

بررسی وضعیت آتش سوزی طبیعی جنگل‌ها در سناریوهای تغییر اقلیم IPCC

امیرحسین سادات رضوی^۱، مجید شفیق پور مطلق^{۲*}، علیرضا نورپور^۳، امیرهوشنگ احسانی^۴

۱- دانشجوی دکترا مهندسی محیط زیست-آلودگی هوا، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

۲* و ۳ و ۴- دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

*ایمیل نویسنده مسئول: shafiepour@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۱۶

چکیده

در این پژوهش، با استفاده از پارامترهای اقلیمی و تغییرات آن‌ها، مدل‌سازی آتش‌سوزی طبیعی جنگل‌ها انجام شده و با استفاده از نتایج مدل، امکان پیش‌بینی آتش‌سوزی‌های طبیعی جنگل‌ها فراهم گردید. سپس با استفاده از خروجی مدل، پیش‌بینی وضعیت آتش‌سوزی طبیعی جنگل‌ها در آینده با توجه به سناریوهای تغییر اقلیم IPCC، انجام شد. نتایج بدست آمده، نشان می‌دهد میانگین دما فقط در سناریوی RCP2.6 زیر ۱ درجه سلسیوس است. بنابراین، در سایر سناریوها، خطر جدی آتش‌سوزی جنگل‌های معتدل را تهدید می‌کند. اما در خصوص جنگل‌های سردسیر، با توجه به اینکه فقط در سناریوی RCP8.5 مقدار میانگین دما بیشتر از ۲/۸ درجه سلسیوس است، خطر جدی آتش‌سوزی در این سناریو احساس می‌شود. البته به این معنا نیست که در سایر سناریوها، خطر آتش‌سوزی در جنگل‌های سردسیر وجود نخواهد داشت؛ بلکه تعداد و وسعت آتش‌سوزی‌ها در سناریوی RCP8.5 بسیار بیشتر از سایر سناریوها است.

کلمات کلیدی

"آتش‌سوزی جنگل‌ها"، "تغییر اقلیم"، "سناریوهای IPCC"

Investigation of Wildfires Status in IPCC Climate Change Scenarios

Amir Hossein Sadat Razavi¹, Majid Shafiepour Motlagh^{2,*}, Alireza Noorpoor³, Amir Houshang Ehsani⁴

1. Ph.D Candidate, Department of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran

2*. Department of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran

3,4. Department of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran

*Email Address: shafiepour@ut.ac.ir

Abstract

In this study, we used climatic parameters and their changes to model the, wildfires and it was possible to predict wildfires using the model outputs (the output is a number). Wildfires status was predicted in the future according to IPCC climate change scenarios. The results show that the average temperature is below 1 ° C only in the RCP2.6 scenario. Thus, there is a serious risk of wildfires at temperate forests in other scenarios. However, the average temperature is more than 2.8 degrees Celsius only in the RCP8.5 scenario at boreal forests. So there is a serious risk of wildfire only in this scenario at boreal forest. Of course, this does not mean that in other scenarios there will be no risk of wildfire in boreal forests; rather, the number and extent of fires in the RCP8.5 scenario is much larger than in other scenarios.

Keywords

"Wildfires", "Climate Change", "IPCC Scenarios"

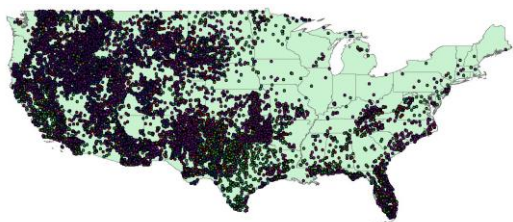
۱- مقدمه

آتش‌سوزی عرصه‌های طبیعی، مانند جنگال‌ها و مراتع، مشکلی اکولوژیک است که امروزه با توجه به وقوع مکرر و میزان تخریب آن‌ها، بسیاری از جوامع علمی و مدیریت منابع طبیعی به آن توجه می‌کنند (Andrews & Queen, 2001). هر سال به طور متوسط حدود ۴ میلیون هکتار از سطح جنگل‌های دنیا در اثر آتش‌سوزی خسارت می‌بینند (Ozbayoglo & Bozer, 2012). وقوع آتش تحت تأثیر عوامل مختلف انسانی و محیط‌زیست است؛ در حالی که بسیاری از تغییرات در نحوه‌ی گسترش و رفتار آتش به عوامل آبهوایی ارتباط دارد (Flannigan & Harrington, 1988; Viegas, 1994; Flannigan & Wotton, 2001; Chuvieco et al., 2008). به جهت روابط پیچیده‌ای که بین رخداد آتش و عوامل مؤثر در آن وجود دارد، یک ملاک کلی برای انتخاب عوامل تأثیرگذار در آتش‌سوزی وجود ندارد (Zarekar et al., 2012). اما پیشرفت‌های شکل گرفته در علم سنجش از دور و سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی طی دهه‌های اخیر، امکانات و ابزارهای دقیق‌تری را در اختیار پژوهشگران قرار داده تا آتش‌سوزی در جنگل‌ها را از جنبه‌های متعدد مورد مطالعه قرار دهند (زراع کار و همکاران، ۱۳۹۲). آتش‌سوزی‌های طبیعی در جنگل‌ها معمولاً در اثر برخورد صاعقه و جرقه‌ها (در جنگل‌های سوزنی برگ)، گرم شدن زمین و تغییر اقلیم، عدم بارش کافی، نبود رطوبت کافی، وزش بادهای گرم، تجمع لاشه‌برگ‌ها و اصطکاک بین لاشه‌برگ‌های خشک به وجود می‌آیند (Adab et al., 2013). طی سال‌های اخیر تحقیقات زیادی انجام شده‌اند که بیانگر احتمال افزایش تعداد و شدت آتش‌سوزی‌ها در آینده‌ی نزدیک هستند (Silva et al., 2015). اجزای مختلف رژیم‌های آتش‌سوزی (تعداد، وسعت و شدت آتش‌سوزی) و رابطه‌ی پیچیده‌ی آن‌ها با ساختار و عملکرد اکوسیستم‌های جنگلی، وابستگی بالایی با آبهوا و اقلیم دارند (Flannigan & Harrington, 1988; Johnson, 1992; Swetnam, 1993). آتش‌سوزی به تغییر اقلیم، بسیار قابل توجه است. بنابراین اگر تغییرات پیش‌بینی شده در اقلیم در آینده به واقعیت تبدیل شود، پیش‌بینی رژیم آتش‌سوزی حاصل از آن و تأثیر آن بر اکوسیستم جنگل امکان‌پذیر خواهد بود (Flannigan et al., 2000). با توجه به موارد فوق، بررسی رابطه‌ی بین گرمایش جهانی و پدیده‌ی آتش‌سوزی دارای اهمیت زیادی است. زیرا اگر تغییرات پیش‌بینی شده در اقلیم در آینده به واقعیت تبدیل شود، پیش‌بینی رژیم آتش‌سوزی حاصل از آن با استفاده از رابطه‌ی بین اقلیم و آتش‌سوزی امکان‌پذیر خواهد بود (Flannigan et al., 2000). این پژوهش در نظر دارد ارتباط بین تغییرات آتش‌سوزی طبیعی جنگل‌ها را با گرمایش جهانی و عوامل محیطی مرتبط، مدل‌سازی کند. مدل‌سازی نقش عوامل اقلیمی و تغییرات آن‌ها در تعداد و وسعت آتش‌سوزی‌های طبیعی جنگل‌ها، تعیین مهم‌ترین عوامل اقلیمی تأثیرگذار در وقوع این آتش‌سوزی‌ها، و بررسی تعداد و وسعت آتش‌سوزی‌ها با متغیرهای اقلیمی در این تحقیق بررسی می‌گردد تا امکان پیش‌بینی آتش‌سوزی‌های طبیعی فراهم شود. در نتیجه می‌توان از خروجی مدل برای پیش‌بینی وضعیت آتش‌سوزی طبیعی جنگل‌ها در آینده با توجه به سناریوهای تغییر اقلیم IPCC استفاده کرد.

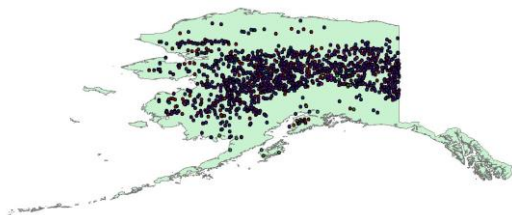
۲- روش انجام تحقیق

• محدوده مورد مطالعه

موارد آتش‌سوزی در این تحقیق از بایگانی داده‌های تحقیقاتی ارایه‌شده توسط وزارت کشاورزی آمریکا (USDA) به دست آمده‌اند (short, 2017). به دلیل اطلاعات جامع و دسترسی به داده‌ها طی سال‌های ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۵، بر روی ایالات‌متحده آمریکا متمرکز شدیم. آتش‌سوزی‌ها تقریباً در سراسر ایالات‌متحده پخش شده‌اند (short, 2017). این بخشی از سیستم تحلیل برنامه اطفاء حریق ملی (FPA) است. داده‌ها مبتنی بر گزارش‌های سازمان‌های آتش‌نشانی فدرال، ایالتی و محلی هستند. یکی از ویژگی‌های ارزشمند این پایگاه داده، علت هر آتش‌سوزی است که مشخص می‌کند آتش به دلایل طبیعی یا توسط انسان آغاز شده‌است. با توجه به هدف این تحقیق، سوابق آتش‌سوزی با منشا انسانی حذف شدند. برای این پروژه، تنها سوابق آتش‌سوزی‌هایی با مساحت زمین سوخته‌ی بیش از ۱ کیلومتر مربع مورد بررسی قرار گرفته‌اند. آتش‌سوزی‌های رخ داده در جنگل‌های استوایی در خارج از محدوده بودند و از این رو از داده‌ها حذف شدند در حالی که آتش‌سوزی‌های آلاسکا در جنگل‌های سردسیر اتفاق می‌افتد و آتش‌سوزی‌های ایالات دیگر در جنگل معتدل رخ می‌دهند. بنابراین، حدود ۱۸۲۰۴ مورد آتش‌سوزی در جنگل‌های معتدل و سردسیر اتفاق افتاد. در شکل ۱ و ۲، نقشه آتش‌سوزی‌ها قابل مشاهده است.



شکل ۱- نقشه آتش‌سوزی‌های جنگل‌های معتدل در آمریکا

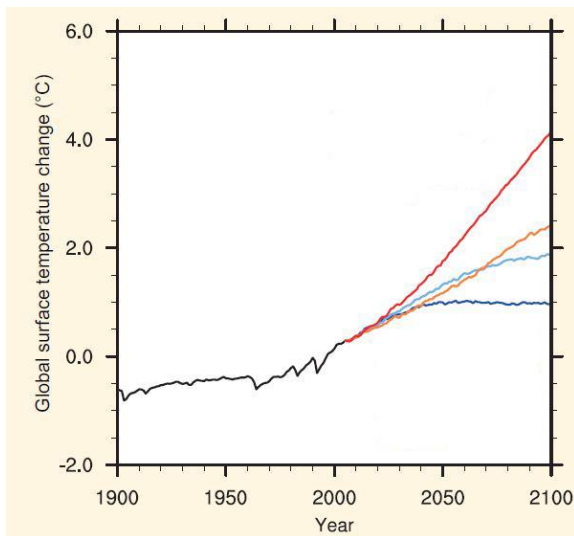


شکل ۲- نقشه آتش‌سوزی‌های جنگل‌های سردسیر در آمریکا

• مدل‌سازی

از شبکه عصبی برای مدل‌سازی مزبور استفاده شده است. معماری شبکه‌ی عصبی مصنوعی (ANN) شامل یک لایه پنهان و یک لایه خروجی می‌باشد. ۶۰٪ داده‌ها برای آموزش، ۲۰٪ برای اعتبارسنجی و ۲۰٪ برای آزمایش و تست مدل استفاده می‌شود. به دلیل عدم کفایت و عدم دسترسی به اطلاعات مربوط به اندازه‌گیری مستقیم آب و هوا و داده‌های اقلیمی ایستگاه‌های سینوپتیکی در اکثر جنگل‌های جهان، از پارامترهای هواشناسی محاسبه‌شده توسط مدل‌های آب و هوایی و ارایه شده توسط ECMWF استفاده کردیم. با استفاده از داده‌های ECMWF، ما داده‌های ERA5 از سال ۱۹۷۹ تا زمان حال را ورودی مدل قرار دادیم.

حدود ۹۰٪ از رکوردهای ورودی به مدل، خروجی بالای ۰/۸ خواهند داشت، یعنی آتش‌سوزی یا خطر جدی برای آتش‌سوزی (SadatRazavi et al., 2020). در خصوص جنگل‌های سردسیر، به ازای افزایش ۲/۸ درجه‌ای در دمای رکوردها نسبت به ۷ روز گذشته، بالغ بر ۵۰٪ از آن‌ها و به ازای افزایش ۳/۵ درجه سلسیوس و بیشتر، بالغ بر ۹۰٪ از رکوردهای ورودی به مدل، خروجی بالای ۰/۸ خواهند داشت، یعنی آتش‌سوزی یا خطر جدی برای آتش‌سوزی (SadatRazavi et al., 2020). اکنون با در نظر گرفتن سناریوهای تغییر اقلیم IPCC، میزان تأثیر افزایش دما بر وقوع آتش‌سوزی‌های طبیعی جنگل‌ها بحث خواهد شد.



شکل ۳- نمودار تغییرات میانگین جهانی دما در سناریوهای مختلف IPCC (سرمه‌ای: RCP2.6، آبی: RCP4.5، نارنجی: RCP6.0، قرمز: RCP8.5) (Collins et al., 2013)

۴- نتیجه‌گیری

با توجه به نمودار تغییرات میانگین جهانی دما در سناریوهای مختلف IPCC که در شکل ۳ نمایش داده شده است، مشاهده می‌شود که میانگین دما فقط در سناریوی RCP2.6 (رنگ سرمه‌ای) زیر ۱ درجه سلسیوس است. بنابراین، در سایر سناریوها، خطر جدی آتش‌سوزی جنگل‌های معتدل را تهدید می‌کند. اما در خصوص جنگل‌های سردسیر، با توجه به اینکه فقط در سناریوی RCP8.5، مقدار میانگین دما بیشتر از ۲/۸ درجه سلسیوس است، خطر جدی آتش‌سوزی در این سناریو احساس می‌شود. البته به این معنا نیست که در سایر سناریوها، خطر آتش‌سوزی در جنگل‌های سردسیر وجود نخواهد داشت؛ بلکه تعداد و وسعت آتش‌سوزی‌ها در سناریوی RCP8.5 بسیار بیشتر از سایر سناریوها است. البته باید در نظر داشت که ورودی مدل، تغییرات دما نسبت به هفت روز گذشته است. اما با توجه به تأثیر سایر پارامترهای ورودی مدل بر وقوع آتش‌سوزی (که در مقاله مستقل دیگری بررسی شده است)، پیشنهاد می‌شود جهت دسترسی به نتایج دقیق‌تر، تأثیر سایر پارامترها نیز بر وقوع آتش‌سوزی‌ها همزمان با تأثیر افزایش دما، در پژوهش دیگری بررسی شود تا تصویر بهتری از وضعیت آتش‌سوزی جنگل‌ها در هر کدام از سناریوها بدست آید.

برای هر آتش‌سوزی، داده‌های مربوط به پارامترهای مورد نظر در روز آتش‌سوزی از ECMWF استخراج شده است. این پارامترها، عبارتند از دما (در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین)، رطوبت نسبی، فشار کل، تبخیر، رطوبت خاک، ذخیره‌ی برف، شاخص خشکسالی کچ-بایرام، بارش، سرعت باد و NDVI. سپس اختلاف هر کدام از پارامترها با میانگین آن پارامتر طی ۷ روز قبل از وقوع آتش‌سوزی محاسبه گردیده است. البته در خصوص NDVI، با توجه به اینکه این پارامتر طی مدت کوتاه تغییری نمی‌کند، میانگین ۷ روزه‌ی آن بجای اختلاف با میانگین ۷ روز قبل از وقوع آتش‌سوزی، برای ورود به مدل، محاسبه شده است. در نهایت، داده‌ها بین صفر و یک، نرمال شده‌اند (data-) (average)/(max-min). در خصوص داده‌های عدم وقوع آتش‌سوزی نیز مشابه همین کار انجام شده است؛ یعنی در یک روز عادی (۳۰ روز قبل از وقوع آتش‌سوزی) در همان مختصات، اختلاف پارامترها با میانگین ۷ روز قبل از آن‌ها محاسبه و سپس دیتابیس، نرمال شده است. این روند، برای هر کدام از انواع جنگل‌ها (سردسیر و معتدل)، به صورت مجزا انجام شده است. سپس مدل شبکه‌ی عصبی برای هر کدام از انواع جنگل‌ها تهیه شده است. هدف مدل، این است که با توجه به پیش‌بینی‌های هواشناسی، مناطقی که طبق خروجی مدل، پیش‌بینی آتش‌سوزی برای آن‌ها می‌شود، شناسایی شوند تا پیش از وقوع حادثه، تمهیدات لازم توسط سازمان‌های مربوطه اندیشیده شود. خروجی مدل، به صورت یک عدد است؛ بدین معنی که اگر خروجی مدل بزرگ‌تر یا مساوی ۱ باشد، یعنی آتش‌سوزی اتفاق می‌افتد و اگر کوچک‌تر یا مساوی صفر باشد، یعنی آتش‌سوزی اتفاق نمی‌افتد. برای اعداد بین صفر تا ۱، یک قرارداد خواهیم داشت؛ بدین صورت که اگر خروجی مدل بزرگ‌تر یا مساوی ۰/۸ باشد، لازم است به سازمان‌های مربوطه هشدار داده شود تا آمادگی برای مقابله با آتش‌سوزی احتمالی را داشته باشند. در صورتی که کمتر از ۰/۵ بود، نیازی به اقدام خاصی نیست. اگر هم بین ۰/۵ تا ۰/۸ بود، آن منطقه تحت پایش قرار می‌گیرد تا اگر طی چند روز آینده، این عدد بیش‌تر شد، به سازمان‌های مربوطه هشدار داده شود. در نهایت از نتایج بدست آمده از خروجی‌های مدل، برای پیش‌بینی وضعیت آتش‌سوزی طبیعی جنگل‌ها در آینده با توجه به سناریوهای تغییر اقلیم IPCC، استفاده شده است.

۳- نتایج

در مقاله دیگری، با استفاده از مدل‌سازی شبکه عصبی، ارتباط بین تغییرات دما و میزان تغییرات در تعداد آتش‌سوزی‌ها را مشخص کردیم (SadatRazavi et al., 2020). نحوه مدل‌سازی، ورودی‌ها و سایر جزئیات، در منبع فوق تشریح شده است که هدف آن مقاله، بررسی ارتباط بین تغییرات پلکانی دما با تغییرات تعداد آتش‌سوزی‌ها بود. در مقاله مزبور، به این نتیجه رسیدیم که افزایش دما، رابطه‌ی مستقیم با افزایش آتش‌سوزی‌های طبیعی (wildfire) جنگل‌ها دارد و با استفاده از پارامترهای محیطی، امکان مدل‌سازی و تعیین این رابطه و در نتیجه پیش‌بینی تغییرات آتش‌سوزی‌های طبیعی جنگل‌ها متأثر از گرمایش جهانی وجود دارد (SadatRazavi et al., 2020). در ادامه، مشخص شد که به ازای افزایش ۱/۱ درجه‌ای دما نسبت به ۷ روز گذشته در جنگل‌های معتدل، بالغ بر ۵۰٪ از ورودی‌های مدل، و به ازای افزایش ۱/۳ درجه سلسیوس یا بیشتر،

منابع

- زرع کار، آ.، کاظمی زمانی، ب.، باقری، س.، عاشق معلا، م.، جعفری، ح.، ۱۳۹۲. تهیه نقشه پراکندگی فضایی خطر آتش‌سوزی جنگل با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره و سامانه اطلاعات جغرافیایی.
- Adab, H., Kanniah, K.D. and Solaimani, K., 2013. Modeling forest fire risk in the northeast of Iran using remote sensing and GIS techniques. *Natural Hazards*, 65(3): 1723-1743.
 - Andrews, P.L., M. Finney & M. Fischetti, 2007. Predicting Wildfires, *Scientific American*, 46-55.
 - Chuvieco, E., Giglio, L., and Justice, C. (2008). Global characterization of fire activity: toward defining fire regimes from Earth observation data. *Global Change Biology*, 14, 1488-1502.
 - Collins, M., R. Knutti, J. Arblaster, J.-L. Dufresne, T. Fichet, P. Friedlingstein, X. Gao, W.J. Gutowski, T. Johns, G. Krinner, M. Shongwe, C. Tebaldi, A.J. Weaver and M. Wehner, 2013: Long-term Climate Change: Projections, Commitments and Irreversibility. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
 - Flannigan, M. D. and Harrington, J. B. (1988). A study of the relation of meteorological variables to monthly provincial area burned by wildfire in Canada, 1953-80. *Journal of Applied Meteorology*, 27: 441-452.
 - Flannigan, M. D. and Wotton, B. M. (2001). Climate, weather and area burned. In: Johnson E.A., Miyanishi K. (eds.), *Forest Fires-Behaviour and Ecological Effects*. Academic Press, San Diego, CA, pp 335-357.
 - Flannigan, M.D., Stock, B.J., Wotton, B.M., 2000. Climate change and forest fires. *The Science of the Total Environment*, 262: 221-229.
 - Johnson, E.A., 1992. *Fire and vegetation dynamics: studies from the North American boreal forest*. Cambridge University Press, Cambridge.
 - Ozbayoglo, A M., and Bozer, R. 2012. Estimation of the burned area in forest fires using computational intelligence techniques. *Procedia Computer Science* 12: 282 – 287.
 - Sadat Razavi, A. H., Shafiepour Motlagh, M., Noorpoor, A., & Ehsani, A. H. (2020). Modeling of wildfire occurrence by using climate data and effect of temperature increments. *Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions*, 1–19.
 - Short, K. C. (2017). Spatial wildfire occurrence data for the United States, 1992-2015 [FPA_FOD_20170508].
 - Swetnam, T.W., 1993. Fire history and climate change in giant sequoia groves. *Science*, 262: 885-889.
 - Viegas, D. X. and Viegas, M. T. (1994). A relationship between rainfall and burned area for Portugal. *International Journal of Wildland Fire*, 4: 11-16.
 - Zarekar A., H. Vahidi, H. Kazemi Zamani, S. Ghorbani and H. Jafari. 2012. Forest fire hazard mapping using fuzzy AHP and GIS, Study area: Gilan province of Iran. *International journal on Technical and physical problems of engineering* 12(3): 47-55.