Research Article

Forest fire risk zone mapping using AHP and WLC models: the case of forest areas in Mamasani and Rostam, Fars

Alireza Masoody Jam[1], Alireza Salehi[1], Mohammad Reza Mirzaei[2*], Sohrab Alvani Nejad[1]

Extended Abstract

Background and Objectives: Various factors influence the occurrence, spread, and controllability of forest fires. A hazard fire zones map can be created by identifying these significant influencing factors. This map illustrates the severity of fires across different zones and stages and is a suitable tool for managing, preventing, and mitigating the damage caused by fires for natural resource managers. The aim of this study is to establish fire risk zones based on the range of these environmental factors in the forest areas of Mamsani and Rostam counties, located in the northwest of Fars province, which covers an area of 2,188.7 square kilometers.

Materials and Methods: The environmental criteria utilized in this study include altitude, slope, slope direction, distance from roads, distance from residential areas, distance from agricultural zones, average annual temperature, average annual precipitation, and land use. After collecting data from various sources, fuzzy concepts were applied to standardize the criteria using different fuzzy membership functions. A hierarchical analysis process (AHP) was employed to weight and prioritize the criteria. To facilitate this, a questionnaire was developed, and the criteria were evaluated by experts. All weighted criteria were overlaid using the weighted linear combination (WLC) method. The data obtained from the questionnaires were extracted and analyzed using Expert Choice software to determine the weighting of the criteria. Each selected criterion was also represented as a map using geographic information system (GIS) technology within the ArcMap software environment. Finally, the fire risk map was generated, categorizing areas into five zones: very high, high, medium, low, and very low fire risk zones.

Results: The results show that the burned areas have a high correspondence with the implemented model in relation to the current situation. Among the factors analyzed, the three main factors for fires in the area are the distance from agricultural land, the distance from roads, and the distance from residential areas, with relative weights of 0.254, 0.197, and 0.179, respectively. The findings revealed that the majority of fires occurred within the 1500-1900 elevation range and the 0-10% slope category. As the slope increased, the incidence of fires decreased. Additionally, the southern aspect was found to be particularly susceptible to fires.

Conclusions: It can be concluded that most fires occurred in areas with easier human access, while other factors were less significant. Furthermore, the results of this study indicate that mapping forest fire hazard zones can assist managers in preventing fires in various forested areas.

Keywords*:* Analytic Hierarchy Process, Forest fire, Fuzzy logic, Weighted linear combination**.**

[1]Department of Forestry, College of Agriculture and Natural Resources, Yasouj University, Yasuj, Iran

[2]Department of Nature Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, Yasouj University, Yasuj, Iran

[*]Corresponding author, E-mail: mmirzaei@yu.ac.ir

Received: 22.06.2024; Accepted: 01.10.2024

Online Published: 21.12.2024

DOI: 10.21859/jfer.4.1.1

ISSN: 2423-4095

Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.61186/jfer.4.1.1]

مقاله پژوهشی

پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی با استفاده از مدل‌های AHP و WLC در عرصه‌های جنگلی ممسنی و رستم فارس

علیرضا مسعودی جم[۱]، علیرضا صالحی[۱]، محمدرضا میرزایی[۲*]، سهراب الوانی‌نژاد[۱]

چکیده مبسوط

سابقه و هدف: عوامل محیطی مختلفی بر بروز، نحوه گسترش و کنترل‌پذیری در آتش‌سوزی‌های جنگل اثرگذار هستند. با شناخت این عوامل و به کارگیری آنها در ترسیم نقشه‌های پهنه‌بندی خطر وقوع آتش‌سوزی، ابزار مناسبی جهت مدیریت، پیشگیری، مقابله و کاهش خسارت‌های حاصل از آتش‌سوزی‌ها در اختیار متولیان منابع طبیعی قرار می‌گیرد. در این تحقیق، نقشه‌های پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی بر پایه دامنه‌ای از عوامل محیطی در عرصه‌های جنگلی شهرستان‌های ممسنی و رستم در شمال غرب استان فارس با مساحت ۲۱۸۸/۷ کیلومتر مربع به دست آمد.

مواد و روش‌ها: عوامل محیطی متعددی در این بررسی مانند ارتفاع از سطح دریا، شیب، جهت شیب، فاصله از جاده، فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از زمین‌های کشاورزی، متوسط دمای سالانه، متوسط بارش سالانه و کاربری اراضی مورد استفاده قرارگرفت. بعد از جمع‌آوری داده‌ها از منابع مختلف، جهت هم مقیاس‌شدن، با استفاده از توابع عضویت فازی، معیارها استاندارد شدند. از آنجا که عوامل مختلف به یک نسبت در وقوع آتش‌سوزی نقش ندارند، از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به منظور وزن‌دهی به معیارها و اولویت‌بندی آنها استفاده شد. جهت انجام این کار، پرسشنامه‌ای تهیه و امتیازدهی معیارها توسط کارشناسان انجام گرفت. تمامی معیارهای وزن‌دار شده، با روش ترکیب خطی وزنی هم‌پوشانی شدند. برای به‌دست آوردن وزن معیارها، داده‌های حاصل از پرسشنامه‌ها استخراج شد و در نرم افزار Expert Choice مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. معیارهای مورد نظر نیز به صورت نقشه و با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی در محیط نرم افزارهای ArcMap تهیه گردید. در نهایت نقشه پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی در پنج پهنه خطر خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم تهیه شد.

یافته‌ها: نتایج ارزیابی نشان داد که پهنه‌های آتش‌گرفته در منطقه مورد مطالعه نشان‌دهنده تطابق بالای مدل اجرا شده با وضع موجود است. سه عامل اصلی آتش‌سوزی در این منطقه از بین عوامل مورد مطالعه به ترتیب فاصله از زمین‌های کشاورزی، فاصله از جاده و فاصله از مناطق مسکونی با وزن‌های نسبی ۰/۲۵۴، ۰/۱۹۷ و ۰/۱۷۸ بوده است. طبق نتایج به دست آمده بیشترین آتش‌سوزی‌ها در طبقات ارتفاعی ۱۵۰۰-۱۹۰۰، در طبقات شیب ۰-۱۰ درصد رخ داده است. با افزایش شیب میزان آتش‌سوزی کاهش یافته است. همچنین جهات جنوبی مستعد آتش‌سوزی بودند.

نتیجه‌گیری: به طور کلی می‌توان گفت که بی‌شتر آتش‌سوزی‌ها در مناطقی اتفاق افتاده‌اند که دسترسی انسان به آن مناطق بی‌شتر و راحت‌تر بوده است و عوامل دیگر اهمیت کمتری داشته‌اند. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از پهنه‌بندی آتش‌سوزی می‌تواند به مدیران در جهت پیشگیری از آتش در مناطق مختلف جنگلی کمک نماید.

واژه‌های کلیدی: آتش‌سوزی جنگل، ترکیب خطی وزنی فرآیند، تحلیل سلسله مراتبی، منطق فازی

[۱] گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران

[۲] گروه مهندسی طبیعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران

* پست الکترونیک نویسنده مسئول: mmirzaei@yu.ac.ir

تاریخ دریافت:۱۴۰۳/۰۴/۰۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۱۰

تاریخ انتشار برخط: ۱۴۰۳/۱۰/۰۱

DOI: 10.21859/jfer.4.1.1

ISSN: 2423-4095

Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.61186/jfer.4.1.1]

مقدمه

آتش‌سوزی جنگل نوعی آتش‌سوزی کنترل‌ناپذیر است که در منطقه‌ای با گیاهان قابل اشتعال در نواحی روستایی یا در طبیعت وحش روی می‌دهد (Flannigan *et al.*, 2005). از ویژگی‌های آتش‌سوزی جنگل می‌توان به وجود مواد قابل اشتعال به طور نامحدود، تغییرات آنی در مسیر پیشروی به دلیل وجود عوارض طبیعی، احتمال تبدیل آتش‌سوزی معمولی به آتش‌سوزی‌های دو رویه یا چند بعدی اشاره نمود (Akbari, 2010). انسان توانایی مهار و کنترل کامل آتش‌سوزی‌ها در عرصه‌های طبیعی را ندارد؛ اما می‌تواند تا حدود زیادی شدت و خسارات ناشی از آن را در منابع طبیعی کاهش دهد (Fule *et al.*, 2006). نقشه‌های پیش‌بینی خطر احتمال وقوع آتش‌سوزی در عرصه‌های طبیعی می‌توانند به عنوان ابزاری مناسب جهت آمادگی و توانمندسازی سازمان‌ها و متولیان حفاظت از منابع طبیعی برای پیشگیری و مقابله با این پدیده و در نتیجه کاهش بلایای حاصل از آتش‌سوزی‌ها به‌کار گرفته شوند، به ویژه اینکه ایران جزو کشورهای کم‌جنگل جهان محسوب می‌شود (Eskandari & Eskandari, 2021). در همین راستا محققین در زمینه‌های گوناگون، مدل‌هایی را جهت نمایش و پیش‌بینی رفتار چنین حوادثی ارائه نموده‌اند (Eskandari, 2014; Varjavand *et al*., 2014; Jahdi, *et al*., 2014; Thakur and Singh, 2014; Chang *et al.*, 2013; Brun *et al.*, 2012; Jiang, 2011; Morales & Veris, 2021).

پیشرفت‌های شکل‌گرفته در علوم جدید به ویژه سامانه اطلاعات جغرافیایی طی دهه‌های اخیر، امکانات و ابزارهای دقیقی را برای پژوهشگران مهیا کرده است تا احتمال وقوع آتش‌سوزی در عرصه‌های طبیعی را با روش‌های متعدد مورد مطالعه قرار دهند. با استفاده از سامانه‌های اطلاعات مکانی می‌توان میزان تأثیر هر یک از عوامل را به صورت وزن‌دار و اولویت‌بندی شده بررسی کرده و در نهایت به مدل مناسبی برای تهیه نقشه پهنه‌بندی احتمال وقوع آتش‌سوزی دست پیدا کنیم.

تاکنون تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی احتمال وقوع آتش‌سوزی در عرصه‌های طبیعی، به روش‌های مختلف پارامتریک و غیرپارامتریک انجام پذیرفته است (Mirdeilami *et al.*, 2014). عوامل تعیین‌کننده و موثر بر آتش‌سوزی در مدیریت جنگل، ملاحظات مهمی را ایجاد می‌کنند (Ying *et al.*, 2018). وقوع حریق در یک منطقه جنگلی به عوامل متعددی از قبیل عوامل آب و هوایی (بارندگی، دما و...)، فیزیوگرافی منطقه (شیب، جهت، ارتفاع، شبکه آبراهه و...)، پوشش گیاهی (تراکم، مقدار لاشبرگ و...) و عوامل انسان‌ساخت بستگی دارد؛ که میزان تأثیرگذاری هر یک از این عوامل بنا بر شرایط طبیعی، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی آن منطقه متفاوت است. Najafi در تحقیق خود در سال ۲۰۱۳ با هدف مدل‌سازی و تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی به کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور، عوامل فیزیوگرافی، اقلیمی، انسانی و گیاهی را مورد بررسی قرار داد و با محاسبه وزن هر یک از عوامل با روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و سپس تلفیق این عوامل در محیط GIS، نقشه خطر وقوع آتش‌سوزی منطقه را در پنج طبقه از کم‌خطر تا خطرناک تهیه نمود. Chhetri و Kayastha در سال ۲۰۱۵ با توجه به افزایش جمعیت و شهرنشینی و مشکلات ناشی از آتش‌سوزی، مطالعه‌ای سیستماتیک برای تهیه نقشه پتانسیل و ارزیابی خطر وقوع آتش‌سوزی در حومه شهر کاتماندو در نپال، انجام دادند. برای این کار از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده کردند و برای صحت سنجی نقشه تهیه شده، از آتش‌سوزی‌های رخ‌داده درگذشته استفاده کردند.

روش ترکیب خطی وزنی[1] (WLC) یکی از روش‌های چندعامله مدل‌سازی است که در زمینه‌های مختلف مدل‌سازی وقوع پدیده‌های مختلف از جمله مدل‌سازی احتمال وقوع آتش به‌کار می‌رود (Mirdeilami *et al.*, 2014). در این روش متغیرهای مؤثر بر وقوع آتش‌سوزی بعد از کمی‌سازی و تهیه نقشه رستری، با توجه به شدت تأثیر به صورت

[1]Weighted Linear Combination

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.61186/jfer.4.1.1]

خطی با وزن‌هایی که از طریق تعیین شدت وقوع تعداد یا سطح آتش‌سوزی در هر یک از متغیرهای مورد نظر به‌دست می‌آید، در محیط GIS با هم ترکیب می‌شوند و مدل مکانی نهایی به صورت اعداد و ارقام، مقدار وقوع آتش در هر یک از سلول‌های رستری نشان داده می‌شود. وزن‌های اعمال‌شده در این روش، با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) تعیین و در ترکیب خطی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Mirdeilami *et al.*, 2014). حتی با توجه به پیشرفت‌های صورت گرفته در روش‌های تصمیم‌گیری‌های چند معیاره (MCDA)[1] در پهنه‌بندی خطرات طبیعی، روش تحلیل سلسله مراتبی، به طور مکرر مورد استفاده قرار گرفته است که برای تجزیه و تحلیل فضایی با سیستم اطلاعات جغرافیایی ترکیب شده است. نتایج نشان داده‌اند فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یکی از مناسب‌ترین سیستم‌های طراحی‌شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است (Morales & Veris, 2021; Vadrevu *et al.*, 2010; Eskandari and Khoshnevis, 2020). این فرآیند که بر اساس مقایسه‌ی زوجی بنا نهاده شده است، قادر به دخالت گزینه‌های مختلف در تصمیم‌گیری است و همچنین امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیر معیارها را دارد (Qudsipour, 2018). این روش جهت وزن‌دهی به معیارهای مختلف به کار گرفته شده است. هدف از وزن‌دهی معیار آن است که بتوان اهمیت هر معیار را نسبت به معیارهای دیگر بیان کرد (Hydarian *et al.*, 2014). هدف پژوهش تهیه نقشه‌ای با دقت قابل قبول جهت تعیین مناطق پرخطر و حساس به آتش‌سوزی بر اساس عوامل تأثیرگذار بر آن از جمله ارتفاع از سطح دریا، شیب، جهت شیب، فاصله از جاده، فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از زمین‌های کشاورزی، متوسط دمای سالانه، متوسط بارش سالانه و کاربری اراضی، جهت مدیریت آتش‌سوزی‌ها و فراهم کردن امکانات بیشتر اطفاء حریق در مناطق بحرانی می‌باشد.

[1] Multi-criteria decision aid

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه با مساحت ۲۱۸۸/۷ کیلومتر مربع دربرگیرنده عرصه‌های جنگلی شهرستان‌های ممسنی با مرکزیت نورآباد و رستم با مرکزیت مصیری در شمال غرب استان فارس واقع شده است. شهرستان‌های ممسنی و رستم از شمال و شمال غرب به استان کهگیلویه و بویراحمد، از شرق به شهرستان سپیدان، از جنوب شرق به شهرستان شیراز، از جنوب به شهرستان کازرون و از جنوب غرب به استان بوشهر محدود می‌شود (شکل ۱). منطقه مورد مطالعه شامل سه اقلیم متفاوت سردسیری، معتدل و مرطوب و گرم و خشک است. عرصه‌های جنگلی منطقه مورد مطالعه دارای دو اشکوب شامل اشکوب فوقانی، از جمله با درختانی از گونه‌های بلوط ایرانی[2]، کیکم[3]، بنه[4]، کنار[5] و بادام‌کوهی[6] و اشکوب پایینی شامل گونه‌های علفی و بوته‌ای از جنس‌های مختلف است.

شیوه اجرای پژوهش

انتخاب معیارهای مؤثر بر وقوع آتش‌سوزی

پس از بررسی ویژگی‌های طبیعی منطقه، و همچنین نظر کارشناسان مربوطه و استفاده از منابع علمی مرتبط در این زمینه، معیارهای مؤثر بر وقوع آتش‌سوزی منطقه شناسایی و به شرح ذیل انتخاب شدند.

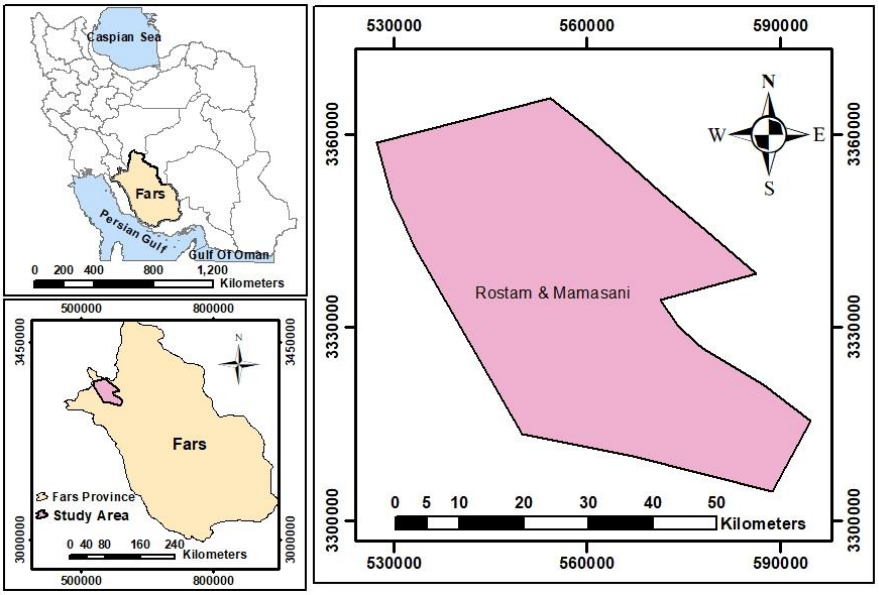
ارتفاع از سطح دریا: در لایه تروپوسفر جو، با افزایش ارتفاع دما نیز کاهش می‌یابد. به طور کلی تغییرات ارتفاعی و در نتیجه دما، میکروکلیما و پوشش گیاهی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Chandra, 2005). از آنجا که در ارتفاعات دما کمتر است و در نتیجه به علت نزدیکی به نقطه شبنم، رطوبت نسبی بالاتر است، بنابراین احتمال وقوع حریق با افزایش ارتفاع کاهش می‌یابد (Chovicko & Congalton, 1998).

شیب: در واقع بیانگر میزان تغییرات ارتفاع است.

[2] *Quercus brantii*
[3] *Acer monspessulanum*
[4] *Pistacia atlantica*
[5] *Ziziphus spina-christi*
[6] *Amygdalus scoparia*

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.61186/jfer.4.1.1]



شکل۱_ موقعیت منطقه مورد مطالعه

Figure 1- Location of the study area

شیب میزان و جهت گسترش آتش را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Vadrevu *et al*., 2010; Varjavand *et al*., 2015). انتشار آتش در برخی از طبقات شیب به‌طور مثال ۵-۱۵ درجه بیشتر است (Gheshlaghi & Valizadeh, 2018)، و یا در تحقیق دیگری، سرعت انتشار آتش در شیب‌های بالاتر از ۳۶ درصد (۲۰درجه) تقریباً دو برابر سرعت انتشار آن در شیب‌های پایین‌تر است (Chandra, 2005). در این پژوهش منطقه مورد مطالعه در پنج طبقه مختلف شیب شامل صفر تا ۱۰ درصد، ۱۰-۲۰ درصد، ۲۰-۳۰ درصد، ۳۰-۵۰ درصد و بالاتر از ۵۰ درصد با توجه به شرایط توپوگرافی منطقه تقسیم‌بندی گردید.

جهت شیب: انتشار آتش با توجه به جهت‌های مختلف متفاوت است (Saklani 2008; Garavand *et al*., 2013). در نیمکره شمالی زمین، به دلیل تابش مستقیم خورشید شیب‌های جنوبی، جنوب شرقی و جنوب غربی بیشتر گرم شده و با دریافتن انرژی بیشتر و احتمالاً خشکی بیشتر، پتانسیل بیشتری برای وقوع آتش‌سوزی دارند (Rawat, 2003). جهت شیب در منطقه مورد مطالعه در نه طبقه شامل چهار جهت اصلی و چهار جهت فرعی همراه با یک طبقه جهت اراضی صاف و بدون شیب طبقه‌بندی گردید.

فاصله از جاده: باعث دسترسی انسان به عرصه‌های جنگلی می‌شوند. گرچه جاده‌ها در زمان وقوع آتش‌سوزی، عملیات اطفاء حریق را آسان‌تر می‌نمایند، اما مناطق نزدیک به راه‌های ارتباطی بیشتر در معرض خطر آتش‌سوزی قرار دارند؛ زیرا دسترسی به این مناطق راحت‌تر بوده و بر اثر عوامل انسانی احتمال رویداد آتش‌سوزی بیشتر می‌شود.

فاصله از مناطق مسکونی: میزان دوری و نزدیکی مناطق مسکونی از عرصه‌های جنگلی به عنوان یکی دیگر از عوامل مؤثر در بروز حریق شناخته‌شده است (Amiri *et al*., 2017). عدم رعایت اصول حفاظتی در زمان حضور در جنگل مانند انداختن ته سیگار، روشن کردن آتش و رهاسازی آن، تیراندازی و شکار و سایر موارد از این قبیل از مهم‌ترین دلایل آتش‌سوزی‌ها است.

فاصله از زمین کشاورزی: یکی دیگر از معیارهای مؤثر بر وقوع و گسترش آتش‌سوزی، نزدیکی زمین‌های کشاورزی به عرصه‌های جنگلی است (Amiri *et al*., 2017). کشاورزان پس از برداشت محصول با هدف بهبود وضعیت خاک، پسماندها را آتش می‌زنند و آتش وارد عرصه‌های طبیعی می‌شود.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.61186/jfer.4.1.1]

خودکاربری اراضی: برای بررسی توزیع آتش‌سوزی در کاربری‌های مختلف، از نقشه کاربری اراضی استفاده می‌شود. با در دست داشتن نقشه کاربری اراضی می‌توان علاوه بر آگاهی از هر یک از کاربری‌های موجود، میزان تأثیر هر یک از آنها را بر میزان وقوع آتش‌سوزی بررسی کرد. نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه شامل کاربری‌های اراضی بدون پوشش، بستر رودخانه، جنگل انبوه، جنگل تنک، جنگل نیمه انبوه، زراعت و باغات آبی، زراعت و باغات دیم، مرتع نیمه متراکم و مناطق مسکونی است که در سال ۱۳۸۸ توسط سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور تهیه شده و برای انجام این مطالعه با توجه به سامانه Google Earth در حد امکان بروزرسانی شد.

درجه حرارت و بارش سالانه: در بررسی‌های متعددی دما و بارش سالانه به عنوان عوامل اصلی آتش‌سوزی معرفی شده‌اند (Fallahi & Mohammadzadeh, 2007; Eskandari, 2017). مطالعه در جنگل‌های شهرستان نکا واقع در استان مازندران نشان داده است دمای بالا در فصول گرم سال و خشکی حاصل از آن به همراه مواد سوختنی با ضریب خشکی بالا در سطح مناطق جنگلی، یکی از علل اصلی وقوع آتش‌سوزی در جنگل‌ها محسوب می‌شود (Yousefi & Jalilvand, 2009).

جمع‌آوری داده‌ها

نقشه مدل رقومی ارتفاع (DEM) از سایت سنجنده استر برای محدوده مورد مطالعه دانلود و مطابق مرز منطقه برش داده شد. با استفاده از نقشه مدل رقومی ارتفاعی با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر در ۳۰ متر، نقشه شیب و جهت شیب تولید شدند. برای استخراج جاده‌ها، مناطق مسکونی شامل شهر و روستا و همچنین زمین‌های کشاورزی از نقشه‌های اتوکد موجود در اداره منابع طبیعی شهرستان‌های ممسنی و رستم استفاده شد. به روزرسانی این لایه‌ها در محیط گوگل ارث[1] انجام گرفت. لایه کاربری اراضی منطقه نیز از اداره کل منابع طبیعی استان فارس تهیه شد. نقشه‌های درجه حرارت و بارش منطقه مطالعه با روش درون‌یابی خطی IDW[2] (Eskandari 2015; Bartier and Keller, 1996) از داده‌های آماری میانگین دما و بارش سالانه موجود در ایستگاه‌های هواشناسی اطراف منطقه شامل ایستگاه‌های هواشناسی شهرهای نورآباد، مصیری، دژک، فهلیان، پل مورد، بابا منیر و دولت‌آباد تهیه شدند. همچنین لایه رقومی محدوده‌های آتش‌گرفته در چند سال اخیر که توسط کارشناسان منابع طبیعی و محیط زیست این شهرستان‌ها، توسط گیرنده سیستم موقعیت‌یاب جهانی ثبت شده بودند نیز مورد استفاده قرار گرفت.

استانداردسازی لایه‌ها

اغلب بعد از اینکه معیارها مشخص می‌شوند، اثرات معیارها بر احتمال وقوع آتش‌سوزی در منطقه با نظر کارشناسی یا روش‌های کمی ارزیابی می‌گردد. از آنجا که معیارهای مورد اشاره در مقیاس‌ها و یا واحدهای متفاوتی تهیه و یا اندازه‌گیری شده‌اند، در این حالت مقایسه‌ناپذیر بوده و به استانداردسازی نیاز دارند (Hydarian *et al*., 2014). برای این منظور از روش استانداردسازی معیارها بر مبنای تئوری مجموعه فازی[3] استفاده شد (Pourahmad *et al*., 2007). در این پژوهش استانداردسازی داده‌های ارتفاع، شیب، جهت شیب، فاصله از جاده، فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از زمین‌های کشاورزی، متوسط دمای سالانه و متوسط بارش سالانه با توجه به ماهیت کمی و کیفی آنها با دو روش توابع عضویت فازی و رستر‌سازی در محیط نرم‌افزار Arc GIG و Idrisi انجام گرفت (Salehi *et al*., 2015) و کلیه مقادیر در محدوده صفر تا ۲۵۵ قرار گرفتند.

فرایند تحلیل سلسله مراتبی

با توجه به اینکه معیارهای انتخاب شده درجهٔ اهمیت یکسانی ندارند، برای دخالت دادن اثرات معیارهای مختلف بر احتمال وقوع آتش‌سوزی در منطقه، با توجه به حد اهمیت و تأثیر آنها، وزن‌دهی معیارها با استفاده از فرآیند تحلیلی سلسله‌مراتبی[4]

[1] Google Earth

[2] inverse distance weighting
[3] Fuzzy Set Theory
[4] Analytic Hierarchy Process

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.61186/jfer.4.1.1]

(AHP) انجام گرفت. روش تحلیل سلسله‌مراتبی مبتنی بر مقایسهٔ زوجی و دو به دوی معیارها و گزینه‌ها و همچنین میزان ارزش نسبی معیارها و گزینه‌هاست (Qudsipour, 2018). برای انتخاب معیارها و تعیین وزن دقیق هر یک از آنها در احتمال وقوع آتش‌سوزی در منطقه، از روش ارائه شده توسط (Mohammadi *et al*., 2011) با استفاده از تعیین سطح تحت اشغال آتش سوزی‌های به وقوع پیوسته در هر طبقه از لایه‌های مورد نظر به صورت درصد مساحت دارای آتش‌سوزی به مساحت کل منطقه آتش‌گرفته بین صفر تا ۱۰۰ مشخص گردید و سپس از نرم‌افزار Expert Choice برای تجزیه و تحلیل نتایج (Karmi *et al*., 2014) و تعیین میزان وزن لایه‌ها و سازگاری تحلیل استفاده شد. در صورتی که ضریب ناسازگاری از حد مجاز (۰/۱) بیشتر بود (Dey and Ramcharan, 2008)، پرسش‌نامه برگشت داده می‌شد تا متخصصان در قضاوت‌های خود تجدیدنظر کنند. در نهایت نظرهایی که دارای ضرایب ناسازگاری در دامنهٔ قابل قبولی بودند، تلفیق شدند و وزن نهایی هر معیار با نرم‌افزار محاسبه شد.

ترکیب خطی وزنی (WLC)

روش ترکیب خطی وزنی که روش امتیازدهی نیز نامیده می‌شود بر مبنای مفهوم میانگین وزنی استوار است. تحلیل‌گر یا تصمیم‌گیرنده به طور مستقیم بر مبنای اهمیت نسبی هر معیار مورد بررسی، وزن‌هایی به معیار می‌دهد. سپس از طریق ضرب کردن وزن نسبی در مقدار آن خصیصه، یک مقدار نهایی برای هر گزینه (مثلاً عنصر تصویر در تحلیل فضایی) به دست می‌آید. پس از آنکه مقدار نهایی هر گزینه مشخص شد، گزینه‌هایی که بیشترین مقدار را داشته باشند، مناسب‌ترین گزینه برای هدف مورد نظر خواهد بود (Shahabi *et al*., 2008). در این روش تصمیم‌گیری، مقدار هر گزینه A_i را به وسیله رابطه ۱ محاسبه می‌کنند (Salehi *et al*., 2015).

$$A_i = \sum_{j=1}^{n} W_j * X_{ij}$$ رابطه (۱)

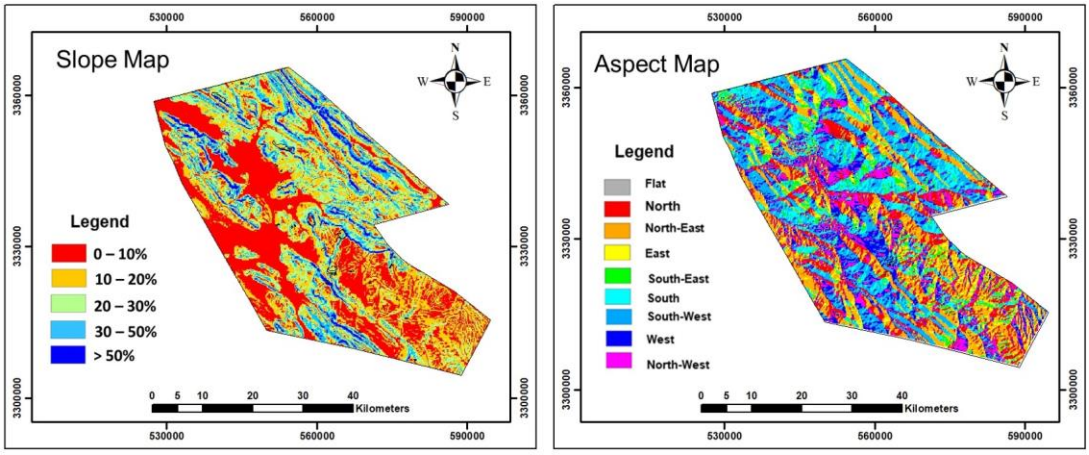
در رابطه (۱)، W_j وزن استاندارد شده معیار j ام، X_{ij} مقداری است که مکان iام در رابطه با معیار jام به خود پذیرفته است. به عبارت دیگر این مقدار می‌تواند بیانگر درجه مناسب بودن مکان iام در ارتباط با معیار jام باشد. n تعداد کل معیارها بوده و A_i مقداری است که در نهایت به مکان iام تعلق می‌گیرد و همان احتمال خطر آتش‌سوزی است. در این روش می‌بایست مجموع وزن‌ها برابر یک باشد، که در صورت عدم وجود چنین شرایطی باید در مرحله آخر، A_i بر مجموع کل وزن‌ها تقسیم گردد. در این صورت خروجی A_i نیز عددی بین صفر و یک خواهد بود. البته از آنجا که بیشتر یا کمتر بودن مقدار خروجی می‌تواند دلیلی برای مناسب‌تر بودن یا نامناسب‌تر بودن یک گزینه باشد، می‌توان از نرمال کردن وزن‌ها صرف‌نظر کرد. در نهایت گزینه ایده‌آل، گزینه‌ای خواهد بود که دارای بیشترین A_i باشد (Parhizgar & Ghafari, 2007). روش ترکیب خطی وزنی می‌تواند با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و قابلیت‌های هم‌پوشانی این سیستم اجرا شود (Mirdeilami *et al*., 2014).

نتایج

شکل‌های ۲ ، ۳، ۴ و ۵ به ترتیب نقشه معیارهای شیب و جهت (شکل ۲)، فاصله از جاده‌های اصلی و فاصله از مناطق مسکونی (شکل ۳)، کاربری اراضی و فاصله از زمین‌های کشاورزی (شکل ۴) و نقشه‌های متوسط دمای سالیانه و متوسط بارش سالیانه (شکل ۵) درمنطقه مورد مطالعه، عرصه‌های جنگلی در شهرستان‌های ممسنی و رستم در استان فارس را نمایش می‌دهند. در منطقه مورد مطالعه، بیشترین آتش‌سوزی‌های اتفاق افتاده متعلق به طبقات ۱۹۰۰ - ۱۵۰۰ متر از سطح دریا بوده است که مساحتی معادل۹/۹۹۴ کیلومتر مربع را شامل می‌شود. بعد از آن بیشترین مقدار به ترتیب متعلق به طبقات دوم، اول، چهارم و پنجم است. نقشه شیب نشان می‌دهد

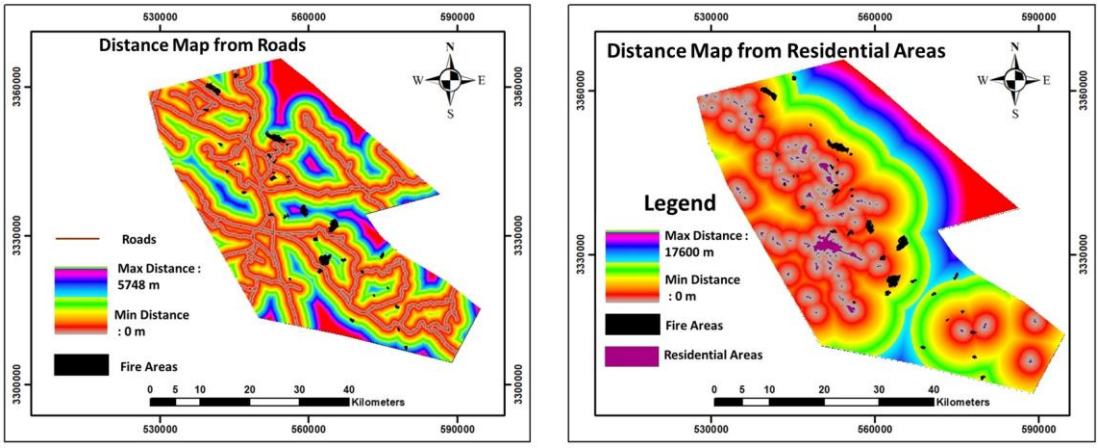
[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.61186/jfer.4.1.1]



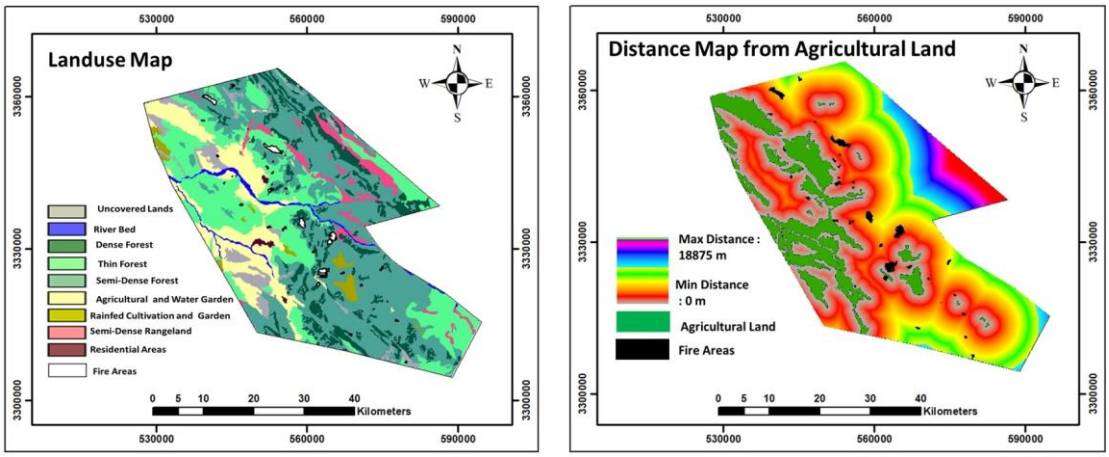
شکل۲- نقشه شیب(چپ) و نقشه جهت شیب(راست) عرصه‌های جنگلی در شهرستان‌های ممسنی و رستم در استان فارس

Figure 2- Slope map (left) and Aspect map (Right) of the study area



شکل۳- نقشه‌های فاصله از جاده‌های اصلی(چپ) و فاصله از مناطق مسکونی(راست) عرصه‌های جنگلی در شهرستان‌های ممسنی و رستم در استان فارس

Figure 3- Distance maps from main roads (left) and the distance from residential areas (right)



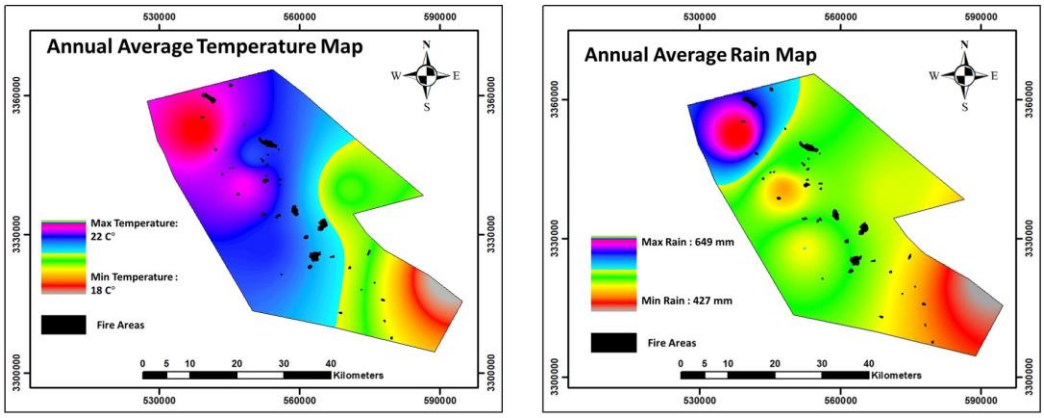
شکل۴- نقشه‌های کاربری اراضی (چپ) و فاصله از زمین‌های کشاورزی (راست) درعرصه‌های جنگلی در شهرستان‌های ممسنی و رستم در استان فارس

Figure 4- Land use map (left) and distance map from agricultural lands (right)

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.61186/jfer.4.1.1]

به ترتیب بیشترین آتش‌سوزی‌های اتفاق افتاده در طبقات ۱۰-۰، ۲۰-۱۰، ۳۰-۲۰، ۴۰-۳۰ و در نهایت در شیب‌های بالای ۵۰ درصد به‌وقوع پیوسته‌اند. در منطقه مورد مطالعه با افزایش شیب خطر آتش‌سوزی کاهش پیدا کرده است. با توجه به جهت‌های جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و پهنه‌های آتش‌گرفته، آتش‌سوزی‌های اتفاق افتاده با مساحت بالای یک کیلومتر مربع مربوط به جهت‌های شمال، شمال غرب، جنوب غرب و غرب می‌باشد. در لایه فاصله از جاده‌ها بیشترین آتش‌سوزی‌های رخداده مربوط به طبقات اول تا سوم است که بالای دو کیلومتر مربع را شامل می‌شود. در ارزیابی اثر فاصله از مناطق مسکونی، بیشترین آتش‌سوزی‌های رخداده مربوط به طبقات اول تا دوم است که مساحتی معادل ۸/۲۷۲ کیلومتر مربع در محدوده طبقاتی ۶۶۰۰-۳۳۰۰ متر و مساحتی معادل ۵/۰۱۸ کیلومتر مربع در محدوده طبقاتی ۳۳۰۰-۰ متر را شامل می‌شود. نقشه فاصله از زمین‌های کشاورزی نشان می‌دهد که بیشترین آتش‌سوزی‌های رخداده مربوط به طبقات اول و دوم است، مساحت کمی هم مربوط به طبقه سوم است و در مابقی طبقات آتش‌سوزی رخ نداده است. طبق این نقشه‌ها بیشترین کاربری که در معرض آتش‌سوزی بوده، جنگل‌های نیمه انبوه است که سطحی معادل ۸/۳۵ کیلومتر مربع را به خود اختصاص داده است. متوسط دمای سالیانه از ۱۸ تا ۲۲ درجه در منطقه مورد مطالعه متغیر است، و در منطقه بیشترین آتش‌سوزی نیز در مناطقی با دمای متوسط ۲۰ تا ۲۱ درجه اتفاق افتاده است. همچنین در منطقه مورد مطالعه بیشترین آتش‌سوزی در مناطقی با بارش سالیانه ۵۷۰-۵۲۰ میلی‌متر اتفاق افتاده است. جدول ۱ وزن‌های به دست آمده از روش AHP را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج وزن‌دهی، بیشترین وزن نسبی به لایه فاصله از زمین‌های کشاورزی اختصاص یافته و سپس به ترتیب لایه‌های فاصله از جاده، فاصله از مناطق مسکونی، کاربری اراضی، جهت شیب، متوسط دمای سالیانه، شیب و متوسط بارش سالیانه است. ضریب ناسازگاری وزن‌دهی در این پژوهش ۰/۰۹ به دست آمد که نشان‌دهنده عدم خطا و ناسازگاری در مقایسه و تعیین اهمیت بین معیارها است. نقشه نهایی در پنج طبقه پهنه‌های با خطر آتش‌سوزی خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم از نظر مستعد بودن برای خطر آتش‌سوزی طبقه‌بندی شد. شکل ۶، نقشه پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی منطقه مورد مطالعه و شکل ۷ که در آن آتش سوزی رخ داده است را نشان می‌دهند.



شکل۵ـ نقشه‌های متوسط دمای سالیانه (چپ) و متوسط بارش سالیانه (راست) درعرصه‌های جنگلی در شهرستان‌های ممسنی و رستم در استان فارس

Figure 5- Annual average temperature maps (left) and the annual average precipitation (right)

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.61186/jfer.4.1.1]

جدول ۱ـ معیارها و وزن‌های نسبی آنها از روش تحلیل سلسله مراتبی
Table 1- Final calculated AHP Weights for Criteria

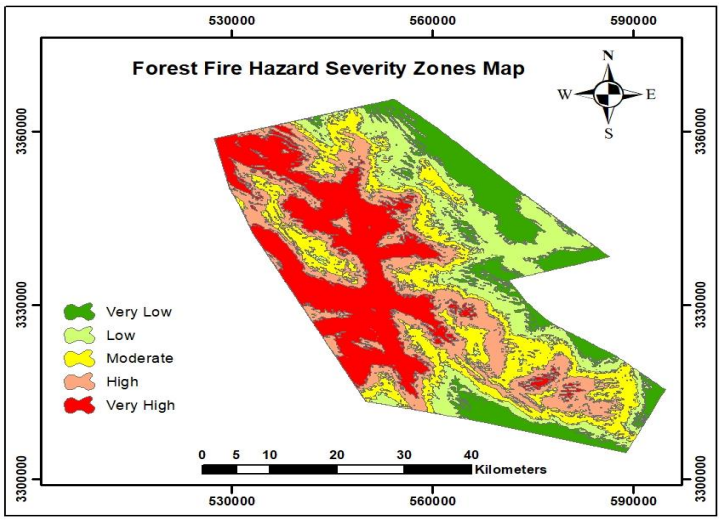
معیارها (Criteria)	وزن (AHP)	معیارها (Criteria)	وزن (AHP)
ارتفاع (Elevation)	0.0396	فاصله از زمین کشاورزی (Distance from agricultural lands)	0.254
شیب (Slope)	0.0583	کاربری اراضی (Land use)	0.088
جهت شیب (Aspect)	0.0692	متوسط دمای سالیانه (Average annual temperature)	0.062
فاصله از جاده (Distance from the road)	0.1971	متوسط بارش سالیانه (Average annual rainfall)	0.0551
فاصله از مناطق مسکونی (Distance from residential areas)	0.1786		

آتش‌سوزی با خطر خیلی زیاد و زیاد به ترتیب در طبقه ارتفاعی ۱۱۰۰-۷۴۴ و ۱۵۰۰-۱۱۰۰ قرار دارد که مساحتی معادل ۲۱۲/۱۷۴ و ۱۳۴/۶۲۴ کیلومتر مربع را به خود اختصاص داده‌اند. در این منطقه ارتفاعات پایین مناطق مساعدتری برای آتش‌سوزی می‌باشند. از نظر شیب، بیشترین مساحت پهنه‌های مستعد آتش‌سوزی با خطر خیلی زیاد و زیاد به ترتیب در طبقات شیب ۱۰-۰، ۲۰-۱۰ و ۳۰-۲۰ قرار دارند. با توجه به ویژگی‌های توپوگرافی منطقه مورد مطالعه و موقعیت پهنه‌های آتش‌گرفته نسبت به شیب که در همین طبقات بیشترین آتش‌سوزی‌ها رخداده است، می‌توان به تطابق بالای وضعیت موجود و مدل اجراشده اشاره کرد. از نظر جهت شیب، نتایج نشان داده است که بیشترین مساحت پهنه‌های مستعد آتش‌سوزی با خطر خیلی زیاد و زیاد به ترتیب معادل ۷۰/۴۱۵ و ۸۴/۹۲۶ کیلومتر مربع است که مربوط به جهت جنوب غرب منطقه و بعد از آن مربوط به جهت جنوب است؛ بنابراین می‌توان گفت جهات جنوبی مستعد آتش‌سوزی‌اند. بررسی نتایج مساحت پهنه‌هایمستعد آتش‌سوزی حاصل از مدل و طبقات فاصله از جاده، نشان داده است؛ بیشترین مساحت پهنه‌های مستعد آتش‌سوزی با خطر خیلی زیاد و زیاد به ترتیب معادل ۲۱۲/۷۷۰۹ و ۱۷۶/۹۷۴ کیلومتر مربع، که طبقات ۹۵۰-۰ و ۱۹۰۰-۹۵۰ است. از آنجایی عوامل انسانی در وقوع حریق نقش بسزایی دارند، نزدیکی به مناطق مسکونی یکی دیگر از عوامل مؤثر در بروز حریق شناخته شده است. بررسی نتایج مساحت پهنه‌های مستعد آتش‌سوزی حاصل از مدل و طبقات فاصله از مناطق مسکونی، نشان داده است که بیشترین مساحت پهنه‌های مستعد آتش‌سوزی با خطر خیلی زیاد و زیاد به ترتیب معادل ۲۶۸/۲۹ و ۲۶۸/۴۵۲ کیلومتر مربع، در طبقه ۳۳۰۰-۰ است. از طرفی بیشترین پهنه‌های آتش‌گرفته در منطقه مورد مطالعه نیز در طبقات ۳۳۰۰-۰ و ۶۶۰۰-۳۳۰۰ متر صورت گرفته است. با توجه به اینکه با نزدیک شدن به مناطق مسکونی خطر آتش‌سوزی بیشتر می‌شود، پهنه‌های مستعد آتش‌سوزی حاصل از مدل و طبقات فاصله از زمین‌های کشاورزی، نشان داده است؛ بیشترین مساحت پهنه‌های مستعد آتش‌سوزی با خطر خیلی زیاد و زیاد در طبقه ۲۸۰۰-۰؛ یعنی نزدیک‌ترین طبقه قرارگرفته است. از طرفی پهنه‌های آتش‌گرفته در منطقه مورد مطالعه نیز در طبقات نزدیک به زمین‌های کشاورزی یعنی۰-۲۸۰۰ و ۲۸۰۰-۵۶۰۰ رخ داده است. بنابراین مدل اجرا شده تطابق بالایی را با وضع موجود نشان می‌دهد. از نظرکاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه بیشترین آتش‌سوزی‌ها در جنگل‌های نیمه‌انبوه، تنک و انبوه رخ داده است. مطابق با نتایج به‌دست آمده از مساحت پهنه‌های مستعد آتش‌سوزی حاصل از مدل و انواع کاربری اراضی منطقه، بیشترین مساحت پهنه‌های مستعد آتش‌سوزی با خطر خیلی زیاد در جنگل‌های تنک و نیمه انبوه با مساحتی معادل ۱۴۵/۹۵ و

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-06-13]

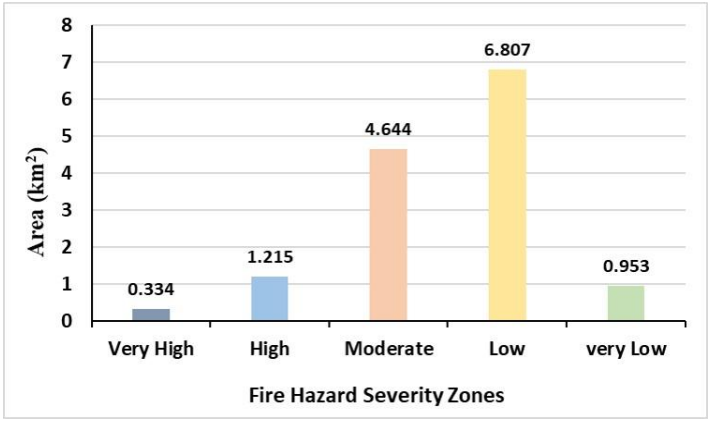
[DOI: 10.61186/jfer.4.1.1]

۵۸/۶۱ است. همچنین بیشترین مساحت پهنه‌های کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه بیشترین آتش‌سوزی‌ها در جنگل‌های نیمه انبوه، تنک و انبوه رخ داده است. از مساحت پهنه‌های مستعد آتش‌سوزی حاصل از مدل و انواع کاربری اراضی منطقه، بیشترین مساحت پهنه‌های مستعد آتش‌سوزی با خطر خیلی زیاد در جنگل‌های تنک و نیمه انبوه با مساحتی معادل ۱۴۵/۹۵ و ۵۸/۶۱ است.



شکل۶- نقشه پهنه‌بندی مناطق مستعد آتش‌سوزی

Figure 6- Forest fire hazard zones map



شکل۷- نمودار پهنه‌های آتش‌گرفته به تفکیک طبقات مستعد آتش‌سوزی

Figure 7- Diagram of burned areas according to fire hazard severity zones

همچنین بیشترین مساحت پهنه‌های مستعد آتش‌سوزی با خطر زیاد در جنگل‌های نیمه انبوه و تنک با مساحتی معادل۲۰۲/۴۱ و ۱۵۷/۲۱رخ داده است. با توجه به اینکه ۱۶۵۱ کیلومتر مربع از منطقه مورد مطالعه را جنگل پوشانده است و تطابق نتایج مدل اجراشده با وضعیت موجود، لازم است اقدامات لازم جهت پیشگیری و کاهش خطر آتش‌سوزی صورت گیرد. مطابق با طبقات متوسط دمای سالیانه و پهنه‌های مستعد آتش‌سوزی حاصل از مدل، نتایج نشان داده است بیشترین مساحت پهنه‌های مستعد آتش‌سوزی با خطر خیلی زیاد و زیاد به ترتیب معادل ۱۵۷/۸۴۵و ۱۶۸/۹۶۳ کیلومتر مربع است که در طبقه ۲۱/۲۰-۲۶/۴۸ درجه قرار دارد و بعد از آن طبقه۲۱/۲۶-۲۲/۰۳ بیشترین مساحت را به خود اختصاص داده است. در این طبقات دمایی بیشترین پهنه‌های آتش‌گرفته نیز قرار دارند که این خود بر

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.61186/jfer.4.1.1]

صحت مدل اجراشده تأکید دارد. یکی دیگر از معیارهای بررسی‌شده، متوسط بارش منطقه است. نتایج مساحت پهنه‌های مستعد آتش‌سوزی حاصل از مدل و طبقات بارش، نشان داده است که بیشترین مساحت پهنه‌های مستعد آتش‌سوزی با خطر خیلی زیاد و زیاد در طبقه ۵۷۰-۵۲۰ میلی‌متر قرارگرفته است. از طرفی پهنه‌های آتش‌گرفته در منطقه مورد مطالعه در طبقات ۵۷۰-۵۲۰ و ۵۲۰-۴۷۰ رخداده است که بیانگر صحت مدل اجرایی است.

بحث

یکی از گام‌های ابتدایی در مدیریت بحران آتش‌سوزی در جنگل‌ها، تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی است. حریق در مناطق طبیعی تحت تأثیر عوامل مختلفی قرار دارد. بنابراین، امکان دارد با کمک عوامل محیطی و انسانی که در وقوع حریق تأثیرگذارند میزان خطر وقوع حریق در مناطق طبیعی را پهنه‌بندی کرد. سامانه اطلاعات جغرافیایی امکان شناسایی عرصه‌های پرخطر و بحرانی را از نظر آتش‌سوزی فراهم می‌کند. تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی با کمک GIS و فرایند تحلیل سلسله مراتبی، این امکان را ایجاد می‌کند که مناطق با خطر بالا را شناسایی کرده و با توجه به روند تغییرات می‌توان نقشه‌ها را به‌روزرسانی کرد. در این پژوهش از تحلیل سلسله مراتبی فازی و تلفیق آن با سامانه اطلاعات جغرافیایی جهت ارزیابی و تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی در عرصه‌های جنگلی شمال غرب استان فارس استفاده شد. نتایج نشان داد که بیشتر آتش‌سوزی‌ها در مناطقی اتفاق می‌افتد که دسترسی انسان به آن مناطق بیشتر و راحت‌تر است. به عبارت دیگر مناطق کم‌شیب و هم‌ارتفاع با مناطق مسکونی که در نزدیکی راه‌های ارتباطی قرار دارند باعث شده است که انسان به منظور تفرج و چرای دام می‌تواند به راحتی به کاربری جنگل و سایر کاربری‌ها دسترسی پیدا کرده و به‌دلیل بی‌مبالاتی اقدام به روش کردن آتش و رها کردن آن کند. بر اساس روش به‌کاربرده شده، وزن معیارهای انسان ساخت شامل فاصله از اراضی کشاورزی (۰/۲۵۴)، فاصله از جاده (۰/۱۹۷) و فاصله از مناطق مسکونی ۰/۱۷۸) بود. بنابراین معیارهای انسان ساخت در مجموع با وزنی معادل ۰/۶۲۹ دارای بیشترین تأثیر در پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی جنگل‌های این منطقه بودند. اهمیت معیارهای انسان ساخت در پژوهش‌های متعددی مورد تأیید قرار گرفته است (Eskandari and Khoshnevis, 2020; Vadrevu *et al*., 2010; Ying *et al*., 2018; Najafi, 2013) که با نتایج حاضر هم‌خوانی دارد. از عوامل فیزیوگرافی عامل شیب وزن کمی نسبت به عوامل انسان ساخت دارد؛ اما در شیب‌های کم تأثیر آن بیشتر بوده و باعث افزایش خطر آتش‌سوزی شده است، در حالی که در پژوهش Sharma و همکاران در سال ۲۰۱۲ تأثیر این عامل در شیب‌های تند بیشتر بوده است.

در تحقیقی که توسط Najafi نیز در سال ۲۰۱۳ با هدف مدل‌سازی و تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی به کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی انجام شد، عوامل فیزیوگرافی، اقلیمی، انسانی و گیاهی را مورد بررسی قرارگرفت. نتایج نشان‌دهنده تأثیر بالای عوامل انسانی و گیاهی در وقوع آتش‌سوزی داشت و همچنین ارزیابی مدل با منحنی مشخصه عملکرد سیستم ROC نشان از دقت بالای مدل تولیدی داشت. همچنین با توجه به موقعیت منطقه مورد مطالعه و نظرات کارشناسان مبنی بر اینکه کشاورزان پس از برداشت محصول با هدف بهبود وضعیت خاک، نسبت به آتش‌زدن پسماند مزارع خود اقدام می‌کنند.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج به‌دست آمده از پژوهش حاضر نشان داد که ارتباط زیادی بین نقشه به‌دست آمده از مدل و پهنه‌های آتش‌گرفته وجود دارد که مبین دقت بالای مدل اجرا شده است. بنابراین تهیه و استفاده از نقشه پهنه‌بندی آتش‌سوزی در جنگل می‌تواند راهنمایی برای مدیران جنگل برای ارزیابی ریسک خطرات و کنترل آتش‌سوزی در مناطق جنگلی باشد.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.61186/jfer.4.1.1]

منابع

Akbari, D. 2010. Fire warning in forest areas using remote sensing techniques. Proceedings of the first national conference on modern geomatics in the service of society, 14 March, Tehran. [In Persian]

Amiri, T., Shafiei, B., Erfanian, M., Hosseinzadeh, O. & Beygi Heidarlou, H. 2017. Determining of effective criteria in locating firefighting station in forest. *Journal of Forest Research and Development,* 2(4): 379-393 [In Persian]

Bartier, P.M. & Keller, C.P. 1996. Multivariate interpolation to incorporate thematic surface data using inverse distance weighting (IDW). *Computers and Geosciences,* 22(7): 795-799. [DOI:10.1016/0098-3004(96)00021-0]

Brun, C., Art'es, T., Margalef, T. & Cort'es, A. 2012. Coupling wind dynamics into a DDDAS forest fire propagation prediction system. *Procedia Computer Science,* 9: 1110-1118. [DOI:10.1016/j.procs.2012.04.120]

Chandra, S. (2005). Application of remote sensing and GIS Technology in forest fire Risk Modeling and management of forest fires: A case study in Garhwal Himalayan Region. Geo-information for Disaster management. In: Oosterom, P., Zlatanova, S. and Fendel, E. (Eds.) XXVI, 1434p. 516 illus. ISBN: 978-3-540-24988-7

Chang, Y., Zhu, Z., Bu, R., Chen, H., Feng, Y., Li, Y., Hu, Y. & Wang, Z. 2013. Predicting fire occurrence patterns with logistic regression in Heilongjiang Province, China. *Landscape Ecology,* 28(10): 1989-2004. [DOI:10.1007/s10980-013-9935-4]

Chhetri, S.K. & Kayastha, P. 2015. Manifestation of an Analytic Hierarchy Process (AHP) Model on Fire Potential Zonation Mapping in Kathmandu Metropolitan City, Nepal. *ISPRS International Journal of Geo-Information,* 4(1): 400-417. [DOI:10.3390/ijgi4010400]

Chuvieco, E. & Congalton, R.G. 1989. Application of remote sensing and geographic information systems to forest fire hazard mapping. *Remote Sensing of Environment,* 29(2): 147-159. [DOI:10.1016/0034-4257(89)90023-0]

Ramcharan, E.K. & Dey, P.K. 2008. Analytic hierarchy process helps select site for limestone quarry expansion in Barbados. *Journal of Environmental Management,* 88: 1384-1395. [DOI:10.1016/j.jenvman.2007.07.011] [PMID]

Eskandari, S. 2015. Analysis on Modeling and Simulation Methods of Fire Spread in the Forests. *Journal of Human and Environment,* 13(3): 67-86. [In Persian]

Eskandari, S. 2017. Methods of modeling and evaluation of fire occurrence risk in the forests of world and Iran. *Journal of Human and Environment,* 15(3): 91-110. [In Persian]

Eskandari, S. & Khoshnevis, M. 2020. Evaluating and mapping the fire risk in the forests and rangelands of Sirachal using fuzzy analytic hierarchy process and GIS. *Forest Research and Development,* 6(2): 219-245.

Eskandari, S. & Eskandari, S. 2021. Fire of Iranian forests, consequences, opposition methods and solutions. *Journal of Human and Environment,* 19(1): 175-187. [In Persian]

Fallahi, A. & Mohammadzadeh, R. 2007. Measures to reduce the risk of forest fire in urban areas. Proceedings of the Third International Conference on Comprehensive Crisis Management in Unforeseen Events, Tehran. [In Persian]

Flannigan, M.D., Amiro, B.D., Logan, K.A., Stocksand, B.J. & Wotton, B.M. 2005. Forest Fires and Climate Change in the 21ST Century. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change,* 11: 847-859. [DOI:10.1007/s11027-005-9020-7]

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.61186/jfer.4.1.1]

Fule, P., M., Ribas, M., Gutierrez, E., Vallejo, R. & kaye, M. 2006. Forest structure and fire history in an old pinus nigra forest, eastern Spain. *Forest Ecology and Management*, 241(3): 79-88.

Garavand, S., Nabiollah, Y. & Sadeghi, H. 2013. Spatial pattern and mapping fire risk occurrence at natural lands of Lorestan province. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 21(2): 231-242. [In Persian]

Gheshlaghi, H. & Valizadeh , K. 2018. Evaluation and zoning of forest fire risk using multi-criteria decision-making techniques and GIS. *Journal of Natural environmental*, 7(15): 49-66. [In Persian]

Hydarian, P., Rangzan, K., Maleki, S., Taghizade. A. & Azizi Ghalaty, S. 2014. municipal landfill locating using Fuzzy-Topsis and Fuzzy-AHP models in Gis: a case study of Pakdasht city in Tehran province. *Journal of Health and Development*, 3(1): 1-13. [In Persian]

Jahdi, R., Darwish Sefat, A. & Etemad, V. 2014. Predicting Forest Fire Spread Using Fire Behavior Model (Case study: Malekroud Forest-Siahkal). *Iranian Journal of Forest*, 5(4): 419-430. [In Persian]

Jiang, B. 2011. GIS-based Multi-Criteria Analysis Used in Forest Fire Estimation: A CaseStudy of Northernmost Gävleborg County in Sweden, Degree Project for Bachelor of Science/Technology in Geomatics, Gävle university.

Karmi, O., Mahdavi, A., Hosseini-Nasr, M. & Jalilvand, H. 2014. The evaluation of susceptible area for eco-tourism by using of analytical hierarchy process (AHP) (Case study: Babolrood watershed, Mazandaran). *Wood and Forest Science and Technology*, 21(2): 185-201. [In Persian]

Mirdeilami, T., Shataee, S. & Kavoosi, M.R. 2014. Forest fire risk zone mapping in the Golestan national park using weighted linear combination (WLC) method. *Iranian Journal of Forest*, 5(4): 377-390. [In Persian]

Mirdeilami, T., Shataee, S. & Kavoosi, M.R. 2014. Forest fire risk zone mapping in the Golestan national park using regression logistic method. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 22(1):1-16. [In Persian]

Mohammadi, F., Shabanian, N., Pourhashemi, H. & Fatehi, P. 2011. 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. [In Persian]

Morales, Jr.F.F. & Vries, W.T.D. 2021. Establishment of natural hazards mapping criteria using analytic hierarchy process (AHP). *Frontiers in Sustainability*, 2: 1-13. [DOI:10.3389/frsus.2021.667105]

Najafi, A. 2013. Studying and modeling the effects of forest fire on the surface of the land using measurement and geographic information system (case study: Bagh Shadi Khatam protected area), M.Sc. thesis, Yazd University. [In Persian]

Parhizkar, A. & Ghafari Gilandeh, A. 2007 GIS and Multicriteria Decision Analysis, Samt Publications, Tehran, 608 p. [In Persian]

Pourahmad, A., Habibi, K., Mohammad Zahraei, S. & Nazari Adli, S. 2007. Site selection for urban facility in Babolsar using Gis and Fuzzy logic. *Journal of Environmental Studies*, 33(42): 31-42. [In Persian]

Qudsipour, H. 2018. AHP Hierarchical Analysis Process. Amirkabir University of Technology Publications, Tehran, 220 p. [In Persian]

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.61186/jfer.4.1.1]

Rawat, G.S. 2003. Fire risk assessment for forest fire control management in Chilla forest range of Rajaji National Park Uttaranchal (India), Master of Thesis, International institute for Geo-Information science and earth observation, Enschede, The Netherlands, 78p.

Saklani, P. 2008. Forest Fire Risk Zonation, A case study Pauri Garhwal, Uttarakhand, INDIA. Master thesis, International institute for Geo-Information science and earth observation, Enschede, The Netherlands and Indian Institute of remote sensing (NRSA) Dehradun, India, 71p.

Salehi, A., Rahbari Sisakht, S. & Jahangirian, S. 2015. Assessment of planning status of roads in Yasouj Forest Park from the natural landscapes' aspects. *Iranian Journal of Forest*, 7(3): 377-388. [In Persian]

Shahabi, H., Khezri, S. & Niri, H. 2008. Investigating the factors of Saqqez-Sanand rescue station location devices using weighted linear model. 4th International Conference on Comprehensive Crisis Management and Passive Defense in National Stability, Tehran. [In Persian]

Thakur, A.K. & Singh, D. 2014. Forest fire risk zonation using geospatial techniques and analytic hierarchy process in Dehradun district, Uttarakhand, India. *Universal Journal of Environmental Research and Technology*, 4(2): 82-89.

Vadrevu, K.P., Eaturu, A. & Badarinath, K.V.S. 2010. Fire risk evaluation using multicriteria analysis-a case study. *Journal of Environmental Monitoring Assessment*, 166(1): 223-239. [DOI:10.1007/s10661-009-0997-3]

Varjavand Naseri, H., Zarekar, A., Ghorbani S. & Kazemi Zamani, B. 2015. Forest fire hazard mapping using analytical hierarchy process and geographic information system study area: Helen protected area- central Zagros. *Geography and Environmental Planning*, 26(1): 167-180. [In Persian].

Ying, L., Han, J., Du, Y. & Shen, Z. 2018. Forest fire characteristics in China: Spatial patterns and determinants with thresholds. *Forest Ecology and Management*, 424: 345-354. [DOI:10.1016/j.foreco.2018.05.020]

Yousefi, A. &. Jalilvand, H. 2009. Investigation of the fire situation in the forest and pasture areas of Mazandaran province (area of the General Directorate of Natural Resources of Sari) from 1994 to 2007. The second international conference on climate change and arboreal botany in Caspian ecosystems, Sari, May, 15p. [In Persian]

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.61186/jfer.4.1.1]