

تلفیق داده اقلیمی و سنجش از دوری به منظور پایش وضعیت خشکیدگی بلوط (مطالعه موردی منطقه ایلام)

مجتبی نساچی زواره^۱، رسول خانجانه‌زاده کاکرود^۲ و ایرج قاسمی^۳
تاریخ وصول: ۱۳۹۵/۹/۲۰، تاریخ تایید: ۱۳۹۵/۱۱/۲۹

چکیده

جنگل یکی از بااهمیت‌ترین منابع از لحاظ تولید اکسیژن، کاهش آلودگی و تنوع بخشیدن به محیط زیست، به‌عنوان منبعی مهم برای بقای نوع بشر و در کل محیطی امن برای حیات وحش به‌شمار می‌آید. اقلیم و پارامترهای آن نقش اساسی در شکل‌گیری و حیات آنها دارند. در ایران جنگل‌های رویشی گوناگونی وجود دارد. جنگل‌های بلوط غرب کشور دومین عرصه عظیم جنگلی ایران به‌شمار می‌روند. در سال‌های اخیر این پهنه جنگلی دچار خشکیدگی شده است. هدف اصلی در این تحقیق پایش خشکیدگی جنگل‌ها در استان ایلام می‌باشد. بدین منظور از داده‌های ایستگاه‌های همدیدی برای بررسی شرایط اقلیمی و داده‌های سنجش از دوری برای بررسی روند خشکیدگی در منطقه استفاده شد. نتایج نشان داد که در سطح استان ایلام و به‌ویژه جنگل‌های استان رخداده پدیده خشکسالی در اثر کاهش بارندگی از فراوانی قابل توجهی برخوردار است. شدیدترین خشکسالی‌ها طی سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۰۵ اتفاق افتاده است. در نتیجه این تغییرات رویش درختان منطقه نیز طی همین دوره دستخوش تغییرات زیادی شده است؛ چرا که بررسی روند زمانی سبزی‌نگی درختان منطقه نشان داد که طی سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۰۵ از مقدار سبزی‌نگی درختان به‌طور قابل توجهی کاسته شده است. این شرایط نشان‌دهنده ارتباط مستقیم بین پارامتر اقلیمی بارش با سبزی‌نگی درختان منطقه است.

کلیدواژه‌گان: MODIS، خشکیدگی، بلوط، ایلام.

۱. عضو هیأت علمی مؤسسه آموزش عالی علمی - کاربردی جهاد کشاورزی تهران
۲. رئیس مرکز آموزش دکتر جوانشیر، سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور
۳. دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی جنگل، مرکز آموزش علمی کاربردی کشاورزی و منابع طبیعی

مقدمه

در میان تنش‌های اسمزی^۱ که گیاهان با آن مواجه می‌شوند، تنش خشکی در اکثر مناطق دنیا از مهمترین عوامل محدودکننده در گسترش و زادآوری گیاهان در سیستم‌های طبیعی و کشاورزی شناخته شده است (معصومی و همکاران، ۱۳۹۱). طی دهه‌های اخیر رخداد پدیده‌های حدی اقلیمی در ایران از جمله گرد و غبار، بارش‌های سیل‌آسا، امواج گرما و سرما، و خشکسالی، فراوانی قابل توجهی دارد. به‌طوریکه بر اساس گزارش سازمان جنگل‌ها و مراتع جنگل‌های ناحیه رویشی زاگرس، با مساحت حدود ۶ میلیون هکتار که ۴۱ درصد از سطح جنگل‌های ایران را شامل می‌شود (جزیره‌ای و ابراهیمی رستاقی، ۱۳۸۲) در معرض تهدیدات متعددی قرار دارد (بی‌نام، ۱۳۹۱).

خانواده Fagaceae دارای بیش از ۶۰۰ گونه از جنس بلوط (*Quercus*) است (Coombs, 1999). در جنگل‌های زاگرس، بلوط فراوانترین و مهم‌ترین گونه درختی می‌باشد و در زاگرس جنوبی گونه بلوط ایرانی (*Q. persica*) غالبیت دارد. بلوط ایرانی یا برودار، درختی با ارتفاع ۱۰ متر است که از شمال‌غربی تا جنوب‌شرقی رشته کوه زاگرس وجود دارد و به علت انعطاف‌پذیری خاص خود نسبت به دیگر گونه‌ها توانایی رویش در انواع مختلف خاک، ارتفاع (از ۴۵۰ متر در مسجده سلیمان تا ۲۶۰۰ متر از سطح دریا در ارتفاعات یاسوج) و جهات جغرافیایی را دارد. این گونه در سه استان ایلام، کهگیلویه و بویراحمد و فارس پراکنش دارد (فتاحی، ۱۳۷۳) در مناطق مختلف با نام‌های گوناگونی چون بلوط ایرانی، برو، شکین، هلوین، بلی، بلوودار برو نامیده می‌شود. یکی از ویژگی‌های بسیار مهم اینگونه، که نقش بسیار اساسی در بقای آن داشته قدرت خارق‌العاده جست‌زنی آن (به دوصورت پاجوش و ریشه‌جوش) است (زهره‌وندی و همکاران ۱۳۹۰).

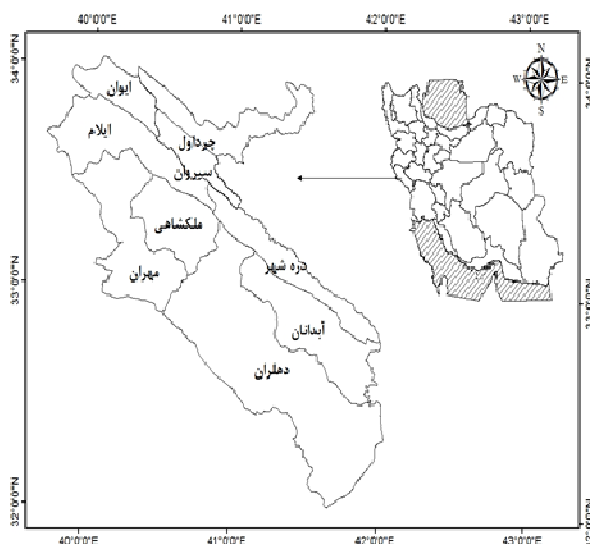
پیرامون خشکیدگی جنگل‌ها مطالعات متعددی انجام شده است. ذاکری‌انارکی و فلاح‌شمسی (۱۳۹۲) در دشت برم شهرستان کازرون با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای Rapideye و Aster-L1B نقشه خشکیدگی تک درختان بلوط را ترسیم کرده‌اند. مهدوی و همکاران (۱۳۹۴) پدیده خشکیدگی درختان بلوط را به کمک مدل رگرسیون لجستیک و در محیط GIS بررسی کرده‌اند و بیان داشته‌اند که با افزایش ارتفاع از سطح دریا پراکنش درختان خشکیده بلوط افزایش پیدا

می‌کند. در تحقیقی دیگر، با استفاده از داده‌های مادیس و شاخص NDVI خشکیدگی جنگل‌های توس در کشور سوئد بررسی شده است (Olsson et al., 2016). ارزیابی و بررسی عوامل تخریب و تغییرات منابع جنگلی می‌تواند اطلاعات گرانبایی را برای توسعه در سیاستگذاری‌ها و قوانین منابع طبیعی و یا جنگلداری فراهم آورد. ارزیابی‌ها و کنترل منابع جنگلی بدون شک اطلاعات پایه‌ای را در مورد وضعیت منابع جنگلی فراهم خواهند کرد تا بتوان تغییرات کمی و کیفی جنگل را در طی زمان مورد کنترل و بررسی قرار داد که استفاده از فنون و ابزارهای سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی می‌تواند نقش مهمی در این راستا ایفا نماید. استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به‌عنوان یکی از منابع مهم جهت نمایش تغییرات محیطی و مدیریت عرصه‌های زیست محیطی مطرح می‌باشد. استفاده و کاربرد این تصاویر در زمینه‌های مختلف می‌تواند قابلیت و محدودیت‌های این داده‌ها را مشخص نماید. آنچه که مهم است بررسی قابلیت این داده‌ها با توجه به پیشرفت‌های روز افزون قابلیت‌های طیفی و مکانی آنها می‌باشد، همچنین بررسی این داده‌ها در شرایط مختلف محیطی با تنوع کاربری‌ها و پوشش‌های گیاهی ضروری به‌نظر می‌رسد (سنجری و برومند، ۱۳۹۲). هدف تحقیق حاضر بررسی زمانی پدیده خشکسالی در جنگل‌های بلوط استان ایلام با تلفیق داده‌های اقلیمی (دما و بارندگی) و داده‌های سنجش از دوری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان ایلام با حوضه جغرافیایی و سیاسی به مساحت ۲۰۱۵۰ کیلومترمربع، حدود ۱/۲ مساحت کشور را تشکیل داده است. این استان در غرب رشته کوه‌های زاگرس بین $45^{\circ}45'$ تا $48^{\circ}03'$ طول شرقی و $32^{\circ}03'$ تا $34^{\circ}02'$ عرض شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). این استان از شمال با استان کرمانشاه از جنوب با استان خوزستان از شرق با استان لرستان و از غرب با کشور عراق (با طول مرز مشترکی در حدود ۴۰۰ کیلومتر) همسایه می‌باشد. قسمت‌های شمالی استان عمدتاً کوهستانی بوده و سلسله جبال زاگرس به‌صورت رشته کوه‌های موازی در امتداد چین‌خوردگی‌ها، دره‌های نسبتاً کم‌عرض و ارتفاعات متوالی را به‌وجود آورده است. گونه غالب جنگل‌های استان ایلام بلوط ایرانی (*Q. persica*) می‌باشد.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

داده‌های مورد استفاده

برای بررسی زمانی پدیده خشکیدگی در جنگل‌های استان ایلام دو سری داده اقلیمی (دما و بارندگی) و داده سنجش از دوری (تصاویر MODIS) مورد استفاده قرار گرفت. از این‌رو، داده‌های دما و بارندگی مربوط به دوره آماری ۱۴ ساله (۲۰۰۰-۲۰۱۴) از ایستگاه‌های سینوپتیک استان ایلام تهیه گردید (جدول ۱) (بی‌نام، ۱۳۹۳).

جدول ۱. موقعیت ایستگاه‌های سینوپتیک مورد استفاده در تحقیق حاضر

موقعیت جغرافیایی (UTM, Zone 38)		نام ایستگاه
عرض (y)	طول (x)	
۳۷۱۷۳۱۷	۶۲۹۶۹۹	ایلام
۳۷۳۶۷۰۹	۶۲۵۹۴۵	ایوان
۳۶۶۹۰۷۷	۷۲۴۵۷۶	دره شهر
۳۶۱۸۱۶۷	۷۱۳۸۷۹	دهلران

سری زمانی تصاویر TERRA/MODIS با فاصله ۱۶ روز مربوط به دوره ۱۳ ساله (۲۰۰۰-۲۰۱۳) نیز از سایت earthexplorer.usgs.gov دانلود شد. در هر سال تعداد ۲۲ تصویر TERRA/MODIS و در مجموع برای دوره ۱۳ ساله تعداد ۲۸۶ تصویر دانلود شد.

روش تحقیق

دو سری داده اقلیمی (دما و بارش) و سنجش از دوری (تصاویر TERRA/MODIS) به صورت مجزا مورد تحلیل قرار گرفتند. با استفاده از رابطه (۱) نمره استاندارد بارش (Z) که نشان‌دهنده وضعیت خشکسالی است برای هر سال محاسبه شد (رضیئی و فتاحی، ۱۳۹۰).

$$Z = \frac{(X_i - \bar{X})}{\sigma} \quad (1)$$

در این رابطه، Z نمره استاندارد بارش، X_i بارش در سال i (میلی‌متر)، \bar{X} میانگین بارش در دوره مورد بررسی و σ انحراف از معیار بارش می‌باشد.

جدول ۲. طبقات مختلف خشکسالی براساس شاخص نمره استاندارد بارش (رضیئی و فتاحی، ۱۳۹۰)

طبقات خشکسالی	مقدار شاخص استاندارد (Z)
ترسالی	$Z < 0$
خشکسالی ملایم	$0 < Z < 0.99$
خشکسالی متوسط	$1 < Z < 1.49$
خشکسالی شدید	$1.49 < Z < 1.99$
خشکسالی خیلی شدید	$Z > 1.99$

در مرحله بعد، با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت نشده ISODATA سه طبقه پوشش جنگلی کم‌تراکم، نیمه‌تراکم و متراکم بر روی تصاویر TERRA/MODIS تفکیک شد و شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) برای هر کدام از طبقات و طبق رابطه (۲) محاسبه شد (Thenkabail, 2004).

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (2)$$

در این رابطه، NIR باند مادون قرمز نزدیک و RED باند قرمز می‌باشد. قبل از محاسبه شاخص NDVI، ابتدا پردازش‌های اولیه روی تصاویر انجام گرفت. مقدار NDVI بین -۱ و +۱ است. مقادیر منفی نشان‌دهنده پوشش آبی مانند دریا و دریاچه و مقادیر مثبت بیانگر پوشش گیاهی می‌باشد. مقادیر صفر بیانگر مناطق بدون پوشش گیاهی است. در ادامه نمودار تغییرات مقادیر NDVI طی سالهای مورد مطالعه ترسیم شد.

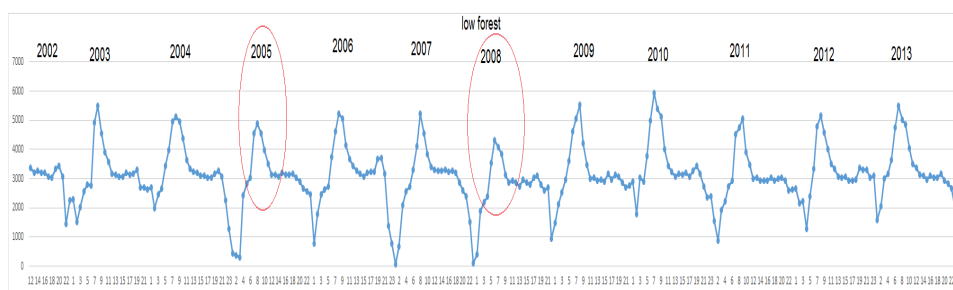
نتایج

نتایج مربوط به نمره استاندارد بارش (Z) در ایستگاه‌های منتخب استان ایلام (جدول ۳) نشان می‌دهد که در سال ۲۰۰۸ شهرستان‌های ایلام، ایوان‌غرب، دهلران و دره‌شهر بترتیب با مقادیر -۱/۳۹، -۱/۹۳، -۱/۲۴ و -۱/۲۶ کمترین میزان بارش را طی دوره مورد بررسی داشته‌اند. براساس جدول طبقه‌بندی خشکسالی (جدول ۲)، در سال ۲۰۰۸ خشکسالی شدید در استان ایلام رخ داده است.

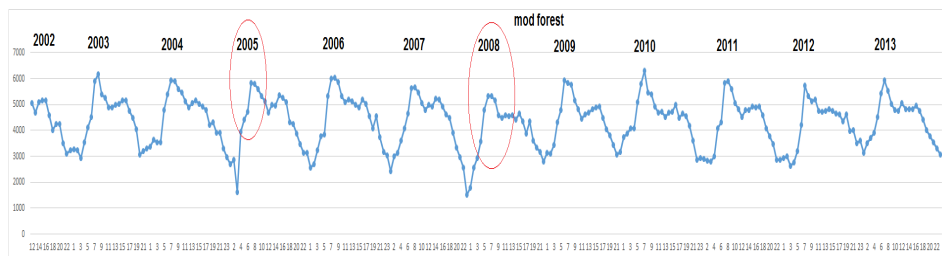
جدول ۳. نمره استاندارد بارش (Z) در ایستگاه‌های سینوپتیک منتخب استان ایلام

سال	ایستگاه	ایلام	ایوان غرب	دهلران	دره شهر
۲۰۰۰		-۰/۰۶	۰/۱۳	-۰/۵۳	*
۲۰۰۱		-۰/۴۸	-۰/۹۵	-۰/۰۷	*
۲۰۰۲		۲/۱۱	۱/۱۸	۰/۵۱	*
۲۰۰۳		۰/۶۱	۰/۰۳	۰/۲۵	۰/۵۳
۲۰۰۴		۰/۰۸	۰/۷۹	۰/۴۲	-۰/۳۱
۲۰۰۵		۰/۴۲	۱/۵۱	-۰/۳۷	۰/۱۰
۲۰۰۶		۱/۸۷	۱/۲۸	۱/۹۰	۲/۱۹
۲۰۰۷		-۰/۸۱	-۰/۷۵	-۰/۱۹	۰/۲۷
۲۰۰۸		-۱/۳۹	-۱/۹۳	-۱/۲۴	-۱/۲۶
۲۰۰۹		-۱/۳۰	-۱/۰۵	۰/۲۱	-۰/۴۹
۲۰۱۰		-۰/۴۵	۰/۶۱	-۱/۳۵	-۱/۱۰
۲۰۱۱		-۰/۶۶	-۱/۰۵	-۱/۲۰	-۰/۷۶
۲۰۱۲		-۰/۴۳	-۰/۳۲	-۰/۳۲	-۰/۸۶
۲۰۱۴		۰/۱۵	۰/۱۱	۰/۴۰	۰/۸۵
۲۰۱۴		۰/۳۳	۰/۴۲	۱/۸۷	۰/۸۰

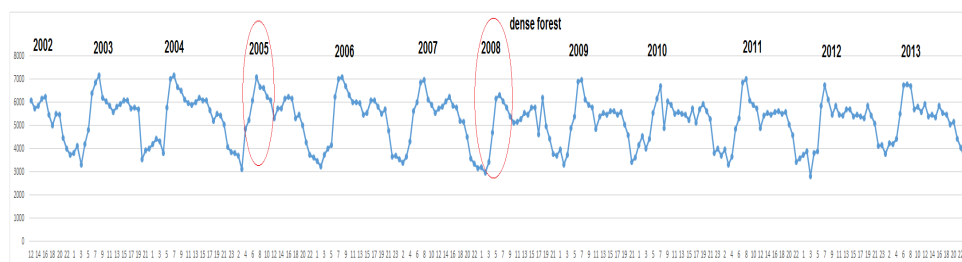
همانطور که بر روی نمودارهای مربوط به جنگل‌های کم‌تراکم، نیمه‌تراکم و متراکم قابل مشاهده است (شکل‌های ۲، ۳، ۴)، طی سال‌های ۲۰۰۵ و ۲۰۰۸ کاهش قابل توجهی در میزان NDVI جنگل‌های منطقه رخ داده است. این کاهش برای سال ۲۰۰۸ نسبت به سایر سال‌ها چشم‌گیرتر می‌باشد. طی این سال علاوه بر این که کاهش در زمان حداکثر سبزی‌نگی یعنی اوایل اردیبهشت ماه رخ داده است در سایر ماه‌های سال نیز پایین می‌باشد. بررسی و مقایسه پوشش‌های مختلف جنگل طی دوره آماری نیز بیانگر کاهش میزان NDVI در سال‌های ۲۰۰۵ و ۲۰۰۸ می‌باشد که نشان‌دهنده فراگیر بودن روند کاهشی در منطقه مورد مطالعه است (شکل ۵). طی دوره آماری ۱۲ ساله بیشترین میزان NDVI برای سال ۲۰۱۰ قابل مشاهده می‌باشد که در زمان حداکثر سبزی‌نگی رخ داده است. قابل ذکر است کاهش میزان NDVI در سال ۲۰۰۲ به دلیل نبود تصویر از اول ماه ژانویه تا اوایل سپتامبر است. بر اساس داده‌های آرشیو، برای سال ۲۰۰۲ تنها ۱۲ تصویر در مقیاس ۱۶ روز موجود می‌باشد که این تصاویر فصل رویش پوشش‌های جنگلی را نشان نمی‌دهد.



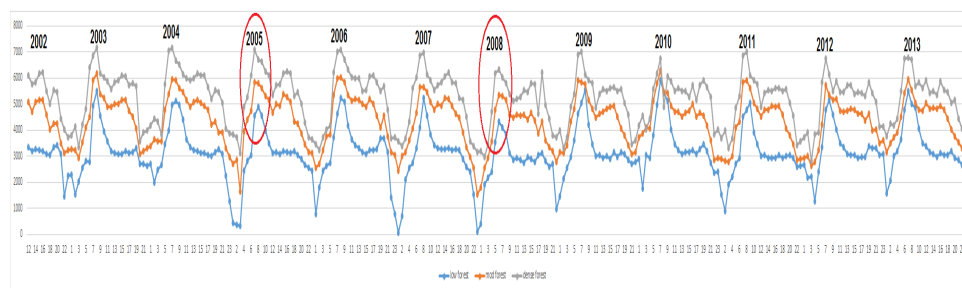
شکل ۲. روند سبزی‌نگی جنگل‌های کم‌تراکم با استفاده از تصاویر مودیس طی دوره ۲۰۰۲-۲۰۱۳



شکل ۳. روند سبزی‌نگی جنگل‌های نیمه‌تراکم با استفاده از تصاویر مودیس طی دوره ۲۰۰۲-۲۰۱۳



شکل ۴. روند سبزیگی جنگل‌های متراکم با استفاده از تصاویر مودیس طی دوره ۲۰۰۲-۲۰۱۳



شکل ۵. روند سبزیگی طبقات مختلف جنگل با استفاده از تصاویر مودیس طی دوره ۲۰۰۲-۲۰۱۳

بحث و نتیجه‌گیری

در پژوهش پیش‌رو، به‌منظور بررسی پدیده خشکیدگی جنگل‌های بلوط استان ایلام از داده‌ها و تکنیک‌های سنجش از دوری استفاده شد. داده‌های مورد استفاده در برگیرنده محصول NDVI ۱۶ روزه Terra/Modis با قدرت تفکیک مکانی ۲۵۰ متر بود. به‌منظور بررسی استخراج پوشش‌های جنگل و بررسی تغییرات مکانی و زمانی آنها از تکنیک طبقه‌بندی نظارت نشده ISODATA استفاده شد. همچنین به‌منظور بررسی نقش عوامل طبیعی به‌ویژه شرایط اقلیمی در خشکیدگی جنگل‌ها، داده‌های بارش استان ایلام از سازمان هواشناسی دریافت و پردازش شد. از داده‌های مودیس جهت ارزیابی روند خشکسالی در مطالعات مختلف شامل عرفانیان و همکاران (۱۳۹۳) و Klisch and Atzberger (2016) استفاده شده است و کارایی این داده‌ها را به‌خوبی مشخص نموده‌اند. شاخص NDVI در این تحقیق شرایط خشکسالی را به‌خوبی نشان داد. مطالعات باعقیده و همکاران (۱۳۹۰) و Bhuiyan et al., (2006) با نتیجه حاضر مطابقت دارد. برخی دیگر از مطالعات نشان می‌دهد که شاخص NDVI در

ارتباط با فاکتورهای اقلیمی از قبیل بارندگی و دما می‌تواند برای پایش خشکسالی طی یک دوره زمانی معین موفقیت‌آمیز باشد (Liu and Juarez, 2001; Wang et al., 2001). همچنین این شاخص برای بررسی شرایط خشکسالی در مقیاسی معادل سطح استان یا بیشتر مناسب می‌باشد. دلیل استفاده از شاخص NDVI در این تحقیق این بود که این شاخص با استفاده از دو باند قرمز و مادون قرمز نزدیک بیشترین جذب کلروفیل را در پوشش گیاهی سبز دارد و تراکم پوشش گیاهی در سطح را بخوبی نشان می‌دهد. همچنین در باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک بین پوشش گیاهی و خاک حداکثر کنتراست وجود دارد (Cai and Sharma 2010). نتایج حاصل از پردازش تصاویر نشان داد که اولین کاهش سبزیگی طبقات جنگلی در سال ۲۰۰۵ اتفاق افتاده است و در سال ۲۰۰۸ پوشش جنگلی منطقه با کاهش چشمگیری در میزان سبزیگی مواجهه بوده است. همچنین خشکیدگی محدود به کلاس خاصی از جنگل‌های منطقه نمی‌شود و در هر سه کلاس متراکم، متوسط و کم تراکم رخ داده است. با تعیین تغییرات مکانی و زمانی جنگل‌های منطقه مورد مطالعه، به منظور شناسایی عوامل موثر بر خشکیدگی، شرایط اقلیمی مورد مطالعه قرار گرفت. از طرف دیگر، بررسی داده‌های بارش نشان داد که مقادیر این پارامترها طی سال‌های ۲۰۰۵ و ۲۰۰۸ بیانگر کاهش بارش است. با توجه به مقدار نمره استاندارد بارش، مشاهده می‌شود که سال خشکسالی براساس این نمره و سال کاهش مقدار سبزیگی در تصاویر مادیس همخوانی دارد. اینچنین همخوانی بین داده اقلیمی و سنجش از دوری نشان از قابلیت تلفیق این دو نوع داده در پایش شرایط خشکسالی جنگل‌های بلوط دارد. البته باید به این نکته نیز توجه داشت که برای بدست آوردن درک بهتری از شرایط خشکسالی بایستی سایر پارامترهای اقلیمی را نیز در نظر گرفت.

سپاسگزاری

مقاله حاضر مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد اینجانب ایرج قاسمی می‌باشد. بر خود لازم می‌دانم که از همکاری صمیمانه مدیریت محترم اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان ایلام و مشاوره‌های علمی ارزشمند آقایان دکتر فربرز غیبی و دکتر رحیم میرزایی ملاحظه کمال تشکر و قدردانی را نمایم.

کتابشناسی

۱. باعقیده، م.، علیجانی، ب.، ضیائیان، پ.، (۱۳۹۰)، بررسی امکان استفاده از شاخص پوشش گیاهی NDVI در تحلیل خشکسالی‌های استان اصفهان، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، ۱ (۴): ۱۶-۱.
۲. بی‌نام، ۱۳۹۳. آمار و اطلاعات سازمان هواشناسی کشور؛
۳. بی‌نام. (۱۳۹۱)، دستورالعمل مدیریت پایدار جنگل در اکوسیستم‌های جنگلی زاگرس به منظور پیشگیری و کنترل خشکیدگی بلوط، سازمان جنگل‌ها و مراتع و آبخیزداری، معاونت مناطق مرطوب و نیمه مرطوب، تهران، ۶۰ صفحه؛
۴. جزیره‌ای، م. ح.، ابراهیمی رستاقی، م. (۱۳۸۲)، جنگل‌شناسی زاگرس. انتشارات دانشگاه تهران؛
۵. ذاکری انارکی، س.، فلاح شمسی، س. ر. (۱۳۹۲)، تهیه نقشه سیمای طبیعی سرزمین با استفاده از تحلیل بافت تصویر سنجنده Rapideye، نخستین کنفرانس بین‌المللی اکولوژی سیمای سرزمین، دانشگاه اصفهان؛
۶. رضیئی، ط.، فتاحی، ا. (۱۳۹۰)، ارزیابی کاربرد داده‌های بارش NCEP/NCAR در پایش خشک‌سالی ایران، مجله فیزیک زمین و فضا، ۳۷ (۲): ۲۴۷-۲۲۵؛
۷. زهره‌وندی، ع. ا.، ثاقب طالبی، خ.، پوررضا، م.، خان حسینی، م.، خداکرمی، ی. (۱۳۹۰)، بررسی نیاز رویشگاهی گونه بلوط ایرانی در جنگل‌های استان کرمانشاه، فصلنامه علمی پژوهشی اکوسیستم‌های طبیعی ایران، ۲ (۲): ۶۳-۵۳؛
۸. سنجری، ص.، برومند، ن. (۱۳۹۲)، پایش تغییرات کاربری/پوشش اراضی در سه دهه گذشته با استفاده از تکنیک سنجش از دور (مطالعه موردی: منطقه زرنند استان کرمان)، کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی، ۴ (۱): ۵۷-۶۷؛
۹. فتاحی، م. (۱۳۷۳)، بررسی جنگل‌های بلوط زاگرس و مهم‌ترین عوامل تخریب آن، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، نشریه شماره ۱۰۱، ۶۳ صفحه؛
۱۰. معصومی، ع.، کافی، م.، نباتی، ج.، خزاعی، ح. ر.، داوری، ک.، زارع، م. (۱۳۹۱)، اثر تنش خشکی بر وضعیت آبی و نشت الکترولیت برگ، فتوسنتز و فلورسانس کلروفیل در مراحل مختلف رشد، نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، شماره ۳، صص ۴۸۴-۴۷۶؛
۱۱. مهدوی، ع.، میرزایی زاده، و.، نیک‌نژاد، م.، کرمی، ا. (۱۳۹۴)، بررسی و پیش‌بینی زوال درختان بلوط با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک (مطالعه موردی: جنگل‌های بیوره ملکشاهی - ایلام)، دوفصلنامه تحقیقات حمایت و حفاظت جنگل‌ها و مراتع ایران، ۱۳ (۱): ۳۳-۲۰.
۱۲. مهدی عرفانیان، م.، وفایی، ن.، رضائیان زاده، م. (۱۳۹۳)، ارائه یک روش نوین برای ارزیابی ریسک

خشکسالی استان فارس با تلفیق داده‌های ماهانه بارندگی ماهواره TRMM و داده‌های شاخص پوشش

گیاهی NDVI سنجنده Terra/MODIS، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۴۶ (۱): ۹۳-۱۰۸:

13. Bhuiyan, C., Singh, R.P., and Kogan, F.N. (2006), Monitoring drought dynamics in the Aravalli Region (India) using different indices based on ground and remote sensing data. *Inter. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 8: 289-30;
14. Cai, X.L., Sharma, B.R., Integrating remote sensing, census and weather data for an assessment of rice yield, water consumption and water productivity in the Indo-Gangetic river basin. *Agricultural Water Management* 97: 309-316;
15. Coombs, A.J. (1999), *Trees*. Dorlins kindersly Book, London. 128 p;
16. Klisch, A.; Atzberger, C. (2016), Operational Drought Monitoring in Kenya Using MODIS NDVI Time Series. *Remote Sens.* 8 (267): 1-22;
17. Liu, W. T., and R. I. N. Juarez.(2001), ENSO drought onset prediction in northeast Brazil using NDVI, *Int. J. Remote Sens.*, 22, 3483 – 3501;
18. Olsson P.-O., Kantola T., Lyytikäinen-Saarenmaa P., Jönsson A. M., Eklundh L. (2016), Development of a method for monitoring of insect induced forest defoliation – limitation of MODIS data in Fennoscandian forest landscapes. *Silva Fennica* 50 (2): 1-22;
19. Thenkabail, P. S., Gamage, M. S. D. N., Smakhtin, V. U. (2004), The use of remote sensing data for drought assessment and monitoring in Southwest Asia, Research Report 85, International water management Institute;
20. Wang, J., Price, K.P., Rich, P.M., Spatial patterns of NDVI in response to precipitation and temperature in the central Great Plains. *int. j. remote sensing* 22 (18): 3827-3844;