDVI^{3g} data and MODIS time series.** Remote Sensing, ۶(۱), pp.۲۵۷-۲۸۴.

Brown, M. E., de Beurs, K. M. & Marshall, M., ۲۰۱۲. **Global phenological response to climate change in crop areas using satellite remote sensing of vegetation, humidity and temperature over ۲۶ years.** Remote Sensing of Environment. ۱۲۶, ۱۷۴-۱۸۳.

Butt, B., Turner, M. D., Singh, A., & Brottem, L., ۲۰۱۱. **Use of MODIS NDVI to evaluate changing latitudinal gradients of rangeland phenology in Sudano-Sahelian West Africa.** Remote Sensing of Environment, ۱۱۵, ۳۳۶۷-۳۳۷۶. doi:۱۰.۱۰۱۶/j.rse.۲۰۱۱.۰۸.۰۰۱.

Cook, K. H., Vizy, E. K., ۲۰۱۲. **Impact of climate change on mid-twenty-first century growing seasons in africa.** Climate Dynamics. ۳۹, ۲۹۳۷-۲۹۵۵.

De Beurs, K.M., Henebry, G.M., ۲۰۰۵. **Land surface phenology and temperature variation in the International Geosphere-Biosphere Program high-latitude transects.** Global Change Biology, 11(۵), pp.۷۷۹-۷۹۰.

Duchemin, B., Goubier, J. & Courrier, G., ۱۹۹۹. **Monitoring phenological key stages and cycle duration of temperate deciduous forest ecosystems with NOAA-AVHRR data.** Remote Sensing of Environment. ۶۷, ۶۸-۸۲.

Gong, D.-Y., C.-H. Ho, ۲۰۰۳. **Detection of large-scale climate signals in spring vegetation index (normalized difference vegetation index) over the Northern Hemisphere.** J. Geophys. Res., ۱۰۸D, ۴۴۹۸, doi:۱۰.۱۰۲۹/۲۰۰۲JD۰۰۲۳۰۰.

Heumann B.W., J.W. Seaquist., L. Eklundh, P. Jönsson , ۲۰۰۷. **AVHRR derived phenological change in the Sahel and Soudan, Africa,** ۱۹۸۲-۲۰۰۵. Remote Sensing of Environment ۱۰۸ (۲۰۰۷) ۳۸۵-۳۹۲.

Jönsson, P., & Eklundh, L., ۲۰۰۴. **TIMESAT—A program for analyzing timeseries of satellite sensor data.** Computers & Geosciences, ۳۰, ۸۳۳-۸۴۵.

Li, Z., Huffman, T., McConkey, B. and Townley-Smith, L., ۲۰۱۳. **Monitoring and modeling spatial and temporal patterns of grassland dynamics using time-series MODIS NDVI with climate and stocking data.** Remote Sensing of Environment, ۱۳۸, pp.۲۳۲-۲۴۴.

- Moulin, S., Kergoat, L., Viovy, N. & Dedieu, G., 1997. **Global-scale assessment of vegetation phenology using NOAA-AVHRR satellite measurements.** *J Climate*, 10, 1104–1117.
- Menzel, A., Fabian, P., 1999. **Growing season extended in Europe.** *Nature*, 397(6721), p.609.
- Myneni, R.B., Keeling, C.D., Tucker, C.J., Asrar, G. and Nemani, R.R., 1997. **Increased plant growth in the northern high latitudes from 1981 to 1991.** *Nature*, 386(6626), p.698.
- Solomon, S., 2007. **IPCC (2007): Climate change the physical science basis.** In AGU Fall Meeting Abstracts.
- Tang, H., Li, Z., Zhu, Z., Chen, B., Zhang, B. and Xin, X., 2010. **Variability and climate change trend in vegetation phenology of recent decades in the Greater Khingan Mountain area, Northeastern China.** *Remote sensing*, 2(9), pp.11914–11932.
- Vrieling, A., De Leeuw, J. and Said, M., 2013. **Length of growing period over Africa: Variability and trends from 30 years of NDVI time series.** *Remote Sensing*, 5(2), pp.982–1000.
- White, M.A., Thornton, P.E. and Running, S.W., 1997. **A continental phenology model for monitoring vegetation responses to interannual climatic variability.** *Global biogeochemical cycles*, 11(2), pp.217–234.
- White MA, Nemani RR., 2006. **“Real-time monitoring and short-term forecasting of land surface phenology.”** *Remote Sensing of Environment*, 104(1), 43–49.
- Yu, L., Liu, T., Bu, K., Yan, F., Yang, J., Chang, L. and Zhang, S., 2017. **Monitoring the long term vegetation phenology change in Northeast China from 1982 to 2010.** *Scientific reports*, 7(1), p.14770.
- Zhang, X., Friedl, M.A., Schaaf, C.B. and Strahler, A.H., 2004. **Climate controls on vegetation phenological patterns in northern mid-and high latitudes inferred from MODIS data.** *Global change biology*, 10(7), pp.1133–1140.
- Zhang, X., Friedl, M.A., Schaaf, C.B., Strahler, A.H., Hodges, J.C., Gao, F., Reed, B.C. and Huete, A., 2003. **Monitoring vegetation phenology using MODIS.** *Remote sensing of environment*, 84(3), pp.471–476.
- Zhou, L. M., Tucker, C. J., Kaufmann, R. K., Slayback, D., Shabanov, N. V., & Myneni, R. B., 2001. **Variations in northern vegetation activity inferred from satellite data of vegetation index during 1981 to 1999.** *Journal of Geophysical Research, [Atmospheres]*, 106, 20079–20083.

Effects of Climate Change on Vegetation Phenology of Urmia Lake Basin Using AVHRR Time Series Data

Farzaneh Hadadi, Davood Ashourloo, Alireza Shakiba, Ali Akbar Matkan and Hosein Aghighi

Remote Sensing and GIS, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

*Corresponding author: Farzaneh.hadadi.۶۷@gmail.com

Abstract

Climate change is one of the most important challenges facing mankind. This phenomenon has already had significant impacts on agricultural products in most parts of the world, especially arid and semiarid regions. Also, average temperature has risen in many regions in recent decades. Nowadays, in various researches, remote sensing indices are used as one of the new methods in identifying climate change. One of the important indices of remote sensing is the phenological characteristics of vegetation, which in recent studies has shown great potential in identification and estimation of vegetation. In the present study, using the ۱۶-day normalized vegetation index (NDVI) time series of NOAA-AVHRR images and plant phenology parameters, vegetation changes in rangelands and dryland areas of Lake Urmia Basin during ۱۹۸۴-۲۰۱۳ were investigated. Climatic temperature and precipitation data was obtained from the meteorological stations of Lake Urmia basin and was compared with the results of satellite images. The results of time series analysis over thirty years of statistical period in Lake Urmia basin showed that the beginning of the growing season in Oshnavieh, Saghez and Sarab started earlier in ۲۰۱۳ than in ۱۹۸۴. But in the Maragheh area it began later. The end of the growing season in Oshnaviyeh, Saghez and Takab has ended earlier. Also, the peak growth parameter in the above mentioned vegetation reached its maximum value earlier. The length of the growing season has been decreased in the cities of Oshnavieh, Maragheh and Saghez, respectively. The results of statistical analysis obtained from satellite images and climatic data showed that changes in phenological parameters are location dependent and also decreased and increased in cold nights and hot days at the beginning of the growing season, respectively. But at the end of the growing season, the warm days have increased. These changes increased the slope of the plant growth phenology curve at the time of plant aging and ultimately reduced the length of the growing season.

Keywords: Climate Change, Time Series, Phenological Parameters, Normalized Vegetation Index, Urmia Lake Basin.