

## ارزیابی کارآیی مدل Dong برای تعیین قابلیت خطر آتش‌سوزی در جنگل‌های زرین‌آباد نکا، استان مازندران

سعیده اسکندری<sup>۱\*</sup>، جعفر اولادی قادیکلایی<sup>۲</sup> و حمید جلیلود<sup>۳</sup>

\* - نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

پست الکترونیک: saeedeheskandari119@yahoo.com

<sup>۲</sup> - استادیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

<sup>۳</sup> - دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

تاریخ پذیرش: ۹۲/۱/۳۱

تاریخ دریافت: ۹۱/۴/۲۵

### چکیده

وقوع آتش‌سوزی‌های مکرر در جنگل‌های شمال کشور طی سال‌های اخیر لزوم پژوهش‌هایی را به‌منظور پیش‌بینی آتش‌سوزی‌های آینده در این جنگل‌ها اجتناب‌ناپذیر می‌کند. برای انجام این تحقیق ابتدا نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ جنگل‌های زرین‌آباد نکا زمین‌مرجع شد. سپس مدل رقومی ارتفاع منطقه با اندازه پیکسل ۳۰ متر از نقشه ژئورفرنس شده تهیه و با استفاده از آن، نقشه‌های شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا بدست آمدند. نقشه تراکم پوشش گیاهی و مناطق مسکونی (روستاها) منطقه از شرکت سهامی نکاچوب تهیه و در GIS رقومی شد. کلیه جاده‌ها با استفاده از دستگاه موقعیت‌یاب جهانی (GPS) برداشت شده و نقشه آنها تهیه شد. سپس در اطراف جاده‌ها و روستاها در نقشه‌های مذکور به‌ترتیب حاشیه‌های ۲۰۰ متری و ۵۰۰ متری در نظر گرفته شد. تمام لایه‌های رقومی با توجه به مدل Dong طبقه‌بندی شدند. از روی هم‌گذاری تمام نقشه‌ها در محیط GIS و وزن‌دهی به هر فاکتور با استفاده از مدل مذکور، نقشه قابلیت آتش‌سوزی منطقه در پنج طبقه تهیه شد. با در دست داشتن داده‌های واقعی از آتش‌سوزی‌های گذشته از طریق نمونه‌برداری زمینی با دستگاه موقعیت‌یاب جهانی، نقشه این مناطق تهیه شد. سپس این نقشه با نقشه قابلیت آتش‌سوزی منطقه روی هم‌گذاری شد. نتایج نشان داد که تقریباً ۴۰ درصد از محدوده مناطق آتش‌سوزی‌های گذشته در نقاطی قرار گرفته‌اند که قابلیت بسیار زیاد یا زیادی برای آتش‌سوزی دارند که نشان‌دهنده اعتبار قابل توجه مدل اصلاح شده برای منطقه مورد مطالعه است. بنابراین در ادامه، اصلاح مدل مذکور انجام شد و وزن لایه‌ها براساس اهمیت آنها در منطقه مورد مطالعه تغییر یافت و مدلی جدید ارائه شد. نقشه قابلیت جدید براساس مدل اصلاحی مجدداً تهیه شده و با نقشه مناطق آتش‌سوزی گذشته روی هم‌گذاری شد. نتایج نشان داد که تقریباً ۸۰ درصد از محدوده مناطق آتش‌سوزی‌های گذشته در نقاطی قرار گرفته‌اند که قابلیت بسیار زیاد یا زیادی برای آتش‌سوزی دارند که نشان‌دهنده اعتبار قابل توجه مدل اصلاح شده برای منطقه مورد مطالعه است. به نظر می‌رسد که از این الگو بتوان برای مناطق جنگلی دیگر شمال کشور نیز برحسب موقعیت مکانی حوضه‌های آبخیز استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: جهت و شیب دامنه، ارتفاع از سطح دریا، تراکم پوشش گیاهی، زمین مرجع

### مقدمه

که میانگین سالانه مساحت جنگل‌های حریق در جهان شش تا چهارده میلیون هکتار تخمین زده شده است (Encinas et al., 2007). حریق با توجه به وسعت، شدت و دفعات وقوع در یک جنگل سبب تغییر ارزش کیفی

آتش‌سوزی یکی از مهم‌ترین عوامل مخرب جنگل‌ها محسوب شده و همواره این بوم‌سازگان حیاتی را مورد تهدید قرار می‌دهد (Marozas et al., 2007). به طوری

آتش‌سوزی با استفاده از لایه‌های وزنی و ضریب وزنی مربوط به هر یک از عوامل شد. نتایج نشان داد که ۹۰ درصد از مناطق آتش گرفته در پهنه‌هایی با خطر زیاد قرار دارند. (Salamati et al., 2011) نقشه خطر آتش‌سوزی در جنگل‌های گلستان را با استفاده از AHP و GIS تهیه کردند. نتایج نشان داد که ۴۰ درصد از منطقه در طبقه‌های پرخطر و بسیار پرخطر قرار دارد. در تحقیق مشابه دیگری نیز نقشه مناطق بحرانی آتش‌سوزی در جنگل‌ها و مراتع شهرستان ایلام با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی و وزن‌دهی به عامل‌های مؤثر در آتش‌سوزی تهیه شد. همچنین نقشه مناطق آتش‌سوزی گذشته با GPS برداشت شد. نتایج نشان داد که ۵۰ درصد از آتش‌سوزی‌های گذشته در طبقه بسیار پرخطر و ۴۰ درصد آنها در طبقه خطرناک قرار گرفته‌اند که نشان‌دهنده اعتبار بالای مدل مورد استفاده است (Mahdavi et al., 2011).

با توجه به اهمیت مسئله آتش‌سوزی در جنگل‌ها و لزوم شناسایی مناطق مستعد و حساس به آتش‌سوزی، تا کنون مطالعات مختلفی در این زمینه در نقاط مختلف دنیا انجام شده است. سازمان خدمات جنگلداری کانادا (Canadian Forest Service) بیش از ۷۵ سال است که تحقیقات آتش‌سوزی جنگل را به‌صورت گسترده‌ای انجام می‌دهد (Lee et al., 2002). در همین راستا در تحقیقی نقشه مناطق بحرانی خطر آتش‌سوزی در سواحل مدیترانه اسپانیا با استفاده از ترکیب داده‌های پردازش یافته تصویر TM و داده‌های دیگر در محیط GIS تهیه شد. ادغام لایه‌ها براساس تحلیل سلسله‌مراتبی انجام شد. نتایج نشان داد که ۲۲ درصد از پیکسل‌هایی که در مناطق پرخطر از نظر آتش‌سوزی قرار گرفته بودند، طی سال‌های گذشته واقعاً آتش گرفته بودند درحالی که تنها ۳/۴۷ درصد از مناطق کم‌خطر از نظر آتش‌سوزی، واقعاً دچار آتش‌سوزی شده بودند (Chuvieco & Congalton, 1989). در تحقیق مشابه دیگری برای شناسایی مناطق حساس به حریق در جنگل‌های هندوستان از داده‌های ماهواره‌ای IRS ID و LISS و پایگاه داده‌ها در GIS استفاده شد. عامل‌های

گونه‌ها شده و به ظهور گونه‌های پست و نامرغوب می‌انجامد که از نظر تجاری فاقد ارزش می‌باشند. همچنین آتش‌سوزی جنگل با منشأ طبیعی یا انسانی اثرهای زیان‌بار و ویران‌گری بر زندگی بشر به جای می‌گذارد (Podur et al., 2002 و Kazemi, 2005).

افزایش دفعات وقوع آتش‌سوزی در جنگل‌های شمال ایران طی سال‌های اخیر، محیط زیست، جنگل‌ها، روستاها و ساکنان آنها را در گستره‌ای وسیع با خسارات و تلفات زیادی مواجه کرده است. در نتیجه این آتش‌سوزی‌ها علاوه بر وارد شدن خسارت‌های بی‌شمار بر جنگل‌های شمال کشور، خسارت‌های مالی سنگینی نیز بر کشور تحمیل شده است. در صورتی که با پیش‌بینی‌های لازم و ارائه راهکارهای فنی مناسب امکان جلوگیری از وقوع چنین حوادثی سهل و آسان است (Hoshyarkhah & Jamshidi Alashti, 2007). بنابراین اقدامات پیش‌گیرانه از بروز آتش‌سوزی در این جنگل‌ها برای جلوگیری از خسارات جبران‌ناپذیر آنها امری اجتناب‌ناپذیر است. یکی از راه‌های کنترل این آتش‌سوزی‌ها، شناسایی نقاط بحرانی آتش‌سوزی در جنگل‌های منطقه است. عدم شناخت کافی از این نقاط سبب آغاز و گسترش آتش در جنگل، تأخیر در مهار آن و وارد آمدن صدمه به حیات جانوران و گیاهان جنگل خواهد شد (Jaiswal et al., 2002).

در مورد مسئله قابلیت‌یابی آتش‌سوزی در جنگل‌های ایران مطالعات بسیار محدودی انجام شده و اغلب این تحقیقات نوپا می‌باشند. در همین راستا Mohammadi et al. (2010) اقدام به تهیه نقشه نواحی دارای خطر آتش‌سوزی جنگل بر پایه عوامل پوشش گیاهی، فیزیوگرافی، اقلیمی و انسانی (فاصله از جاده‌ها و رودخانه‌ها) در بخشی از حوضه پاره‌رود کردند. در این پژوهش با انجام عملیات میدانی و استفاده از سامانه موقعیت‌یاب جهانی (GPS) نقشه مناطق آتش‌سوزی شده تهیه شد. سپس با به‌کارگیری روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) عوامل مؤثر در بروز و انتشار آتش‌سوزی وزن‌دهی شدند و اقدام به تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر

مقایسه شد. نتایج ضریب همبستگی ۰/۸۴ را بین این دو منطقه نشان داد. (Paz et al., 2011) نیز نقشه خطر آتش سوزی‌ای را که برای منطقه Carmel اسرائیل در سال ۲۰۰۹ تهیه کرده بودند، با آتش‌سوزی واقعی که در سال ۲۰۱۰ در همین منطقه اتفاق افتاده بود مقایسه کردند. نتایج نشان داد که اغلب مناطق سوخته در سال ۲۰۱۰ در مناطق با خطر زیاد در نقشه قابلیت تهیه شده قرار گرفته‌اند که نشان می‌دهد مدل مورد استفاده ضریب اطمینان بالایی برای پیش‌بینی آتش‌سوزی‌های آینده دارد.

با بررسی تحقیقات انجام گرفته می‌توان به این نتیجه رسید که بیشتر مطالعات ذکر شده برای ارزیابی قابلیت آتش‌سوزی به عامل‌های محیطی مختلف و اختصاص وزن مناسب به آنها تأکید کرده‌اند. همچنین اغلب این مطالعات از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی به عنوان ابزاری کارآمد در قابلیت‌یابی خطر آتش‌سوزی در جنگل - ها استفاده کرده‌اند، به طوری که اهمیت کاربرد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در توسعه اطلاعات و پیش‌بینی آتش‌سوزی جنگل‌ها محرز شده است (Akpınar & Usul, 2003). بنابراین با توجه به اهمیت پیش‌گیری از آتش‌سوزی جنگل‌ها با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و با توجه به وقوع آتش‌سوزی‌های مکرر در جنگل‌های زرین‌آباد نکا طی سال‌های اخیر، این تحقیق در نظر دارد با ارزیابی مدل انتخابی (Dong et al., 2005) و بررسی کارایی، اعتبارسنجی و احتمالاً اصلاح آن، نقاط بحرانی خطر آتش‌سوزی در جنگل‌های منطقه را شناسایی و به مدیران جنگل معرفی نماید تا حتی المقدور راهکاری برای پیش‌گیری از وقوع حریق‌های آینده در جنگل‌های منطقه ارائه دهد.

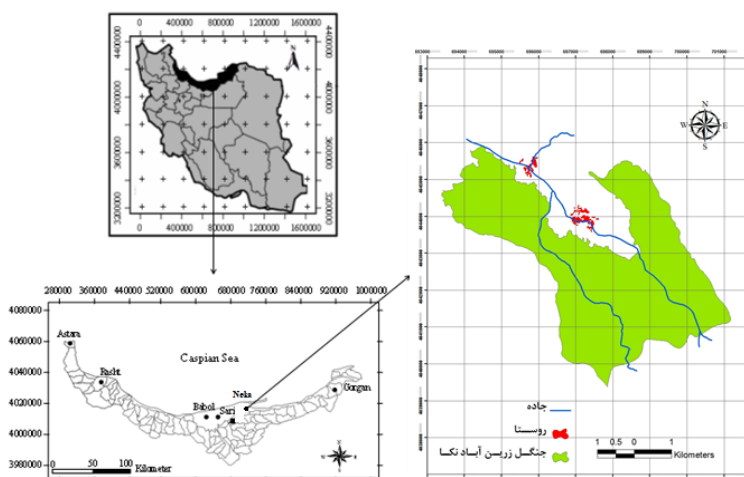
## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

جنگل‌های زرین‌آباد نکا با مساحت حدود ۱۹۷۰ هکتار در حوضه آبخیز ۷۲ و در طول جغرافیایی ۳۷° ۹' تا ۵۳° ۱۴' ۴۷" و عرض جغرافیایی ۳۴° ۲۸' ۳۶" تا

مؤثر در وقوع آتش‌سوزی جنگل براساس وزن و درجه اهمیت‌شان ادغام شدند. نتایج نشان داد که ۲۰ درصد از منطقه قابلیت بسیار زیاد، ۱۰ درصد قابلیت زیاد، ۱۵ درصد قابلیت متوسط و ۵۵ درصد از منطقه قابلیت کم برای وقوع آتش‌سوزی دارد (Jaiswal et al., 2002). Dong et al. (2005) یک روش ترکیبی با RS و GIS را برای نقشه‌برداری مناطق خطر آتش‌سوزی در حوضه جنگلداری Baihe چین توسعه دادند. به همین منظور داده‌های توپوگرافی از DEM منطقه و اطلاعات مربوط به پوشش گیاهی و کاربری اراضی (جاده‌ها، مناطق مسکونی و غیره) از تصویر ETM+ لندست استخراج شدند. در مرحله بعد مناطق خطر آتش‌سوزی با اختصاص وزن‌های معقول به طبقه‌های همه لایه‌ها مشخص شدند. همچنین تاریخچه آتش‌سوزی در جنگل‌های مورد مطالعه از سال ۱۹۷۴ تا ۲۰۰۱ برای کنترل مطلوبیت روش مورد استفاده بررسی شد. نتایج نشان داد که مناطق با خطر آتش‌سوزی زیاد در مکان‌هایی واقع شده‌اند که قبلاً در آنها آتش‌سوزی اتفاق افتاده است. در تحقیق مشابه دیگری (Sowmya & Somashekar, 2010) با وزن‌دهی مناسب به همه عامل‌های مؤثر در ایجاد آتش‌سوزی با روش تحلیل سلسله-مراتبی، نقشه مناطق خطر آتش‌سوزی در پناهگاه حیات وحش Bhadra در هند را تهیه کردند. مناطق خطر آتش‌سوزی با مناطق واقعاً آتش‌گرفته طی سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۰۶ مقایسه شدند. نتایج نشان داد که اغلب مناطق پیش‌بینی شده برای آتش‌سوزی با توجه به مدل استفاده شده در مناطق واقعاً سوخته قرار گرفته‌اند. بنابراین روش، مدل و نقشه تهیه شده قابلیت اعتماد بالایی دارد و می‌تواند برای سیاست‌های جلوگیری از آتش‌سوزی در آینده استفاده شود. (Maeda et al., 2011) مناطق آتش‌سوزی شده در بخشی از جنگل‌های آمازون برزیل را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به عنوان مناطق پرخطر از نظر آتش‌سوزی شناسایی کردند. سپس با استفاده از تصاویر MODIS آتش‌سوزی‌های فعال در منطقه شناسایی و نتایج آتش‌سوزی‌های گذشته با مناطق آتش‌سوزی‌های فعال

زرین‌آباد نکا که در این پژوهش مدنظر قرار گرفتند، حدود ۱۹۷۰ هکتار می‌باشد (شکل ۱). تیپ‌های عمده گونه‌های گیاهی منطقه به ترتیب فراوانی شامل ممرز، ممرز-انجیلی، آمیخته، انجیلی-ممرز، انجیلی، ممرز-بلوط، ممرز-راش، خرمندی-انجیلی و راش می‌باشد. طول جاده‌های موجود ۳۴۷ کیلومتر و تراکم جاده‌های موجود در هکتار ۵/۲ متر می‌باشد (Anonymous, 2010).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران

۱۴° ۳۲' ۳۶" واقع شده است و از شمال به اراضی کشاورزی روستاهای زرین‌آباد علیا و سفلی، ولاشید و اسبوکلا، از جنوب به سری یک طرح جنگلداری زرین-آباد، از شرق به سری سه طرح جنگلداری زرین‌آباد و از غرب به طرح جنگلداری کولا محدود می‌شود. حداقل ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۰ متر و حداکثر ارتفاع آن ۶۰۰ متر می‌باشد. مساحت جنگل‌های سری ۲ طرح جنگلداری

فاصله از جاده و  $D_s$  فاصله از مناطق مسکونی می‌باشد. ضمناً اعداد صحیح (ضرایب) نشان‌دهنده وزن هر عامل می‌باشند.

### روش تهیه نقشه قابلیت آتش سوزی و نقشه آتش-سوزی‌های پیشین

برای انجام این تحقیق ابتدا نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ منطقه در GIS زمین مرجع شد. سپس مدل رقومی ارتفاع (DEM) منطقه با اندازه پیکسل ۳۰ متر در ۳۰ متر از نقشه ژئورفرنس شده بدست آمد. با استفاده از مدل رقومی ارتفاع، نقشه‌های شیب (در ۵ طبقه)، جهت‌های جغرافیایی (در ۵ طبقه) و ارتفاع از سطح دریا (در ۴ طبقه) تهیه شدند. نقشه‌های تراکم پوشش گیاهی و مناطق مسکونی (روستاها) منطقه از شرکت سهامی نکاچوب تهیه و در GIS رقومی شدند. سپس نقشه تراکم پوشش گیاهی در ۴

### مدل مورد استفاده

با توجه به اینکه برای تهیه نقشه نقاط بحرانی آتش-سوزی (قابلیت خطر آتش سوزی) از عامل‌های مختلفی که در وقوع آتش سوزی تأثیر دارند استفاده می‌شود، در این تحقیق پس از بررسی مدل‌های مختلف، مدل Dong et al. (2005) به عنوان کاربردی‌ترین مدل برای تهیه نقشه قابلیت آتش سوزی استفاده شد. زیرا مهم‌ترین عوامل مؤثر در وقوع آتش سوزی در آن منظور شده است. این مدل براساس مهم‌ترین مرور منابع در خصوص ارزیابی شاخص خطر آتش سوزی و سپس آزمون سعی و خطا و انجام عملگرهای ریاضی در محیط GIS توسط Dong et al. (2005) ارائه شده است. مدل مذکور عبارت است از:

$$Rc = 7 (V) + 5 (S+A+E) + 3 (D_r + D_s)$$

که در آن  $Rc$  شاخص عددی قابلیت آتش سوزی،  $V$  عامل پوشش گیاهی،  $S$  شیب،  $A$  جهت،  $E$  ارتفاع،  $D_r$

### کالیبراسیون مدل، تغییر وزن عاملها و ارائه مدل جدید

در ادامه این تحقیق متغیرها (عاملهایی) که طبقه‌های پرخطر آنها با مناطق آتش‌سوزی شده بیشترین هم‌خوانی را داشتند (فاصله از جاده، عامل‌های شیب و جهت) با وزن بیشتری در مدل مذکور دخالت داده شدند و مدل جدیدی ارائه شد. مدل جدید عبارت است از:

$$Rc = 7 (D_r) + 5 (S+A) + 3 (D_s+E+V)$$

### روش تهیه نقشه قابلیت آتش‌سوزی جدید

از روی هم‌گذاری تمام نقشه‌های عاملهای مختلف قبلی با دادن وزن جدید به هر فاکتور با استفاده از مدل کالیبره شده (وزن ۷ برای فاصله از جاده‌ها، وزن ۵ برای شیب و جهت، وزن ۳ برای پوشش گیاهی، ارتفاع از سطح دریا و مناطق مسکونی)، در محیط GIS، نقشه جدید قابلیت آتش‌سوزی منطقه تهیه شد.

### نتایج

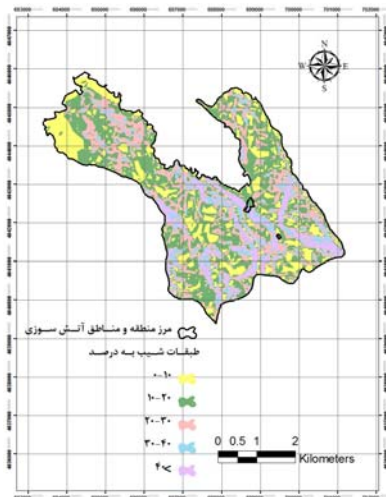
مدل رقومی ارتفاع، نقشه شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا  
مدل رقومی ارتفاع، نقشه‌های شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا در منطقه مورد مطالعه در شکل‌های ۲ تا ۵ نشان داده شده است.

طبقه (انبوه، نیمه‌انبوه، تنک و حفاظتی) تهیه شد. کلیه جاده‌ها نیز با استفاده از GPS برداشت شده و نقشه آنها تهیه شد. سپس در اطراف جاده‌ها و روستاها در نقشه‌های مذکور به ترتیب حاشیه‌های ۲۰۰ متری و ۵۰۰ متری در نظر گرفته شد. تمام این نقشه‌ها با توجه به مدل Dong et al. (2005) طبقه‌بندی شدند. از روی هم‌گذاری کلیه نقشه‌ها در محیط GIS و دادن وزن اختصاصی به هر عامل با استفاده از مدل مذکور (وزن ۷ برای پوشش گیاهی، وزن ۵ برای شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا، وزن ۳ برای فاصله از جاده‌ها و مناطق مسکونی)، نقشه قابلیت آتش‌سوزی منطقه (شامل مناطق پرخطر یا بحرانی، مناطق با خطر متوسط و مناطق کم‌خطر) تهیه شد.

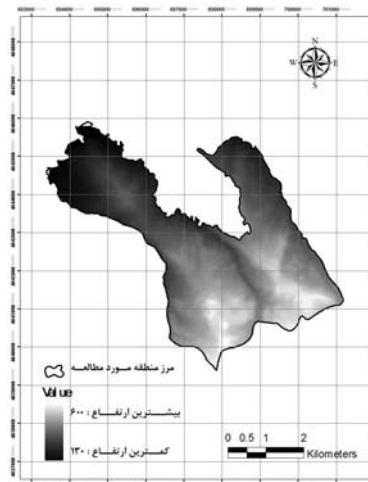
برای تهیه نقشه مناطق آتش‌سوزی گذشته با در دست داشتن داده‌های واقعی آتش‌سوزی‌های گذشته در شرکت سهامی نکاچوب و همچنین از طریق نمونه‌برداری زمینی با GPS، نقشه این مناطق در GIS تهیه شد.

### اعتبار سنجی مدل Dong برای تهیه نقشه قابلیت آتش‌سوزی

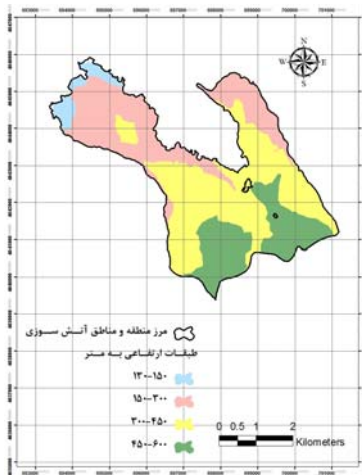
به منظور اعتبار سنجی مدل Dong et al. (2005) برای تهیه نقشه قابلیت آتش‌سوزی، نقشه قابلیت آتش‌سوزی منطقه با نقشه مناطق دچار حریق روی هم‌گذاری شد. به طوری که در صورت هم‌پوشانی نقاط بحرانی در نقشه قابلیت آتش‌سوزی با نقشه مناطق حریق، صحت مدل مورد استفاده اثبات خواهد شد.



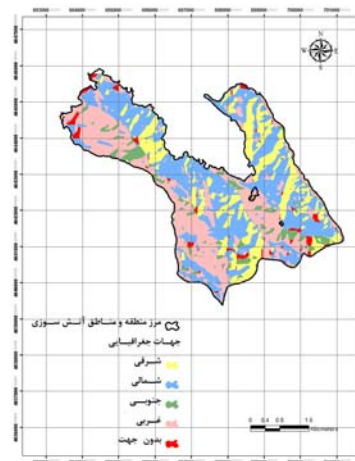
شکل ۳- نقشه شیب جنگل‌های زیرین آباد نکا



شکل ۲- مدل رقومی ارتفاع جنگل‌های زیرین آباد نکا



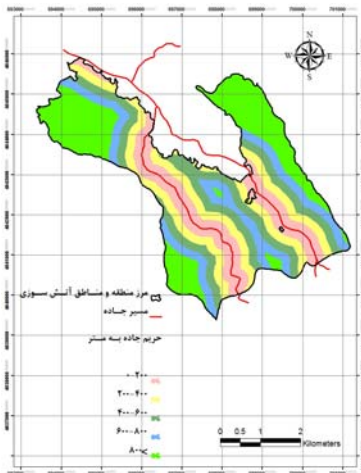
شکل ۵- نقشه ارتفاع از سطح دریای جنگل‌های زیرین آباد



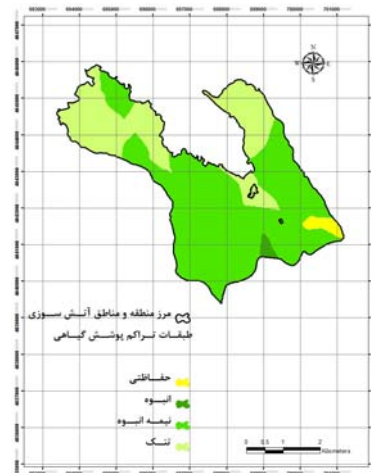
شکل ۴- نقشه جهت‌های جغرافیایی جنگل‌های زیرین- آباد نکا

می‌دهند. در محدوده مورد مطالعه در سال‌های گذشته ۲ آتش‌سوزی ۴/۶ هکتاری و ۰/۸ هکتاری به وقوع پیوسته است. شکل ۹ نقشه منطقه‌های آتش‌سوزی گذشته را نشان می‌دهد.

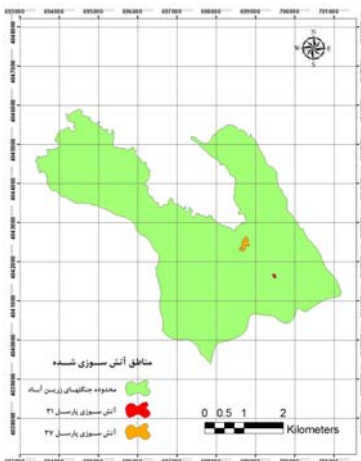
نقشه تراکم پوشش گیاهی، جاده‌ها، روستاها و نقشه آتش‌سوزی‌های گذشته شکل‌های ۶ تا ۸ نقشه تراکم پوشش گیاهی، جاده‌ها و روستاهای موجود در جنگل‌های زیرین آباد نکا را نشان



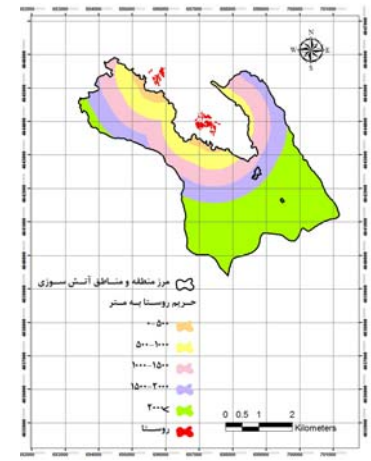
شکل ۷- نقشه حریم جاده‌های جنگلی زرین آباد نکا



شکل ۶- نقشه تراکم پوشش گیاهی جنگل‌های زرین-آباد نکا



شکل ۹- نقشه منطقه‌های آتش‌سوزی گذشته در جنگل‌های زرین‌آباد

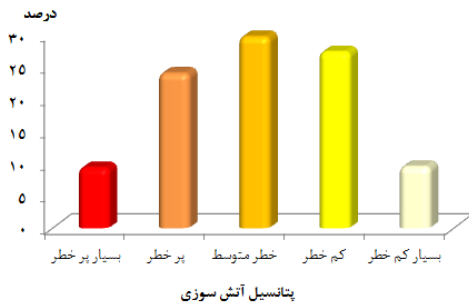


شکل ۸- نقشه حریم روستاهای جنگل‌های زرین‌آباد نکا

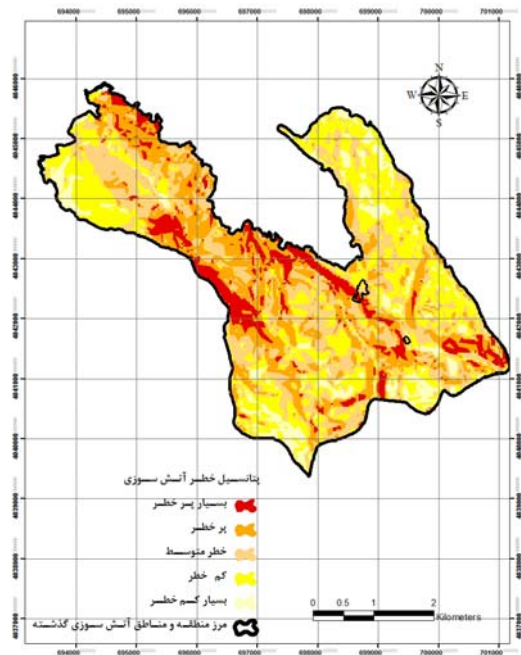
(2005) *et al.* تهیه شد (شکل ۱۰). شکل ۱۱ درصد طبقه-های قابلیت آتش‌سوزی را نشان می‌دهد. به منظور تعیین صحت و درجه اعتبار مدل *Dong et al.* (2005) نقشه قابلیت آتش‌سوزی و نقشه مناطق آتش‌سوزی گذشته در جنگل‌های زرین‌آباد نکا روی هم‌گذاری شدند (شکل ۱۰).

نقشه قابلیت آتش‌سوزی اولیه با مدل مورد استفاده و اعتبارسنجی مدل *Dong et al.* (2005). نقشه قابلیت آتش‌سوزی با مدل کالیبره شده (اصلاحی) و اعتبارسنجی آن با ترکیب نقشه عامل‌های مؤثر در وقوع آتش‌سوزی، نقشه نهایی قابلیت آتش‌سوزی منطقه براساس مدل *Dong*

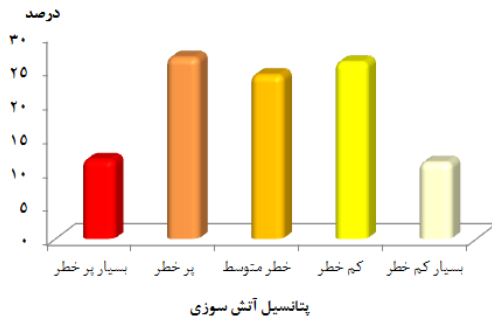
ارزیابی کارایی مدل Dong برای تعیین قابلیت خطر آتش سوزی در جنگل های زرین آباد نکا، استان مازندران



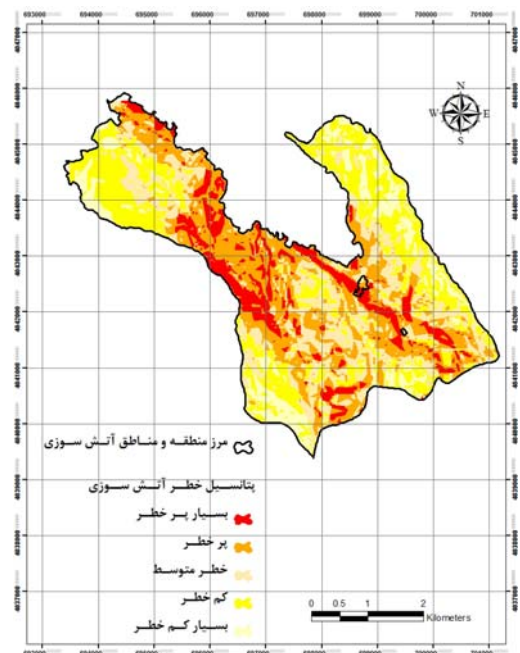
شکل ۱۱- درصد طبقه‌های نقشه قابلیت آتش سوزی براساس مدل Dong et al. (2005)



شکل ۱۰- نقشه قابلیت آتش سوزی براساس مدل Dong et al. (2005) و روی هم گذاری آن با نقشه مناطق آتش سوزی گذشته در جنگل های زرین آباد نکا



شکل ۱۳- درصد طبقه‌های نقشه قابلیت آتش سوزی براساس مدل اصلاحی Dong et al. (2005)



شکل ۱۲- نقشه قابلیت آتش سوزی براساس مدل اصلاحی Dong et al. (2005) و روی هم گذاری آن با نقشه مناطق آتش سوزی گذشته در جنگل های زرین آباد نکا

می دهد که این مناطق بیشتر در جهت شیب غربی، شیب ۱۰ تا ۲۰، ۲۰ تا ۳۰ و بیشتر از ۴۰ درصد، ارتفاعات بالاتر

بررسی محدوده مناطق آتش سوزی گذشته در نقشه- های مربوط به متغیرهای مختلف (شکل های ۳ تا ۸) نشان



گذشته در طبقه خطر متوسط شیب (۱۰ تا ۲۰ درصد) و تقریباً ۳۰ درصد آن در طبقه‌های پرخطر نقشه شیب (۳۰ تا ۴۰ درصد و بیشتر از ۴۰ درصد) قرار گرفته است بنابراین ضریب متوسطی (۵) برای عامل شیب در مدل اصلاح شده در نظر گرفته شد. همچنین در مورد نقشه جهت‌های جغرافیایی بخش عمده آتش‌سوزی‌های گذشته در طبقه متوسط نقشه جهت یعنی جهت غربی قرار گرفته است (شکل ۴). بنابراین برای این عامل نیز ضریب متوسط (۵) در نظر گرفته شد. در خصوص عوامل ارتفاع، تراکم پوشش گیاهی و فاصله از مناطق مسکونی، با توجه به اینکه محدوده آتش‌سوزی‌های گذشته در طبقات کم‌خطر آنها قرار گرفته‌اند (شکل‌های ۵، ۶ و ۸) کمترین ضریب (۳) در مدل اصلاحی برای آنها در نظر گرفته شد. پس از تعیین ضرایب جدید، نقشه نهایی قابلیت آتش‌سوزی منطقه براساس مدل اصلاحی تهیه شد (شکل ۱۲). شکل ۱۳ درصد طبقه‌های خطر آتش‌سوزی در نقشه قابلیت جدید را نشان می‌دهد. به‌منظور تعیین صحت مدل اصلاح شده (Dong et al. (2005)، مجدداً نقشه جدید قابلیت آتش‌سوزی و نقشه آتش‌سوزی‌های گذشته روی هم‌گذاری شدند (شکل ۱۲).

از ۳۰۰ متر، پوشش گیاهی نیمه‌انبوه و تنک و فاصله بیش از ۱۵۰۰ متر از روستا و کمتر از ۲۰۰ یا ۲۰۰ تا ۴۰۰ متر از جاده قرار دارند. بنابراین متغیرهایی که طبقه‌های پرخطر آنها با مناطق آتش گرفته بیشترین همخوانی را دارند، عامل‌های شیب، جهت و فاصله از جاده می‌باشند. بنابراین به نظر می‌رسد که وزن این سه عامل در منطقه مورد مطالعه بایستی بیشتر از عامل‌های پوشش گیاهی، ارتفاع و فاصله از روستا در نظر گرفته شود. بنابراین در ادامه این تحقیق عامل‌های فاصله از جاده، شیب و جهت با وزن بیشتری در تهیه نقشه قابلیت آتش‌سوزی دخالت داده شدند. نحوه اختصاص وزن نهایی به این عامل‌ها در مدل اصلاح شده نهایی براساس بررسی محدوده آتش‌سوزی‌های گذشته در طبقه‌های مختلف خطر آنها انجام گرفت. بدین ترتیب که با توجه به اینکه تمام محدوده آتش‌سوزی‌های گذشته در پرخطرترین طبقه نقشه حریم جاده‌های جنگلی (۰ تا ۲۰۰ متر) و قسمت کمی از آن در طبقه پرخطر نقشه حریم جاده‌های جنگلی (۲۰۰ تا ۴۰۰ متر) قرار گرفته است (شکل ۷)، بیشترین ضریب (۷) برای عامل فاصله از جاده در نظر گرفته شد. درحالی که در مورد محدوده آتش‌سوزی‌های گذشته در نقشه شیب (شکل ۳) مشخص است که بخش عمده دو آتش‌سوزی

مقایسه درصد طبقات خطر آتش‌سوزی در مدل Dong و مدل اصلاح شده Dong در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- مقایسه درصد طبقات خطر آتش‌سوزی در مدل Dong و مدل اصلاح شده Dong

طبقات خطر (درصد)	بسیار پرخطر	پرخطر	خطر متوسط	کم‌خطر	بسیار کم‌خطر
مدل Dong	۹/۳۷	۲۴/۰۴	۲۹/۷	۲۷/۳۵	۹/۵۴
مدل اصلاح شده Dong	۱۱/۷	۲۶/۷۷	۲۴/۱۹	۲۶/۰۷	۱۱/۲۷

## بحث

سوزی در جنگل‌های زرین‌آباد نکا انجام شد. نتایج این بررسی نشان داد که از مجموع مساحت حدود ۱۹۷۰

این تحقیق به‌منظور شناسایی مناطق پرخطر آتش-

تهیه نقشه قابلیت آتش‌سوزی در جنگل‌های شمال ایران و منطقه مورد مطالعه این تحقیق نشان دهد. از طرف دیگر نتایج بررسی (Mohammadi et al., 2010) در غرب ایران با مدلی متفاوت نیز نشان داده که ۹۰ درصد از مناطق آتش گرفته در پهنه‌هایی با خطر زیاد قرار دارند که با نتایج این تحقیق که تنها ۴۰ درصد از مناطق سوخته در محدوده با خطر زیاد برای آتش‌سوزی قرار گرفته‌اند، متفاوت است. علت این مسئله ممکن است مربوط به در نظر گرفتن متغیرهای متفاوت در دو تحقیق، تفاوت در نوع مدل و روش مورد استفاده و از طرف دیگر شرایط و ماهیت متفاوت متغیرهای مورد بررسی در دو منطقه مورد مطالعه (شمال و غرب ایران) باشد.

در ادامه این تحقیق کالیبراسیون مدل مذکور برای منطقه مورد نظر انجام گرفت و نقشه جدید قابلیت آتش‌سوزی براساس مدل اصلاحی تهیه شد. نتایج نقشه جدید قابلیت آتش‌سوزی نشان داد که از مجموع مساحت حدود ۱۹۷۰ هکتاری این جنگل‌ها، ۱۱/۷ درصد از منطقه قابلیت خطر بسیار زیاد و ۲۶/۷۷ درصد آن قابلیت زیاد برای آتش‌سوزی دارد. همچنین ۲۴/۱۹ درصد از منطقه دارای قابلیت خطر متوسط، ۲۶/۰۷ درصد از منطقه دارای قابلیت کم (کم‌خطر) و ۱۱/۲۷ درصد از منطقه دارای قابلیت بسیار کم (بسیار کم‌خطر) برای آتش‌سوزی می‌باشد. بنابراین بیشتر منطقه قابلیت خطر زیاد برای آتش‌سوزی دارد و اقدامات پیش‌گیرانه برای جلوگیری از آتش‌سوزی-های آینده و شناسایی کلیه عوامل‌های مکانی مؤثر در وقوع آتش‌سوزی در جنگل‌های این منطقه به کمک ابزارها و سیستم‌های توانمند اطلاعات مکانی ضروری است. در ادامه این تحقیق نقشه قابلیت خطر آتش‌سوزی اصلاح شده با نقشه مناطق آتش‌سوزی گذشته روی هم‌گذاری شد. نتایج نشان داد که مناطقی که قبلاً در منطقه دچار حریق شده‌اند با مناطق بسیار پرخطر و پرخطر از نظر آتش‌سوزی کاملاً همخوانی دارند و تقریباً ۸۰ درصد از مساحت مناطق سوخته در محدوده بسیار پرخطر و پرخطر برای آتش‌سوزی قرار گرفته‌اند. همچنین ۲۰ درصد از

هکتاری این جنگل‌ها، ۹/۳۷ درصد از منطقه قابلیت خطر بسیار زیاد و ۲۴/۰۴ درصد آن قابلیت زیاد برای آتش‌سوزی دارد. همچنین ۲۹/۷۰ درصد از منطقه دارای قابلیت خطر متوسط، ۲۷/۳۵ درصد از منطقه دارای قابلیت کم (کم‌خطر) و ۹/۵۴ درصد از منطقه دارای قابلیت بسیار کم برای آتش‌سوزی می‌باشد. بنابراین بیشتر منطقه قابلیت متوسط برای آتش‌سوزی دارد.

نتایج روی هم‌گذاری نقشه قابلیت خطر آتش‌سوزی براساس مدل (Dong et al., 2005) با نقشه مناطق آتش‌سوزی گذشته نشان می‌دهد که مناطقی که قبلاً در منطقه دچار حریق شده‌اند، همپوشانی متوسطی با مناطق بسیار پرخطر و پرخطر از نظر آتش‌سوزی دارند و تقریباً نیمی از مساحت مناطق سوخته (۴۰ درصد) در محدوده بسیار پرخطر و پرخطر قرار گرفته‌اند. همچنین ۴۰ درصد از مناطق سوخته در محدوده با خطر متوسط برای آتش‌سوزی قرار گرفته‌اند و مساحت محدوده‌های کم‌خطر و بسیار کم‌خطر در مناطق آتش‌سوزی‌های گذشته محدودتر (۲۰ درصد) است. این نتیجه با نتایج تحقیق

(Chuvieco & Congalton 1989) همخوانی دارد که در بررسی خود نشان دادند که ۲۲ درصد از پیکسل‌هایی که در مناطق پرخطر از نظر آتش‌سوزی قرار گرفته‌اند، طی سال‌های گذشته واقعاً دچار حریق شده‌اند، درحالی که تنها ۳/۴۷ درصد از مناطق کم‌خطر از نظر آتش‌سوزی، طی سال‌های گذشته واقعاً سوخته بودند. این درحالی است که نتایج تحقیق مشابه انجام شده با مدل مذکور در چین نشان داده که بخش اعظم مناطق با خطر آتش‌سوزی زیاد در مکان‌هایی واقع شده‌اند که قبلاً در آنها آتش‌سوزی اتفاق افتاده است (Dong et al., 2005). این مسئله می‌تواند بیانگر این باشد که مدل (Dong et al., 2005) برای پهنه‌بندی قابلیت خطر آتش‌سوزی در جنگل‌های چین کارایی بیشتری نسبت به جنگل‌های شمال ایران دارد و به عبارت دیگر مدل مذکور برای جنگل‌های چین با توجه به شرایط خاص آنها بومی‌سازی شده است. این نتیجه می‌تواند اعتبار متوسط مدل (Dong et al., 2005) را برای

درجه حرارت سالیانه و متوسط بارندگی سالیانه منطقه با در نظر گرفتن وزن معقول به مدل اضافه شده و با توجه به کلیه عوامل تأثیرگذار در وقوع آتش‌سوزی در هر منطقه، مدل‌ها اصلاح شده و بومی گردند تا صحت آن‌ها با داده‌های واقعی در هر منطقه بیشتر شود.

### منابع مورد استفاده

#### References

- Akpinar, E. and Usul, N., 2003. GIS and forest fire. Project of INTA SpaceTurk, Engineering Department, Middle East Technical University, 11 p.
- Anonymous, 2010. Zarrinabad-Neka Forest Management Project. Nowshahr Natural Resources General Office, I.R. Iran, 109 p.
- Chuvieco, E. and Congalton, R.G., 1989. Application of remote sensing and geographic information systems to forest fire hazard mapping. *Remote Sensing of the Environment*, 29: 147-159.
- Dong, X.U., Li-min, D., Guo-fan, Sh., Lei, T. and Hui, W., 2005. Forest fire risk zone mapping from satellite images and GIS for Baihe Forestry Bureau, Jilin, China. *Journal of Forestry Research*, 16(3): 169-174.
- Encinas, A.H., Encinas, L.H., White, S.H., Del Rey, A.M. and Sanchez, G.R., 2007. Simulation of forest fire fronts using cellular automata. *Advanced Engineering Software*, 38: 372-378.
- Hoshyarkhah, B. and Jamshidi Alashti, R., 2007. Fire regimes in forests and strategies of opposition with that. *Proceeding of the Second Conference on Opposition with Natural Accidents, Tehran, Iran*, 26-28 Dec. 2007: 25-34.
- Jaiswal, R.K., Mukherjee, S., Raju, D.K. and Saxena, R., 2002. Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 4: 1-10.
- Kazemi, S. M., 2005. Fire and forest ecosystems. *Livestock, industry and culture journal*: 79-81.
- Lee, B.S., Alexander, M.E., Hawkes, B.C., Lynham, T.J., Stocks, B.J. and Englefield, P., 2002. Information systems in support of wildland fire management decision making in Canada. *Computers and Electronics in Agriculture*, 37: 185-198.
- Maeda, E.E., Arcoverde, G.F.B., Pellikka, P.K.E. and Shimabukuro, Y.E., 2011. Fire risk assessment in the Brazilian Amazon using MODIS imagery and change vector analysis. *Applied Geography*, 31: 76-84.
- 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*

مناطق سوخته در محدوده خطر متوسط برای آتش‌سوزی قرار گرفته‌اند. این نتایج با نتایج تحقیقات دیگر (Dong *et al.*, 2005; Mohammadi *et al.*, 2010; Sowmya & Somashekar, 2010; Salamati *et al.*, 2011; Mahdavi *et al.*, 2011; Maeda *et al.*, 2011; Paz *et al.*, 2011) که نشان داده‌اند مناطق آتش‌سوزی شده با مناطق پرخطر از نظر آتش‌سوزی همپوشانی زیادی دارند، همخوانی دارد.

با توجه به توضیحات فوق، با اثبات صحت و دقت مدل اصلاح شده (Dong *et al.* (2005) برای قابلیت‌یابی آتش‌سوزی در جنگل‌های زرین‌آباد نکا، پیش‌بینی آتش‌سوزی‌های آینده در این جنگل‌ها با استفاده از نقشه قابلیت تهیه شده براساس مدل اصلاحی امکان‌پذیر خواهد بود. بدین ترتیب که همان‌طور که در گذشته نیز آتش‌سوزی‌های اتفاق افتاده در مناطق با خطر زیاد آتش‌سوزی (در نقشه قابلیت تهیه شده) به وقوع پیوسته‌اند، در آینده نیز به احتمال بسیار زیاد، آتش‌سوزی‌ها در مناطق با خطر زیاد اتفاق خواهند افتاد. بنابراین ضروریست اقدامات لازم برای پیش‌گیری و کنترل آتش‌سوزی‌های آینده (مانند ایجاد برج‌های دیده‌بانی و استقرار یگان حفاظت در مناطق پرخطر و همچنین احداث آتش‌بر در محل‌های مناسب) در مناطق با خطر زیاد آتش‌سوزی به‌طور مناسب‌تری انجام گیرد.

نتایج این تحقیق نشان داد که GIS به عنوان سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری برای مدیریت و پیش‌بینی آتش‌سوزی جنگل‌ها کاربرد فراوانی دارد. در واقع قابلیت این سیستم برای ادغام عامل‌های مؤثر در آتش‌سوزی جنگل، استفاده از آن را به عنوان یک ابزار در مدیریت آتش‌سوزی جنگل‌ها اجتناب‌ناپذیر می‌کند. پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آینده عامل‌های دیگر مانند فاصله از زمین‌های زراعی، عمق و رطوبت لاشبرگ کف جنگل، دمای سطح زمین و برای مناطق وسیع‌تر، عامل‌های اقلیمی متوسط

- Podur, J., Martell, D.L. and Knight, K., 2002. Statistical quality control analysis of forest fire activity in Canada. *Canadian Journal Forest Research*, 32: 195–205.
- 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. 2011: 37-47.*
- Sowmya, S.V. and Somashekar, R. K., 2010. Application of remote sensing and geographical information system in mapping forest fire risk zone at Bhadra wildlife sanctuary, India. *Journal of Environmental Biology*, 31(6): 969-974.
- of the First International Conference on Fire in Natural Resources, *Gorgan, Iran, 26-28 Oct. 2011: 65-78.*
- Marozas, V., Racinkas, J. and Bartkevicius, E., 2007. Dynamics of ground vegetation after surface fires in hemiboreal *Pinus sylvestris* forests. *Forest Ecology and Management*, 250(1-2): 47–55.
- Mohammadi, F., Shabaniyan, N., Pourhashemi, M. and Fatehi, P., 2010. Risk zone mapping of forest fire using GIS and AHP in a part of Paveh forests. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 18(4): 569-586.
- Paz, Sh., Carmel, Y., Jahshan, F. and Shoshany, M., 2011. Post-fire analysis of pre-fire mapping of fire-risk: a recent case study from Mt. Carmel (Israel). *Forest Ecology and Management*, 262: 1184–1188.

## Efficiency Evaluation of Dong Model for Determination of Fire Risk Potential in Zarrin Abad Forests

S. Eskandari<sup>1\*</sup>, J. Oladi Ghadikolaie<sup>2</sup> and H. Jalilvand<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup> - Corresponding author, PhD student, Forestry Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, I.R. Iran. Email: saeedeheskandari119@yahoo.com.

<sup>2</sup> - Assistant Professor, Forestry Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, I.R. Iran. Email: Oladi123@yahoo.com

<sup>3</sup> - Associate professor, Forestry Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, I.R. Iran. Email: hj\_458\_hj@yahoo.com

Received: 14.06.2012

Accepted: 19.04.2013

### Abstract

Continues occurrence of fire in northern forests of Iran during past years, necessitates conducting research, in order to predict future fire occurrence in these forests. For this reason a 1:25000 topographical map of Zarrin Abad Forests of Neka Township of Mazandaran province of I.R. Iran. was geo-referenced in GIS, firstly. Then digital model of elevation (DEM) with 30-meter pixel size was obtained from the geo-referenced map and slope, aspect and elevation maps were developed from the DEM. The vegetation cover density and residential areas (villages) maps were obtained from Nekachooob Corporation Company and digitized in GIS. All roads in the study area were routed using GPS and their map was developed. Then 200 and 500 meter buffers were considered on the maps, around the roads and the villages. All of the digital layers were classified according to Dong model. The fire potential map with five classes was developed by overlaying all of the maps, in GIS environment and allocating weight to each factor (map), regarding the Dong model. The past forest fires map was developed, using actual forest data and applying ground sampling with GPS. Then this map was overlaid on the forest fire potential map. Results showed that about 40 percent of the past forest fire areas are located on sites with very high or high fire risk which indicates the medium validity of the used model. Thus, Dong model was modified and weight of the layers was changed, based on their importance at the studied area and finally a new model was developed. A new fire potential map was generated, based on the modified model and was overlaid on the past forest fires map. Results showed that about 80 percent of the past forest fire areas are located on sites with very high or high fire risk which indicates a high validity of the used model for the studied area. It seems that the model might be applied for other forest sites at Caspian region of Iran, based on spatial locations of their watershed basins.

**Key words:** Slope, aspect, elevation, vegetation coverage density, geo-reference