

مقایسه بین میزان تأثیر پارامترهای تبخیر و تعرق مرجع و رطوبت نسبی روی وقوع آتش سوزی در جنگل های زاگرس (مطالعه موردی: استان خوزستان)

سجاد عالی محمودی سراب^{۱*}، جهانگیر فقهی^۲، افشین دانه کار^۲ و پدram عطارد^۲

*- نویسنده مسئول، دانش آموخته کارشناسی ارشد جنگل داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران.

پست الکترونیک: sajadali@ut.ac.ir

۲- دانشیار، گروه جنگل داری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران

۳- دانشیار، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۰/۰۹

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۲/۰۲

چکیده

این تحقیق در ناحیه رویشی زاگرس در استان خوزستان با هدف مقایسه بین میزان تأثیر پارامترهای تبخیر و تعرق مرجع و رطوبت نسبی بر احتمال وقوع آتش سوزی انجام شد. داده های ماهانه تبخیر و تعرق و رطوبت نسبی برای تهیه نقشه مربوطه تهیه شد. پس از تهیه نقشه پتانسیل خطر، استانداردسازی و طبقه بندی آن براساس روش های متداول برای هر دو پارامتر انجام شد. نتایج نشان داد از نظر پارامتر تبخیر و تعرق مرجع، ۱۶/۸ درصد از مساحت منطقه دارای خطر بسیار زیاد می باشد و ۲۱/۷ درصد از منطقه در معرض خطر زیاد نسبت به وقوع آتش سوزی است. در حالی که پتانسیل خطر وقوع آتش سوزی نسبت به نقشه پارامتر رطوبت نسبی نشان داد که در مجموع حدود ۴۴/۵ درصد از سطح کل منطقه دارای پتانسیل خطر زیاد نسبت به وقوع آتش سوزی می باشد. آزمون کارایی نقشه پهنه بندی خطر آتش سوزی با استفاده از مناطق آتش سوزی شده انجام شد. نتایج نشان داد که کارایی نقشه پهنه بندی خطر آتش سوزی بر اساس رطوبت نسبی ارائه شده در ارزیابی خطر وقوع آتش سوزی دقت بالاتری از تبخیر و تعرق مرجع دارد. بنابراین پیشنهاد می شود در مطالعات بعدی و برای نواحی با شرایط مشابه با جنگل های زاگرس بجای استفاده از نقشه تبخیر و تعرق مرجع که تهیه آن نیاز به صرف زمان بیشتری دارد، از نقشه رطوبت نسبی استفاده شود.

واژه های کلیدی: آتش سوزی، تغییر اقلیم، زمین آمار، سیستم اطلاعات جغرافیایی، زاگرس.

مقدمه

کیلومتر مربع جنگل و مرتع دارد که از این مقدار ۸۹۵۴/۳ کیلومتر مربع پوشش جنگلی و ۲۴۹۶۶/۵ کیلومتر مربع دارای پوشش مرتع می باشد. آتش سوزی بزرگترین دشمن حیات وحش و گیاهان است (Kandya *et al.*, 1998). آمار میزان خسارت آتش سوزی نشان می دهد که در غرب ایران در سال ۱۳۷۶، ۳۰۰ فقره

ناحیه رویشی زاگرس وسیع ترین منطقه جنگلی کشور با بیش از ۵/۵ میلیون هکتار، وسعتی حدود ۴۰ درصد کل جنگل های کشور را دربر می گیرد و پوشش غالب و گونه اصلی این جنگل ها بلوط می باشد (کوچ پیده و کیخسروی، ۱۳۸۷). استان خوزستان حدود ۳۳۹۲۰/۸

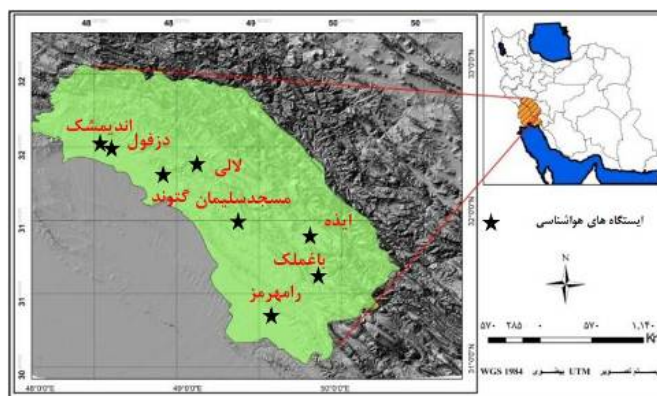
می‌باشند، اما دانستن میزان تأثیر هر یک از عوامل روی وقوع و گسترش این پدیده ضروریست.

دلیل انتخاب پارامتر تبخیر و تعرق مرجع، نبود مطالعات قبلی در ایران روی میزان تأثیر این پارامتر روی وقوع آتش‌سوزی است. همچنین از آنجایی که بین رطوبت نسبی و میزان تعرق همبستگی منفی وجود دارد، و احتمال اینکه داده‌های تبخیر و تعرق نقش بهتری در پیش‌بینی وقوع آتش‌سوزی داشته باشند، این مطالعه انجام شد. بنابراین، بطور کلی هدف از این تحقیق مقایسه بین میزان تأثیر پارامترهای تبخیر و تعرق مرجع و رطوبت نسبی روی وقوع و گسترش آتش‌سوزی در عرصه‌های منابع طبیعی بود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: این منطقه دربرگیرنده شهرستان‌های اندیمشک، دزفول، مسجدسلیمان، (مسجدسلیمان، گنوند، لالی)، ایذه، باغملک، و رامهرمز می‌باشد که با مساحتی حدود ۲۳۸۷۷ کیلومتر مربع در امتداد شمال‌شرق تا شمال‌غرب استان خوزستان گسترش یافته است. متوسط ارتفاع از سطح دریا برابر ۴۷۸ متر و متوسط میزان بارندگی و دمای آن به ترتیب برابر ۵۲۰ میلیمتر و ۲۲/۳ درجه سانتی‌گراد است. از کل سطح منطقه که در شمال استان خوزستان واقع شده است، حدود ۱۴۱۲۴۲۱ هکتار جنگل و مرتع می‌باشد و با توجه به سطح کل استان خوزستان (۶۴۰۵۷ کیلومتر مربع)، حدود ۲۲ درصد از سطح استان را می‌پوشاند. این منطقه با توجه به تنوع پوشش گیاهی مناسب (اعم از بیشه‌ای و جنگلی - مرتعی بخصوص در ارتفاعات زاگرس)، طولانی بودن طول دوره خشکی، وابستگی زیاد ساکنان این عرصه به منابع طبیعی و همچنین نبود آموزش‌های لازم، مورد تهدید آتش‌سوزی است.

آتش‌سوزی حادث شده است که در نتیجه ۱۵۰۰ هکتار مرتع و ۴۰۰ هکتار جنگل از بین رفته است. در همین سال ۵۳۰۰ هکتار از جنگل‌ها و مراتع استان خوزستان در اثر ۱۴ فقره آتش‌سوزی طعمه حریق گردید. در سال ۱۳۷۷ که خشکی بی‌سابقه‌ای در کشور حکم‌فرما بود، این میزان به ۹۹۸ فقره آتش‌سوزی با وسعت ۲۰۶۷۱۳ هکتار رسید (Banj Shafiee, 1385). Balatsos و همکاران (۲۰۰۷) با استفاده از روش‌های آماری و بکارگیری آزمون کرنال و داده‌های آتش‌سوزی‌های اتفاق افتاده در یونان به زون‌بندی مناطق خطرپذیر پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که ۶۰ درصد آتش‌سوزی‌های اتفاق افتاده در مناطق با خطر بالا قرار داشتند. Zumbrunnen و همکاران (2011) برای تعیین و درک اثر عوامل انسانی و عوامل آب و هوایی (دما و رطوبت نسبی) روی وقوع آتش‌سوزی‌های اتفاق افتاده در جنگل‌های سوئیس از داده‌های اقلیمی، تغییرات پوشش جنگلی، تراکم جمعیت و تراکم جاده در دو منطقه جنگلی که از نظر آب و هوایی کاملاً متفاوت بود، در یک دوره زمانی ۲۰۰۸-۱۹۰۴ استفاده کردند. نتایج آنان نشان داد اقلیم نقش کلیدی در وقوع آتش‌سوزی‌ها داشته است. همچنین این تحقیق نشان داد که بین پارامترهای مذکور و وقوع آتش‌سوزی رابطه غیرخطی برقرار می‌باشد، مخصوصاً زمانی که نقش عوامل انسانی افزایش پیدا کنند. Gortmaker (2011) در فرانسه با استفاده از معیارهای شیب، جهت، رطوبت نسبی و دما و تبخیر و تعرق، فاصله از جاده، سکونت‌گاه، روستا، کشاورزی و نوع پوشش گیاهی نقشه خطر آتش‌سوزی تهیه کرد. رطوبت نسبی یکی از عوامل بسیار مؤثر و شاید بتوان گفت که مهمترین عامل در راستای جلوگیری از وقوع و گسترش آتش‌سوزی در عرصه‌های طبیعی می‌باشد (Aleemahmoodi *et al.*, 2013). عوامل اقلیمی بطورکلی روی وقوع و گسترش آتش‌سوزی مؤثر



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان خوزستان

$$ET_0 HG = 0.0135 \times ((T_{mean} + 17/8) \times Kr) \times \sqrt{T_{max} - T_{min}} \times R_a \quad (\text{رابطه ۱})$$

می‌شود. در تحقیق حاضر این ضریب با توجه به ارتفاع از سطح آب‌های آزاد، مطابق رابطه ۲ تصحیح شده است.

$$Kr = (1 + 0.27 \times 10^{-5} \times Z) \times 0.16 \quad (\text{رابطه ۲})$$

و در نهایت برای مقادیر تبخیر و تعرق بر اساس واریوگرام از قبل محاسبه، پیش‌بینی و نقشه مکانی آن بدست آمد، سپس به منظور ارزیابی صحت مدل معیار MAE محاسبه شد.

$$MAE = N^{-1} \sum_{i=1}^N |P_i - O_i| \quad (\text{رابطه ۳})$$

میزان خطای برآورد با استفاده از رابطه (۳) بدست آمد که N تعداد مشاهدات و O: مقدار مشاهده شده، میانگین مقادیر مشاهده شده و p: مقدار پیش‌بینی شده است.

نتایج

نتایج واریوگرافی در شکل ۲ بیان شده است. سپس براساس معیارهای بدست آمده درونیابی انجام شد. نتایج صحت‌سنجی درونیابی انجام شده در جدول ۱ بیان شده است.

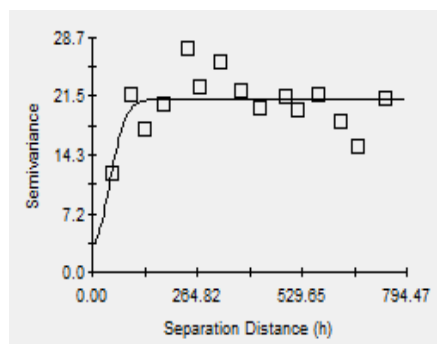
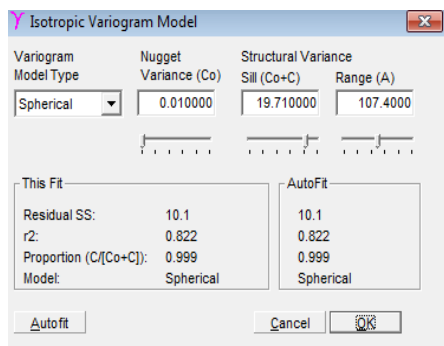
روش تحقیق

یکی از عوامل مؤثر بر وقوع آتش‌سوزی در مناطق جنگلی و مرتعی میزان تبخیر و تعرق منطقه می‌باشد. منظور از تبخیر و تعرق، میزان تبخیر از محیط و همچنین میزان تعرقی که از پوشش گیاهی آزاد می‌گردد، است (عزیزی و همکاران، ۱۳۸۸). از دست رفتن رطوبت مواد سوختی، خطر وقوع و گسترش آتش‌سوزی را افزایش می‌دهد. بنابراین از میانگین داده‌های ماهانه در طی دوره ۱۲ ساله برای تهیه نقشه تبخیر و تعرق و نقشه رطوبت نسبی استفاده گردید (Karim & Eslamian, Aleemahmoodi, 2013). برای تبدیل داده‌های نقطه‌ای به داده‌های سطحی و تهیه نقشه رستری پارامتر رطوبت نسبی و تبخیر و تعرق از روش درونیابی استفاده شد. برای تهیه داده‌های تبخیر و تعرق مرجع از فرمول Hargreaves استفاده شد (Allen et al., 1998؛ فتحی‌زاده، ۱۳۹۰).

در این رابطه T_{min} ، T_{max} و T_{mean} به ترتیب حداکثر، حداقل و معدل دمای روزانه در طول هر سال، R_a بر حسب $(MJ \ m^{-2} \ d^{-1})$ تابش فرازمینی، ضریب Kr برای منطقه مورد مطالعه و Z نیز ارتفاع از سطح آب‌های آزاد می‌باشد. ضریب Kr معمولاً برای مناطق ساحلی 0.19 و مناطق کوهستانی 0.16 (Watanabe et al., 2004) و مناطق مسطح 0.17 (Bandyopadhyay et al., 2008) فرض

جدول ۱- نتایج صحت‌سنجی تخمین تبخیر و تعرق

نوع مدل	ضریب تبیین (R)	میانگین خطای مطلق (MAE)
کروی	۰/۹۱	۰/۷۶۱۲۳



شکل ۲- آماره‌های واریوگرافی تبخیر و تعرق مرجع از منطقه مورد مطالعه

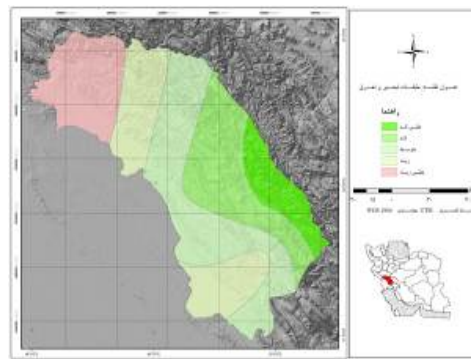
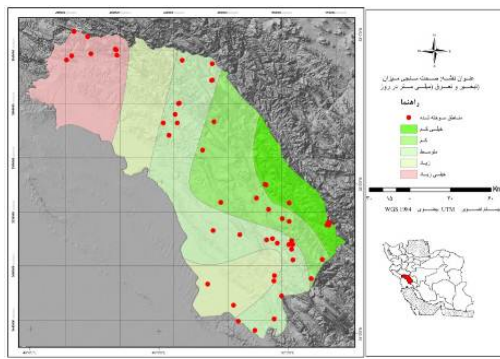
سوخته شده و نقشه پتانسیل خطر آتش‌سوزی روی هم قرار گرفتند. نتایج این فرایند نشان داد که طبقه با درجه خطرپذیری متوسط با ۳۰/۹ درصد و طبقه با درجه خطرپذیری خیلی کم ۹/۱۶ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین میزان درصد مساحت را به خود اختصاص دادند. همچنین نتایج نشان داد که از نظر تعداد وقوع آتش‌سوزی در هر هکتار در هر طبقه، طبقه یک و طبقه سه بیشترین تعداد وقوع را داشته‌اند. تعداد آتش‌سوزی در هکتار از تقسیم تعداد آتش‌سوزی در هر طبقه به مساحت آن بدست آمد (جدول ۲ و شکل ۴).

نقشه تبخیر و تعرق منطقه براساس داده‌های دوره آماری استفاده شده، بدست آمد (شکل ۳). براساس مرور منابع نقشه بدست آمده ابتدا استانداردسازی انجام شد، سپس نقشه مربوطه براساس ارزش‌های آن به پنج طبقه مساوی تقسیم شد. پس از طبقه‌بندی نقشه تبخیر و تعرق به دست آمده، نتایج نشان داد که بیشترین درصد مساحت مربوط به طبقه ۳ یعنی اهمیت متوسط می‌باشد (جدول ۲).

به‌منظور بررسی صحت نقشه پتانسیل خطر آتش‌سوزی بر اساس پارامتر تبخیر و تعرق، ابتدا نقشه مناطق سوخته شده با استفاده از GPS و انجام مطالعات میدانی تهیه شد. سپس با استفاده از فرایند روی‌هم‌گذاری نقشه‌ها، نقشه مناطق

جدول ۲- مساحت طبقه‌های مختلف تبخیر و تعرق و درجه خطرپذیری

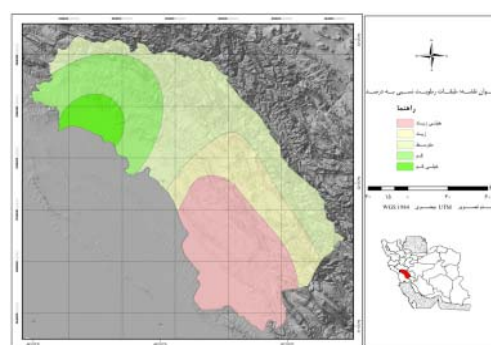
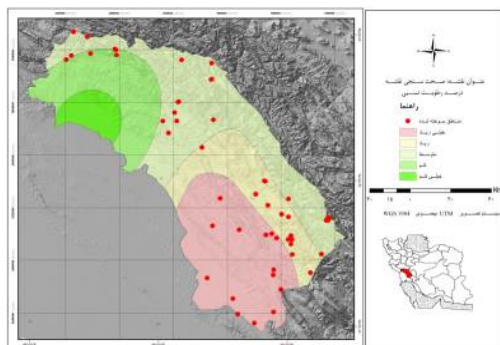
طبقه	میزان تبخیر و تعرق مرجع (میلیمتر در روز)	درجه خطرپذیری	درصد مساحت هر طبقه	تعداد آتش‌سوزی در هکتار در هر طبقه
۱	کمتر از ۱۳	خیلی کم	۹/۱۶	۰/۰۰۳
۲	۱۳-۱۳/۴	کم	۲۱/۴	۰/۰۰۱
۳	۱۳/۴-۱۳/۸	متوسط	۳۰/۹	۰/۰۰۳
۴	۱۳/۸-۱۴/۲	زیاد	۲۱/۷	۰/۰۰۰۸
۵	بیشتر از ۱۴	خیلی زیاد	۱۶/۸	۰/۰۰۲



شکل ۳- نقشه پتانسیل خطر آتش‌سوزی بر اساس میزان تبخیر در عرصه مورد مطالعه
شکل ۴- پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی براساس تبخیر و تعرق و موقعیت آتش‌سوزی‌های گذشته

متوسط با $2/33$ درصد و طبقه با درجه خطرپذیری خیلی کم $14/5$ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین میزان درصد مساحت را به خود اختصاص دادند (شکل ۵)، ولی از نظر تعداد وقوع آتش‌سوزی در هر هکتار طبقه چهار (احتمال خطر زیاد) و طبقه پنج (احتمال خطر خیلی زیاد) بیشترین تعداد وقوع در هکتار را داشته‌اند (جدول ۳، شکل ۶).

پس از تهیه نقشه رطوبت نسبی، براساس مرور منابع و بعد از استانداردسازی ارزش‌های نقشه رطوبت‌نسبی به پنج طبقه تقسیم شد. ارزیابی کارایی نقشه پهنه‌بندی خطر وقوع آتش‌سوزی از طریق بررسی قرارگیری آتش‌سوزیهای گذشته در پهنه خطر آتش‌سوزی بالا و خیلی بالا انجام شد. نتایج این فرایند نیز نشان داد که طبقه با درجه خطرپذیری



شکل ۵- نقشه پتانسیل خطر آتش‌سوزی بر اساس میزان رطوبت نسبی در عرصه مورد مطالعه
شکل ۶- نقشه پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی براساس رطوبت نسبی و موقعیت آتش‌سوزی‌های گذشته

جدول ۳- مساحت طبقه‌های مختلف زیرمعیار رطوبت نسبی

طبقه	میزان رطوبت نسبی (درصد)	درجه خطرپذیری	درصد مساحت هر طبقه	تعداد آتش‌سوزی در هکتار
۵	کمتر از ۵۸	خیلی زیاد	۲۸/۵	۰/۰۰۲۶
۴	۵۸-۵۸/۹۹	زیاد	۱۵/۹۶	۰/۰۰۳
۳	۵۹-۵۹/۹۹	متوسط	۳۳/۲	۰/۰۰۲۱
۲	۶۰-۶۰/۹۹	کم	۱۷/۱۵	۰/۰۰۱
۱	بیشتر از ۶۱	خیلی کم	۵/۱۴	۰

بحث

آتش‌سوزی‌ها از پدیده‌های طبیعت هستند که ممکن است شکل، ساختار و پراکنش گونه‌ها را تحت تأثیر قرار دهند (Zumbrunnen *et al.*, 2011). پارامترهای اقلیمی مختلفی در ایجاد و گسترش آتش‌سوزی مؤثر می‌باشند. نتایج بررسی فرایند تبخیر و تعرق نشان داد که طبقه سه با درجه خطرپذیری متوسط و طبقه یک با درجه خطرپذیری خیلی کم به ترتیب بیشترین و کمترین میزان درصد مساحت را به خود اختصاص دادند. بنابراین استفاده از تبخیر و تعرق نتوانست بخوبی مناطق خطرپذیر را مشخص نماید. همچنین از نظر تعداد وقوع آتش‌سوزی در هر هکتار، طبقه یک (منطقه بدون خطر) و طبقه سه (منطقه با خطر وقوع بالا) هر دو با میزان ۰/۰۰۳ آتش‌سوزی در هر هکتار بیشترین تعداد وقوع در هکتار را داشته‌اند. واضح است که این طبقات (۱ و ۳) و مخصوصاً طبقه یک از نظر درجه خطرپذیری دارای اهمیت پایینی می‌باشند. این نتایج نشان می‌دهد که برای تهیه نقشه پتانسیل خطر آتش‌سوزی در منطقه مورد مطالعه، تهیه نقشه تبخیر و تعرق بر اساس دمای محیط مناسب نمی‌باشد و می‌توان از این پارامتر صرف‌نظر کرد. یکی از دلایل مهم در این راستا می‌تواند به شرایط منطقه مربوط شود. این پارامتر بر اساس فرمول Hargreaves بدست آمد. و در این فرمول دمای محیط نقش زیادی دارد، بنابراین می‌توان گفت که دامنه نوسان‌های تغییرات دما در منطقه مورد مطالعه چندان گسترده نبوده و این پارامتر نتوانسته به درستی وجود آتش‌سوزی‌ها را در طبقات مختلف بطور مطلوب نشان دهد. همچنین ممکن است در مناطق با تبخیر و تعرق بالا، پوشش گیاهی کم باشد و این عامل سبب کاهش تعداد وقوع آتش‌سوزی در منطقه شده باشد. Arroyo و همکاران (۲۰۰۸) بیان کردند که تبخیر و تعرق بالا، بارندگی پایین و خاک کم‌عمق سبب کاهش پوشش گیاهی می‌شود. به‌طورکلی از نظر میزان تکرار آتش‌سوزی در طبقات مختلف تبخیر و تعرق هیچ روند خاصی مشاهده نشد. از دلایل مهم دیگر در

رسیدن به نتیجه شاید کم بودن دامنه دمایی در منطقه مورد مطالعه باشد. همینطور نتایج نشان داد از نظر پارامتر رطوبت نسبی و تعداد وقوع آتش‌سوزی در هر هکتار، طبقه چهار (احتمال خطر زیاد) و طبقه پنج (احتمال خطر خیلی زیاد) بیشترین تعداد وقوع در هکتار را داشته‌اند که به ترتیب برابر با ۰/۰۰۲۶ و ۰/۰۰۳ بدست آمد. بنابراین با توجه به این نتایج و اینکه این پارامتر توانسته است محدوده‌های پتانسیل خطر را به خوبی از هم تفکیک نماید، در مطالعات آینده می‌توان از این پارامتر استفاده نمود. محققان زیادی مثل Lymberopoulos *et al.*, 2011 و Gortmaker, 2011 برای تعیین مناطق دارای پتانسیل خطر از این پارامتر استفاده کردند که این امر بیانگر اهمیت این پارامتر می‌باشد. اسحاقی (۱۳۹۳) برای پهنه‌بندی احتمال خطر وقوع آتش‌سوزی در پارک ملی گلستان از الگوریتم‌های ناپارامتریک شبکه عصبی مصنوعی، ماشین بردار پشتیبان و رندوم فارست و از فاکتورهای اقلیم، توپوگرافی و پوشش گیاهی استفاده کرد. نقشه احتمال خطر وقوع آتش‌سوزی بدست آمده به ۴ طبقه کم‌خطر، متوسط خطر، پرخطر و خطرناک پهنه‌بندی گردید. ارزیابی صحت طبقه‌بندی نقشه‌های حاصل از مدل‌سازی با معیار صحت کلی با استفاده از ۷۰ درصد نقاط آتش‌سوزی باقی‌مانده انجام شد. Salamati و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از GIS و AHP نقشه خطر آتش‌سوزی در استان گلستان را تهیه کردند. نتایج آنان نشان داد فقط ۴۰ درصد از کل منطقه مورد مطالعه در محدوده خطر بسیار زیاد و محدوده خطر زیاد قرار داشت. براساس این تحقیق میانگین رطوبت نسبی سالیانه بیشترین وزن و متوسط دمای سالیانه کمترین وزن را در بین پارامترهای اقلیمی به خود اختصاص دادند که این با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. در تحقیق حاضر نیز مشخص شد که استفاده از مدل‌هایی که دمای محیط در آنها نقش زیادی دارد نمی‌تواند معیار خوبی برای بررسی مناطق خطرپذیر باشد و از طرف دیگر رطوبت نسبی دقت

آتش‌سوزی استفاده گردد.

منابع مورد استفاده

- عزیزی، ق.، حنفی، ع.، سلطانی، م.، ۱۳۸۸. برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل از طریق رگرسیون چندمتغیره در استان اصفهان. فصلنامه علمی - پژوهشی جغرافیا، ۳(۱۱): ص ۷۷-۹۲.
- کوچ‌پیده، ن. و کیخسروی، د.، ۱۳۸۷. تاریخ تحول منابع طبیعی ایران. سازمان جنگل‌ها و مراتع و آبخیزداری کشور، انتشارات نشر پونه، ۹۶ ص.

- Aleemahmoodi, S. S., 2013. Applying GIS and Multi Criteria Evaluation in Forest and Rangeland Fire Risk Zoning (case study: A Part of Zagros vegetation Region). M.Sc. Thesis, University of Tehran, 109 P.
- Aleemahmoodi, S. S., Fegghi, J., Jabbarian, A.B., Danehkar, A. and Attarod, P., 2013. Applying the Nnatural Resources, 2(66):191-201.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D. and Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage, Rome, Italy, Paper 56.
- Arroyo, A. L., Pascual, C. J. and Manzanera, A., 2008. Fire models and methods to map fuel types: The role of remote sensing. Forest Ecology and Management, 256: 1239-1252.
- Balatsos, P., Kalabokidis, K. and Koutsias, N., 2007. Fire Risk Zoning at National Level in Greece: Methodological Approach and Outcome. Sevilla Espana, Wildfire.
- Bandyopadhyay, A., Bhadra, A., Raghuvanshi, NS. and Singh, R., 2008. Estimation of monthly solar radiation from measured air temperature extremes. Agriculture for Meteorology, 148: 1707-1718.
- Banj Shafiee, A., 1385. Impact of forest fires on ecological characteristics of Chlyr 4th Series. PhD thesis, University of Tarbiyat Modares, page 182.
- Eshaghi, M. 2014. Efficiency investigation of non-parametric algorithms in improvement of forest fire risk modeling in. Golestan National Park. M.Sc. thesis, University of Agricultural Sciences & Natural Resources, 122 p.
- Eskandari, S., Oladi Ghadikolaie, J., and Jalilvand, H., 2013. Efficiency Evaluation of Dong Model for Determination of Fire Risk Potential in Zarrin Abad Forests. Mazandaran province. Rangeland and Forest Plant Breeding and Genetic Research, 21(3): 439-451.

پقابل قبولی از خود نشان داد. Mahdavi و همکاران (۲۰۱۱) نیز در استان ایلام برای تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی از GIS و AHP بهره جستند که نتایج این مطالعه نیز نشان داد ۵۰ درصد آتش‌سوزی‌ها در طبقه پرخطر قرار داشتند. Eskandari و همکاران (2013) نیز با ارزیابی مدل Dong به تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی در استان مازندران پرداختند. البته در این تحقیق از داده‌های اقلیمی استفاده نشد. نتایج نشان داد که ۴۰ درصد مناطق سوخته شده در نواحی با درجه خطر زیاد و خیلی زیاد قرار گرفتند. بطور کلی این تحقیق نشان داد که اگر زیرمعیار تبخیر و تعرق با استفاده از دمای محیط محاسبه گردد، در منطقه مورد مطالعه دارای میزان کارایی پایینی در بررسی وقوع آتش‌سوزی خواهد داشت. ولی زیرمعیار رطوبت نسبی دارای اثر زیادی بر وقوع این پدیده می‌باشد. Aleemahmoodi و همکاران (2013) نیز در مطالعه سنجش عناصر اقلیمی مؤثر بر وقوع و توسعه آتش‌سوزی جنگل‌های زاگرس با بکارگیری مدل‌های رگرسیون در شهرستان ایذه به این نتیجه رسیدند که دمای محیط بر وقوع آتش‌سوزی در عرصه مورد مطالعه تأثیر ضعیفی داشته، همچنین بیان کردند که مهمترین پارامتر مؤثر بر وقوع و گسترش آتش‌سوزی در این شهرستان حداقل رطوبت نسبی می‌باشد. این نتایج نشان داد که استفاده از معیار رطوبت نسبی در پهنه‌بندی خطر وقوع آتش‌سوزی کارا می‌باشد. این معیار نشان داد که سطوح مناطق خطرپذیر نسبت به وقوع این پدیده کمتر از ۵۰ درصد از کل مساحت منطقه را شامل می‌شود، ولی بیشترین میزان وقوع این پدیده در این سطح به نسبت کم اتفاق افتاده است و مدیران باید برای جلوگیری از وقوع آتش‌سوزی در این ناحیه پرخطر اقدامات لازم را مبذول نمایند تا از میزان خسارت‌ها کاسته شود. بنابراین پیشنهاد می‌گردد در مطالعات بعدی از مدل‌های دیگر که متغیرهای دیگر از جمله پوشش گیاهی را دربر گیرند و در آنها دمای محیط دارای نقش کمتر و رطوبت نسبی دارای نقش بیشتری باشد، برای تعیین مناطق دارای پتانسیل خطر

- Mahdavi, A., Fallahshamsi, R., Nazari, R. and Heidari, M., 2011. Provision of fire risk map in forest and pasture lands in Ilam city using AHP. Proceeding of the First International Conference on Fire in Natural Resources, Gorgan, Iran, 26-28 Oct.: 65-78.
- Patah, N. A., Mansor, S. and Mispan, M. R., 2000. An Application of Remote Sensing and Geographic Information System for Forest Fire Risk Mapping. Bulletin of Malaysian Center for Remote Sensing: 54-67.
- Salamati, H., Mostafalou, H., Mastoori, A. and Honardoost, F., 2011. Evaluation and provision of forest fire risk map using GIS in Golestan forests. Proceeding of the First International Conference on Fire in Natural Resources, Gorgan, Iran, 26-28 Oct., 37-47.
- Zumbrennen, T., Pezzatti, G., Menéndez, P., Bugmann, H., Bürgi, M. and Conedera, M., 2011. Weather and human impacts on forest fires: 100 years of fire history in two climatic regions of Switzerland. Forest Ecology and Management. 261(12): 2188-2199.
- Fatthizade, A., 2012. Measurement and Spatial Distribution of Throughfall in High Trees of Persian Oak (*Quercus brantii*) in the Zagross Forests, West of Iran (Case study: Neighboring Forests of Ilam. M.Sc. thesis. University of Tehran, p 11.
- Gortmaker, K., 2011. Forest fire hazard mapping in the LaPeyne area. M.Sc. Thesis Faculty of Geosciences, Utrecht University.
- Kandya, A. K., Kimothi, M. M., Jadhav, R. N. and Agarwal, J. P., 1998. Application of GIS in identification of fire prone areas, a feasibility study in parts of Junagarh (Gujrat, India). Indian Forester, 124(7): 531-535.
- Karimi, J. M., Eslamian, S., 2012. Evaluation of geostatistical methods for estimating potential evapotranspiration. 1st National Conference on Agrometeorology and Agricultural Water Management. University of Tehran, p 11.
- Lymberopoulos, N., padopolous, C., Stefanakis, E., Pantalos, N. and Lockwood, F., 1996. A GIS forest fire management information system. M.Sc. thesis Utrecht University, Faculty of Geosciences, p 61.