نشریه علمی برنامه‌ریزی توسعه کالبدی
سال هفتم، شماره ۲ (سری جدید)، پیاپی ۲۶، تابستان ۱۴۰۱ (۷۲-۶۱)

Journal of Physical Development Planning
Vol. 7, No. 2, (New Series), Summer 2022 (61-72)

مقاله پژوهشی

پهنه‌بندی کالبدی خطر آتش‌سوزی جنگل با روش AHP فازی و GIS (مورد مطالعه: اسالم)

سحر طبیبیان*

استادیار گروه کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه پیام‌نور، تهران، ایران

(دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۱۲ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۲۵)

Physical Zoning of Forest Fire Risk Using Fuzzy AHP and GIS Methods (Case Study: Asalem)

Sahar Tabibian*

Assistant Professor, Department of Agriculture and Natural Resources, Payeme Noor University, Tehran, Iran

(Received: 02/Jan/2022 Accepted: 15/Jun/2022)

چکیده

آتش‌سوزی در جنگل چه منشأ انسانی و چه منشأ طبیعی داشته باشد به عنوان بحران در سال‌های اخیر یکی از چالش‌های مهم است. هدف از انجام پژوهش حاضر تهیه نقشه پتانسیل حریق با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در جنگل‌های مناطق روستایی شهراسالم به منظور مدیریت این مناطق، برای بخش‌های اجرایی است. در این مقاله با روش تحلیلی_مکانی و با بهره‌گیری از روش سلسله مراتبی فازی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیاییGIS) به پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی پرداخته‌شد. با استفاده از مدل رقومی ارتفاع، نقشه‌های شیب، جهت‌های جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا آماده و در ادامه نقشه‌های نوع پوشش گیاهی منطقه، لایه‌های مناطق مسکونی، کاربری و راه‌های منطقه نیز درGIS تهیه شد. جهت رتبه‌بندی و وزن‌دهی معیارهای مؤثر در وقوع آتش‌سوزی از طریق روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی ابتدا، تعداد ۳۰ پرسشنامه بین کارشناسان آتش‌سوزی در عرصه مناطق مورد مطالعه توزیع شد. سپس به روش فازی AHP وزن‌دهی شدند. لایه‌های وزن‌دار شده بر اساس دستورcalculator Raster در محیط GIS ترکیب‌وزنی و با استفاده از توابع عضویت فازی ارزش‌گذاری شد. نقشه پهنه‌بندی خطر در پنج طبقه از مناطق با پتانسیل خیلی‌زیاد تا پتانسیل‌خیلی‌کم طبقه‌بندی شدند. از کل مساحت محدوده مطالعاتی، مساحت مناطق با خطر آتش‌سوزی خیلی‌زیاد برابر با ۷۱۷۰ هکتار و مساحت مناطق خطرآتش‌سوزی خیلی‌کم برابر با ۶۹۰۸ هکتار است.

نتایج نشان داد مناطقی که در سال‌های گذشته دارای سابقه آتش‌سوزی بودند با نقشه نهایی کاملا مطابقت داشته و ۴۸ درصد از آتش‌سوزی‌های به وقوع پیوسته در مناطقی با پتانسیل زیاد و خیلی‌زیاد قرار گرفتند.

واژه‌های کلیدی: پتانسیل آتش‌سوزی، GIS، شهر اسالم، مدل AHP فازی.

Abstract

Forest fires, whether of human or natural origin, are one of the most important challenges in recent years as a crisis. The aim of this study is to prepare a fire potential map using the geographic information system in the forests of rural areas of Asalem city in order to manage these areas for the executive departments. In this paper, zoning of fire hazard was investigated by spatial analysis method and using fuzzy hierarchical process and GIS. Using digital-elevation model, slope, geographical directions, altitude maps were prepared and then type of vegetation, roads, rural settlements and farmlands were mapped. In order to rank and weighting the effective criteria in the occurrence of fire through the method of fuzzy AHP, first 30 questionnaires were distributed among fire experts in the study areas. And they were weighed in the AHP fuzzy. Then the weighted layers were evaluated according to the Raster calculator order in GIS and using fuzzy membership functions. Forest fire risk zone mapping were classified into five classes of areas with very high potential to very low potential. From the total of the study area, the area of very high fire risk is equal to 7170 hectares and the area of very low fire risk is 6908 hectares. The results showed that after the fieldwork, the areas with fire history in previous years were completely matched with the final potential map. 48% of the fires occurred were in areas with high and very high potential.

Keywords: Fire Potential, GIS, Asalem, Fuzzy AHP Model.

*dr.tabibian.s@gmail.com

مقدمه

جنگل، اکوسیستمی پیچیده و پویاست که در حالت عادی اجزای تشکیل دهنده آن همواره با هم در حالت تعادل قراردارند. سلامت یک جنگل در هر منطقه مشخص، یک شاخص واقعی از شرایط محیطی غالب درآن منطقه است. هنگامی که جنگل تحت تأثیر یک یا چند عامل مخرب طبیعی یا مصنوعی قرار می‌گیرد، با توجه به نوع و شدت اثرآن‌ها ممکن است، حالت تعادل یا قدرت خودتنظیمی آن ضعیف شده و یا از بین برود. یکی از عوامل محیطی که می‌تواند بر جنگل تأثیر گذار باشد، عامل آتش‌سوزی است (جانباز قبادی،۱۳۹۸:۹۰).

آتش‌سوزی یکی از مهم‌ترین عوامل مخرب جنگل‌ها محسوب شده، همواره این اکوسیستم‌های حیاتی را تهدید می‌کند. طبق تعریف سازمان خوار و بار جهانی، خطر وقوع آتش‌سوزی جنگل، شانس شروع آتش‌سوزی از طریق حضور یا فعالیت هر عامل مؤثر است (FAO ۱۹۸۶: ۵).

ریسک آتش‌سوزی ترکیبی از دو واژه خطر آتش‌سوزی (احتمال شروع و گسترش آن) و آسیب‌پذیری ناشی از آتش‌سوزی (پیامد یا نتیجه آتش‌سوزی) است. خطر کلی بستگی به سوخت و حساسیت‌پذیری آن به سوختن و حضور عوامل خارجی (چه انسانی و چه طبیعی) دارد.

به علاوه خطر آتش‌سوزی به معنای ارزیابی عوامل ثابت و متغیر محیط آتش‌سوزی (سوخت، آب و هوا و پستی و بلندی) است که سهولت احتراق، سرعت گسترش، دشواری کنترل و اثرات آتش‌سوزی‌های مهیب را تعیین می‌کند. (Merrill & Alexander, 1987: 15; Alexander, 2006: 122 Taylor &)

امروزه پدیده حریق در عرصه‌های جنگلی، بخش وسیعی از جنگل‌های جهان و زندگی روستاییان آن را مورد تهدید قرار داده است. این پدیده سالانه هزاران هکتار از درختان، درختچه‌ها و گیاهان را طعمه خود می‌سازد (Miller & Ager, 2013:1).

حریق در صورت وسعت و تکرار، سبب تغییر ارزش کیفی گونه‌ها در جنگل شده و به ظهور گونه‌های پست و نامرغوب می‌انجامد. حریق‌های مهیب علاوه بر خسارات اقتصادی، آلودگی‌های زیست‌محیطی را نیز به دنبال دارند. همچنین آتش‌سوزی جنگل با منشأ طبیعی یا انسانی، اثرات زیانبار و ویرانگری را بر زندگی بشر بر جای می‌گذارد (اسکندری، ۱۳۹۴:۲).

آتش‌سوزی در جنگل نه تنها باعث نابودی پوشش گیاهی در منطقه حریق می‌شود، بلکه باعث اختلال در فرآیندهای هیدرولوژیکی، افزایش فرسایش خاک و رواناب تولیدی این مناطق می‌شود (Vadrevu & Lasko, 2015: 8; Le et al., 2014: 267).

عوامل مختلفی در خطر وقوع آتش‌سوزی تأثیر دارند. نتایج برخی پژوهش‌ها نشان داده است که عوامل مختلف اکولوژیکی و اقلیمی منجر به تغییر وسعت و شدت آتش‌سوزی‌ها در جنگل‌های شمال شده‌اند. پوشش گیاهی ایران از مهم‌ترین عوامل زیست شناختی مؤثر در آتش‌سوزی جنگل محسوب می شود. از این نظر که میزان تراکم و نوع گونه، لاشبرگ و مقدار رطوبت سوخت در وقوع آتش‌سوزی تأثیردارد. توپوگرافی، شیب، جهت و ارتفاع عامل مهم دیگری در وقوع و گسترش آتش‌سوزی است. در ایران، به رغم عدم وجود اطلاعات دقیق از آتش‌سوزی‌های گذشته، کاهش سالانه ۵۰۰۰ تا ۶۰۰۰ هکتار از وسعت جنگل‌ها در اثر آتش‌سوزی قابل تخمین است (Adab, 2013: 1724; Huang et al., 2010: 86; Valdez et al., 2017: 4). به‌طوری که احتمال وقوع و گسترش آتش‌سوزی در مناطق پرشیب و ارتفاعات پایین، بیشتر است (Martinez et al., 2009: 1243) ، (Jaafari & Mafi Gholami, 2017: 239-240).

بیشترین آتش‌سوزی‌ها در مناطقی اتفاق می‌افتد که دسترسی انسان به آن‌ها بیشتر است. به عبارت دیگر، مناطق با شیب مناسب و ارتفاع کم (Gerdzheva, 2014: 25).

بیش از ۹۵ درصد آتش‌سوزی‌های جنگلی ناشی از هر یک از این دو، بر اثر سهل‌انگاری یا ناآگاهی انسان‌ها رخ می‌دهد. بقیه آتش‌سوزی‌ها به دلایل طبیعی از قبیل رعد و برق، افزایش شدید دما و غیره که بسیار نادر هستند، اتفاق می‌افتد، به‌طور کلی در سراسر جهان علل اصلی آتش‌سوزی جنگل‌ها، انسان‌زا است (Satendra & Kaushik, 2014: 71).

علیرغم تعدد عامل‌های آتش‌سوزی، وقوع آتش در یک منطقه به طور معمول بر اساس الگوهای زمانی و مکانی منظم ایجاد می‌شود که امکان مدل‌سازی آن‌ها را فراهم می‌کند (Semeraro et al., 2016).

افزایش وقوع آتش‌سوزی‌های مکرر در جنگل‌های شمال ایران، خصوصا جنگل‌های اسالم شهرستان تالش طی سال‌های اخیر، محیطزیست، جنگل‌ها، روستاها و ساکنان آن‌ها را در گستره‌ای وسیع با خسارات و تلفات زیادی مواجه کرده است. فشردگی جنگل در این منطقه که با نزدیک شدن به فصل

گرما و روشن کردن آتش برای تفریح و پخت‌وپز توسط گردشگران و اهالی منطقه که مهم‌ترین عامل آتش‌سوزی است، نشان از اهمیت این مسئله و ارائه راهکارهای لازم دارد.

با توجه به مطالب یاد شده، پهنه‌بندی خطر وقوع آتش‌سوزی به‌عنوان یک پیش‌نیاز برای طرح مدیریت آتش‌سوزی جنگل محسوب می‌شود. به عبارت دیگر، پیش‌بینی مکانی احتمال وقوع و پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی در مناطق مختلف، امکان مدیریت بهتر آتش‌سوزی جنگل را فراهم می‌کند (Lozano et al., 2008: 710). طی سال‌های اخیر استفاده از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی به انضمام درنظر گرفتن مؤثرترین شاخص ها با اختصاص وزن مناسب به آن‌ها اهمیت بسزایی داشته و کمک بسیار بزرگی به پهنه‌بندی آتش‌سوزی عرصه‌های طبیعی نموده است. در پژوهش پیش رو امکان مدل‌سازی و تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی برای جنگل‌های اسالم شهرستان تالش بررسی شد. در نهایت با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری سلسله مراتبی فازی و سامانه GIS نسبت به پیش‌بینی مناطق با ریسک بالای آتش‌سوزی اقدام شد.

پیشنهاد و معرفی روش‌های نوین به منظور شناخت الگوی آتش‌سوزی در جنگل‌های حومه شهرها با دیدگاه‌ها و مبانی فکری متفاوت و آزمایش این روش‌ها در مناطق مختلف دنیا، پیشینه نه چندان گسترده اما پویا دارد. در این راستا مطالعات متعددی در حوزه پتانسیل خطر حریق صورت گرفته است که به دلیل وسعت و دامنه موضوع، هر یک از پژوهشگران بر اساس هدف پژوهش خویش جهت‌گیری ویژه‌ای داشته‌اند.

محمدی و همکاران (۱۳۸۹)، اقدام به تهیه نقشه نواحی دارای خطر آتش‌سوزی جنگل بر پایه عوامل پوشش گیاهی، فیزیوگرافی، اقلیمی، انسانی و فاصله از جاده‌ها و رودخانه‌ها، در بخشی از حوضه پاوه‌رود در غرب ایران نموده‌اند. ابتدا با به کارگیری روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، عوامل مؤثر در وقوع آتش‌سوزی وزن‌دهی شد و نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی با استفاده از لایه‌های وزنی و ضریب وزنی مربوط به هر یک ازعوامل در پنج طبقه تهیه شد. نتایج نشان داد که ۹۰ درصد از مناطق آتش‌سوزی شده در پهنه‌هایی با خطرزیاد قرار دارند. اسکندری (۱۳۹۲)، به منظور مدل‌سازی خطر وقوع حریق و تهیه نقشه پتانسیل خطر آتش‌سوزی در بخشی از جنگل‌های شمال ایران از دو روش تحلیل سلسله مراتبی فازی و همبستگی استفاده کرد. شاخص‌های مورد استفاده شامل چهار معیار اصلی(توپوگرافی، زیست شناختی، اقلیمی و انسانی) و هفده زیرمعیار بود. سپس با دو روش یادشده، نقشه تمامی شاخص‌ها تهیه و تعیین وزن شدند و در نهایت مدل‌های خطر آتش‌سوزی به دست آمد.

مهدوی و همکاران (۲۰۱۲)، مناطق خطر وقوع آتش‌سوزی در جنگل‌های شهرستان ایلام را با استفاده از روش AHP با بکارگیری GIS نقشه برداری کردند. متغیرهای مورد استفاده شامل کاربری اراضی، جاده‌ها، رودخانه‌ها و مشخصات اقلیمی، فیزیوگرافی و انسان ساخت بودند. موقعیت مناطق آتش‌سوزی گذشته از سال ۲۰۰۷ تا ۲۰۰۹ با استفاده از GPS برداشت شد. سپس با استفاده از AHP، وزن متغیرها به منظور ترکیب آن‌ها برای دستیابی به نقشه خطر وقوع آتش‌سوزی تعیین شد. نتایج نشان داد که ۵۰ درصد حریق‌های گذشته در مناطق با خطر بسیار زیاد و ۴۰ درصد آن‌ها در مناطق با خطر زیاد قرار گرفته‌اند که اعتبار بالای مدل ساخته شده را نشان می‌دهد.

اسکندری (۱۳۹۲)، به منظور مدل‌سازی خطر وقوع حریق و تهیه‌ی نقشه پتانسیل خطر آتش‌سوزی در بخشی از جنگل‌های شمال ایران از دو روش تحلیل سلسله مراتبی فازی و همبستگی استفاده کرد. شاخص‌های مورد استفاده شامل چهار معیار اصلی(توپوگرافی، زیست شناختی، اقلیمی و انسانی) و ۱۷ زیرمعیار بود. پس از تهیه نقشه تمامی شاخص‌ها وتعیین وزن همه آن‌ها با دو روش یادشده، مدل‌های خطر آتش‌سوزی به دست آمد. سپس نقشه تمامی عوامل مؤثر با در نظر گرفتن وزن آن‌ها بر اساس مدل‌های ساخته شده در GIS ترکیب شد و نقشه‌های پتانسیل خطر آتش‌سوزی با دو روش یادشده حاصل گردید. نتایج نشان داد که مناطق پرخطر آتش‌سوزی در نقشه‌های پتانسیل خطر تهیه شده با دو روش تحلیل سلسله مراتبی فازی و روش همبستگی، تطابق زیادی با مناطق آتش‌سوزی‌های گذشته داشته است، اما دقت روش همبستگی بیشتر از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی است.

اسکندری (۱۳۹۴)، ارزیابی پتانسیل خطر آتش‌سوزی جنگل را با استفاده از مدل Dong، در جنگل‌های بخش سه نکا_ظالمرود انجام داد. در تحقیق ایشان، ابتدا مدل رقومی ارتفاع منطقه مورد مطالعه از سنجنده ASTER تهیه شد. سپس نقشه‌های شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا از مدل رقومی ارتفاع تهیه شد. نقشه‌های نوع و تراکم پوشش گیاهی و عوامل انسان ساخت (جاده‌ها، مناطق مسکونی (روستاها) و زمین‌های کشاورزی منطقه از شرکت سهامی نکاچوب تهیه شد. سپس نقشه‌های بافر اطراف جاده‌ها، روستاها و زمین‌های کشاورزی تهیه شد. همه لایه‌های رقومی مطابق مدل دانگ

طبقه‌بندی شدند. در نهایت نقشه پتانسیل آتش‌سوزی منطقه از روی هم‌گذاری وزنی همه نقشه‌های متغیرهای مؤثر بر اساس مدل دانگ در GIS تهیه شد. نتایج نشان داد که ۵۱ درصد از مناطق آتش‌سوزی‌های واقعی در مناطق پرخطر و بسیار پرخطر قرار گرفته‌اند.

لوزانو وهمکاران (۲۰۰۸)، در تحقیقی دیگر، ارتباط میان احتمال وقوع آتش‌سوزی و شاخص‌های مختلف زیست‌محیطی را با استفاده از مدل‌های طبقه‌بندی و رگرسیونی درختی با بکارگیری تصاویر ماهواره‌ای مدل‌سازی کردند و مدلی را برای احتمال وقوع آتش‌سوزی بر اساس مشخصات توپوگرافی، قابلیت دسترسی، نوع پوشش و تاریخچه آتش‌سوزی در مناطق مدیترانه‌ای ارائه دادند. نتایج نشان داد که وقوع آتش‌سوزی با شاخص‌های محیطی در مقیاس‌های مکانی مختلف ارتباط زیادی دارد و اغلب مناطق خطر وقوع آتش‌سوزی در بوته‌زارها و شیب‌های تند واقع شده است. به علاوه مدل‌های مکانی آتش‌سوزی با مکان‌های آتش‌سوزی گذشته ارتباط زیادی دارد.

در مطالعه دیگری، گردزهوا (۲۰۱۴)، آنالیزی مقایسه‌ای از مدل‌های مختلف ارزیابی خطر آتش‌سوزی در منطقه اسمولیان بلغارستان را ارائه داد. هدف از این مطالعه، تعیین یک مدل ارزیابی خطر صحیح برای منطقه مورد مطالعه بود. بر همین اساس، سه مدل پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی انتخاب شد. نتایج هر کدام از مدل‌ها با تاریخچه آتش‌سوزی‌های گذشته مقایسه شد. بدین منظور مدل‌های کاسرس (۲۰۱۱)، اوزلکان (۲۰۰۹) و اداب (۲۰۱۱) که هر یک دربردارنده شاخص‌های مختلف آتش‌سوزی بودند، استفاده شد. نتایج نشان داد که مدل اداب، اوزلکان وکاسرس به ترتیب بیشترین دقت را در پیش‌بینی مناطق خطر آتش‌سوزی داشته‌اند.

لیو و همکاران در سال (۲۰۱۸) به بررسی آتش‌سوزی جنگل‌ها در در استان جیلین، واقع در شمال شرقی چین پرداختند. در این تحقیق، میزان بروز و پراکندگی ۶۵۱۹ آتش‌سوزی در استان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که توزیع مکانی و زمانی مساحت جنگل سوخته و فرکانس آتش‌سوزی بر اساس ماه، سال و منطقه به‌طور معنی‌داری متفاوت است. وقوع آتش‌سوزی، الگوهای زمانی قابل‌توجهی را در سال‌های پس از اجرای دقیق اقدامات پیشگیری از آتش‌سوزی جنگل‌ها، توسط دولت استانی نشان داد. به‌طور کلی، آتش‌سوزی جنگل‌های جیلین در ماه‌هایی رخ می‌دهد که کاه وکاهبن سوزانده می‌شد و فعالیت‌های انسانی در طول جشنواره‌های سنتی چینی شدید بود. شهر بایشان، شهر جیلین و یانبیان به دلیل فرکانس بالای آتش به عنوان مناطق مستعد آتش تعریف شدند. یانبیان بیشترین فراوانی را داشت. بنابراین، Yanbian باید به عنوان منطقه‌ی کلیدی توسط آژانس مدیریت آتش‌سوزی در استان جیلین برای پیشگیری بهتر از آتش‌سوزی تحت نظر قرار گیرد.

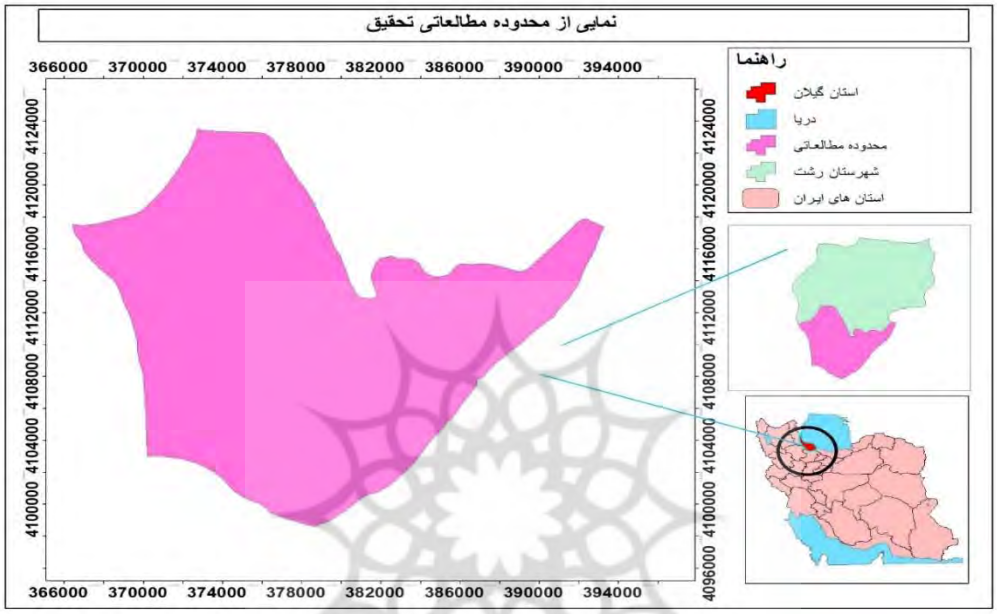
در پژوهشی دیگر که توسط سانیل (۲۰۰۵) با عنوان کاربرد فناوری سنجش از دور و GIS در مدل‌سازی خطر آتش‌سوزی جنگل‌ها و مدیریت آتش‌سوزی‌های جنگلی: (مطالعه موردی در منطقه گرهوال هیمالیا) صورت پذیرفت، با استفاده از فنون سنجش از دور، GIS و AHP و براساس عامل‌های شیب، ارتفاع، جهت و پوشش گیاهی، نقشه خطر آتش‌سوزی را در منطقه‌ای از هیمالیا تهیه کردند. نتایج نشان داد که به ترتیب ۴/۴۲ و ۲۶/۹۲ درصد از منطقه در رده‌های دارای خطربسیار زیاد و زیاد قرار گرفته است. این مناطق به عنوان مناطق دارای اولویت زیاد برای مدیریت و پیشگیری ازوقوع آتش‌سوزی در آینده معرفی شد.

با بررسی تحقیقات انجام شده می‌توان به این نتیجه رسید که در اکثر این مطالعات برای ارزیابی پتانسیل خطر آتش‌سوزی از شاخص های محیطی مختلف استفاده شده و اغلب آن‌ها از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) برای وزن دهی به این شاخص‌ها استفاده و به اختصاص وزن مناسب به متغیرهای محیطی تأکید کرده‌اند. همچنین اغلب این مطالعات از سیستم اطلاعات جغرافیایی به عنوان ابزاری کارآمد در پتانسیل‌یابی خطر آتش‌سوزی در جنگل‌ها استفاده کرده‌اند. به طوریکه اهمیت کاربرد GIS به عنوان سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری برای مدیریت کارآمد و پیش‌بینی آتش‌سوزی در جنگل‌ها محرز شده است از این رو مدلی که با اختصاص وزن مناسب به متغیرهای محیطی مؤثر در وقوع آتش‌سوزی، نتایج مطلوبی را به همراه داشته باشد، اهمیت بسیار زیادی دارد. بنابراین با توجه به اهمیت مسأله پیش‌بینی آتش‌سوزی جنگل‌ها با استفاده از ابزار توانمند تحلیل مکانی از یک طرف و با توجه به وقوع آتش‌سوزی‌های مکرر در جنگل‌های اسالم از طرف دیگر، این تحقیق در نظر دارد، مناطق بحرانی خطر آتش‌سوزی را شناسایی و به مدیران جنگل معرفی نماید تا حتی المقدور راهکاریی برای پیشگیری از وقوع حریق‌های آینده در جنگل‌های منطقه ارائه دهد.

داده‌ها و روش‌کار

محدوده مطالعاتی حوضه‌های خاله سرا و دیناچال در شهر اسالم است. این شهر در طول جغرافیایی بین ۴۸ درجه و ۵۶ دقیقه و ۴۸ درجه و ۵۹ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی بین ۳۷ درجه و ۴۱ دقیقه و ۳۷ درجه و ۴۴ دقیقه شمالی قرار گرفته است (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان گیلان، ۱۳۹۵).

منطقه دارای جنگل و اقلیم مرطوب است که از لحاظ ناهمواری‌ها به دو ناحیهٔ کاملاً متمایز جلگه‌ای در شرق و کوهستانی در غرب تقسیم می‌شود. بخش کوهستانی منطقه مورد مطالعه به سبب همجواری با دریای مازندران پوشیده از جنگل و مراتع نسبتاً وسیع است (محمودی، ۲:۱۳۸۰). آب و هوای اسالم در ناحیه جلگه‌ای معتدل و مرطوب و در ناحیه کوهستانی مرطوب و سرد است (شکل۱).



شکل ۱. منطقه مورد مطالعه

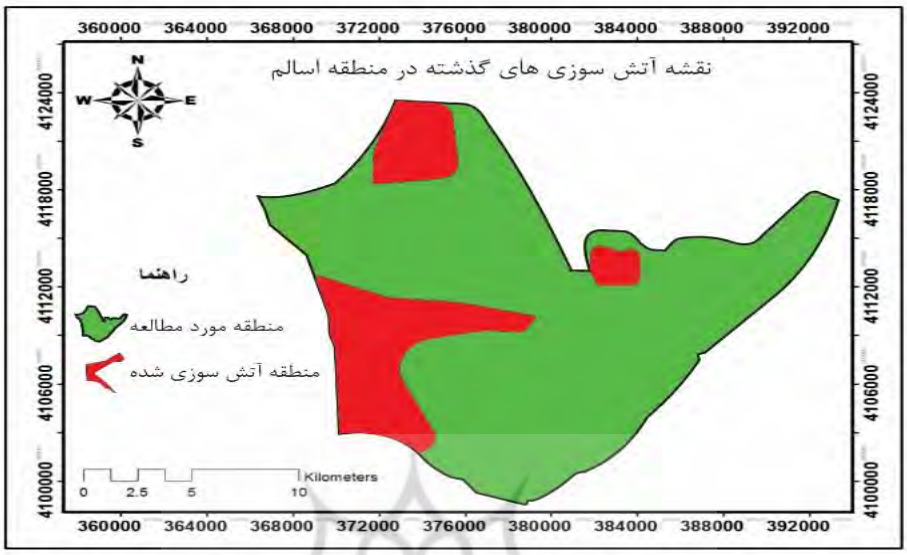
بر اساس آمار آتش‌سوزی سال‌های ۱۳۹۷ تا ۱۳۹۹که از اداره محیط‌زیست شهرستان تالش تهیه شد، با پیمایش زمینی، محدوده و مساحت مناطقی که دارای بیشترین وسعت آتش‌سوزی و تکرار بودند با استفاده از موقعیت‌یاب مدل Garmin GPSMAP 64s، ثبت شد و نقشه رقومی آن در محیط ArcMap10.2.2 تهیه شد(شکل۲). سپس نقاط ثبت شده بر روی نقشه پتانسیل خطر وقوع آتش‌سوزی بر اساس روش تحلیل سلسله مراتبی فازی قرار داده شد.

بر اساس مطالعات انجام شده توسط چاندرا و آئورا در مناطق جنگلی هیمالیا (Chandra&Arora, 2006: 2) و همچنین بازدیدهای صورت گرفته از منطقه در حد امکان تمام عوامل تأثیرگذار در آتش‌سوزی در جنگل‌های منطقه، شامل پوشش گیاهی ارتفاع، شیب، جهت و جاده‌های منطقه مشخص شدند.

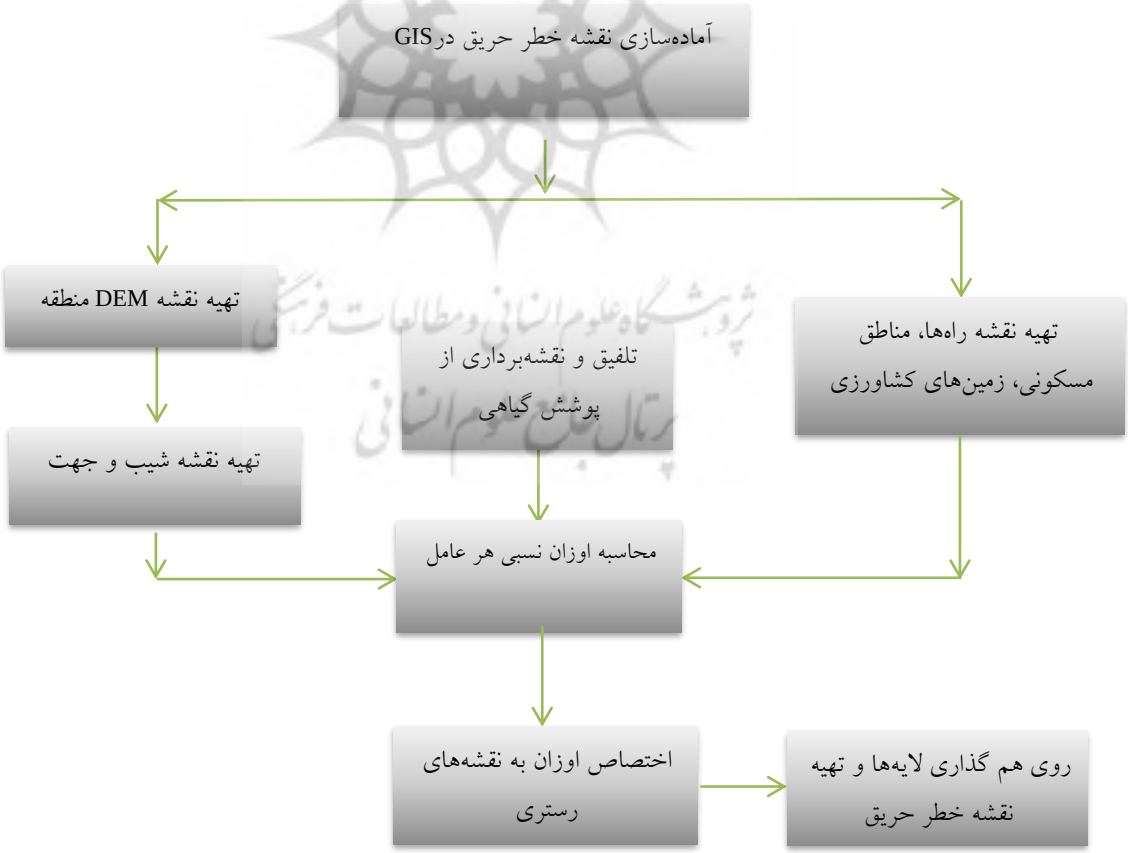
با توجه به اینکه برای تهیه نقشه پتانسیل خطر آتش‌سوزی از شاخص‌های مختلفی که در وقوع آتش‌سوزی تأثیر دارند استفاده می‌شود، وزن معیارهای مؤثر در وقوع آتش‌سوزی از طریق روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیای GIS محاسبه شد. در ابتدا برای دستیابی به این وزن‌ها، ۳۰ پرسشنامه بین کارشناسان آتش‌سوزی در عرصه‌های منابع طبیعی توزیع شد. با وارد کردن مقادیر کمی به دست آمده برای معیارها و زیر معیارها به نرم‌افزار سلسله مراتبی فازی، وزن هر کدام از طبقات به‌دست آمد. پس از محاسبه کردن وزن زیر معیارها در AHP فازی، با استفاده از تابع Reclassify در محیط ArcMap، وزن های اختصاص داده شده برای هر طبقه تعریف شد. در گام نهایی، اوزان محاسبه شده در محیط GIS به نقشه‌های فازی رستری تاثیرگذار اختصاص داده شدند و نقشه‌های وزن دار، بدست آمدند. در ادامه با کمک توابع همپوشانی Calculator Raster، تمامی لایه‌های اطلاعاتی روی هم قرار گرفتند و نقشه نهایی خطر آتش‌سوزی بدست آمد که به منظور سهولت در درک آن ۵ کلاس از خیلی‌کم تا خیلی‌زیاد طبقه‌بندی شد.

مراحل انجام پژوهش در شکل۳ نمایش داده شده است.

در پایـان، اعتبارسـنجی و دقـتِ نقشـه پتانسـیل خطـر آتش‌سوزی با استفاده از آتش‌سوزی‌های گذشـته، در شناسـایی مناطق حساس به حریق ارزیابی شد.



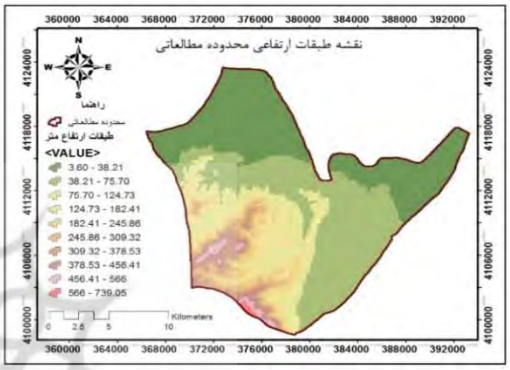
شکل۲. نقشه آتش‌سوزی‌های گذشته در منطقه مورد مطالعه



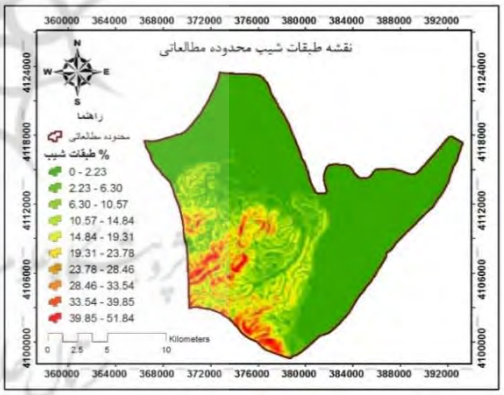
شکل۳. گام‌های پژوهش

شرح و تفسیر نتایج

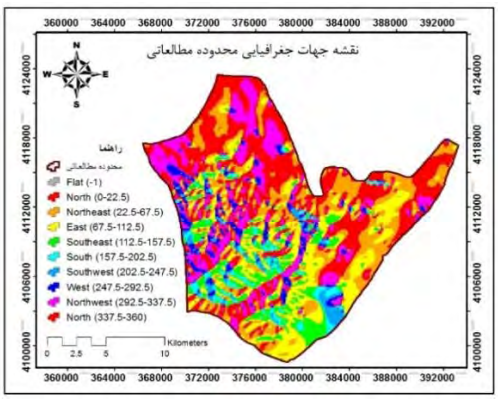
جهت پهنه‌بندی پتانسیل آتش‌سوزی نیاز بود که علاوه بر نقشه نوع و تراکم پوشش گیاهی، نقشه‌های پایه (طبقات شیب، جهت شیب و ارتفاع) از مدل ارتفاعی رقومی محدوده مطالعاتی(شکل۴ تا ۸) استخراج شوند. با توجه به اهمیت عوامل اقتصادی_اجتماعی، سه عامل فاصله از جاده و فاصله از نقاط زیستی و همچنین نقشه اراضی نیز مورد بررسی قرار گرفتند. در این راستا، حریم‌هایی در اطراف این مناطق در نظر گرفته‌شد که با دور شدن از آن‌ها از خطر ایجاد حریق کاسته می‌شود (شکل۹ تا۱۱).



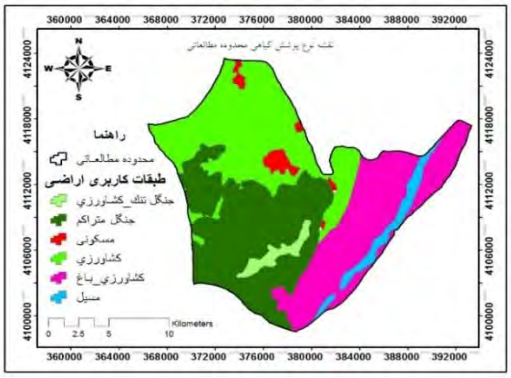
شکل۴. نقشه طبقات ارتفاعی محدوده مطالعاتی



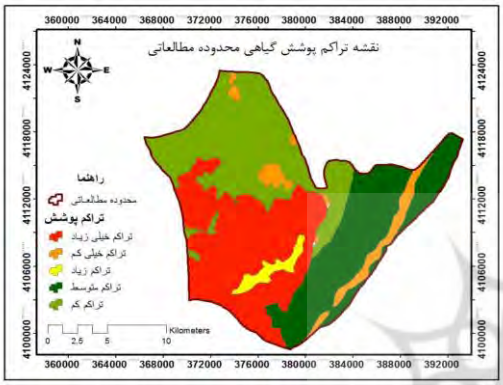
شکل۵. نقشه طبقات شیب محدوده مطالعاتی



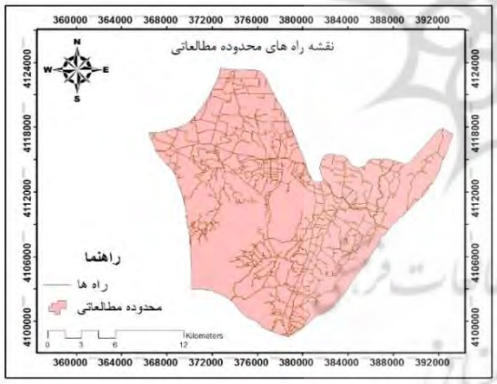
شکل۶. نقشه جهت جغرافیایی محدوده مطالعاتی



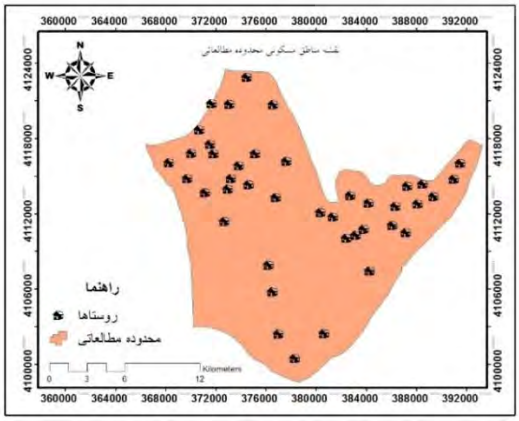
شکل۷. نقشه نوع پوشش گیاهی محدوده مطالعاتی



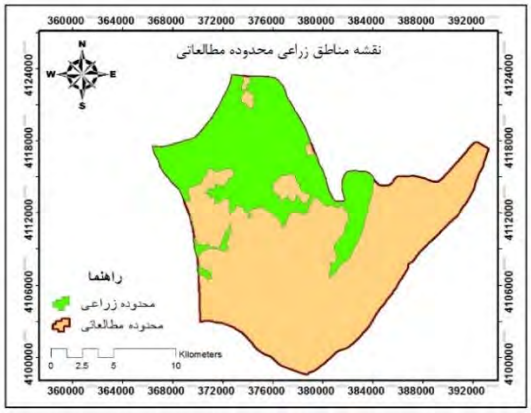
شکل۸. نقشه تراکم پوشش گیاهی محدوده مطالعاتی



شکل۹. نقشه جاده‌های محدوده مطالعاتی



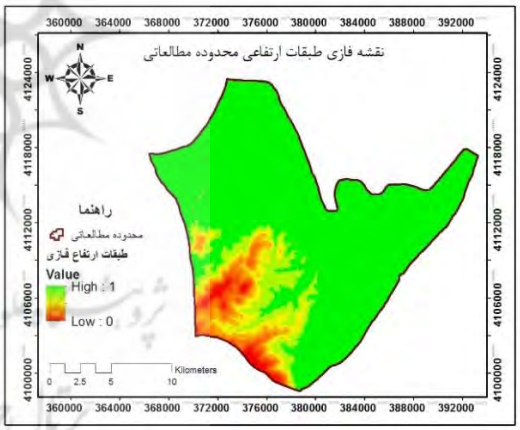
شکل۱۰. نقشه مناطق مسکونی محدوده مطالعاتی



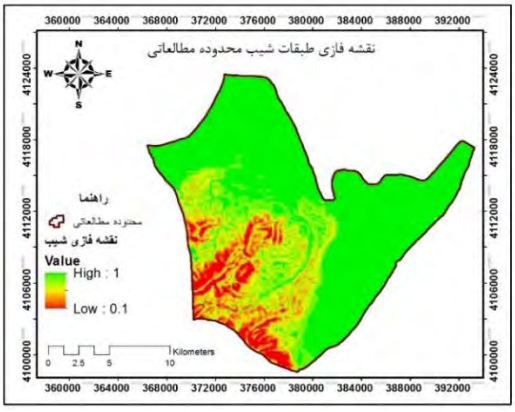
شکل۱۱. نقشه مناطق زراعی محدوده مطالعاتی

نتایج همسان‌سازی لایه‌ها با استفاده از توابع عضویت فازی

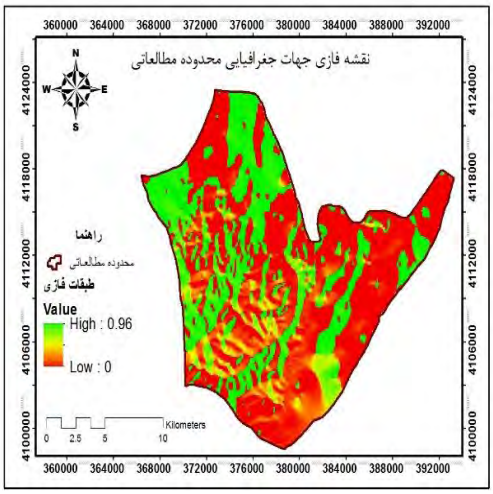
وزن معیارهای مؤثر در وقوع آتش‌سوزی با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی محاسبه و در محیط GIS بر اساس منطق فازی در فاصله‌ای بین ۰ تا ۱ به صورت لایه‌های رستری فازی ارزش‌گذاری شد (شکل۱۲ تا ۱۸).



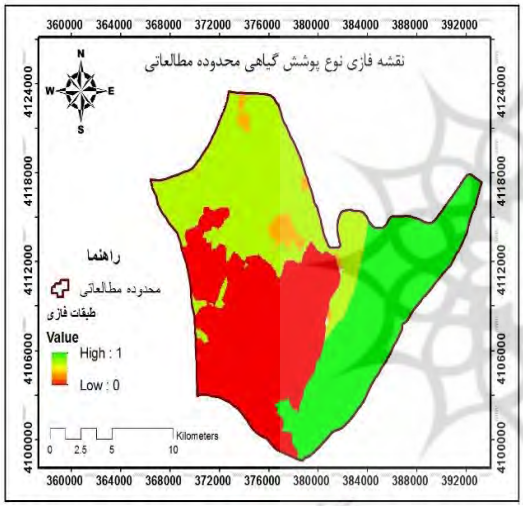
شکل۱۲. نقشه فازی ارتفاع محدوده مطالعاتی



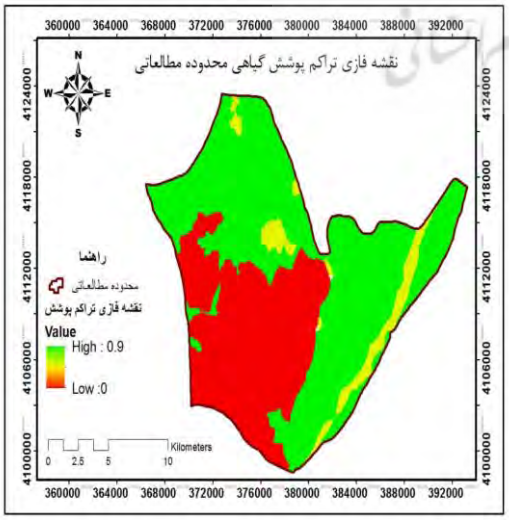
شکل۱۳. نقشه فازی شیب محدوده مطالعاتی



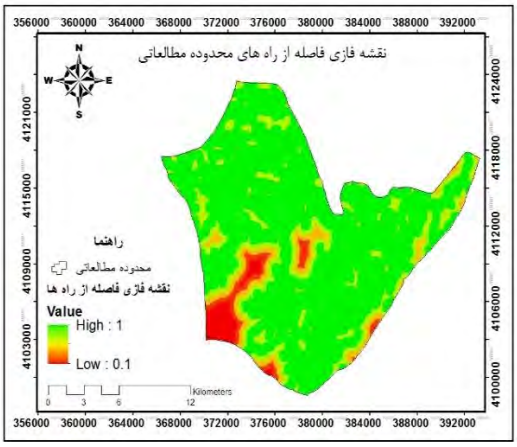
شکل۱۴. نقشه فازی جهت جغرافیایی محدوده مطالعاتی



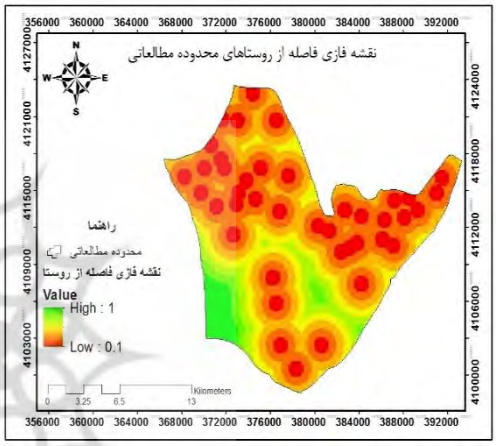
شکل۱۵. نقشه فازی نوع پوشش گیاهی محدوده مطالعاتی



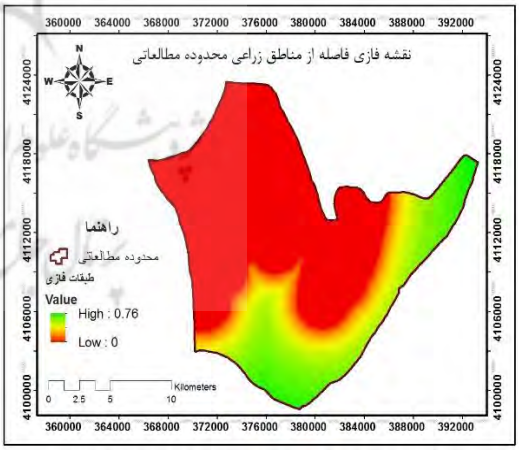
شکل ۱۶. نقشه فازی تراکم پوشش گیاهی محدوده مطالعاتی



شکل۱۷. نقشه فازی فاصله از جاده‌های محدوده مطالعاتی

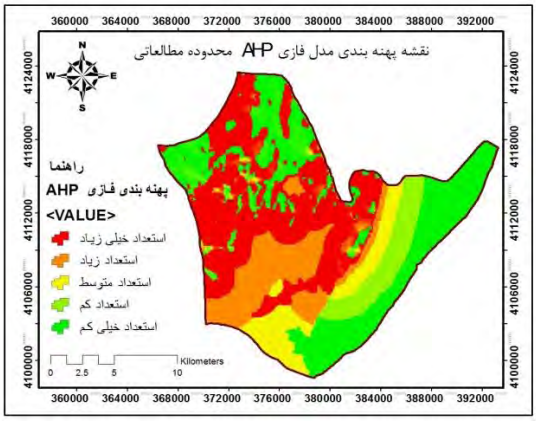


شکل۱۸. نقشه فازی فاصله از روستاها محدوده مطالعاتی



شکل ۱۹. نقشه فازی از مناطق زراعی محدوده مطالعاتی

در ادامه پس از امتیازدهی ۸ معیار اصلی با مدل AHP، از طریق ترکیب وزنی معیارهای مؤثر، با دستور Raster Calculator، نقشه فازی پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی به دست آمد (شکل۲۰).



شکل۲۰. نقشه پهنه‌بندی مدل فازی AHP در منطقه مورد مطالعه

به دلیل افزایش اعتبار مدل استفاده شده در تحقیق و افزایش دقت برآورد پتانسیل خطر آتش‌سوزی، ازAHP فازی بعنوان یکی از شاخص‌ترین مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه MADM استفاده شد. پس از ارزش‌گذاری لایه‌ها در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی، مساحت پهنه‌های مستعد آتش‌سوزی در ۵ طبقه از خیلی‌کم تا خیلی‌زیاد به دست آمد. مناطق با خطر آتش‌سوزی خیلی‌زیاد برابر با ۷۱۷۰ هکتار (**۳۲/۴۶٪**) و مساحت مناطق با خطر آتش‌سوزی خیلی‌کم برابر با ۶۹۰۸ هکتار (**۳۱/۲۸٪**) است (جدول۱).

جدول ۱. مساحت پهنه‌های مستعد آتش‌سوزی مدل فازی AHP

طبقات خطر آتش‌سوزی	مساحت (هکتار)	مساحت (درصد)
خیلی‌کم	۶،۹۰۸/۸۷	٪۳۱/۲۸
کم	۲،۶۱۷/۰۰	٪۱۱/۸۵
متوسط	۱،۷۷۹/۵۶	٪۸/۰۶
زیاد	۳،۶۱۱/۴۶	٪۱۶/۳۵
خیلی‌زیاد	۷،۱۷۰/۵۷	٪۳۲/۴۶

۱. Multiple attribute decision making

بحث و نتیجه‌گیری

شناسایی عوامل مؤثر در وقوع آتش‌سوزی و پهنه‌بندی خطر آن یکی از ابزارهای اساسی جهت دستیابی به راهکارهای کنترل و مقابله با حریق است (Mustafa et al., 2018: 392). این تحقیق به منظور تهیه نقشه پتانسیل آتش‌سوزی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش تحلیل سلسله مراتبی فازی در اسالم به منظور شناسایی مناطق پرخطر آتش‌سوزی انجام پذیرفته است.

بر اساس پژوهش حاضر نوع و تراکم پوشش گیاهی و همچنین درصد شیب و جهت جغرافیایی به عنوان موثرترین شاخص‌ها در حرکت و گسترش آتش‌سوزی اثرگذار است. بر اساس نقشه نهایی پتانسیل حریق، مشاهده می‌شود بیشترین میزان آتش‌سوزی در قسمت غربی محدوده مطالعاتی‌صورت می‌گیرد. براساس نتایج بدست آمده در نقشه نهایی، شیب‌های تند و جهت‌های غربی و جنوب غربی مستعدترین مناطق وقوع حریق است. با افزایش زاویه شیب، حرارت به سمت بالا حرکت کرده و پوشش گیاهی در سطح شیب‌دار در معرض آتش قرار گرفته وحریق گسترش پیدا می‌کند. نقشه‌های اولیه شیب، جهت، نوع و تراکم پوشش گیاهی به ترتیب در شکل‌های ۵، ۶، ۷ و ۸ مشخص شده که پس از وزن‌دهی در GIS، به ترتیب در شکل‌های ۱۳، ۱۴، ۱۵ و ۱۶ نقشه فازی این معیارها نشان داده شده است. همانطور که دراشکال مشخص شده، کمترین درصد وزنی در این معیارها مربوط به قسمت‌های جنوبی و غربی است و در نقشه پتانسیل حریق، استعداد متوسط تا زیاد آتش‌سوزی را نشان می‌دهد. در این محدوده‌ها، بدلیل عواملی همچون شیب زیاد ، نوع پوشش، جنگل‌های متراکم و عاری از مناطق زراعی و کاهش مناطق مسکونی کاملا قابل توجیه است و همچنین میزان دسترسی به جاده نیز در قسمت غربی بسیار کم است. پس از مقایسه نقشه فاصله از جاده و نقشه مناطق مسکونی مشخص شد که نواحی با مناطق مسکونی کمتر، جاده‌های کمتری نسبت به نواحی با مناطق مسکونی بیشتر دارد (شکل‌های ۹ و ۱۰).

شبکه جاده و دسترسی راه‌ها در منطقه مورد مطالعه می‌تواند در کنترل و حفاظت از منطقه از طریق اطفای حریق توسط سازمان محیطزیست و حتی افراد بومی در بدو حریق موثر باشد که متأسفانه این تسهیلات دیده نمی‌شود. نقشه۱۷، نقشه جاده و راه‌های ارتباطی را به‌صورت فازی نشان می‌دهد. بر این اساس، کمترین درصد وزنی را مناطق غربی و جنوب غربی دارد.

از این‌رو، با تهیه نقشه پهنه‌بندی حریق، با طراحی جاده و مشخص نمودن نزدیک‌ترین مسیرهای مالرو، مناطقی که مستعد حریق هستند را می‌توان کنترل و مورد حفاظت قرار داد.

نتیجه‌گیری دیگر از نقشه‌های به‌دست آمده آن است که نقشه ارتفاع از سطح زمین در شدت حریق می‌تواند اثرگذار باشد. با توجه به نقشه طبقات ارتفاعی و وزن‌دهی این معیار توسط کارشناسان و پهنه‌های انتخابی مستعد حریق مشاهده شد که ارتفاع عامل مهمی در بروز حریق بوده و ارتفاع‌های پایین‌تر مستعدترین مناطق وقوع این بحران هستند.

شمال محدوده مطالعاتی که دارای ارتفاع و شیب کم است، مستعد آتش‌سوزی هر چند به میزان کمتر از قسمت‌های غربی است. متأسفانه در قسمت‌های شمالی، پوشش زراعی به تبع تراکم مناطق مسکونی درصد زیادی از نوع پوشش گیاهی را به خود اختصاص می‌دهد. بیش از ۹۰ درصد آتش‌سوزی‌های رخ داده در این مناطق، ناشی‌از عوامل خطاهای انسانی عمدی و غیر عمدی است که برخی افراد سودجو با ایجاد آتش‌سوزی عمدی قصد تغییر کاربری و زمین‌خواری جنگل یا مراتع را دارند و یا برخی مواقع به دلیل بی‌احتیاطی گردشگران، چوپانان و یا کشاورزان در هنگام برداشت محصول و آتش‌زدن کاه و کلش و سرایت آن به مراتع و اراضی ملی، آتش‌سوزی غیرعمدی رخ می‌دهد. شکل‌های ۱۱ و ۱۹، به ترتیب محدوده مناطق زراعی در شمال منطقه را قبل و بعد از فازی نشان می‌دهد.

روستاهای منطقه مورد مطالعه سبب شده‌اند تا انسان هر چه بیشتر و راحت‌تر به مناطق جنگلی به منظور تفرج، چرای دام، کشاورزی و سایر کاربری‌ها دسترسی پیدا کرده و به دلیل بی‌احتیاطی اقدام به روشن کردن آتش و رهاسازی آن می‌نمایند.

شایان ذکر است، مناطقی که در گذشته دارای آتش‌سوزی بودند، با استفاده از گیرنده GPS، برداشت شد و پس از تهیه نقشه رقومی، نقاط ثبت شده، بر روی نقشه پتانسیل خطر وقوع آتش‌سوزی قرار داده شد. نتایج نشان داد که مناطقی که قبلا در منطقه دچار حریق شده‌اند، با مناطق پرخطر و بسیار پرخطر از نظر آتش‌سوزی، تا حد بسیار زیادی همخوانی دارند.

با توجه به اعتبار مطلوب روش مورد استفاده و نقشه پتانسیل تهیه شده در این پژوهش، پیش‌بینی آتش‌سوزی‌های آینده با استفاده از نقشه پتانسیل تهیه شده امکان‌پذیر خواهد بود.

منطقه مورد مطالعه، در مجموع پتانسیل نسبتاً زیادی برای

آتش‌سوزی دارد، به‌گونه‌ای که براساس نقشه تهیه شده در پژوهش پیش رو حدود ۳۲/۴۶ درصد منطقه در طبقه خطربسیار زیاد و ۱۶/۳۵ درصد در طبقه خطر زیاد قرار گرفته است و خطر آتش‌سوزی، جنگل‌ها، مراتع، زمین‌های کشاورزی و سایر کاربری‌های موجود در منطقه را تهدید می‌کند؛ بنابراین نقشه به دست آمده از منطقه مورد مطالعه این تحقیق می‌تواند به عنوان راهنما در مدیریت آتش‌سوزی برای مقابله با آن در مناطق با خطر زیاد و متمرکز کردن نیروها و امکانات در این مناطق مورد استفاده قرار گیرد.

مقایسه نتایج این پژوهش تا حدودی با مطالعات انجام شده توسط محمدی و همکاران (۱۳۸۹)، اسکندری (۱۳۹۴)، مهدوی و همکاران (۲۰۱۲)، سانیل (۲۰۰۵) هم‌سو است. اکثر لایه‌های به‌کار گرفته شده در پژوهش‌های ذکر شده یکسان و از نرم‌افزار GIS جهت بررسی و پتانسیل میزان آتش‌سوزی در محدوده‌های مطالعاتی مورد نظر استفاده کرده‌اند و این مسئله نشان‌دهنده اعتبار و میزان دقت نتایج حاصل از نرم‌افزار ذکرشده است؛ با این تفاوت که در پژوهش حاضر، از روش سلسله مراتبی فازی در نرم‌افزار GIS استفاده شد که می‌تواند به عنوان ابتکاری نو جهت ارزیابی پتانسیل آتش‌سوزی مورد استفاده قرار گیرد.

با توجه به موارد ذکر شده، نقشه نهایی به دست آمده از این تحقیق می‌تواند به عنوان راهنما در مدیریت حریق برای مقابله با آن در مناطق با خطر زیاد و متمرکز کردن نیروها و امکانات جهت اطفای حریق و پایداری کیفیت ساکنین در این منطقه مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

اسکندری، سعیده (۱۳۹۲). ارائه الگوی پتانسیل آتش‌سوزی جنگل و گسترش آن با استفاده از RS وGIS. *پایان‌نامه دکتری. گروه جنگلداری*. دانشکده منابع طبیعی. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

اسکندری، سعیده (۱۳۹۴). ارزیابی پتانسیل خطر آتش‌سوزی جنگل با استفاده از مدل Dong، مطالعه موردی: جنگل‌های بخش سه نکا–ظالمرود. *نشریه آمایش جغرافیایی فضا*، ۶(۱۵)، ۱۹۵–۲۰۹.

جانباز قبادی، غلامرضا (۱۳۹۸). بررسی مناطق خطرآتش‌سوزی جنگل در استان گلستان بر اساس شاخص خطر آتش‌سوزی (FRSI) با بهره‌گیری از تکنیک GIS. *نشریه تحلیل فضایی مخاطرات طبیعی*، (۳)،۸۹–۱۰۲.

محمدی، فریده، شعبانیان، نقی، پورهاشمی، مهدی و فاتحی، پرویز(۱۳۸۹). تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی جنگل با استفاده از AHP و GIS در بخشی از جنگل‌های پاوه. *فصلنامه تحقیقات جنگل و صنوبر ایران*، ۱۸(۴)، ۵۶۹–۵۸۶.

محمودی، فرج‌الله (۱۳۸۰). گذری بر ارتفاعات طالش، قلمرو یخچال‌های قدیمی. *فصلنامه تحقیقات طالش*، ۱(۱)، ۱–۵.

Adab, H., Kanniah, K.D., & Solaimani, K. (2013). Modeling forest fire risk in the northeast of Iran using remote sensing and GIS techniques. *Natural Hazards*, 65, 1723- 1743.

Chandra, S., & Arora, M. K. (2006). Forest fire risk zonation mapping using remote sensing technology. Asia Pacific Remote Sensing (SPIE). 6412.1-10.

FAO, (1986). Wild land fire management terminology, Report number 70, FAO Forestry Paper, Roma, M-99, ISBN 92-5- 0024207, 1-76.

Gerdzheva, A.A. (2014). A Comparative analysis of different wildfire risk assessment models (a case study for smolyan district, Bulgaria). *European Journal of Geography*, 5(3), 22-36.

Huang, B., Xie, C., & Tay, R. (2010). Support vector machines for urban growth modeling. *Journal of GeoInformatica*, 14(1), 83-99.

Jaafari A., & Mafi Gholami, D. (2017). Wildfire hazard mapping using an ensemble method of frequency ratio with Shannon's entropy. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 25(2), 232-243.

Le, T.H., Nguyen, T.N.T., Lasko, K., Ilavajhala, S., Vadrevu, K.P., & Justice, C. (2014). Vegetation fires and air pollution in Vietnam. *Journal of Environmental Pollution*, 195, 267–275.

Liu, Q., Shan, Y., Shu, L., Sun, P., & Du,

S. (2018). Spatial and temporal distribution of forest fire frequency and forest area burnt in Jilin Province, Northeast China. *Journal of Forestry Research*, 29, 1233–1239.

Lozano, F.J., Suárez-Seoane, S., Kelly, M., & Luis, E. (2008). A multi-scale approach for modeling fire occurrence probability using satellite data and classification trees: A case study in a mountainous Mediterranean region. *Journal of Remote Sensing of Environment*, 112, 708-719.

Mahdavi, A., Fallah, S.R., & Nazari, R. (2012). Forests and rangelands' wildfire risk zoning using GIS and AHP techniques. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 10(1), 43-52.

Martinez, J., Vega-Garcia, C., & Chuvieco, E. (2009). Human-caused wildfire risk rating for prevention planning in Spain. *Journal of Environmental Management*, 90(2), 1241-1252.

Merrill, D.F., & Alexander, M.E. (1987). Glossary of forest fire management terms (4th ed.), National Research Council of Canada, Canadian Committee on Forest Fire management, Publication NRCC No. 26516, Ottawa, Ontario, 1-225.

Miller, C., & Ager A. (2013). A review of recent advances in risk analysis for wildfire management. *International Journal of Wildland Fire*, 22(1), 1–14.

Mustafa, A., Rienow, A., Saadi, I., Cools, M., & Teller, J. (2018). Comparing support vector machines with logistic regression for calibrating cellular automata land use change models. *European Journal of Remote Sensing*, 51(1), 391-401.

Satendra & Kaushik, A.D. (2014). Forest Fire Disaster Management. National Institute of Disaster Management, Ministry of Home Affairs, New Delhi,1-302.

Semeraro, T., Mastroleo, G., Aretano, R., Facchinetti, G., Zurlini, G. & Petrosillo, I., (2016). GIS fuzzy expert system for the assessment of ecosystems vulnerability to fire in managing Mediterranean natural protected areas. *Journal of Environmental Management*, 168, 94-103.

Taylor, S.W., & Alexander, M.E. (2006). Science, technology, and human factors in fire danger rating: The Canadian experience. *International Journal of Wild Land Fire*, 15(1), 121- 135.

Vadrevu, K., & Lasko K. (2015). Fire regimes and potential bioenergy loss from agricultural lands in the Indo-Gangetic Plains. *Journal of Environmental Management*, 148, 10–20.

Valdez, M.C., Chang, K.T., Chen, Ch.F., Chiang, Sh.H., & Santos, J.L. (2017). Modelling the spatial variability of wildfire susceptibility in Honduras using remote sensing and geographical information systems. *Journal of Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 8,1-7.