Journal of Rangeland

Print ISSN: 2008-0891

Online ISSN: 2676-5039

Predicting and preparing a risk map of rangeland fires using random forest algorithms and support vector machine (Case study: Arak rangelands)

Reza Veysi[1], Bakhtiar Fattahi*[2], Saied Khosrow Beigi[3]

1. M.Sc. Student in Range management, Department of Natural Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran.
2. Corresponding author; Assistant Prof., Department of Natural Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran. E-mail: fattahi_b@yahoo.com
3. Ph.D. in Geography Expert in charge of the General Department of Natural Resources and Watershed Management of Markazi Province, Arak, Iran.

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 13.02.2022
Revised: 30.05.2022
Accepted: 04.06.2022

Keywords:
Fire,
Prevention,
Rangeland,
Arak.

Abstract

Background and objectives: Rangeland fires have devastating effects on the landscape, performance and services of rangeland ecosystems. Despite the efforts of experts, decision makers, stakeholders and government agencies in recent decades to reduce the effects of fire, its number and related economic and human losses are increasing worldwide. One of the most important measures to reduce the damage caused by fire is to predict and prevent the occurrence of fire, which is based on determining the fire prunes. The purpose of this study is to identify and determine areas sensitive to fire in the winter rangelands of Mohammad Gholi in Arak city of Markazi province.

Methodology: The studied rangelands with an area of 3100 hectares with arid to semi-arid climate are located 15 km southeast of Arak city in Markazi province. The altitude of the region is 1900 to 2500 meters (a.s.l) and the average annual rainfall is 225 mm. The thermal extremes of the region are -11 (February) to 35 degrees Celsius (August). In order to zoning the fire risk prune in the region, 9 factors of slope, direction of slope, altitude, geology, land use, distance from the road, distance from the waterway network, soil science and vegetation percentage were used. Fire events were considered as a basis for predicting future fires. Non-fire areas were also identified and selected. For backup zoning and fire prediction, two support machine models (SVM) and random forest model (RF) were used. In order to evaluate the results of these models, the statistical indices of coefficient of explanation (R2: correlation between observational and estimated data), the square root of the mean squared error (RMSE: deviation of predicted values from observed values) and efficiency coefficient (CE: coefficient of efficiency: between infinite negative and 1, the closer to one indicates the higher the performance of the model in forecasting) was used. The output of RF and SVM models is between 1 and zero, which is divided into 5 (floors) of the area with very low to very high fire hazards. The models will identify the most important variables affecting the past fire and then zoning the fire risk in the region.

Results: Vegetation, direction, slope and altitude variables had the greatest impact on fire, respectively, and the variables of geology, land use, distance from the road, distance from the waterway network and soil science were removed from

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.13.7]

the modeling process due to inappropriate and insignificant coefficients. Were. The most sensitive slope floor in case of fire is 12-25% and above and floor 8-12 has the lowest fire incidence. Also, the highest fire occurred at an altitude of 2100-1900 meters and the lowest at an altitude of 2500-2400. In terms of direction, the southwestern and southern slopes had the most and the northern slopes and the non-sloping direction had the least fire events. Vegetation, by providing the necessary fuel, has shown the highest incidence of fire in the coverage of 50-75% and the lowest in the coverage below 25%. According to the results of the implementation of the models, the support vector machine model with a coefficient of efficiency of 0.86 and an error of 3.55 in the test phase is a more accurate model in this study. The results also showed that in terms of fire risk, 11% of the rangelands were in the very low category, 16% in the low category, 35% in the medium risk category, 17% in the high-risk category and 21% in the very high-risk category are located.

Conclusion: High slopes and heights with maximum vegetation (suitable fuel source) in the area and lower grazing intensity have the highest incidence of fire. While in low cover due to insufficient fuel and in low slopes due to change of Rangelands to agriculture, fire is less likely to occur. The area to the south also provides suitable fuel for the fire by receiving more solar heat, dominant cover of Astragalus and dense cover of annual grasses. Among the selected models, the vector support machine model had better performance in zoning and fire risk prediction than the random forest model, which is due to its ability to integrate many input variables without changing them, and establishing nonlinear relationships between variables identifies effective factors and can provide valuable information for fire control and prevention to rangeland managers.

Cite this article: Veysi, R., B. Fattahi, S. Khosrow Beigi, 2022. Predicting and preparing a risk map of rangeland fires using random forest algorithms and support vector machine (Case study: Arak rangelands). Journal of Rangeland, 16(1): 413-426.

© The Author(s).
DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.13.7
Publisher: Iranian Society for Range Management

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.13.7]

مـــرتـــع

شاپا چاپی: ۰۸۹۱-۲۰۰۸

شاپا الکترونیکی: ۵۰۳۹-۲۶۷۶

پیش‌بینی و تهیه نقشه خطر وقوع آتش‌سوزی مراتع با استفاده از الگوریتم‌های جنگل تصادفی و ماشین بردار پشتیبان (مطالعه موردی: مراتع شهرستان اراک)

رضا ویسی[۱]، بختیار فتاحی*[۲]، سعید خسروبیگی[۲]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران.

۲. نویسنده مسئول، استادیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران. رایان‌نامه: fattahi_b@yahoo.com

۳. دانش‌آموخته دکتری آبخیزداری و کارشناس مسئول اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان مرکزی، اراک، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل – پژوهشی

تاریخ دریافت ۱۴۰۰/۱۱/۲۴
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۱/۰۳/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۱۴

واژه‌های کلیدی:
آتش،
پیش‌گیری،
مراتع،
اراک.

چکیده

سابقه و هدف: آتش‌سوزی در مراتع آثار مخربی را در سیمای سرزمین، عملکرد و خدمات اکوسیستم‌های مرتعی بر جای می‌گذارد. علیرغم تلاش‌های متخصصان، تصمیم‌گیران، ذینفعان و ادارات دولتی در دهه‌های اخیر برای کاهش اثرات آتش‌سوزی، تعداد آن و خسارات اقتصادی و انسانی مرتبط با آن، در سراسر جهان در حال افزایش است. یکی از مهم‌ترین اقدامات برای کاهش آسیب‌های ناشی از آتش‌سوزی، پیش‌بینی و پیشگیری از وقوع آتش‌سوزی است که مبتنی بر تعیین محدوده خطر یا مناطق مستعد و بالقوه برای آتش‌سوزی می‌باشد. هدف از این تحقیق شناسایی و تعیین مناطق حساس به آتش‌سوزی در مراتع قشلاق محمدقلی شهرستان اراک استان مرکزی می‌باشد.

مواد و روش‌ها: مراتع مورد مطالعه به مساحت ۳۱۰۰ هکتار با اقلیم خشک تا نیمه‌خشک در ۱۵ کیلومتری جنوب شرق شهر اراک در استان مرکزی واقع شده است. ارتفاع منطقه ۱۹۰۰ تا ۲۵۰۰ متر از سطح دریا و میانگین بارندگی ۲۲۵ میلی‌متر، اکسترم‌های حرارتی منطقه ۱۱- (بهمن) تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد (مرداد) است. بمنظور پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی در منطقه از ۹ عامل درجه شیب، جهت شیب، ارتفاع از سطح دریا، زمین‌شناسی، کاربری اراضی، فاصله از جاده، فاصله از شبکه آبراهه، خاک‌شناسی و درصد پوشش گیاهی استفاده شد. رویدادهای آتش‌سوزی به‌عنوان مبنایی برای پیش‌بینی وقوع آتش‌سوزی در آینده در نظر گرفته شدند. مناطق غیر آتش‌سوزی نیز مشخص و انتخاب شدند. برای پهنه‌بندی و پیش‌بینی آتش از دو مدل ماشین‌بردار پشتیبان (SVM) و مدل جنگل تصادفی (RF) استفاده شد. به‌منظور ارزیابی نتایج این مدلها از نمایه‌های آماری ضریب تبیین (R^2: همبستگی بین داده‌های مشاهده‌ای و برآوردی)، ریشه دوم میانگین مربعات خطا (RMSE: انحراف مقادیر پیش‌بینی‌شده با مقادیر مشاهده‌شده) و ضریب کارایی (CE: بین منفی بی‌نهایت و ۱ قرار دارد، هرچه به یک نزدیک‌تر باشد بیانگر کارایی بالاتر مدل در پیش‌بینی است) استفاده گردید. خروجی مدل‌های جنگل تصادفی و ماشین بردار پشتیبان بین ۱ و صفر قرار دارد که به ۵ (طبقه) منطقه با خطرات خیلی کم تا خیلی زیاد آتش‌سوزی تقسیم می‌شود. مدلها مهم‌ترین متغیرهای مؤثر در آتش‌سوزی گذشته را شناسایی کرده و سپس به پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی در منطقه خواهند پرداخت.

نتایج: به‌ترتیب متغیرهای پوشش گیاهی، جهت، شیب و ارتفاع بیشترین تاثیر را در آتش‌سوزی داشتند و متغیرهای زمین‌شناسی، کاربری اراضی، فاصله از جاده، فاصله از شبکه آبراهه و خاک‌شناسی به دلیل داشتن ضرایب نامناسب و غیر معنی‌دار از فرآیند مدلسازی حذف شدند. حساس‌ترین طبقه شیب در وقوع آتش‌سوزی،

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.13.7]

طبقه ۲۵-۱۲ درصد و بالاتر از آن و طبقه ۸-۱۲ کمترین وقوع آتش‌سوزی را دارد. همچنین بیشترین آتش‌سوزی در ارتفاع ۲۱۰۰-۱۹۰۰ متر و کمترین آن در ارتفاع ۲۵۰۰-۲۴۰۰ رخ داده است. به لحاظ جهت نیز دامنه‌های جنوب غربی و جنوب بیشترین و دامنه‌های شمالی و جهت بدون شیب کمترین وقایع آتش‌سوزی را داشته‌اند. پوشش گیاهی نیز با فراهم کردن مواد سوختی لازم، بیشترین وقوع آتش‌سوزی را در پوشش ۷۵-۵۰ درصد و کمترین آن را در پوشش زیر ۲۵ درصد نشان داده است. با توجه به نتایج حاصل از اجرای مدل‌ها، مدل ماشین بردار پشتیبان با ضریب کارایی ۰/۸۶ و خطای ۳/۰۵ در مرحله آزمون، مدل دقیق‌تری در این مطالعه می‌باشد. همچنین نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که ازلحاظ خطر آتش‌سوزی، ۱۱ درصد مراتع موردمطالعه در طبقه خیلی کم، ۱۶ درصد در طبقه کم، ۳۵ درصد در طبقه خطر متوسط، ۱۷ درصد در طبقه خطر زیاد و ۲۱ درصد در طبقه خطر خیلی زیاد قرارگرفته است.

نتیجه‌گیری: شیبها و ارتفاعات بالا با پوشش گیاهی حداکثری (منبع سوختی مناسب) منطقه و شدت چرای کمتر، بیشترین وقایع آتش‌سوزی را دارند. در حالیکه در پوشش‌های اندک به دلیل ناکافی بودن ماده سوختی و در شیب‌های پایین به دلیل تغییر کاربری مراتع به زراعی احتمال رخداد آتش‌سوزی کمتری دارند. محدوده جهت جنوب نیز با دریافت حرارت خورشیدی بیشتر، پوشش غالب گون و گرامینه‌های یک‌ساله مواد سوختی مناسبی برای آتش‌سوزی فراهم می‌کند. از بین مدل‌های انتخابی نیز، مدل ماشین پشتیبان بردار نسبت به مدل جنگل تصادفی عملکرد بهتری در پهنه‌بندی و پیش‌بینی خطر آتش‌سوزی داشت که ناشی از توانایی آن در ادغام متغیرهای ورودی زیاد بدون تغییر آنها می‌باشد و با برقراری ارتباطات غیرخطی بین متغیرها، عوامل مؤثر را شناسایی می‌نماید و می‌تواند اطلاعات ارزشمندی جهت کنترل و پیشگیری از آتش‌سوزی برای مدیران عرصه‌های مرتعی فراهم کند.

استناد: ویسی، ر.، ب. فتاحی، س. خسروبیگی، ۱۴۰۱. پیش‌بینی و تهیه نقشه خطر وقوع آتش‌سوزی مراتع با استفاده از الگوریتم‌های جنگل تصادفی و ماشین بردار پشتیبان (مطالعه موردی: مراتع شهرستان اراک). مرتع، ۱۶(۲): ۴۱۳-۴۲۶.

DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.13.7

ناشر: انجمن علمی مرتعداری ایران

© نویسندگان

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.13.7]

مقدمه

آتش‌سوزی در مراتع چه منشأ طبیعی و چه انسانی داشته باشد، یکی از مخرب‌ترین بلایای طبیعی و یک خطر اکولوژیکی محسوب می‌شود (۱۸). که تأثیرات عمیقی بر پوشش گیاهی، سلامت و پایداری اکوسیستم، کاربری اراضی دارد و باعث خسارت جدی به محیط‌زیست، تولیدات، اقتصاد، زندگی و سلامتی انسانها می‌شود (۵)؛ و موجب بروز سیل، فرسایش و کاهش تنوع زیستی در کوتاه مدت و میان مدت می‌شود. شناسایی عوامل مؤثر در وقوع آتش‌سوزی و پهنه‌بندی خطر آن، یکی از ابزارهای اساسی به‌منظور دستیابی به راهکارهای کنترل و مقابله با آتش‌سوزی است.

آتش‌سوزی می‌تواند در مدت‌زمانی کوتاه خسارت‌هایی جبران‌ناپذیری به طبیعت ازجمله مراتع وارد نماید؛ به‌ویژه در فصول گرم خشک‌سال که علوفه و لاشبرگ مراتع بر روی‌هم انباشته و خشک‌شده است. بررسی آتش‌سوزی‌های اخیر در مناطق مختلف کشور نشان داده است که خشکی و افزایش دما زمینه ساز آتش سوزی (هر یک درجه افزایش دما، ۱۷ درصد نیاز آبی را افزایش می‌دهد که درصورت نبود رطوبت موجب افزایش خشکی پوشش می‌شود) و انسان عامل جرقه و شروع آتش‌سوزی است (۱۰). آتش‌سوزی شناسایی مناطق حساس به وقوع آتش‌سوزی جهت فراهم کردن مدیریت لازم برای کاهش خسارت ناشی از آن ضروری هست (۲). علیرغم تلاش‌های متخصصان، تصمیم‌گیران، ذینفعان و ادارات دولتی در دهه‌های اخیر برای کاهش اثرات آتش‌سوزی مراتع و جنگل‌ها، تعداد حوادث، تلفات اقتصادی و انسانی مرتبط با آن، در سراسر جهان در حال افزایش است. این پدیده نه‌تنها درکشورهای درحال‌توسعه، بلکه در تمام جهان شایع‌ترین مخاطره طبیعی است (۱۱). آتش‌سوزی و گسترش آن تحت شرایط پیچیده‌ای صورت می‌گیرد که پیش‌بینی قابل‌اطمینان برای وقوع آن را مشکل می‌سازد (۲). با این حال تهیه نقشه حساسیت به وقوع آتش‌سوزی به‌عنوان مرحله‌ایضروری جهت پیشگیری و مدیریت آتش‌سوزی در آینده شناخته‌شده است (۱۳).

دسترسی سریع به تصاویر ماهواره‌ای روشی مناسب برای تشخیص و آگاهی از وقوع بلایا و پدیده‌های طبیعی همچون آتش‌سوزی است و داده‌های سنجش از دور و استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی ابزاری مفید برای بررسی آتش‌سوزی هستند (۲۰). یکی از روش‌های نوظهور در حل مسائل مهندسی برای مدل‌سازی سیستم‌هایی که دارای پیچیدگی زیاد یا عدم قطعیت و یا عدم صراحت بوده و یا داده‌های کافی از آن‌ها موجود نیست (مانند آتش‌سوزی)، استفاده از مدل‌های تئوری مجموعه‌های فازی و شبکه عصبی مصنوعی و ماشین یادگیری می‌باشد. مزیت اصلی این روش‌ها نسبت به روش‌های رایج این است که در مدت‌زمان نسبتاً کوتاهی قادر به بررسی تأثیر انواع پارامترهای در دسترس، بر فرآیند مورد بررسی می‌باشند، بدون آن‌که در هر مرتبه نیاز به یافتن رابطه پیچیده‌ای ریاضی موجود بین پارامترهای منتخب باشد. کاربرد هوش مصنوعی اولین بار توسط فرانک و همکاران (۱۹۹۲) در بحث‌های مربوط به منابع طبیعی بیان گردید و از آن پس به‌طور چشم‌گیری در این زمینه از آن استفاده می‌شود (۷) و مطالعات انجام شده به‌وسیله انجمن مهندسین عمران امریکا بیانگر برتری روش‌های هوش مصنوعی نسبت به روش‌های دیگر می‌باشد (۴).

اگرچه شبکه عصبی مصنوعی یک روش ماشین یادگیری است که در مسائل منابع طبیعی استفاده‌شده است؛با این وجود به دلیل اینکه کالیبره کردن شبکه عصبی مصنوعی، مستلزم مجموعه داده‌های زیاد می‌باشد (۱۶ و ۳)؛ از دیگر روش‌های ماشین یادگیری مانند تکنیک‌های رگرسیون پشتیبان بردار استفاده می‌شود که بر اساس الگوریتم طبقه‌بندی پایه کرنال که ماشین بردار پشتیبان نیز نامیده می‌شود، توسعه‌یافته‌اند (۱۷). از آنجایی‌که توانایی تعمیم روش ماشین بردار پشتیبان در مسائل منابع طبیعیکه محدودیت آمار و داده دارند، برای برآورد مناسب‌تر است و استفاده از آن مقبولیت بیشتری دارد (۹).

جنگل تصادفی، از روش‌های یادگیری جدید است که از الگوریتم‌های پایه برای پیش‌بینی تکراری چندگانه استفاده می‌کند. جنگل تصادفی می‌تواند تعداد بی‌شماری متغیر ورودی را بدون حذف یکی از آن‌ها تجزیه و تحلیل کند. همچنین نسبت به شبکه عصبی مصنوعی در شرایط کمبود داده و یا داده های پرت حساسیت کمتری دارد و می‌تواند تخمین بهتری از پارامترها داشته باشد (۱). با توجه به اینکه مراتع شهرستان اراک از جمله مراتع پرخطر کشور

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

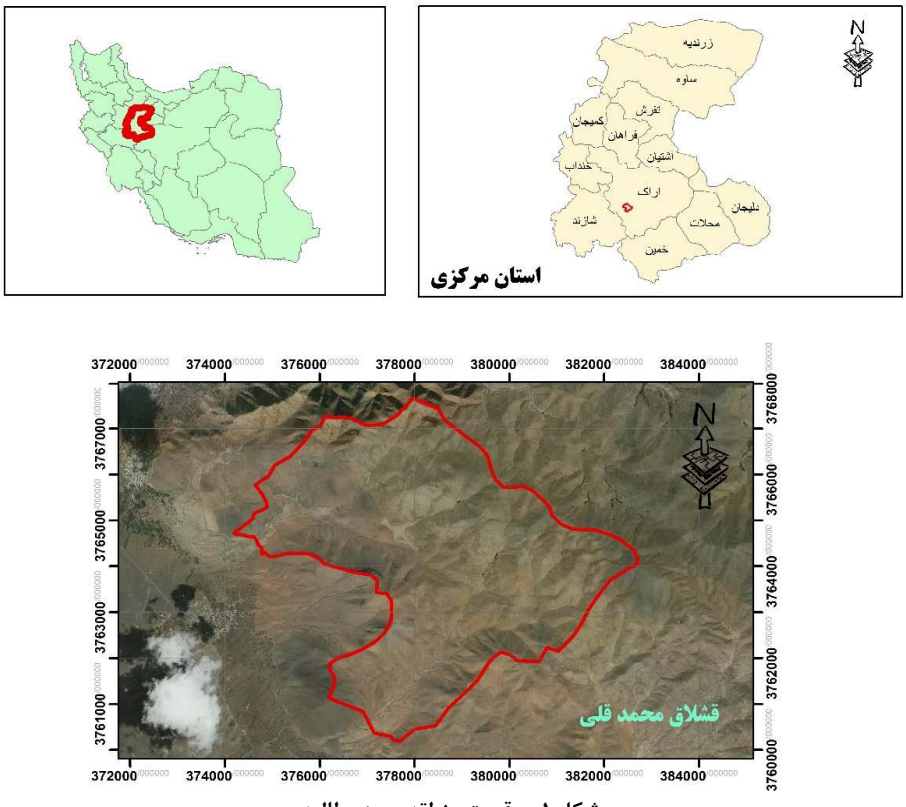
[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.13.7]

به لحاظ آتش‌سوزی هستند و هر ساله بخش زیادی از پوشش گیاهی و جانوری این مراتع از بین می‌رود و خسارت زیادی در بخشهای مختلف تامین علوفه، حفاظت خاک و آب، تنوع زیستی، ترسیب کربن و تولید گیاهان دارویی مراتع منطقه وارد می کند و این در حالی است که شرایط و امکانات کافی در منطقه و شهرستان و استان برای کنترل و مبارزه با آتش‌سوزی وجود ندارد؛ بنابراین در مطالعه حاضر از روش ماشین بردار پشتیبان و جنگل تصادفی در تهیه نقشه پهنه‌بندی آتش‌سوزی بالقوه مراتع قشلاق محمدقلی شهرستان اراک بمنظور پیش‌بینی وقوع آتش و جلوگیری از آن استفاده شد.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مراتع قشلاق محمدقلی در استان مرکزی و ۱۵ کیلومتری جنوب شرق شهر اراک در استان مرکزی واقع شده است و همجوار با روستاهای گوار، عقیل‌آباد، ضامنجان و تکیه‌کرهرود می‌باشد (شکل ۱). مساحت منطقه موردمطالعه ۳۱۰۰ هکتار می‌باشد که بین عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۴۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۳۰ درجه تا ۳۸ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی قرار دارد.. کمترین ارتفاع منطقه ۱۹۰۰ متر و بیشترین ارتفاع ۲۵۰۰ متر از سطح دریا می‌باشد. بر اساس میانگین دوره آماری ۲۰ ساله (۱۴۰۰-۱۳۸۰)، میانگین بارندگی منطقه ۲۲۵ میلی‌متر و دارای اقلیم خشک تا نیمه‌خشک است و ۷۱ درصد از بارندگی‌ها در ماه‌های دی و بهمن اتفاق می‌افتد. حداقل درجه حرارت منطقه ۱۱- درجه سانتی‌گراد در زمستان مربوط به بهمن ماه است و حداکثر دما در تابستان ۳۵ درجه سانتی‌گراد در مرداد ماه است. اقلیم منطقه در جنوب و غرب از منطقه کوهستانی و سرد استان همدان تأثیر گرفته و در جنوب به جهت وجود دشت‌های هموار از هوای گرمتری بهره‌مند است.



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.13.7]

روش تحقیق

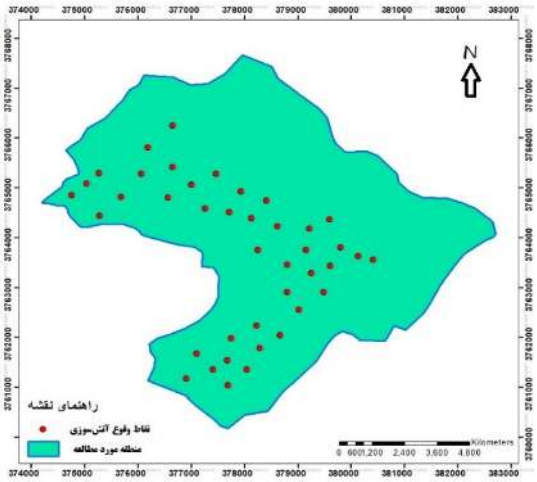
هدف نهایی از این تحقیق ارائه نقشه خطر آتش‌سوزی با استفاده از دو روش جنگل تصادفی و ماشین بردار پشتیان است. این کار در طی چند مرحله صورت گرفت:

الف) تهیه داده‌ها

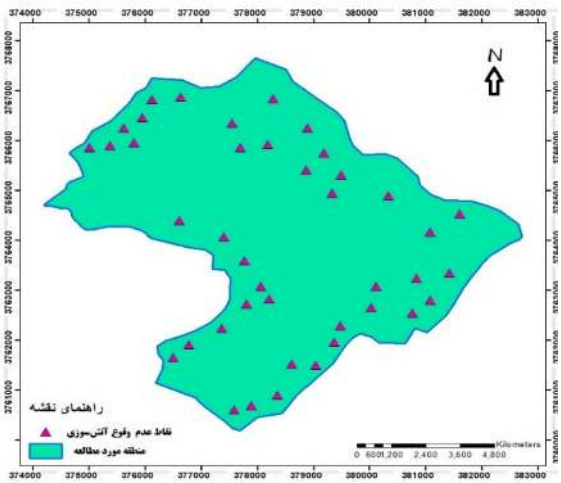
اولین گام، گردآوری اطلاعات و تهیه داده‌های لازم است. در این راستا به‌منظور پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی در منطقه با توجه به‌مرور منابع، از ۹ عامل استفاده شدکه شامل درجه شیب، جهت شیب، ارتفاع از سطح دریا، زمین‌شناسی، کاربری اراضی، فاصله از جاده، فاصله از شبکه آبراهه، خاک‌شناسی و درصد پوشش گیاهی می‌باشند.

ب) تهیه نقشه رخدادهای آتش‌سوزی سالهای گذشته

نقاط آتش‌سوزی یک سطح مهم از رابطه بین رخداد آتش‌سوزی و عوامل به وجود آورنده آن می‌باشد. رویدادهای آتش‌سوزی به‌عنوان مبنایی برای پیش‌بینی وقوع آتش‌سوزی در آینده محسوب می‌شوند به‌طوری‌که مناطق نزدیک یا با ویژگیهای اکولوژیکی، توپوگرافی و جغرافیایی مشابه با مناطق به رخدادهای آتش‌سوزی گذشته، حساسیت بالایی به آتش‌سوزی دارند. به این ترتیب، موقعیت نقاط آتش‌سوزی در منطقه موردمطالعه، با GPS برداشته شد (شکل ۲) که ۷۰ درصد آن برای آموزش مدل و ۳۰ درصد برای اعتبار سنجی مدل استفاده شد (۱۴). مناطق غیر آتش‌سوزی نیز که به دلایل مختلفی آتش‌سوزی قادر به پیشروی در آنها نیست، با استفاده از بازدید میدانی، نقشه توپوگرافی و نرم‌افزار Google Earth مشخص و انتخاب شدند (شکل ۳).



شکل ۲: نقشه پراکنش آتش‌سوزی در منطقه موردمطالعه



شکل ۳: نقشه پراکنش نقاط عدم وقوع آتش‌سوزی در منطقه مورد مطالعه

ج) ماشین بردار پشتیبان (Support Vector Machine)

ماشین بردار پشتیبان (SVM) یکی از روش‌های یادگیری نظارت شده است که از آن برای طبقه‌بندی و رگرسیون استفاده می‌شود. مدل‌های این روش به دو گروه مدلهای طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان (Support Vector Classification) و مدل رگرسیون ماشین بردار پشتیبان (Support Vector Regression) تقسیم‌بندی می‌شوند. از مدل‌های طبقه‌بندی برای حل مسائل طبقه‌بندی داده‌هایی که در کلاس‌های مختلف قرار می‌گیرند استفاده می‌شود و مدلهای رگرسیون در حل مسائل پیش‌بینی کاربرد دارند (۲۱).

در مدل رگرسیونی SVM مانند سایر مدلهای رگرسیونی،متغیر وابسته (y)به وسیله مجموعه‌ای از (تابعی از) متغیرهای مستقل (x) و مقدار عددی ثابتی تخمین زده می‌شود.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.13.7]

بنابراین موضوع اصلی، پیدا کردن فرمی از این تابع است که بتواند به‌صورت صحیح، موارد جدیدی را که SVM تاکنون تجربه نکرده است پیش‌بینی کند. این تابع به‌وسیله آموزش مدل SVM بر روی یک مجموعه داده به‌عنوان مجموعه آموزش که شامل فرآیندی به‌منظور بهینه‌سازی دائمی خطا است، فراهم و قابل‌دسترس خواهد بود. دو نمونه از مدل‌های SVM شناخته‌شده است که عبارت‌اند از: الف) مدل‌های رگرسیونی SVM نوع اول که مدل‌های SVM-v نیز نامیده می‌شوند و ب) مدل‌های رگرسیونی SVM نوع دوم بانام SVM-ϵ شناخته‌شده هستند. در این مطالعه مدل SVM-ϵ به‌دلیل کاربرد گسترده آن در مسائل رگرسیونی مورداستفاده قرار گرفت. برای این مدل، تابع خطا به صورت زیر تعریف می‌شود (رابطه ۱):

رابطه (۱)

$$\frac{1}{2}W^TW + C\sum_{i=1}^{N}\varepsilon_i + C\sum_{i=1}^{N}\varepsilon_i^*$$

تابع خطای فوق لازم است با توجه به محدودیت‌های زیر کمینه گردد (رابطه ۲).

رابطه (۲)

$$W^T\phi(x_i) + b - y_i \le \varepsilon + \xi_i^*$$
$$y_i - W^T\phi(x_i) - b \le \varepsilon + \xi_i^*$$
$$\xi_i, \xi_i^* \ge 0$$

که در این روابط: C ثابت گنجایش، W بردار ضریب، W^T ترانهاده بردار ضریب، ε_i و ε_i^* ضرایب کمبود، b ضریب ثابت، N الگوهای آموزش مدل و ϕ تابع کرنل است.

ماشین‌های بردار پشتیبان برای حل مسائل غیرخطی، ابعاد مسئله را از طریق توابع کرنل تغییر می‌دهند. در عمل چهار نوع کرنل خطی، کرنل چندجمله‌ای، کرنل تانژانت هیپربولیک و کرنل شعاعی به کار گرفته می‌شوند. فرآیند محاسبات ماشین بردار پشتیبان بر اساس کد نویسی در محیط R انجام و پارامترهای تابع کرنل از طریق سعی و خطا بهینه شد.

د) مدل جنگل تصادفی (Random Forest)

مدل جنگل تصادفی(RF) یک نوع مدرن از روش‌های درخت پایه است که شامل انبوهی از درخت‌های کلاس‌بندی و رگرسیونی می‌باشد. همچنین یکی از روش‌های ناپارامتریک مناسب برای مدل‌سازی داده‌های پیوسته و گسسته روش درخت تصمیم است. از مشکلات این روش نوسانات بالای نتایج هر درخت است. به‌منظور کاهش این نوسانات و کاهش واریانس برآورد، روش جنگل تصادفی پیشنهادشده است. جنگل تصادفی با استفاده از مجموعه‌ای از درخت‌ها با در نظر گرفتن n داده مشاهده‌ای مستقل ساخته می‌شود (۱۵).

این روش ترکیبی از چندین درخت تصمیم است که در ساخت آن چندین نمونه بوت استرپ از داده‌ها شرکت دارند و در ساخت هر درخت به‌طور تصادفی تعدادی از متغیرهای ورودی شرکت می‌کنند. با استفاده از روش بوت استرپ به تعداد زیاد نمونه‌هایی n تایی از مجموعه داده‌های مشاهداتی اولیه، نمونه‌برداری همراه با جایگذاری می‌شوند. در طی فرآیند نمونه‌گیری حدود یک‌سوم از داده‌ها به‌عنوان نمونه خارج از کیسه برای تعیین متغیرهای مهم و همچنین برآورد ناریب خطا استفاده می‌شوند. سپس بر روی هر نمونه بوت استرپ یک درخت گسترش داده می‌شود. در طی فرآیند ساخت درخت در هر شاخه، از بین تمام M متغیر مستقل به‌صورت تصادفی، m متغیر برای تقسیم شدن انتخاب می‌شود. برای حالت رگرسیونی نسبت m/M برابر با یک‌سوم است و برای کلاسه‌بندی، $m=\sqrt{M}$ پیشنهاد شده است. پس از ساخت تمام درخت، داده‌های آزمون به درخت معرفی شده و به تعداد درخت‌ها برای بردار ورودی یک خروجی به دست می‌آید. با میانگین‌گیری این خروجی‌ها، خروجی نهایی مدل و با در نظر گرفتن توزیع تجربی خروجی ها مقادیر صدک‌ها و دامنه عدم قطعیت محاسبه می‌شود. روش درخت رگرسیون جنگل تصادفی به‌ویژه هنگامی که تعداد مشاهدات در مقایسه با تعداد پیش‌بینی کننده‌ها نسبتاً کم باشد یک روش پیش‌بینی کارآمد است (۱۹).

ه) ارزیابی مدل‌ها

به‌منظور ارزیابی نتایج جنگل تصادفی و ماشین بردار پشتیبان از نمایه‌های آماری ضریب تبیین (R^2)، ریشه دوم میانگین مربعات خطا (RMSE) و ضریب کارایی ناش و

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.13.7]

ساتکلیف (CE) استفاده گردید. ضریب تبیین (R^2)، همبستگی بین داده‌ها را معلوم می‌کند و هرچه بالاتر باشد همبستگی بیشتری بین داده‌های مشاهده‌ای و برآورد شده بیشتر است. مقدار RMSE بیانگر این است که مقادیر پیش‌بینی‌شده چقدر از مقادیر مشاهده‌شده انحراف دارد. مقدار ناش و ساتکلیف (CE) بین منفی بی‌نهایت و یک قرار دارد و مقدار آن هرچه به یک نزدیک‌تر باشد نشان‌گر کارایی بالای مدل در پیش‌بینی است. بعد مشخص شدن بهترین مدل جنگل تصادفی و ماشین بردار پشتیبان، خروجی که از این مدل‌ها به دست می‌آید بین ۱ و صفر قرار دارد. این بازه به ۵ گروه با مقادیر ۰/۲ تقسیم گردید. نتیجه این تقسیم‌بندی، مشخص شدن ۵ منطقه با خطرات خیلی کم تا خیلی زیادآتش‌سوزی است (۸).

نتایج

فراوانی آتش‌سوزی در ارتباط با عوامل محیطی

در منطقه مورد مطالعه به ازاء هر یک از عوامل نه‌گانه تأثیرگذار بر وقوع آتش‌سوزی (شیب، جهت دامنه، ارتفاع از سطح دریا، زمین‌شناسی، کاربری اراضی، فاصله از جاده، فاصله از شبکه آبراهه، خاک‌شناسی و درصد پوشش گیاهی)، تعداد و درصد نقاط وقوع و عدم وقوع آتش‌سوزی و نسبت فراوانی آنها مشخص گردیدکه در جداول (۱) تا (۴) ارائه‌شده‌اند.

جدول ۱: مقادیر حاصل از ارتباط بین عامل شیب و آتش‌سوزی رخداده

شیب (درصد)	تعداد نقاط آتش‌سوزی	درصد نقاط آتش‌سوزی	تعداد نقاط عدم آتش‌سوزی	درصد نقاط عدم آتش‌سوزی	نسبت فراوانی
۰-۸	۴	۹/۷۶	۰	۰	۰
۱۲-۸	۰	۰	۳	۷/۳۲	۰
۲۵-۱۲	۱۸	۴۳/۹۰	۷	۱۷/۰۷	۲/۵۷
۲۵ <	۱۹	۴۶/۳۴	۳۱	۷۵/۶۱	۰/۶۱

مطابق جدول (۱) حساس‌ترین طبقه شیب در وقوع آتش‌سوزی طبقه ۲۵-۱۲ درصد و بالاتر از آن به نسبت فروانی ۰/۶۱ می‌باشد و در طبقه ۰-۸ و ۸-۱۲ کمترین وقوع آتش‌سوزی به نسبت فروانی صفر می‌باشد.

جدول ۲: مقادیر حاصل از ارتباط بین عامل ارتفاع از سطح دریا و آتش‌سوزی رخداده

ارتفاع از سطح دریا (متر)	تعداد نقاط آتش‌سوزی	درصد نقاط آتش‌سوزی	تعداد نقاط عدم آتش‌سوزی	درصد نقاط عدم آتش‌سوزی	نسبت فراوانی
۲۱۰۰-۱۹۰۰	۱۵	۰/۳۷	۶	۰/۱۵	۲/۵۰
۲۲۰۰-۲۱۰۰	۱۲	۰/۲۹	۸	۰/۲۰	۱/۵۰
۲۳۰۰-۲۲۰۰	۱۳	۰/۳۲	۹	۰/۲۲	۱/۴۴
۲۴۰۰-۲۳۰۰	۱	۰/۰۲	۱۰	۰/۲۴	۰/۱۰
۲۵۰۰-۲۴۰۰	۰	۰	۸	۰/۲۰	۰

مطابق جدول (۲) بیشترین رخداد آتش‌سوزی در ارتفاع ۲۱۰۰-۱۹۰۰ اتفاق افتاده است و کمترین رخداد آتش‌سوزی در ارتفاع ۲۵۰۰-۲۴۰۰ رخ داده است.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.13.7]

جدول ۳: مقادیر حاصل از ارتباط بین عامل جهت دامنه و آتش‌سوزی رخداده

جهت دامنه	تعداد نقاط آتش‌سوزی	درصد نقاط آتش‌سوزی	تعداد نقاط عدم آتش‌سوزی	درصد نقاط عدم آتش‌سوزی	نسبت فراوانی
بدون جهت (دشت)	۰	۰	۰	۰	۰
شمال	۴	۰/۱۰	۵	۰/۱۲	۰/۸۰
شمال شرقی	۱	۰/۰۲	۱۰	۰/۲۴	۰/۱۰
شرق	۴	۰/۱۰	۱۲	۰/۲۹	۰/۳۳
جنوب شرقی	۷	۰/۱۷	۴	۰/۱۰	۱/۷۵
جنوب	۱۰	۰/۲۴	۲	۰/۰۵	۵
جنوب غربی	۷	۰/۱۷	۱	۰/۰۲	۷
غرب	۶	۰/۱۵	۵	۰/۱۲	۱/۲۰
شمال غربی	۲	۰/۰۵	۱	۰/۰۲	۲

مطابق جدول (۳) بیشترین وقوع آتش‌سوزی در جهت جنوب غربی و جنوب بوده است و کمترین وقوع آتش‌سوزی در جهت بدون شیب و شمال بوده است.

جدول ۴: مقادیر حاصل از ارتباط بین درصد پوشش گیاهی و آتش‌سوزی رخداده

پوشش گیاهی (درصد)	تعداد نقاط آتش‌سوزی	درصد نقاط آتش‌سوزی	تعداد نقاط عدم آتش‌سوزی	درصد نقاط عدم آتش‌سوزی	نسبت فراوانی
۲۵-۰	۱۶	۰/۳۹	۱۱	۰/۲۷	۱/۴۵
۵۰-۲۵	۴	۰/۱۰	۲۸	۰/۶۸	۰/۱۴
۷۵-۵۰	۲۰	۰/۴۹	۲	۰/۰۵	۱۰
۱۰۰-۷۵	۱	۰/۰۲	۰	۰	۰

مطابق جدول (۴) بیشترین وقوع آتش‌سوزی در پوشش ۷۵-۵۰ درصد و کمترین وقوع آتش‌سوزی در پوشش ۱۰۰-۷۵ درصد است.

نتایج مدل‌سازی با ماشین بردار پشتیبان

در تحقیق حاضر به‌منظور انجام مدل‌سازی با ماشین بردار پشتیبان از چهار تابع خطی، چندجمله‌ای، تانژانت هیپربولیک و شعاعی استفاده شد. به همین منظور ابتدا مقادیر بهینه پارامترهای مورداستفاده تعیین و پس از ایجاد مدل‌ها، مناسب‌ترین تابع انتخاب شد. در انتخاب مقادیر بهینه پارامترها سعی می‌شود که مدل با استفاده از این مقادیر دارای کم‌ترین خطا در مرحله آزمون باشد. در جدول (۵) نتایج حاصل از انتخاب مقادیر بهینه پارامترهای مورد استفاده نشان داده شده است و جدول (۶) نمایه‌های آماری حاصل از اجرای مدل‌سازی ماشین بردار پشتیبان را نشان می‌دهد.

جدول ۵: مقادیر بهینه پارامترهای مورداستفاده در ماشین بردار پشتیبان

مقادیر بهینه پارامترها		
Γ	ε	c
۳/۲	۰/۴۵	۷۲

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.13.7]

جدول ۶. معیارهای آماری ارزیابی کارایی مدل ماشین بردار پشتیبان

نوع تابع	شاخص آماری					
	R^2		RMSE		CE	
	آموزش	آزمون	آموزش	آزمون	آموزش	آزمون
چندجمله‌ای	۰/۹۱	۰/۸۶	۰/۸۸	۹/۴۵	۰/۹۲	۰/۸۴
خطی	۰/۹۰	۰/۸۷	۰/۸۷	۱۰/۶۵	۰/۹۱	۰/۸۲
شعاعی	۰/۹۸	۰/۹۱	۰/۹۱	۳/۰۵	۰/۹۷	۰/۸۶
تانژانت هیپربولیک	۰/۸۷	۰/۸۱	۰/۷۶	۲۸/۰۳	۰/۹۰	۰/۷۴

نتایج جدول (۶) نشان داد که دقیق‌ترین مدل ماشین پشتیبان بردار در تابع شعاعی با میزان ضریب کارایی ۰/۸۶ میزان خطای ۳/۰۵ در مرحله آزمون می‌باشد.

نتایج مدل‌سازی با جنگل تصادفی

به‌منظور انجام مدل‌سازی جنگل تصادفی برای تعیین گره‌ها از روش سعی و خطا استفاده شد. جدول (۷) نمایه‌های آماری حاصل از اجرای جنگل تصادفی را نشان می‌دهد.

جدول ۷: معیارهای آماری ارزیابی کارایی مدل جنگل تصادفی

تعداد گره	شاخص آماری					
	R2		RMSE		CE	
	آموزش	آزمون	آموزش	آزمون	آموزش	آزمون
۱۸	۰/۸۲	۰/۷۴	۲/۴۲	۳۴/۴۴	۰/۸۴	۰/۷۰

نتایج جدول (۷) نشان داد که مدل‌سازی جنگل تصادفی با ۱۸ گره دارای میزان ضریب کارایی ۰/۷۰ میزان خطای ۳۴/۴۴ در مرحله آزمون می‌باشد.

تهیه نقشه نهایی پهنه‌بندی خطر وقوع آتش‌سوزی

با توجه به مواردی که آورده شد بعد از مشخص کردن بهترین مدل که ماشین پشتیبان بردار در تابع شعاعی با میزان ضریب کارایی ۰/۸۶ میزان خطای ۳/۰۵ در مرحله آزمون می‌باشد، برای هر پیکسل مقدار درجه خطری بین ۰ و ۱ تعیین کرد. با دسته‌بندی مقادیر به‌دست‌آمده از شبکه و انتقال این مقادیر به نرم‌افزار Arc GIS، می‌توان منطقه را به نواحی متفاوتی از نظر خطر وقوع آتش‌سوزی تقسیم‌بندی کرد. شکل (۴) طبقات پهنه‌بندی با استفاده از نتایج مقادیر به‌دست‌آمده از ماشین پشتیبان بردار با تابع شعاعی و شکل (۵) نقشه پهنه‌بندی را نشان می‌دهد.

نتایج به‌دست‌آمده از پهنه‌بندی خطر وقوع آتش‌سوزی همان‌طوری که در اشکال (۴) و (۵) ارائه‌شده حاکی از آن است که ۱۱ درصد منطقه در طبقه خطرخیلی کم، ۱۶ درصد در طبقه خطر کم، ۳۵ درصد در طبقه خطر متوسط، ۱۷ درصد در طبقه خطر زیاد و ۲۱ درصد در طبقه خطر خیلی زیاد قرارگرفته است.

تعیین مهم‌ترین متغیر تأثیرگذار به وقوع آتش‌سوزی

نتایج حاصل از آنالیز هم‌خطی بین متغیرهای مستقل در جدول (۸) نشان داده‌شده است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده مشاهده می‌گردد که متغیرهای انتخاب‌شده دارای هم‌خطی پایینی (کوچک‌تر از ۵) می‌باشند؛ بنابراین هر ۴ متغیر، جهت تعیین مهم‌ترین متغیر تأثیرگذار به وقوع آتش‌سوزی استفاده شدند.

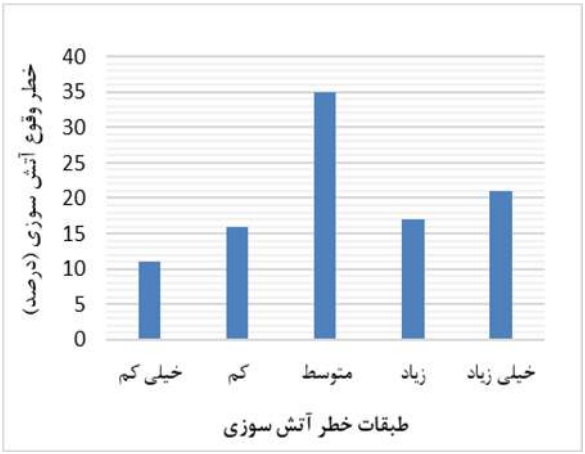
جدول ۸: نتایج آنالیز هم خطی چندگانه در متغیرهای مستقل

ردیف	متغیر	VIF
۱	جهت دامنه	1.01
۲	ارتفاع	1.80
۳	شیب	2.67
۴	درصد پوشش گیاهی	1.80

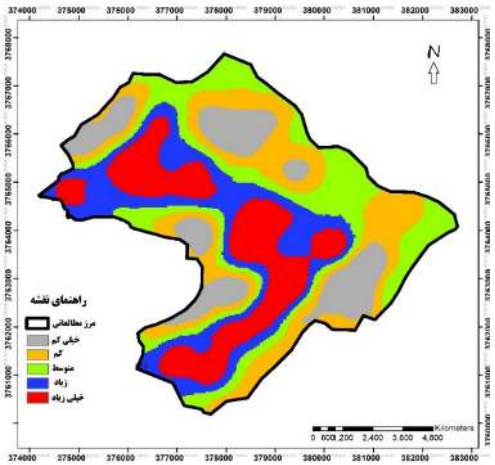
بر اساس نتایج به‌دست‌آمده مشاهده می‌گردد که متغیرهای پوشش گیاهی و جهت تأثیر بیشتری نسبت به سایر متغیرها در مدل‌سازی داشته‌اند.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.13.7]



شکل ۴: درصد مساحت قرارگرفته در هر طبقه خطر آتش‌سوزی



شکل ۵: نقشه پهنه‌بندی خطر وقوع آتش‌سوزی در منطقه مورد مطالعه

بحث و نتیجه‌گیری

آتش‌سوزی در عرصه مراتع به لحاظ منشا، پدیده‌ای اکولوژیکی-انسانی است که از گذشته تا به امروز وجود داشته است و در طول زمان از جنبه اکولوژیکی آن کاسته شده و بعد انسانی آن تقویت شده است. فارغ از اینکه منشا آتش چیست، گسترش آتش‌سوزی در مراتع تحت تاثیر عوامل مختلفی است که مولفه‌هایی از پوشش گیاهی، توپوگرافی، اقلیم و انسانی را شامل می‌شود. قطعا نقش همه عوامل یکسان نیست و برخی از فاکتورهای مذکور اهمیت و جایگاه بیشتری در گسترش آتش‌سوزی و شدت اثرات تخریبی آن دارند. شناسایی عوامل اثرگذارتر بر آتش و به تبع آن مناطقی که این عوامل در آن غالبیت دارند مهم‌ترین نکته کلیدی در پیشگیری از وقوع آتش‌سوزی دارند زیرا با مراقبت از این مناطق و تحت نظر گرفتن آنان، می‌توان احتمال وقوع آتش‌سوزی و خطرات ناشی از آن را به مقدار بسیار زیاد و معنی‌داری کاهش داد. وقوع تعداد ۴۱ مورد آتش‌سوزی در یک دوره ۵ ساله در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که مراتع این منطقه همواره در معرض خطر آتش‌سوزی قرار دارند بنابراین پهنه‌بندی پتانسیل منطقه برای آتش‌سوزی از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. نتایج نشان داد کلیه متغیرهای انتخاب شده (درصد شیب، جهت دامنه، ارتفاع و درصد پوشش گیاهی) در تهیه نقشه پهنه‌بندی آتش‌سوزی در منطقه تاثیر معنی‌داری داشته‌اند. در این بین متغیرهای پوشش گیاهی و جهت دامنه تأثیر بیشتری نسبت به سایر متغیرها در مدل‌سازی داشته‌اند درحالی‌که متغیرهای ارتفاع و شیب از اهمیت کمتری برخوردار بوده‌اند. بیشترین وقوع آتش‌سوزی‌ها به‌ترتیب در پوشش‌های ۷۵-۵۰ و زیر ۲۵ درصد روی داده است. دلیل این موضوع این است که طبقه ۷۵-۵۰ درصد، ماکزیمم پوشش گیاهی منطقه است و منبع سوختی مناسبی را برای آتش‌سوزی فراهم می‌کند و طبقه زیر ۲۵ درصد نیز مربوط به مناطقی است که فشار چرا و بهره‌برداری زیاد است و متعلق به سایتهای مجاور با مناطق اتراق دام، جاده و ... است که پتانسیل زیادی برای آتش‌سوزی دارد. نتایج این تحقیق با نتایج گراوند و همکاران (۱۳۹۲) که درصد پوشش گیاهی را از عوامل مؤثر در وقوع آتش‌سوزی می‌دانند، همخوانی دارد.

بررسی ارتباط طبقات شیب و رخداد آتش‌سوزی نشان داد که بیش از ۹۰ درصد آتش‌سوزی‌ها در دو طبقه شیب ۱۲-۲۵ و ۲۵ درصد به بالا اتفاق افتاده است به نظر می‌رسد که شیبهای زیر ۱۲ درصد شیبهایی هستند که بخشی از آنها دچار تغییر کاربری از مرتعی به زراعی شده‌اند و بخشی دیگر به‌دلیل در دسترس بودن برای دام، مورد چرای شدید قرار گرفته‌اند و پوشش گیاهی کافی برای آتش‌سوزی ندارند از طرف دیگر چوپان‌ها نیز حضور دارند و مانع از وقوع اتش‌سوزی می‌شوند و یا سریع آن را مهار و خاموش می‌کنند

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.13.7]

بنابراین وقوع آتش‌سوزی‌ها کم خواهد بود اما در شیب‌های ۱۲ درصد به بالا شدت چرای دام کاهش یافته است، پوشش گیاهی بیشتری (به عنوان سوخت آتش سوزی) وجود دارد، دور از دید و دسترس مردم قرار دارند و افراد می‌توانند اقدام به آتش‌سوزی نمایند. که با یافته‌های موسی بیگی و میرزابیگی (۱۳۹۵) مطابقت دارد که بیان کردند شیب‌های بالای ۲۰ درصد، بیشتر مستعد خطر آتش‌سوزی هستند. بر اساس نتایج بدست آمده، تقریباً همه آتش‌سوزی‌ها در بازه ارتفاعی ۴۰۰ متری ۲۳۰۰-۱۹۰۰ متر رخ داده است و این بازه همان مناطقی است که بیشترین پوشش گیاهی و کمترین دسترسی برای دام و انسان را دارند که همسو با یافته‌های زرع کار و همکاران (۱۳۹۴) است.

حدود ۶۰ درصد آتش‌سوزیهای منطقه در محدوه جهت جنوب (جنوب غرب، جنوب و جنوب شرق) اتفاق افتاده است. جهت‌های جنوبی نور خورشید بیشتری دریافت می‌کنند، رطوبت محیط کمتر است و پوشش گیاهی آنها اغلب گون و گونه‌های گیاهی یک‌ساله ای هستند که زودتر خشک می‌شوند و لاشبرگ و مواد سوختی مناسبی برای آتش‌سوزی فراهم می‌کنند. طبقات خطر آتش‌سوزی نشان داد که ۳۵، ۲۱ و ۱۷ درصد مساحت منطقه به‌ترتیب خطر آتش‌سوزی متوسط، خیلی زیاد و زیاد دارند که اغلب در محدوده جهت جنوب، شیب بالای ۲۵ درصدو ارتفاع ۲۳۰۰-۲۱۰۰ قرار دارند که همسو با نتایج ورجاوند ناصری و همکاران (۱۳۹۴) است. ورجاوند ناصری و همکاران (۱۳۹۴) و موسی بیگی و میرزابیگی (۱۳۹۵) نیز بیشترین آتش‌سوزی‌ها را در دامنه جنوبی گزارش داده‌اند.

در این پژوهش ارزیابی کارایی مدل‌ها بر اساس نمایه‌های آماری ضریب تبیین (R^2)، ریشه دوم میانگین مربعات خطا (RMSE) و ضریب کارایی (CE) انجام پذیرفت. بیشترین ضریب تبین، کم‌ترین میزان خطا و بیش‌ترین کارایی، بهترین مدل را نشان می‌دهند. با توجه به نتایج حاصل از اجرای مدل‌ها، مدل ماشین پشتیبان بردار با میزان ضریب کارایی ۰/۸۶ میزان خطای ۳/۰۵ در مرحله آزمون مدل دقیق‌تری است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، مدل پشتیبان بردار نسبت به مدل جنگل تصادفی کارایی بهتری در تعیین حساسیت وقوع آتش‌سوزی در منطقه موردمطالعه دارد. عملکرد بهتر مدل پشتیبان بردار می‌تواند به دلیل توانایی آن در مدل‌سازی پایگاه داده‌های بزرگ و توانایی ادغام متغیرهای ورودی زیاد بدون تغییر متغیر باشد. مدل پشتیبان بردار بر اساس بیشترین تعداد آراء، طبقه مربوطه را تعیین می‌کند. علاوه بر این، مدل پشتیبان بردار می‌تواند با تعاملات و ارتباطات غیرخطی بین متغیرها، عوامل مؤثر را شناسایی نماید و توانایی خوبی در مدل‌سازی و پیش‌بینی وقوع آتش‌سوزی دارد. بهترین راه برای کاهش خطرات و خسارات ناشی از آتش‌سوزی در مراتع، پیش‌بینی و شناسایی مناطقی است که پتانسیل وقوع آتش‌سوزی دارند، نه کنترل و مبارزه با آتش‌سوزی که اتفاق افتاده است. در این میان داشتن روش یا مدلی که بتواند پیش‌بینی قابل قبول و مطابق با واقعیات عرصه از پتانسیل آتش‌سوزی ارائه بدهد از اهمیت زیادی برخوردار است. بر اساس نتایج بدست آمده از این پژوهش، مدل ماشین پشتیبان بردار ابزار مناسبی برای پهنه‌بندی و پیش‌بینی مناطقی است که امکان وقوع آتش‌سوزی را دارند و این اطلاعات می‌تواند جهت مراقبت، کنترل، نظارت و پیشگیری از آتش‌سوزی برای مدیران اجرایی و بهره‌برداران عرصه‌های مرتعی مفید باشد. همچنین غیر از عامل انسانی، درصد پوشش گیاهی و جهت دامنه مهمترین پتانسیل را برای گسترش آتش‌سوزی فراهم می‌کنند؛ بنابراین مراتعی که دارای پوشش مناسبی به عنوان منبع سوخت هستند و نیز دامنه هایی امکان وقوع آتش‌سوزی را دارند باید در اولویت برنامه‌های کنترل، پایش، مدیریت و بهره‌برداری قرارگیرند تا هم نسبت به سایر دامنه-ها در اولویت استفاده قرار گیرند و هم امکان آتش‌سوزی کاهش یابد.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.13.7]

References

1. Booker, D.J. & T. H. Snelder, 2012. Comparing methods for estimating flow duration curves at ungauged sites. Journal of Hydrology, 434: 78-94.
2. Conway, D.R., J. Nicholls, S. Brown, M.G. Adger Tebboth, W. N. Ahmad & P. B. Wester, 2019. The need for bottom-up assessments of climate risks and adaptation in climate-sensitive regions. Nature Climate Change, 9(7): 503-511.
3. Dawson C.W., R.J. Abrahart, A.Y. Shamseldin & R.L. Wilby, 2006. Flood Estimation at Ungauged Sites Using Artificial Neural Networks. Journal of Hydrology, 319(1-4): 391-409.
4. Dehghani, A.A., M. Asgare & A. Mosaedi, 2009. Comparison of geostatistics, artificial neural networks and adaptive neuro-fuzzy inference system approaches in groundwater level interpolation (case study: Ghazvin). Jouranal of Agricultural Science and Natural Resources, 11(3): 517-528. (In Persian)
5. Efthimiou, N., E. Psomiadis & P. Panagos, 2020. Fire severity and soil erosion susceptibility mapping using multi-temporal Earth Observation data: The case of Mati fatal wildfire in Eastern Attica, Greece. Catena, 187: 104-120.
6. Franch, G., X. Guirao, M. Garcia-Domingo, M.J. Gil, E. Salas & A. Sitges-Serra, 1992. The influence of calorie source on water and sodium balances during intravenous refeeding of malnourished rabbits. Clinical Nutrition, 11(1): 59-61.
7. Franch, X. & J. P. Carvallo, 2003. Using quality models in software package selection. IEEE software, 20(1): 34-41.
8. Garavand, S., Y.A. Nabiollahi & H.A. Sadeghi Kaji, 2014. Zoning of fire prone areas using GIS (Case study: Lorestan province). The Second National Conference on Climate Change and its Impact on Agriculture and the Environment, Urmia. (In Persian)
9. Gizaw, M.S. & T.Y. Gan, 2016. Regional flood frequency analysis using support vector regression under historical and future climate. Journal of Hydrology, 538: 387-398.
10. Goswami, S., S. Chakraborty, S. Ghosh, A. Chakrabarti & B. Chakraborty, 2018. A review on application of data mining techniques to combat natural disasters. Ain Shams Engineering Journal, 9(3): 365-378.
11. Kaltenbrunner, K. & A. Reichel, 2018. Crisis response via dynamic capabilities: a necessity in NPOs' capability building. VOLUNTAS: International Journal of Voluntary and Nonprofit Organizations, 29(5): 994-1007.
12. Mosa Beigi, M. & F. Mirza Beigi, 2017. Zoning forest fire risk in the Manesht and Qalarang Protected Area using a network analysis model and geographic information system. Environmental Sciences, 14(4): 175-18. (In Persian)
13. Pham, B.T., A. Jaafari, M. Avand, N. Al-Ansari, T. Dinh Du, H.P.H. Yen & T.T. Tuyen, 2020. Performance evaluation of machine learning methods for forest fire modeling and prediction. Symmetry, 12(6): 10-22.
14. Pourghasemi, H.R., M. Beheshtirad & B. Pradhan, 2014. A comparative assessment of prediction capabilities of modified analytical hierarchy process (M-AHP) and Mandeni fuzzy logic models using Netcad-GIS for forest fire susceptibility mapping. Geomatics, Natural Hazards and Risk, 7(2): 861-885.
15. Pourghasemi, H.R. & N. Kerle, 2016. Random forests and evidential belief function-based landslide susceptibility assessment in Western Mazandaran Province, Iran. Environmental earth sciences, 75(3): 185.
16. Shu C. & T.B.M.J. Burn, 2004. Regional Flood Frequency Analysis at Ungauged Sites Using the Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System. Journal of Hydrology, 349: 31– 43.
17. Smola, A.J. & B. Schölkopf, 2004. A tutorial on support vector regression. Statistics and computing, 14(3): 199-222.
18. Stambaugh, M.C., G. Creacy, J. Sparks & M. Rooney, 2017. Three centuries of fire and forest vegetation transitions preceding Texas' most destructive wildfire: Lost Pines or lost oaks? Forest ecology and management, 396: 91-101.
19. Svetnik, V., 2003. Random forest: a classification and regression tool for compound classification and QSAR modeling. Journal of chemical information and computer sciences, 43(6): 1947-1958.
20. Tehrany, M.S., B. Pradhan, S. Mansor & N. Ahmad, 2015. Flood susceptibility assessment using GIS-based support vector machine model with different kernel types. Catena, 125: 91-101.
21. Vapnik, V. 1995. Support-vector networks. Machine learning, 20(3): 273-297.
22. Zarekar, A., H. Varjavand Naseri, S. Ghorbani & B. Kazemi Zamani, 2016. Forest Fire Hazard Mapping Using Analytical Hierarchy process and Geographic Information System Study Area: Helen Protected Area-Central Zagros. Environmental Sciences, 26(1): 167-180. (In Persian)

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1401.16.2.13.7]