

پیش بینی رفتار آتش در پارک ملی خبر با استفاده از روش خودکاره های سلولی

فاضل خیرخواه میرزائی^{۱*}، فرزین ناصری^۲، عباس علیمحمدی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی سیستم های اطلاعات مکانی، دانشکده مهندسی عمران و نقشه برداری، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران

۲- استادیار گروه اکولوژی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران

۳- دانشیار گروه سیستم اطلاعات مکانی، دانشکده مهندسی ژئودزی و ژئوماتیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران

چکیده :

آتش سوزی جنگل یکی از مهم ترین خطرات اکولوژیکی محسوب می شود که به عوامل مختلفی بستگی دارد. به همین دلیل پیش بینی صحیح رفتار آتش موضوعی حیاتی در حداقل نمودن اثرات مخرب ناشی از آن می باشد. مدلسازی رفتار آتش که به دلیل اهمیت فراوان جنگل برای بشر، مورد توجه محققین قرار گرفته است به روش های مختلف انجام می شود. در میان این روش های مختلف، روش اتوماتای سلولی به دلیل سادگی و توانایی در مدلسازی سیستم های پیچیده مورد توجه فراوان می باشد که در تحقیق پیش رو نیز از همین روش بهره گرفته شده است. پارامترهای مؤثر در این تحقیق نوع پوشش گیاهی، تراکم پوشش گیاهی، جهت شیب و راه های دسترسی می باشد. در این تحقیق پیش بینی رفتار آتش در ۳۵ مرحله صورت گرفت. پیشروی جبهه آتش به سمت مناطق با تراکم بالای پوشش گیاهی می باشد که با واقعیت سازگاری دارد.

واژه های کلیدی : آتش سوزی جنگل، پیش بینی رفتار آتش، اتوماتای سلولی



۱- مقدمه

با توجه به شناخت ویژگی های جنگل و تأثیر مثبتی که در زندگی انسان می گذارد، جنگل به عنوان یکی از مهم ترین منابع طبیعی تلقی گردیده و حفظ و حراست از آن به وظیفه‌ی بزرگی تبدیل شده است. پوشش گیاهی در جنگل مانع فرسایش خاک می شود زیرا عامل اصلی فرسایش خاک، آب های سطحی و باد می باشند که پوشش گیاهی در مقابل هر دو عامل مقاومت می کند. در مناطقی که پوشش گیاهی بیشتری وجود دارد، آب بیشتری نیز به عمق زمین فرو می رود و از جاری شدن سیل جلوگیری می شود. این امر نشان می دهد که در نواحی جنگلی وقوع سیلاب هم شانس کمتری دارد و همین طور باد نیز به دلیل وجود مانع گیاهی تماس مستقیم کمتری با خاک دارد. رشد درختان در دامنه ها سبب افزایش پایداری خاک می گردد و ریشه درختان با فرو رفتن در خاک های حساس به لغزش مانند ستون هایی عمل کرده و با ایجاد شبکه متراکم ریشه ای، از گسسته شدن قطعات یا بلوک های لغزشی جلوگیری می کنند. یکی دیگر از وظایف مهم جنگل، تولید اکسیژن می باشد، به این صورت که درختان دی اکسید کربن هوا را دریافت و طی عملیات فتو سنتز به اکسیژن تبدیل می کنند. با توجه به زندگی صنعتی و شهری، این ویژگی جنگل تأثیر غیر قابل انکاری در زندگی بشر می گذارد. با توجه به موارد مطرح شده، حفاظت از جنگل از ارکان اصلی توسعه پایدار در هر کشور می باشد. با این حال در همه کشورها تخریب جنگل ها وجود دارد که یکی از فاجعه بار ترین نوع تخریب ها نیز آتش سوزی می باشد [۱].

به طور کلی آتش سوزی می تواند عامل انسانی و یا غیر انسانی داشته باشد. عوامل غیر انسانی مانند صاعقه، وزش باد گرم، ریزش برگ ها و خشک شدن آنها، وجود اشیایی که مانند ذره بین عمل می کنند، می باشند. عوامل انسانی نیز، از عوامل اصلی تخریب درختان می باشند و همان طور که در چند هزار سال گذشته، جمعیت انسان ها افزایش یافته، جنگل زدایی و آلودگی جنگل هم با سرعت بالاتری پیش رفته است. در صورتی که آتش سوزی در جنگل هایی نظیر ایران به مراتب خطرناک تر است زیرا در حال حاضر سطح پوشش جنگلی ایران تنها ۵.۷٪ می باشد که مطابق نظر کارشناسان جهانی از جمله فائو سطح جنگل های هر کشوری کمتر از ۲۵٪ خاک آن کشور باشد، از نظر محیط زیست انسانی در وضعیت بحرانی قرار دارد [۲].

با توجه به تأثیر غیرقابل انکاری که جنگل در زندگی بشر می گذارد اقداماتی در جهت حفاظت از جنگل توسط محققین صورت گرفته است و نکته بسیار مهمی که در این زمینه توجه محققین را به خود جلب کرده است، مدلسازی رفتار آتش می باشد تا در صورت نیاز زیرساخت هایی برای مقابله با آتش در هنگام وقوع ایجاد گردد و در زمان اطفاء حریق نیروهای آتش نشان در صورت آگاهی از رفتار آتش سریع تر می توانند از گسترش آتش جلوگیری کنند. تا کنون محققین برای مدلسازی آتش از روش های گوناگون بهره گرفته اند.

Ljiljana Bodrozic مدلسازی آتش را از سه جنبه در مدیریت بحران مفید دانسته است [۳].

- قبل از شروع آتش سوزی: برای محاسبه خطر در مناطق مختلف
- قبل از آتش سوزی: آموزش آتش نشان ها برای مقابله با آتش
- در حین آتش سوزی: برای برنامه ریزی اطفاء حریق

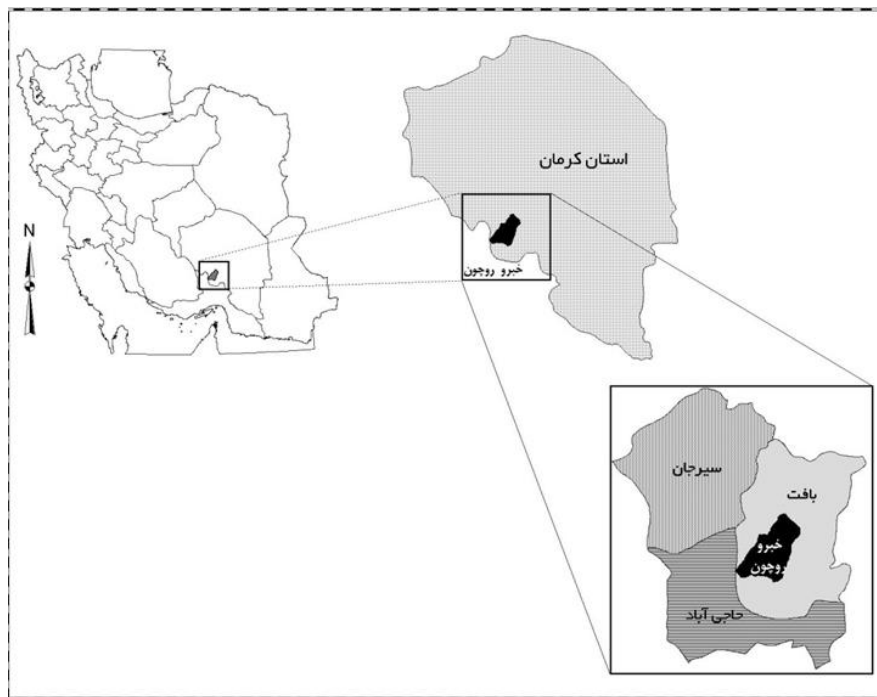
این تحقیق در سال ۲۰۰۵ در دالماتیا صورت گرفته است و برای مدلسازی از روش Cellular Automata بهره گرفته شده است. هر سلول نمایش دهنده‌ی یک سطح از زمین با مشخصات خاص آن منطقه می باشد. پارامترهای مورد استفاده در این تحقیق پوشش گیاهی و توپوگرافی بوده و در انتها نتیجه گیری شده است که مؤثرترین پارامتر در تعیین رفتار آتش پوشش گیاهی و باد می باشد.



در تحقیق مشابهی در جنگل های شمال ایران (Gazmeh, 2013) از روش CA برای مدلسازی آتش بهره گرفته شده است. پارامترهای مورد استفاده در این تحقیق نوع پوشش گیاهی، تراکم، توپوگرافی، سرعت و جهت باد می باشند و مناطقی مانند رود و جاده، مناطق غیرقابل اشتعال شناسایی شدند. همسایگی مورد استفاده در مدل نیز، همسایگی Moore می باشد. پس از پیاده سازی مدل، یک ضریب کاپا و صحت کلی برای مدل بدست آمد که به ترتیب برابر ۵۸ و ۶۵ درصد بود و پس از کالیبراسیون مدل بوسیله الگوریتم زنبور عسل و پیاده سازی مجدد شاخص کاپا و صحت کلی به ترتیب ۹۲ و ۹۵ درصد بدست آمد که نشان دهندهی بهبود قابل ملاحظه می باشد [۴].

۲. منطقه مورد مطالعه

در این تحقیق منطقه مورد مطالعه پارک ملی خبر در استان کرمان می باشد که به دلیل دارا بودن اقلیم گرم و خشک در مقایسه با سایر مناطق کشور پتانسیل بالایی برای وقوع آتش سوزی دارد و هر سال آتش سوزی هایی در این جنگل اتفاق می افتد. مساحت پارک ۱۷۶۸۷۷ هکتار می باشد و در محدوده $56^{\circ}01'59''$ تا $56^{\circ}38'18''$ طول شرقی و $28^{\circ}28'00''$ تا $28^{\circ}08'41''$ عرض شمالی قرار دارد که در شکل شماره ۱ نمایش داده شده است.

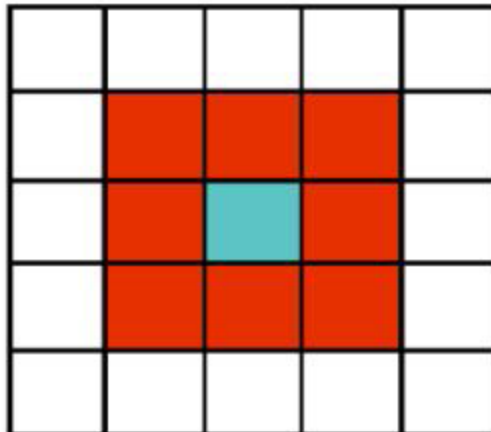


شکل ۱: موقعیت پارک ملی خبر

۳- مواد و روش ها

با توجه به هدف تحقیق که پیش بینی رفتار آتش می باشد، نقطه‌ی شروع آتش نقاط آتش گرفته در سال های گذشته در نظر گرفته شده است. برای مدلسازی رفتار آتش از روش خودکاره های سلولی بهره گرفته می شود و پارامترهای مؤثر در رفتار آتش نیز نوع پوشش گیاهی، تراکم پوشش گیاهی، جهت شیب و جاده انتخاب شده اند.

پارامتر همسایگی در این روش از اهمیت ویژه ای برخوردار است که از همسایگی Moore با ابعاد $3*3$ استفاده شده است. مهم ترین دلیل انتخاب ابعاد $3*3$ این است که برای آتش گرفتن یک پیکسل در صورت عدم حضور باد باید حداقل یک پیکسل مجاور در مرحله قبل آتش گرفته باشد که این مهم در همسایگی با ابعاد $5*5$ و بالاتر محقق نمی شود.



شکل ۲: همسایگی Moore

هر کدام از چهار لایه‌ای که در مدل سازی مورد استفاده قرار می‌گیرند به نحوی در تعیین رفتار آتش مؤثر هستند که در ذیل به بررسی تأثیر این پارامترها پرداخته می‌شود.

- تراکم پوشش گیاهی: در بررسی این پارامتر همان طور که قابل پیش بینی می‌باشد جهت حرکت آتش به سمتی است که پوشش گیاهی در آن منطقه متراکم باشد و شرط اولیه آتش سوزی وجود ماده سوختنی است که نشان دهنده‌ی اهمیت این پارامتر می‌باشد. با توجه به وضعیت تراکم پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه این پارامتر به دو حالت تراکم زیاد و کم تقسیم می‌شود و در تعیین رفتار آتش مورد استفاده قرار گرفته است.

- نوع پوشش گیاهی: این پارامتر نیز مشابه تراکم پوشش گیاهی می‌باشد و تأثیر مشابهی در رفتار آتش خواهد داشت. این پارامتر نیز در مدل سازی رفتار آتش به دو کلاس کم و زیاد تقسیم می‌شود.

- جهت شیب: این پارامتر در تعیین رفتار آتش بسیار مؤثر است. اگر در دامنه‌ی یک کوه آتش سوزی رخ دهد و در ارتفاعات بالاتر مواد سوختنی موجود باشد، آتش به سمت ارتفاعات بالاتر حرکت می‌کند. در این لایه پیکسل‌ها از نظر جهت شیب به ۵ گروه شیب شمالی، شیب جنوبی، شیب شرقی، شیب غربی و دشت تقسیم می‌شوند. دشت نیز نشان دهنده‌ی منطقه‌ای است که ارتفاع در آن ثابت است.

- راه‌های دسترسی: این لایه تأثیرش در رفتار آتش به این صورت است که پیکسل‌هایی که جاده می‌باشند نقش آتش‌بر را داشته و هیچ‌گاه آتش نمی‌گیرند. به عنوان مثال هرگاه یک پیکسل آتش گرفته باشد و پیکسل سمت چپش جاده باشد، آتش در آن جهت متوقف می‌شود.

یک شبکه اتوماتای سلولی با استفاده از ویژگی‌های ساختاری و تابعی خود شناخته می‌شود. ویژگی‌های ساختاری شامل توپولوژی شبکه، تعریف همسایگی و شرایط مرزی شبکه می‌باشد. توپولوژی شبکه با استفاده از ساختار آن، شکل سلول‌ها و تعداد سلول‌های تشکیل دهنده‌ی آن شناخته می‌شود. ساختار در تحقیق پیش‌رو دو بعدی می‌باشد و شکل سلول‌ها نیز به دلیل سادگی مربع انتخاب شده‌اند و تعداد سلول‌ها نیز همان تعداد پیکسل‌های لایه‌های ورودی است که برابر $247 * 247$ می‌باشد.

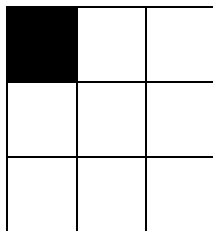
قوانین انتقال برای پیکسل‌ها در جهات مختلف، متفاوت است. به عنوان مثال قوانین برای پیکسل شمال غربی به صورت زیر می‌باشد.



۱- اگر تراکم پوشش گیاهی زیاد باشد و جهت شیب نیز شرقی، جنوبی و دشت باشد، این پیکسل در مرحله بعد دچار آتش سوزی می شود.

۲- اگر نوع پوشش گیاهی مستعد آتش باشد و جهت شیب نیز شرقی، جنوبی و دشت باشد، این پیکسل در مرحله بعد دچار آتش سوزی می شود.

۳- اگر این پیکسل در حریم جاده باشد، آتش نمی گیرد.



شکل ۳: پیکسل شمال غربی

الگوریتم به گونه ای است که می توان نقطه شروع آتش را هر یک از سلول ها در نظر گرفت. در این تحقیق نقطه شروع آتش یکی از مناطقی در نظر گرفته شده است که به گزارش محیط زیست استان کرمان در اردیبهشت سال ۱۳۹۲ دچار آتش سوزی شده است. در مرحله ی اول مدل سازی، سلول های همسایه ی سلول $۳۶*۱۵۷$ (نقطه شروع آتش) بررسی می شوند. به همین صورت در هر مرحله، آتش سوزی سلول های همسایه ی سلول های آتش گرفته در مرحله قبلی بررسی می شوند و این روند تا جایی می تواند ادامه داشته باشد که مرحله بعد با مرحله قبلی تفاوتی نداشته باشد. بروز چنین حالتی به معنای متوقف شدن جبهه آتش در آن مرحله می باشد.

۴. نتایج

همان طور که در قوانین نیز مشاهده شد، بررسی آتش سوزی در هشت جهت اصلی و فرعی هر پیکسل صورت می گیرد که با توجه به تأثیر متفاوت جهت شیب در پیکسل های همسایه، قوانین برای هر جهت به صورت مجزا تعریف می شود. همان گونه که بیان شد آتش سوزی از پیکسل $۳۶*۱۵۷$ آغاز می شود و احتمال آتش سوزی برای هشت پیکسل همسایه ی آن بررسی می شود. بر اساس قوانین نوشته شده، در این مرحله پنج سلول از هشت سلول همسایه ی سلول مرکزی دچار آتش سوزی می شوند.

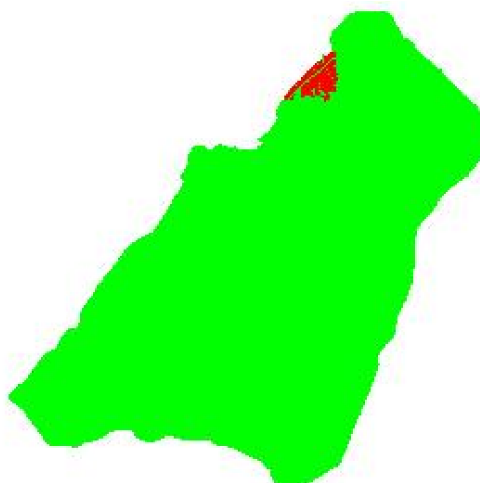
در مرحله دوم این پنج سلول، خود سلول مرکزی در نظر گرفته می شوند و آتش سوزی برای سلول های همسایه ی آن ها بررسی می شود. این چرخه در مراحل بعدی نیز تکرار می شود و پیشروی جبهه ی آتش در ۳۵ مرحله بررسی می شود که در تصاویر ذیل قابل مشاهده می باشد.



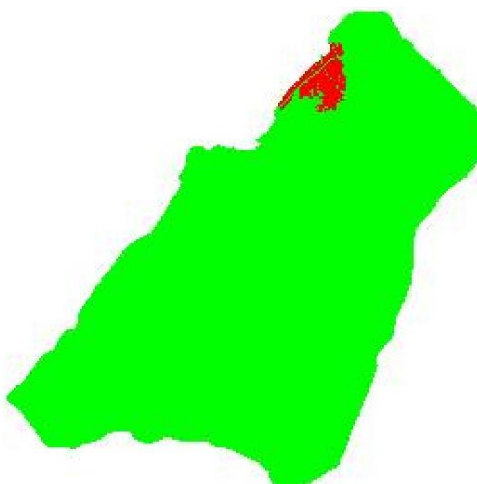
شکل ۴: پیشروی جبهه آتش در مرحله پنجم



شکل ۵: پیشروی جبهه آتش در مرحله دهم



شکل ۶: پیشروی جبهه آتش در مرحله پانزدهم



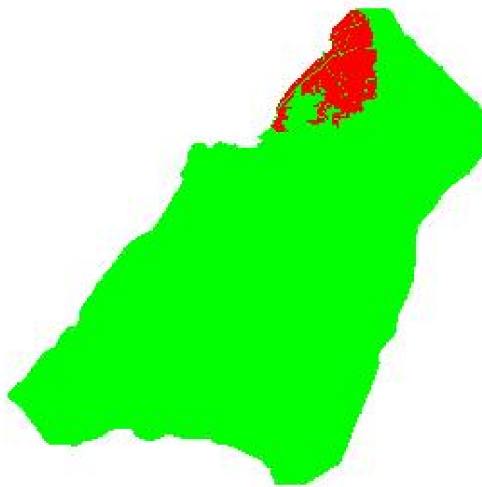
شکل ۷: پیشروی جبهه آتش در مرحله بیستم



شکل ۸: پیشروی جبهه آتش در مرحله بیست و پنجم



شکل ۹: پیشروی جبهه آتش در مرحله سی ام



شکل ۱۰: پیشروی جبهه آتش در مرحله سی و پنجم

۵- بحث و نتیجه گیری

با توجه به اشکال مراحل مختلف پیکسل های میانی که دچار آتش سوزی نشده اند، پیکسل های مربوط به جاده شمالی پارک ملی خبر می باشند. این پیکسل ها در قوانین به گونه ای تعریف شده اند که به هیچ عنوان دچار آتش سوزی نشوند که مطابق پیش بینی به همین صورت نیز رخ داده است.

با مقایسه تصاویر پیشروی آتش و نقشه ی نوع و تراکم پوشش گیاهی مشخص می شود که این مناطق از نظر نوع و تراکم پوشش گیاهی مناسب برای آتش سوزی بوده اند و جهت پیشروی آتش منطقی بوده است.

داده های مورد استفاده در این تحقیق حاصل طرح جامع پارک ملی خبر بوده و بسیار دقیق جمع آوری شده اند که یکی از نقاط قوت این تحقیق به شمار می آید که در دقت و نزدیکی به واقعیت خروجی تأثیر بسزایی دارد.

براساس نتایج به دست آمده می توان پیشنهادهای زیر را برای تحقیقات آتی در منطقه ی مورد مطالعه مطرح نمود:

۱- برای مدل سازی رفتار آتش پارامتر سرعت و جهت باد باتوجه به اهمیت آن قابل توصیه می باشد.

۲- در مدل سازی رفتار آتش مشاهده شد که در هر مرحله فقط پیکسل همسایه از نظر آتش سوزی بررسی می شود. در نتیجه با معلوم بودن ابعاد پیکسل در منطقه مورد مطالعه و مشخص کردن سرعت آتش در منطقه، زمان صرف شده در هر مرحله قابل محاسبه بوده و مشخص خواهد شد که آتش ظرف چه مدتی به مکان مورد نظر خواهد رسید. بر این اساس بررسی سرعت آتش و پارامترهای موثر بر آن پیشنهاد می گردد.

مراجع

[1] J. Glasa, L. Halada, on elliptical model for forest fire spread modeling and simulation, Mathematical and Computers in Simulation, Vol 78, pp.76-88, 2008.

[2] A. Hoseinpoor, "Modeling forest fire potential using geospatial information systems(case study: golestan forest)", Master of Science in GIS Engineering, Graduate University of Advanced Technology, Kerman,, 2012.

[3] L. Bodrozic, D. Stipanicev, M.Seric, Forest fire spread modeling using cellular automata approach, 2005.



[4] H. Gazmeh, A. Alesheikh, M.Karimi, A.Chehregan, Spatio-Temporal Forest fire spread Modeling Using Cellular Automata, Honey bee Foraging and GIS, Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences, Vol 3, pp.201-214, 2013.



Predicting forest fire behavior in National Park of Khabr using Cellular Automata method

Kheirkhah mirzai, F. *¹, Naseri, F. ², Alimohammadi, A. ³

1-MSc. Student of Geographic Information System Engineering, Department of GIS Engineering, Faculty of **Civil and Surveying Engineering**, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran

2- Assistant professor, Department of Ecology, Institute of Science and High Technology and Environmental Sciences, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran

3- Associate professor, Department of Geo-spatial Information System, Faculty of Geodesy and Geomatics Engineering, **K.N.Toosi University of Technology**

Abstract

Forest fire is one of the most important ecological treats in a forest ecosystem. Prediction of fire behavior is important in minimizing its damages. Because of the importance of forest for human survival, forest fire behavior modeling has been investigated by different researchers worldwide. In this regard Cellular Automata method is known as an efficient method due to its simplicity and ability to model complex systems. So in this study this method was used to model forest fire behavior in National Park of Khabr in south east of Iran. Input parameters in this study were vegetation type, vegetation density, slope and roads. Fire behavior prediction has been done in 35 stages. The results achieved, coincide the reality in the study area.

Key Words: Forest fire, Fire behavior prediction, Cellular Automata