Archive of SID

دو فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات حمایت و حفاظت جنگلها و مراتع ایران
جلد ۱۴ شماره ۱، صفحه ۴۸-۵۷، (۱۳۹۵)

تحلیل خطر آتش‌سوزی جنگل‌های هیرکانی شمال‌شرق ایران با استفاده از شاخص‌های کچ-بایرام و مک-آرتور

مرتضی خان‌محمدی[۱]، محمد رحیمی[۲*] و داود کرتولی نژاد[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد هواشناسی کشاورزی، دانشکده کویرشناسی دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.

۲*- نویسنده مسئول، استادیار، دانشکده کویرشناسی دانشگاه سمنان، سمنان، ایران. پست الکترونیک: mrahimi@profs.semnan.ac.ir

۳- استادیار، دانشکده کویرشناسی دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۰/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۸/۰۴

چکیده

جنگل بخش مهمی از زیست‌بوم زمین است؛ یک منبع بزرگ برای مقاصد و مصارف مختلف بشر که با رشد جمعیت در قرن حاضر و با وقوع آتش‌سوزی‌های متعدد کمیت و کیفیت آن به مخاطره افتاده است. از این‌رو، در این پژوهش به‌منظور کاهش این مخاطرات، شاخص خشکی کچ-بایرام و شاخص خطر آتش‌سوزی جنگل مک-آرتور و چگونگی تعیین مناطق دارای قابلیت آتش‌سوزی در جنگل‌های هیرکانی دو استان گلستان و خراسان شمالی بررسی شده‌است. از عامل‌های اقلیمی (بیشینه دما، کمینه رطوبت نسبی، میانگین سرعت باد، میزان بارش و تبخیر روزانه) برای سال‌های ۱۳۸۴تا۱۳۹۳ در قالب این شاخص‌ها استفاده شد. همچنین با کمک این اطلاعات پهنه‌بندی شاخص مک-آرتور و شاخص خشکی کچ-بایرام در بازه زمانی مذکور با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) انجام گردید؛ نتایج به‌دست‌آمده مشخص کرد که ارتباط معنی‌داری بین شاخص آتش‌سوزی مک-آرتور و شاخص خشکی کچ-بایرام در مناطق موردمطالعه وجود نداشت؛ در مورد مناطق پرخطر شاخص خشکی کچ-بایرام شاخص خوبی برای تشخیص قابلیت آتش‌سوزی نبود. درحالی‌که شاخص آتش‌سوزی مک-آرتور مناطق پرخطر را به‌خوبی مشخص کرد. همچنین نتایج نشان داد که شاخص خشکی کچ-بایرام در مناطق کم باران که در محدوده اقلیمی نیمه‌خشک و نیمه مرطوب قرار دارند نمی‌تواند کاربرد دقیقی داشته باشد، از طرفی، در مناطقی که آتش‌سوزی رخ‌داده است شاخص آتش‌سوزی مک-آرتور خطرناک بودن منطقه را نشان می‌دهد؛ هرچندکه آتش‌سوزی مزبور، منشأ اقلیمی نداشته باشد. بنابراین شاخص آتش‌سوزی مک-آرتور، با مشخص کردن مناطق دارای قابلیت آتش‌سوزی در جلوگیری یا کاهش آسیب‌های ناشی از آتش‌سوزی در جنگل‌های ایران، بسیار تأثیرگذار است.

واژه‌های کلیدی: آتش‌سوزی جنگل، شاخص کچ-بایرام، شاخص مک-آرتور، جنگل‌های هیرکانی

مقدمه

آتش‌سوزی به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین پدیده‌های تخریب جنگل‌ها و مراتع، از گذشته‌های دور موردتوجه بوده است. آتش‌سوزی علاوه بر آسیب‌های اکولوژیک، خسارتهای مالی فراوانی را به همراه دارد. شناسایی مناطق مستعد وقوع آتش‌سوزی به‌خوبی می‌تواند این هزینه‌ها را

www.SID.ir

Archive of SID

کاهش دهد. در محیط‌های جنگلی و مرتعی، مدیریت آتش قبل از وقوع آن، از گزند زیان‌هایی از قبیل خسارت به نیروی مولد جنگل و مرتع، کاهش ارزش‌های تفرجی و جانوری، خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و حاصلخیزی خاک، فرسایش، نفوذپذیری و صدمات انسانی و غیره جلوگیری به‌عمل می‌آورد (ادهمی مجرد و همکاران، ۱۳۹۰). آمارهای رسمی سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور نشان می‌دهد در طول ۲۰ سال (۱۳۶۹–۱۳۸۸) در استان گلستان بیش از ۱۲۵۴ فقره آتش‌سوزی در مساحتی بیش از ۱۰۰۰۰ هکتار و در استان خراسان‌شمالی بین سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۸ بیش از ۱۰۹ فقره آتش‌سوزی در مساحتی حدود ۱۴۰۰ هکتار رخ‌داده است. همچنین طی سال‌های ۱۳۸۸–۱۳۹۳ در استان‌های گلستان و خراسان‌شمالی بیش از ۳۸۲ مورد آتش‌سوزی در مساحتی بیش از ۴۰۰ هکتار رخ‌داده است.

با توجه به از بین رفتن مراتع و جنگل‌ها در قسمت‌های مختلف ایران و درخطر بودن بیشتر مناطق دارای پوشش گیاهی در کشور مانند ۵۶٪ از اراضی طبیعی استان لرستان (گراوند و همکاران، ۱۳۹۲) و همچنین بیش از ۷۶ درصد جنگل‌های سروآباد استان کردستان (محمدی سروالله و همکاران، ۱۳۹۲)، پیش‌بینی قابلیت وقوع آتش‌سوزی‌ها و اتخاذ تمهیدات لازم به‌منظور مقابله با آن ضروریست.

مدل‌ها و شاخص‌های اندازه‌گیری خطر آتش‌سوزی جنگل در مورد پیش‌بینی مناطق با قابلیت خطر آتش‌سوزی می‌توانند برای کاهش خسارتها بسیار راهگشا باشند (بذرافشان و همکاران، ۱۳۸۶). نقشه پهنه‌بندی خطر وقوع آتش‌سوزی با به‌کارگیری مدل اعتباریابی شده در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی نشان از دلالت این مدل در ارزیابی خطر وقوع آتش‌سوزی دارد (درویشی و همکاران، ۱۳۹۲). متخصصان علوم هواشناسی و جنگل‌داری برای اولین بار در سال ۱۹۲۰ اعلام کردند که رابطه تنگاتنگی بین آتش‌سوزی جنگل‌ها و شرایط اقلیمی وجود دارد (Dowdy *et al.*, 2009). بررسی شاخص‌های نستروف (Nesterov index=NI)، شاخص خشکی کچ–بایرام (Byram -Keetch drought index) و خطر آتش‌سوزی جنگل مک–آرتور (Forest fire danger index=FFDI) مؤید این واقعیت است که در شمال و شمال‌شرق چین طی ۵۰ سال اخیر خطر آتش‌سوزی جنگل افزایش زیادی یافته که به‌دلیل اثرات افزایش دما و کاهش رطوبت و بارندگی بوده است (Ruoyun & Panmao, 2009). گرچه در جنگل‌های استان گلستان، بین وسعت آتش‌سوزی‌ها و متوسط دما و همچنین متوسط بارندگی سالیانه ارتباط معنی‌داری وجود ندارد (اسکندری، ۱۳۹۴). اما پیش‌بینی آتش‌سوزی‌ها بر اساس وقوع آتش‌سوزی‌های گذشته با استفاده از مدل Probit در مورد حوادث آتش‌سوزی ۲۷ سال گذشته در شمال انگلستان یک افزایش کلی را در وقوع آتش‌سوزی‌های تابستانه نشان می‌داد. همچنین احتمال آتش‌سوزی‌های بهاره هم با شرایط زمستان‌های مرطوب کاهشی را نشان نمی‌داد البته رژیم‌های آتش به‌شدت به شرایط آب و هوایی مرتبط هستند که مستقیم و غیرمستقیم بر سیستم جرقه‌زنی آتش‌سوزی و انتشار آن تأثیرگذار هستند (Albertson *et al.*, 2011). شاخص خشکی کچ–بایرام (KBDI) یکی از شاخص‌هایی است که با بکارگیری عامل‌های دما، تبخیر و تعرق و بارندگی می‌تواند در تعیین مناطق مستعد آتش‌سوزی کمک‌کننده باشد. طی بررسی به‌عمل‌آمده از رابطه بین شاخص خشکی کچ–بایرام و آتش‌سوزی‌های به وقوع پیوسته در جزایر هاوایی در یک دوره ۲۰ ساله همبستگی شدیدی بین افزایش مقادیر این شاخص با تعداد وقوع آتش‌سوزی‌ها به‌دست‌آمده است (Dolling *et al.*, 2005).

در پژوهشی در کشور استرالیا FFDI و شاخص خطر آتش‌سوزی جنگل کانادا (Forest fire weather index=FFWI) برای تعیین مناطق پرخطر آتش‌سوزی مورد استفاده قرار گرفت که در نهایت مشخص شد هر دو شاخص در مساحت‌های گسترده، بیشترین حساسیت را نسبت به سرعت باد و بعد رطوبت نسبی و نیز کمترین حساسیت را به دما نشان می‌دهند. درحالی‌که در مقیاس‌های کوچک شاخص استرالیا حساسیت بیشتری نسبت به دما و رطوبت

www.SID.ir

Archive of SID

نسبی در مقایسه با سرعت باد و بارش‌ها از خود نشان می‌دهد. شاخص کانادا نیز بعکس بوده و در حالت کلی این دو شاخص در تعیین موقعیت مناطق پرخطر تقریباً مشابه یکدیگر عمل می‌کنند (Dowdy *et al*., 2009).

در سال ۲۰۱۳ نیز طی پژوهشی به تجزیه وتحلیل ویژگی‌های فضایی-زمانی خسارت آتش و ارتباط بین مناطق سوخته و شاخص خطر آتش‌سوزی جنگل مک-آرتور در منطقه Daxinganling کشور چین پرداخته شد. نتایج این مطالعه نشان داد که مناطق سوخته شده سالانه، با شاخص خطر آتش‌سوزی مک-آرتور ارتباط معنی‌داری دارند (Tian *et al*., 2013). بررسی اثرات افزایش دما و تغییر الگوی بارش در کوه‌های آلپ از نظر خطر آتش‌سوزی جنگل در دوره زمانی ۲۰۱۰-۲۰۱۰ بر اساس شاخص‌های خطر آتش‌سوزی جنگل مختلف نظیر FWI، نستروف، بامگارتنر (Baumgartner) و... افزایش قابل‌توجه خطر آتش‌سوزی جنگل را در کوه‌های آلپ غربی نشان داد، به‌طوری‌که متوسط خطر آتش‌سوزی سالانه در طول شش دهه گذشته در این منطقه افزایش یافته است (Wastl *et al*., 2012).

با وجود اثر بارز شرایط اقلیمی بر آتش‌سوزی‌های طبیعی جنگل‌ها و مراتع، اطلاعات پژوهشی و مدون کمی در مورد آتش‌سوزی‌ها در ایران وجود دارد. یکی از معدود پژوهش‌های انجام شده در این زمینه، ضرورت و امکان پیش‌بینی مناطق مستعد آتش‌سوزی و الگوی توسعه آتش در جنگل‌های هیرکانی شمال ایران از روش هوشمند SLEUTH است که به پیش‌بینی مکان‌های آتش‌سوزی و الگوی توسعه آن برای استقرار سامانه‌های آگاهی‌دهنده محلی برای جلوگیری از بروز آتش‌سوزی در نقاط و مکان‌های جدید پرداخته است (ماهینی، ۱۳۹۰)؛ بنابراین، با توجه به اینکه تحقیقات در کشور ما در زمینه آتش‌سوزی جنگل بخصوص استفاده از روابط و شاخص‌های جدید و به‌روز، بسیار محدود و نوپاست، از این‌رو در این پژوهش تلاش شده تا با به‌کارگیری دو مورد از پرکاربردترین و دقیق‌ترین روش‌های تعیین قابلیت آتش‌سوزی و مقایسه بین آنها در جهت تعیین شاخص مناسب‌تر برای اقلیم کشور، به کاهش خسارتهای ناشی از این بلای طبیعی کمک کند. بنابراین با کمک روش‌های شاخص خطر آتش‌سوزی، می‌توان با تعمیم به مناطق دیگر، با استفاده از سوابق روزانه شرایط آب و هوایی و آتش‌سوزی‌های هر منطقه، و همچنین استفاده بهتر از سیستم اطلاع تصمیمات مدیریت آتش‌سوزی، خسارتهای ناشی از فعالیت‌های روزانه آتش را کاهش داد (Patrick *et al*., 2016).

شاخص خطر آتش‌سوزی جنگل مک-آرتور با به‌کارگیری عمده عامل‌های اقلیمی و همچنین شاخص خشکی کچ-بایرام در زمینه تعیین مناطق پرخطر بسیار دقیق هستند؛ این روش‌ها هرچند سال‌ها در کشورهای دارای جنگل و مواجه با آتش‌سوزی مورد استفاده قرار می‌گیرد اما در کشور ما در این زمینه هیچ فعالیتی انجام‌نشده است.

از این‌رو، در این پژوهش با توجه به اینکه جنگل‌های هیرکانی همه‌ساله طعمه آتش‌سوزیهای فراوانی می‌گردد (خلج و پورقاسم، ۱۳۹۱)، با کمک شاخص‌های خشکی کچ-بایرام و مک-آرتور و استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) نقشه پهنه‌بندی ترسیم شد تا با مقایسه آنها شاخص دارای کارایی بهتر در تعیین مناطق دارای قابلیت آتش‌سوزی بالا در شرق جنگل‌های هیرکانی مشخص گردد.

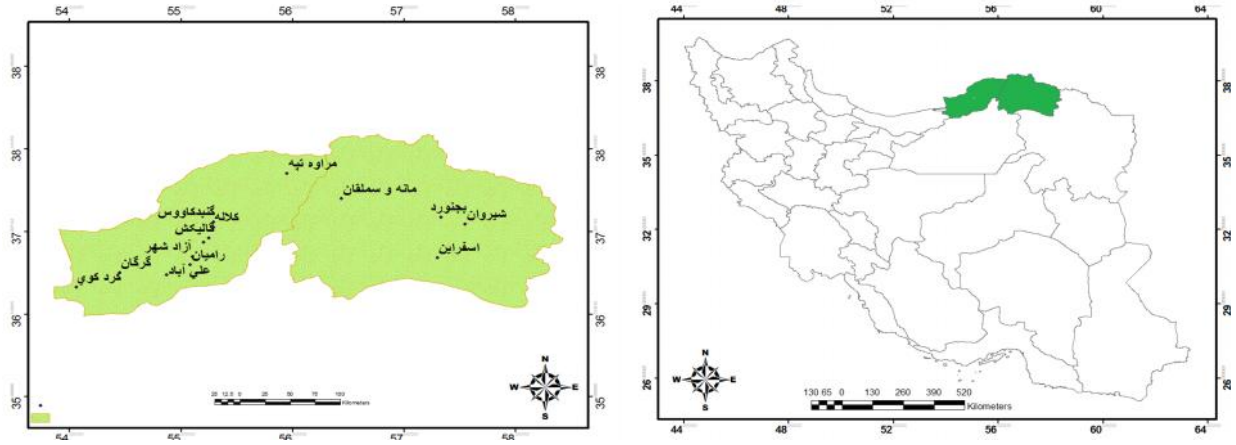
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه موردمطالعه در این تحقیق شرق جنگل‌های هیرکانی ایران است که شامل جنگل‌های استان‌های گلستان و خراسان شمالی و تا حدودی شمال استان سمنان است (شکل ۱).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- موقعیت مکانی مناطق موردمطالعه در کشور

استان گلستان بین ۳۶ درجه و ۴۴ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۵ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ تا ۵۶ درجه و ۱۴ دقیقه طول شرقی قرار دارد که بیش از ۲.۱۹۲.۱۳۰ کیلومترمربع وسعت دارای ۴۲۶.۴۷۶ کیلومترمربع سطوح جنگلی با احتساب بوته‌زارها و بیشه‌زارها است. بخش بیشتر این استان آب‌وهوای معتدل مدیترانه‌ای دارد ولی جلگه گرگان به لحاظ مجاورت با صحرای ترکمنستان، دوری از دریا و کاهش ارتفاعات، آب‌وهوای نیمه بیابانی و گرم دارد (ادهمی و همکاران، ۱۳۹۰). استان خراسان شمالی بین ۳۶ درجه و ۴۲ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۱۴ دقیقه عرض شمالی و طول ۵۶ درجه و ۳ دقیقه تا ۵۸ درجه و ۳ دقیقه طول شرقی، مساحتی در حدود ۲.۸۳۲.۵۲۹ هکتار دارد.

روش پژوهش

در این پژوهش از ایستگاه‌های هواشناسی گرگان، مراوه‌تپه، گنبدکاووس، علی‌آباد و بجنورد که حداقل ۱۰ سال آمار داشته‌اند، استفاده‌شده است؛ همچنین برای راستی‌آزمایی شاخص‌های مورداستفاده، آمار آتش‌سوزی‌های به وقوع پیوسته در جنگل‌های شرق ایران از سازمان جنگل ها و مراتع کشور دریافت شده و با نتایج تحقیق مورد مقایسه قرار گرفته است.

جدول ۱- مشخصات کلی و اقلیم هریک از ایستگاه‌های مورد بررسی

نام ایستگاه	مختصات جغرافیایی ایستگاه‌ها			متوسط بارندگی (mm)	متوسط دما (درجه سانتی‌گراد)	حداقل رطوبت نسبی (درصد)	اقلیم (روش دومارتن)
	طول جغرافیایی (درجه-دقیقه)	عرض جغرافیایی (درجه-دقیقه)	ارتفاع سطح دریا (متر)				
بجنورد	۵۵/۳۳	۳۷/۲۸	۱۰۷۰	۲۵۱/۷	۱۳	۴۰	نیمه‌خشک
گرگان	۵۴/۴۵	۳۶/۵۵	۱/۵	۵۱۶/۹	۱۷/۲	۵۳	نیمه‌خشک
علی‌آباد	۵۴/۸۷	۳۶/۵۴	۱۸۴	۸۰۱	۱۸/۴	۷۰	مرطوب
گنبدکاووس	۵۵/۲۹	۳۶/۲۵	۳۷/۲	۴۴۳/۷	۱۹/۶	۵۰	نیمه‌خشک
مراوه‌تپه	۵۵/۹۵	۳۶/۵۴	۴۶۰	۳۶۸/۲	۱۷/۴	۷۷	نیمه‌خشک

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص‌های موردنظر با استفاده از آمار ۱۰ ساله (۱۳۸۴-۱۳۹۳) محاسبه شدند. به‌منظور محاسبه FFDI عامل‌های بیشینه دما (برحسب سانتی‌گراد)، کمینه رطوبت نسبی (برحسب درصد)، میانگین سرعت باد (برحسب کیلومتر بر ساعت)، میزان بارش و تبخیر روزانه (برحسب میلی‌متر) از سازمان هواشناسی کل کشور تهیه شد.

سپس FFDI به‌صورت زیر محاسبه شد:

$$FFDI = 1.275D^{0/0987} \exp(0.0338T - 0.0345H + 0.0234V) \quad (۱)$$

پارامترهای دمای حداکثر (T)، کمینه رطوبت نسبی (H) و میانگین سرعت باد (V) به‌صورت روزانه در رابطه مذکور قرار گرفت، اما شاخص خشکی (D) از رابطه ۲ محاسبه گردید.

$$D = \frac{0.191(I+104)(N+1)^{1/5}}{(3.52(N+1)^{1/5}+R-1)} \quad (۲)$$

در این رابطه، N تعداد روزهای گذشته از آخرین بارش است. برای محاسبه این پارامتر با توجه به دسترس بودن R بارش روزانه، می‌توان روزهای بدون بارش را استخراج و شمارش کرد. کمیت R هم که میزان بارش روزانه است در رابطه قرار می‌گیرد (Noble *et al*,.۱۹۸۰).

شاخص خشکی کچ-بایرام نیز از رابطه ۳ محاسبه می‌شود:

$$I_{(t)} = I_{(t-1)} - R_n + E \quad (۳)$$ (برحسب میلی‌متر)

$I_{(t)}$ شاخص خشکی کچ-بایرام در روز t ام

R_n بنا به تعریف، بارش خالص است. در آن فرض بر این است که ۵/۱ میلی‌متر اولیه بارش جذب زمین و پوشش گیاهی می‌شود و بقیه بارش در شاخص تأثیرگذار خواهد بود، از این‌رو R_n نیز به‌صورت زیر خواهد بود:

چنانچه روز قبل فاقد بارش باشد مقدار این کمیت عبارت خواهد بود از: $R_n = R - 5/1$

اگر روز قبل دارای بارش باشد مقدار کمیت این‌گونه خواهد شد: $R_n = R$

E میزان تبخیر و تعرق از سطح خاک را نشان می‌دهد که در ایستگاه‌های تحقیقات کشاورزی اندازه‌گیری می‌شود؛ بنابراین ازآنجاکه میزان تبخیر و تعرق از سطح خاک همه‌جا در دسترس نیست می‌توان از رابطه زیر به‌دست آورد (Taufik *et al*., 2014).

$$E = \frac{[203-(I_{t-1})][0.968e(0.8756T)-8.30]}{1+10.88e(-0.001736R)} * 10^{-3} \quad (۴)$$

در آن T بیشینه دما، I_{t-1} شاخص خشکی روز قبل و Rمیانگین بارش سالانه است.

برای نقطه شروع KBDI باید از جایی شروع کنیم که خاک در حالت اشباع (ظرفیت زراعی) باشد. برای شناسایی این مورد، می‌توان از وسایل اندازه‌گیری رطوبت خاک و یا میزان بارش استفاده کرد. در شاخص کچ-بایرام فرض بر این است که اگر در بازه زمانی ۷-۱۰ روز بارشی بین ۱۵۰-۲۰۰ میلی‌متر وجود داشته باشد، خاک در حالت ظرفیت مزرعه یا اشباع قرار می‌گیرد. در این نقطه که شروع کار است شاخص خشکی برابر صفر در نظر گرفته می‌شود و طبق رابطه ادامه می‌یابد تا به ۲۰۳ برسد که نقطه بیشینه شاخص خشکی است. البته اگر بارش بالاتر از ۵/۱ میلی‌متر و تبخیر کمتر از بارش مؤثر باشد این عدد کاهش پیدا می‌کند، در غیر این صورت در مقدار ۲۰۳ ثابت می‌ماند (Taufik *et al*., 2014).

لازم به یادآوری است که برای شاخص کچ-بایرام دو بیشینه تعریف‌شده است؛ اگر میزان بارش برحسب میلی‌متر در نظر گرفته شود بیشینه شاخص ۲۰۳ می‌شود و در رابطه

www.SID.ir

Archive of SID

(۴) قرار می‌گیرد ولی اگر میزان بارش و تبخیر برحسب اینچ محاسبه و در روابط قرار گیرند، بیشینه مقدار شاخص کچ-بایرام ۸۰۰ می‌شود و رابطه (۴) نیز تغییر می‌کند (Taufik *et al*., 2014). با قرار دادن مقدار شاخص خشکی کچ-بایرام و محاسبه شاخص خشکی محیط خروجی آنها در رابطه (۱) شاخص خطر آتش‌سوزی محاسبه می‌شود. در این تحقیق شاخص آتش‌سوزی به‌صورت روزانه محاسبه شد و برای پهنه‌بندی شاخص‌های خشکی و خطر آتش‌سوزی نیز از مجموع ماهانه آنها در بازه زمانی مورد نظر استفاده گردید.

در این تحقیق، مرتب‌سازی داده‌ها و محاسبه قابلیت آتش‌سوزی به‌صورت روزانه، از روابط پیچیده شاخص‌های کچ-بایرام و مک-آرتور با کمک نرم‌افزار Excel استفاده شد و همچنین تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی احتمال خطر آتش‌سوزی جنگل با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS و با روش درون‌یابی IDW انجام شده است.

نتایج

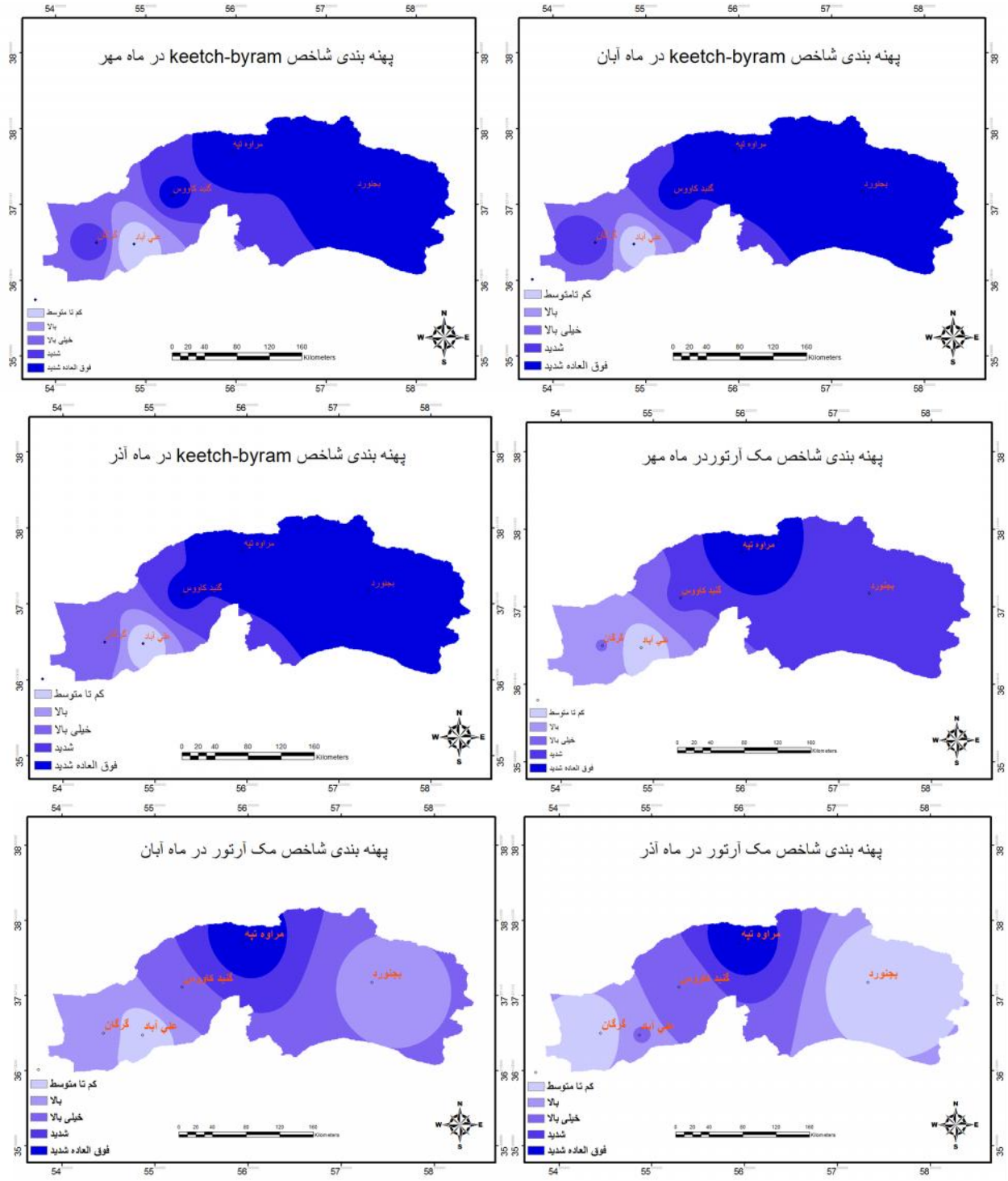
با بررسی خروجی شاخص خشکی کچ-بایرام مشخص شد که دامنه تغییرات روزانه KBDI در منطقه موردپژوهش بسیار کم است و این به‌علت بالا بودن میزان تبخیر روزانه نسبت به بارش‌هاست. ازآنجاکه عامل تعیین‌کننده در تغییرات KBDI بارش و تبخیر است، از این‌رو مقدار شاخص عموماً در حالت بیشینه یعنی ۲۰۳ قرار می‌گیرد. اگرچه تبخیر خود تابعی از دما و وزش باد است، اما در بازه زمانی مورد مطالعه مقدار عددی KBDI در هیچ ایستگاهی به صفر نمی‌رسد، زیرا هرگز بارشی طی ۷ تا ۱۰ روز بیش از ۱۵۰ میلی‌متر اتفاق نیفتاده است. اگر بارش بالایی رخ داده، برای مدت بیش از دو تا سه روز نبوده است و نتوانسته خاک را به حالت اشباع برساند.

کمترین مقدار KBDI در ۵ شهر مورد مطالعه بدین‌صورت بوده که گرگان در آبان ۱۳۹۰ طی چندین روز بارش نامتوالی مقدار این شاخص به حدود ۷۱ رسید. در آذر ۱۳۸۶ در بجنورد کمترین مقدار شاخص حدود ۱۷۶ اتفاق افتاد. در علی‌آباد کتول KBDI به علت بالا بودن بارش‌ها تا حد ۸ نیز کاهش یافت که زمان وقوع آن، آبان ۱۳۹۰ بوده است. در شهر گنبدکاووس کمترین مقدار KBDI به ۱۵۵ رسیده که در آبان سال ۱۳۸۴ ثبت‌شده است؛ و کمترین مقدار KBDI در شهرستان مراوه‌تپه ۱۷۱ بوده که در مهرماه سال ۱۳۸۶ رخ داده است. از بررسی KBDI در ماه‌های مختلف چنین استنباط می‌شود که اگر فقط ملاک تشخیص مناطق پرخطر با پارامترهای بارندگی و تبخیر باشد مناطق شرق همواره نسبت به غرب پرخطرتر خواهند بود؛ بنابراین با مقایسه نقشه‌های شاخص خطر آتش‌سوزی جنگل (FFDI) (شکل ۲) با نقشه‌های KBDI (شکل ۲) بهتر می‌توان در مورد مناطق پرخطر استدلال کرد.

همان‌طور که در نقشه‌های پهنه‌بندی ارائه شده در شکل ۲ مشخص است، در مهرماه، شهر مراوه‌تپه در هر دو نقشه از مناطق پرخطر است؛ اما بجنورد در شاخص FFDI از احتمال خطر کمتری نسبت به KBDI برخوردار شده است. در ماه‌های آبان و آذر تفاوت فاحشی بین نقشه‌های FFDI و KBDI وجود دارد، چنانکه FFDI بجنورد و اطراف آن در ماه آبان در محدوده کم‌خطر و در آذرماه در مناطق با کمترین خطرپذیری مواجه هستند و شهرستان مراوه‌تپه همچنان در منطقه پرخطر قرارگرفته است؛ اما در نقشه‌های KBDI بجنورد و مراوه‌تپه همواره از مناطق با خطر خیلی بالا محسوب می‌شوند. شهرهای علی‌آباد و گرگان در نقشه‌های FFDI همواره از مناطق کم‌خطر هستند. ولی شاخص KBDI، گرگان را در ماه‌های مهر و آبان از مناطق با خطر خیلی بالا و در آذر با شدت بیشتر نشان می‌دهد. در این میان شهر گنبدکاووس در هر دو نقشه تغییرات چندانی را نشان نمی‌دهد؛ زیرا فقط در نقشه‌های FFDI نسبت به KBDI احتمال خطر از شدت کمتری برخوردار است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- نقشه پهنه‌بندی شاخص کچ-بایرام و شاخص خطر آتش‌سوزی مک-آرتور (۱۳۹۳-۱۳۸۴) در منطقه موردپژوهش

با توجه به اینکه بارندگی سبب کاهش خطر آتش‌سوزی می‌شود، روزهایی که در نقشه‌های KBDI کمترین خطر را نشان می‌دهد در FFDI نیز چنین بوده ولی در مناطق با خطرپذیری بالا اگر KBDI حالت شدید و فوق‌العاده شدید را هشدار می‌دهد FFDI لزوماً بدین‌صورت نیست (شکل ۲، نقشه آذرماه). به‌عنوان‌مثال ایستگاه بجنورد بیشینه مقدار

www.SID.ir

Archive of SID

FFDIخود را در ۱۰ مهر ۱۳۹۰ تجربه کرده، اما KBDI در روزهای زیادی بیشینه مقدار خود را دارد. تفاوت این روز با روزهای قبل خود در بارش و تبخیر نبوده، بلکه در این روز حداقل رطوبت، سرعت باد و حداکثر دما عامل افزایش FFDI بوده است.

در گرگان، علی‌آباد، گنبدکاووس و مراوه‌تپه در استان گلستان بیشینه مقدار FFDI در ۲۸ مهر ۱۳۹۲ رخ‌داده که دما در بالاترین مقدار و رطوبت نسبی در کمترین مقدار بوده و بارشی نیز اتفاق نیفتاده است. در این تاریخ مقدار KBDI هم در بیشترین حد خود یعنی ۲۰۳ را دارا می باشد؛ اما در ۱۵ آبان ۱۳۸۴ درحالی‌که FFDI بیشترین مقدار خود را ثبت کرده، اما KBDI بالاترین مقدار خود را ندارد که این شاهدی بر این ادعاست که شاخص آتش‌سوزی و شاخص خشکی همیشه با یکدیگر مطابقت ندارند.

بحث

با توجه به خروجی‌های FFDI و همچنین KBDI در مناطق موردپژوهش، مشخص است که از غرب به شرق شاخص خشکی کچ-بایرام دائماً در حال افزایش است؛ درحالی‌که شاخص آتش‌سوزی مک-آرتور این یکنواختی را نداشته اما در تعیین آتش‌سوزی‌های با منشأ اقلیمی بسیار کمک‌کننده بوده است. آنچه مشخص است بارش‌ها هرقدر هم کم باشند بر کاهش مقدار عددی بیشینه دما و افزایش رطوبت نسبی و به‌تبع آن FFDI اثر مستقیم دارند. بنابراین با توجه به روابط محاسبه KBDI بارش‌های کم نمی‌تواند تأثیری در مقدار عددی این شاخص داشته باشند. از این‌رو مشاهده می‌شود در موارد زیادی بارش‌های ۱ تا ۵ میلی‌متر رخ‌داده که باعث کاهش FFDI شده، اما KBDI تغییری را نشان نمی‌دهد. رایج‌ترین نوع آتش‌سوزی در جنگل‌های منطقه سراوان استان گیلان به‌دلیل گرم شدن شدید هوا در مردادماه و کم شدن رطوبت هوا به‌علت کاهش بارندگی در مناطق جنگلی است که مهار آنها بستگی به قطع شدن وزش باد دارد (فرهی آشتیانی و همکاران، ۱۳۹۱).

با توجه به آمارهای آتش‌سوزی‌های جنگل‌ها که با جزئیات ناقصی توسط سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور ارائه می‌شود، در تاریخ ۹ آبان ۱۳۸۷ آتش‌سوزی در جنگل‌های گلستان رخ‌داده است؛ درحالی که در تاریخ مزبور FFDI در وضعیت بی‌خطر یا کم‌خطر بوده و KBDI نیز به علت بارش‌های روزهای قبل مقدار بیشینه خود را ندارد. همچنین در آتش‌سوزی ۲۳ آبان ۱۳۸۹ در جنگل گلستان FFDI در همه شهرستان‌های موردپژوهش در محدوده خطر بالا قرار داشته و KBDI هم بیشینه مقدار خود (۲۰۳) را نشان می‌دهد.

در پژوهشی که برای اصلاح شاخص خشک‌سالی آتش برای اکوسیستم‌های تالابی گرمسیری با کمک عمق سفره آب انجام شد، با معرفی و استفاده تجربی از KBDI که معمولاً برای آتش‌سوزی‌ها استفاده می‌شود. بیان شد که اکوسیستم‌های تالابی گرمسیری در بهبودی و تنظیم عامل خشک‌سالی مؤثرند، علاوه بر این از عمق سفره آب به‌عنوان یک عامل پویا برای کنترل خشک‌سالی یاد می‌شود و برداشت از اعماق سفره‌های آب زیرزمینی و کاهش آنها در مقدار حداکثر خطر آتش‌سوزی تأثیر دارد و در خطرهای کم، کمتر این خطر مشاهده می‌شود (Taufik *et al*., 2014)

ازآنجاکه ایستگاه‌های موردبررسی با روش اقلیمی دومارتن از مناطق نیمه‌خشک محسوب می‌شوند (بجز علی‌آباد که دارای اقلیم نیمه‌مرطوب است)، می‌توان چنین نتیجه گرفت که شرق جنگل‌های هیرکانی از مناطق کم باران محسوب می‌شوند (جدول ۱)؛ از این‌رو نمی‌توان انتظار داشت خاک این مناطق به حالت اشباع برسد (بارش ۲۰۰-۱۵۰ میلی‌متر طی ۱۰-۷ روز)، بنابراین شاخص کچ-بایرام در بیشتر روزها در بیشینه مقدار خود قرار می‌گیرد. نوسان این شاخص طی ماه‌های مختلف کم بود، هرچند تغییرات کمی از غرب به شرق مشاهده شد ولی همواره روند افزایشی وجود داشت.

همان‌طور که عنوان شد شاخص مک-آرتور و شاخص خشکی کچ-بایرام در مناطق پرباران که با آتش‌سوزی‌های

www.SID.ir

Archive of SID

بزرگ مواجهه هستند به‌خوبی هشدار می‌دهند؛ اما در مناطق با بارش نسبتاً کم و آتش‌سوزی‌های کم دامنه، مثل آنچه در شرق جنگل‌های هیرکانی اتفاق می‌افتد، شاخص کچ-بایرام کمکی نمی‌کند و این شاخص مک-آرتور است که بسیار خوب می‌تواند مناطق با قابلیت آتش‌سوزی را مشخص کند. بنابراین با بررسی شاخص مک-آرتور بهتر می‌توان مناطق پرخطر را تحلیل کرد، زیرا هم شامل شاخص کچ -بایرام است و هم پارامترهای سرعت باد و حداقل رطوبت را به‌کار می‌گیرد. اگرچه ممکن است در واقعیت در تاریخ‌های با خطرپذیری بالا از نظر شاخص مک-آرتور آتش‌سوزی رخ ندهد؛ اما عوامل مختلفی در ایجاد آتش‌سوزی‌ها تأثیرگذار هستند که یکی از مهمترین آنها شرایط آب‌وهوایی منطقه در روزهای همراه با آتش‌سوزی است که ممکن است در ایجاد بعضی از آتش‌سوزی‌ها اثری نداشته باشند، اما در شدت و گسترش آتش‌سوزی‌ها قطعاً تأثیرگذار خواهند بود.

منابع مورد استفاده

- ادهمی مجرد، م.، مستوری، م. و هنردوست، ف.، ۱۳۹۰. پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی و تجزیه‌وتحلیل آن با استفاده از روش فرانسیلا، (مطالعه موردی: عرصه‌های منابع طبیعی استان گلستان). نخستین همایش بین‌المللی آتش‌سوزی در عرصه‌های منابع طبیعی، گرگان، ایران، ۱-۱۲.
- اسکندری، س.، ۱۳۹۴. رابطه بین تغییر اقلیم و آتش سوزی در جنگل های استان گلستان، دو فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات حمایت و حفاظت جنگلها و مراتع ایران، ۱۳ (۱): ۱-۱۰.
- بذرافشان، ا.، علیزاده پایین افراکتی، ا. و معینی، ا.، ۱۳۸۶. استفاده از مدل‌ها و شاخص‌های مختلف برای پیش‌بینی وقوع آتش‌سوزی در جنگل و مرتع. دومین همایش مقابله با سوانح طبیعی. دانشگاه تهران، تهران، ایران.
- خلج، ع. و پور قاسم، م.، ۱۳۹۱. بررسی وضعیت بارش، دما، رطوبت و باد در سه‌ماهه بحران آتش‌سوزی در جنگل‌های استان گلستان، دومین کنفرانس بین‌المللی مخاطرات محیطی، تهران، ایران.
- درویشی، ل.، قدس خواه دریایی م. و غلامی، و.، ۱۳۹۲. ارائه مدل منطقه‌ای به منظور پهنه‌بندی خطر وقوع آتش‌سوزی در جنگل‌های شهرستان درود (مطالعه موردی منطقه بابا حر). دو فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات حمایت و حفاظت جنگلها و مراتع ایران، ۱۱ (۱): ۱۰-۲۰.
- فرهی، ا.ا.، قدس خواه دریایی، م.، محمدی سمانی، ک. و امین املشی، م.، ۱۳۹۱. بررسی مناطق حساس و بحرانی آتش‌سوزی با تأکید بر خشکسالی با استفاده از GIS، PDSI وAHP (مطالعه موردی: جنگل سراوان استان گیلان)، دو فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات حمایت و حفاظت جنگلها و مراتع ایران، ۱۰ (۲): ۸۳-۱۰۱.
- گراوند، س.، یارعلی، ن. و صادقی کاجی، ح.، ۱۳۹۲. تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی با استفاده از GIS مطالعه موردی: (عرصه‌های طبیعی استان لرستان)، دومین همایش ملی تغییر اقلیم و تأثیر آن بر کشاورزی و محیط‌زیست، ارومیه، ایران.
- ماهینی، ع.، ۱۳۹۰. ضرورت و امکان پیش‌بینی مناطق مستعد آتش‌سوزی و الگوی توسعه آتش در جنگل ها، همایش بین‌المللی آتش سوزی در عرصه های منابع طبیعی، گرگان، ایران.
- محمدی سرواله، ف.، پیر باوقار، م. و شعبانیان، ن.، ۱۳۹۲. تهیه نقشه خطر آتش سوزی جنگل براساس عوامل فیزیوگرافی، انسانی و اقلیمی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در سروآباد استان کردستان. دو فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات حمایت و حفاظت جنگلها و مراتع ایران، ۱۱ (۲): ۹۷-۱۰۷.
- Albertson, K., Jonathan, A., Gina, C., and Julia, M., 2010. Climate Change and the future occurrence of moorland wild fires in the peak District of the UK. Climate Research, 1-14.
- Dolling, K., Pao-Shin, C., and Fujioka, F., 2005. A climatological study of the Keetch-Byram drought index and fire activity in the Hawaiian Islands. Agricultural and Forest Meteorology, 133: 17–27.
- Dowdy, J.A., A Mills, G., Finkele, K., and de Groote, W., 2009. Australian fire weather as represented by the McArthur forest fire danger index and the canadian forest fire weather index. CAWCR Technical Report, Centre for Australian Weather and Climate Research. http://www.cawcr.gov.au/publications/technicalreports/CTR 010.pdf
- Noble, I.R., Bary, G.A.A., and Gill, A.M., 1980. McArthur's fire danger meters expressed as

www.SID.ir

Archive of SID

equations. Australian Journal of Ecology, 5: 201–203.
– Ruoyun, N., and Panmao, Z., 2009. Study on forest fire danger over Northern China during the recent 50 year. Climatic Change, 111: 723–736.
– Patrick, H., Freeborn, A.C., Mark, A., Cochrane, B., and Matt Jolly, W.A., 2016. Relationships between fire danger and the daily number and daily growth of active incidents burning in the northern Rocky Mountains, USA. International Journal of Wildland Fire, 24 (7): 900–910.
– Taufik, M., Setiwan, B., Henny, A.J., and Lanen, V., 2014. Modification of a fire drought index for tropical wetland ecosystems by including water table depth. Agricultural and Forest Meteorology, 203: 1–10.
– Tian, X., Shu, L., Wang, M., Zhao, F., and Chen, L., 2013. The fire Danger and Fire Regime for the Daxing'anling Region for 1987- 2010. Procedia Engineering, 62: 1023–1031.
– Wastl, C., Christian, S., Michael, L., Gianni, P., and Annette, M., 2012. Recent climate change: Long-term trends in meteorological forest fire danger in the Alps, Agricultural and Forest Meteorology, Volumes 162–163, 15 September 2012, Pages 1–13.

www.SID.ir