مجلهٔ جنگل ایران، انجمن جنگلبانی ایران
سال دهم، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۷
ص ۳۱۹-۳۳۵

مکان‌یابی مناطق مناسب احداث ایستگاه‌های اطفای حریق در اراضی جنگلی شهرستان سردشت

طیبه امیری[۱]، عباس بانج شفیعی[۲*]، مهدی عرفانیان[۳]، امید حسین‌زاده[۴] و هادی بیگی حیدرلو[۵]

[۱] کارشناس ارشد جنگلداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه
[۲] دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه
[۳] دانشیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه
[۴] استادیار، گروه جنگلداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه
[۵] دانشجوی دکتری جنگلداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی، داتشگاه ارومیه، ارومیه

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۲/۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۴/۳۰)

چکیده

هدف این پژوهش، مکان‌یابی مناطق مناسب احداث ایستگاه‌های اطفای حریق جنگلی در بخشی از جنگل‌های شهرستان سردشت است. بدین منظور نقشهٔ مکان‌یابی ایستگاه‌های اطفای حریق جنگلی براساس معیارهای فاصله از جاده، فاصله از رودخانه، فاصله از آتش‌سوزی‌های پیشین، فاصله از حاشیهٔ جنگل و فاصله از مناطق مسکونی تهیه شد. به‌منظور استخراج وزن معیارهای انتخابی در مکان‌یابی مناطق مناسب، هرکدام از معیارها به‌صورت زوجی و در قالب فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) مقایسه شدند و وزن هر معیار به‌دست آمد. نتایج نشان داد که معیار فاصله از جاده با ۲۴ درصد وزن، بیشترین اهمیت را در بین معیارهای انتخابی در مکان‌یابی دارد. پس از تهیهٔ نقشهٔ وزنی هرکدام از معیارها و تلفیق آنها و اعمال لایهٔ محدودیت کاربری اراضی، نقشهٔ مکان‌یابی استخراج شد. نتایج مکان‌یابی ایستگاه‌های اطفای حریق نشان داد که ۲۹ درصد از منطقه از شرایط مناسبی برای احداث ایستگاه اطفای حریق برخوردار است که پس از حذف پهنه‌های با مساحت کمتر از ۵ هکتار، یکی از پهنه‌های استخراج‌شده به‌عنوان منطقهٔ مناسب برای احداث ایستگاه اطفای حریق در نظر گرفته شد. نتایج تحقیق با در نظر گرفتن شعاع عملکردی ۱۰ کیلومتری نشان داد ۹۷/۸۱ درصد از مناطق دارای خطر آتش‌سوزی زیاد توسط پهنهٔ انتخابی پوشش داده می‌شود. ضمن اینکه این شعاع عملکردی، تمام پهنه‌های آتش‌سوزی‌های گذشته را نیز پوشش می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: آتش‌سوزی، تحلیل سلسله‌مراتبی، تصمیم‌گیری گروهی، شعاع عملکردی.

مقدمه

جنگل از مهم‌ترین ارکان توسعهٔ پایدار محسوب می‌شود و با اینکه اکوسیستمی پیچیده و پویاست و در حالت عادی اجزای تشکیل‌دهندهٔ آن در حالت تعادل‌اند، در معرض تعرض و تخریب قرار گرفته است (Akbarzadeh et al., 2017). آتش‌سوزی از مهم‌ترین عوامل مخرب جنگل‌ها محسوب می‌شود که همواره این اکوسیستم‌های حیاتی را تهدید می‌کند (Bakhshandeh Savadroodbari et al., 2017). در صورت وسعت، شدت و تکرار زیاد آتش‌سوزی در

* نویسندهٔ مسئول
شمارهٔ تماس: ۰۴۴۳۲۷۷۰۴۸۹
ایمیل: a.banjshafiei@urmia.ac.ir

جنگـل، ارزش کیفـی گونـه‌هـا دچـار تغییـر شـده و گونه‌های پست و نامرغوب که از نظـر تجـاری ارزشـی ندارند، ظاهر می‌شـوند (Banj Shafiei et al., 2009; Mohammadi et al., 2010). براسـاس آمـار سـازمان جنگل‌ها، مراتـع و آبخیـزداری کشـور، سـالانه صـدها آتش‌سـوزی در منـاطق مختلـف کشـور رخ مـی‌دهـد (Moradi et al., 2016). Mohammadi et al. (2010) در پژوهش خود اشاره کرده‌انـد کـه در ایـران در طـی دورهٔ چهارساله (۱۳۸۵-۱۳۸۲) حدود ۱۱ هزار هکتـار از جنگل‌های طبیعی کشور دچار حریـق شـده‌انـد. در صورتی که با پیش‌بینی‌هـای لازم و ارائـهٔ راهکارهـای فنی مناسب، جلوگیری از وقوع چنین حـوادثی آسـان است.

بخش اعظم جنگل های طبیعی اسـتان آذربایجـان غربی در شهرستان سردشت واقع شده‌اند که مسـاحت آنها براساس آمار دفتر مهندسـی سـازمان جنگـل هـا، مراتع و آبخیزداری کشور، در حـدود ۹۱ هـزار هکتـار تخمین زده می‌شود. هرساله آتش‌سوزی‌های مختلفـی در جنگل‌های این منطقه رخ می‌دهد، به‌طوری کـه در دورهٔ آماری ده‌ساله (۱۳۹۰-۱۳۸۱)، در مجموع بـیش از ۵۵۰ هکتـار از جنگـل‌هـای ایـن منطقـه در اثـر آتـش‌سـوزی در فصـول گـرم و خشـک از بـین رفـت (Beygi Heidarlou et al., 2014). منشـأ آتش‌سوزی‌های منطقه انسـانی بـوده و اهـدافی ماننـد توسـعهٔ اراضـی کشـاورزی داشـته اسـت. مبـارزه بـا آتـش‌سـوزی در جنگـل، عملیـاتی فـوریتی اسـت (Rizvandi & Jour Gholami, 2016)، بنـابراین در گام اول، شناسـایی منـاطق دارای بیشـترین احتمـال وقوع آتش‌سوزی، بسیار اهمیـت دارد، زیـرا مـی‌تـوان بـرای پیشـگیری یـا جلـوگیری از گسـترش سـریع آتـش‌سـوزی، برنامـه‌ریـزی‌هـای لازم را انجـام داد. تشخیص زودهنگام آتش‌سوزی، همیشه به جلـوگیری از گسترش آن منجـر مـی‌شـود و آثـار مخـرب را بـه کمترین حد خواهـد رسـاند (Fleming et al., 2003). یکی از اقدامات اصلی در مبارزه با آتش، بررسی رفتـار آتش تحت تأثیر شـرایط مختلـف جـوی، توپـوگرافی، پوشـش گیـاهی و انسـانی اسـت (Viegas, 2004). هنگامی که پیشگیری از آتش‌سوزی با شکست مواجـه می‌شود، توقف آتش‌سوزی باید از مراحل ابتدایی آغـاز شود (Chandler et al., 1983).

بحران موقعیتی است که افراد، گروه‌ها و سازمان‌ها با آن مواجه می‌شوند و با استفاده از رویه‌های معمـول، قـادر بـه مقابلـه بـا آن نیسـتند (Booth, 1993). خدمات‌رسانی به‌موقع ایستگاه‌های آتش‌نشانی بیش از هر چیز مستلزم استقرار آنهـا در مکـان‌هـای مناسـب است (Khan Ahmadi et al., 2014). انتخـاب بهینـهٔ این مکان‌ها تابع اصول و ضوابطی است که بررسی آنها بـه شـیوهٔ سـنتی، بسـیار مشـکل و وقتگیـر اسـت. مکان‌یابی سنتی ایستگاه‌ها، بیشتر تابع مالکیت زمـین و سلایق مدیریتی و مواردی از این دست است. ناتوانی در به‌کارگیری همزمان همـهٔ عوامـل مـؤثر و زمـان‌بـر بودن آن را می‌توان از معایب مکان‌یابی سنتی معرفـی کرد (Khan Ahmadi et al., 2014). یکی از روش‌های متـداول تصـمیم‌گیـری چنـدمعیاره، فراینـد تحلیـل سلسله‌مراتبی (AHP)[1] است (Tsiko et al., 2011) که فرموله کردن مسئله را به‌صورت سلسله‌مراتبـی ممکـن می‌کند و به کمک آن، می‌توان معیارهای مختلف کمـی و کیفی مسـئله را نظـر گرفـت (Ghodsipour, 2010). فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی در تعیین وزن معیارهـای مکانی موجود و تلفیق آن با سـنجش از دور و سـامانهٔ اطلاعـات جغرافیـایی (GIS)[2] مـؤثر اسـت (Alee Mahmoudi Sarab, 2015). تـاکنون پژوهش‌های مختلفی دربارهٔ مکان‌یابی ایستگاه‌های اطفـای حریق انجام گرفته است که از جمله می‌توان به مـوارد زیـر اشـاره کـرد. Kazemi Rad & Hadiani (2009) مکان‌یابی بهینهٔ ایستگاه‌های آتش‌نشانی را در شهرسـتان قم انجام دادند و با استفاده از روش‌های تحلیـل شـبکه و فراینـد تحلیـل سلسـله‌مراتبـی، پـنج ایسـتگاه جدیـد را

1. Analytic Hierarchy Process
2. Geographic Information System

پیشنهاد دادند. یافته‌های آنها نشان داد که الگوی پراکنش ایستگاه‌های موجود، مناسب نیست و مدت زمان رسیدن خودروهای آتش‌نشانی بیش از پنج دقیقه است. Sheikholeslami & Escort (2012) در تحقیقی به توزیع فضایی و مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهر سنندج با استفاده از GIS و روش تحلیل سلسله‌مراتبی پرداختند. ایستگاه‌های موجود شهر سنندج برای پوشش کل شهر کافی نیستند و خارج از شعاع پوشش استاندارد (سه تا پنج دقیقه) قرار دارند. در پژوهش مذکور برای مناطق خارج از شعاع عملکردی ایستگاه‌های موجود، ایستگاه‌های جدیدی مکان‌یابی و پیشنهاد شد. Darban Astaneh et al. (2014) مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی و خدمات ایمنی روستایی را با استفاده از سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی و روش تحلیل شبکه و AHP در شهرستان شیروان چرداول استان ایلام انجام دادند. آنها براساس نتایج همپوشانی لایه‌ها و ارزیابی مجدد تحلیل شبکه، ۲۱ ایستگاه جدید را با توجه به جمعیت و روستاهای تحت پوشش پیشنهاد و اولویت‌بندی کردند. Chevalier et al. (2012) به بررسی شبکهٔ ایستگاه‌های آتش‌نشانی با رویکردی یکپارچه در بلژیک پرداختند و با استفاده از سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری و پارامترهایی مانند فاصله و تراکم جمعیتی و شعاع عملکرد هشت‌دقیقه‌ای، نشان دادند که ۶۰ ایستگاه آتش‌نشانی این کشور با شعاع عملکردی استاندارد، ۶۷ درصد از حوادث احتمالی را پوشش می‌دهند. مسئلهٔ مکان‌یابی به‌عنوان یک مسئلهٔ چندمعیاره توسط Badri et al. (1998) مطرح شد. آنها با ارائهٔ یک مدل براساس زمان سفر از ایستگاه تا نقطهٔ حادثه‌دیده به‌جای مسافت، شاخص‌های مکان‌یابی کاهش حداکثری هزینه‌ها، ارائهٔ حداکثری خدمات، رعایت زمان استاندارد، حداقل همپوشانی ایستگاه‌ها و وجود منابع آب را در نظر گرفتند و با استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی، مهم‌ترین معیارهای احداث ایستگاه‌های آتش‌نشانی را ارزیابی کردند و کاستی‌های مدل‌های قبلی را پوشش دادند. Liu et al. (2006) در پژوهش خود برای مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی از الگوریتم کلونی مورچگان و سیستم اطلاعات مکانی استفاده کردند و در آن به مکان‌یابی و تخصیص ایستگاه‌های جدید براساس ایستگاه‌های موجود و مکان‌های مناسب برای ایستگاه‌های جدید پرداختند. Forkuo & Quaye-Ballard (2013) در پژوهشی به‌منظور معرفی سیستم پاسخ اضطراری آتش‌نشانی برمبنای GIS در غنا از معیارهای مقدار فاصله و زمان سفر، شیب جاده‌ها و تأخیر در زمان مأموریت‌ها استفاده کردند.

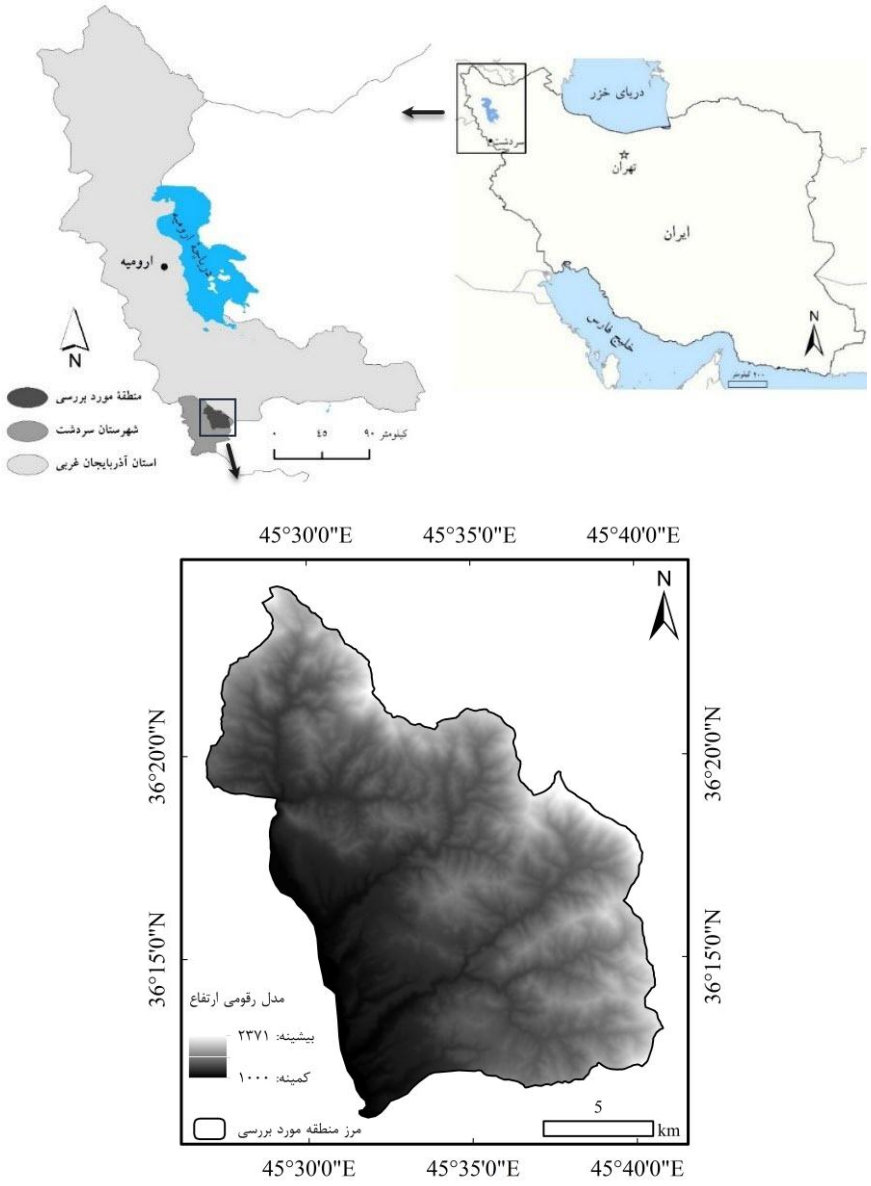
تاکنون در زمینهٔ مکان‌یابی مکان‌های مناسب احداث ایستگاه‌های آتش‌نشانی در جنگل‌های ایران و به‌خصوص جنگل‌های زاگرس و شهرستان سردشت، تحقیق جدی و کاربردی انجام نگرفته و تحقیقات موجود اغلب در زمینهٔ مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهری بوده است؛ بنابراین با توجه به اینکه در جنگل‌های شهرستان سردشت آتش‌سوزی‌های مکرر رخ می‌دهد و امکانات مناسبی برای تشخیص به‌موقع و مقابله در برابر حریق وجود ندارد، پژوهش حاضر با استفاده از سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی و به‌کارگیری روش AHP با هدف معرفی سامانه‌های حفاظتی کارامدتر و ارزان‌تر انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ پژوهش

منطقهٔ تحقیق با مساحت ۲۷۳۲۸/۴ هکتار برمبنای سیستم تصویر UTM در زون ۳۸ شمالی قرار دارد و از نظر موقعیت مکانی در محدودهٔ جغرافیایی "۵'۱۱°۳۶ تا "۱۱'۲۴°۳۶ عرض شمالی و "۵۵'۲۶°۴۵ تا "۴۸'۴۰°۴۵ طول شرقی در قسمت شمال شرقی شهرستان سردشت و قسمت شرقی رودخانهٔ زاب با حداقل ارتفاع ۱۰۰۰ و حداکثر ارتفاع ۲۳۷۱ متر واقع است (شکل ۱). این منطقه ۳۸ آبادی و یک شهر (رَبَط) را پوشش می‌دهد؛ مناطق غربی آن

تسطیح شده و تحت کشت و کاربری کشاورزی قرار گرفته است و مساحتی در حدود ۱۶ درصد (۴۴۶۳/۳ هکتار) را شامل می‌شود. حدود ۱۵ درصد آن مرتع (۴۰۹۰ هکتار)، ۲ درصد آن مناطق مسکونی (۳۹۸/۳ هکتار)، ۱۳ درصد آن (۳۷۹۷/۷ هکتار) بیرون‌زدگی‌های سنگی و ۵۴ درصد (۱۴۵۸۰/۲ هکتار) آن اراضی جنگلی است (Beygi Heidarlou et al., 2014).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقهٔ تحقیق در استان آذربایجان غربی و شهرستان سردشت

روش پژوهش

انتخاب معیارهای مؤثر در مکان‌یابی

در این پژوهش، با توجه به نظر کارشناسان متخصص آتش‌سوزی، و نیز مرور منابع علمی و شرایط منطقه، معیارهای تأثیرگذار در مکان‌یابی ایستگاه‌های اطفای حریق مشخص شد:

۱. فاصله از جاده‌ها: یکی از عوامل تأثیرگذار بر انتخاب ایستگاه‌های آتش‌نشانی، حد دسترسی به

خطوط ارتباطی است. ایستگاه‌های اطفای حریق به‌منظور دوری از ترافیک، باید دسترسی سریع و مستقیمی به جاده‌های شریانی اصلی یا فرعی داشته باشند (Habibi et al., 2008)؛

۲. فاصله از رودخانه‌ها: سیستم‌های آب ایستگاه‌های اطفای حریق را می‌توان از آب دریاچه‌ها، رودخانه‌ها، چاه‌ها (عمیق و نیمه‌عمیق)، نهرها، قنات‌ها، چشمه‌ها یا ذخایر راهبردی آب تأمین کرد. منابع آبی به ویژگی‌های جغرافیایی و آب‌شناسی منطقه متکی است (Ghafouri, 2012). با توجه به شرایط کوهستانی پهنهٔ رویشی زاگرس و به‌ویژه اراضی جنگلی شهرستان سردشت و ناتوانی سازمان آب برای لوله‌کشی شیرهای آب آتش‌نشانی، بهترین منابع آبی برای ایستگاه‌های اطفای حریق، رودخانه‌های منطقه (به‌ویژه رودخانهٔ زاب کوچک در سردشت) است.

۳. فاصله از مناطق مسکونی: متغیرهایی مانند فاصله از مناطق مسکونی به‌طور عمده تأثیر عوامل جمعیتی را نشان می‌دهد که با مکان‌یابی ایستگاه‌های اطفای حریق ارتباط دارد (Aliabadi et al., 2017) و عامل تعیین‌کننده‌ای در مقدار و دفعات خسارت وارد به جنگل‌هاست؛

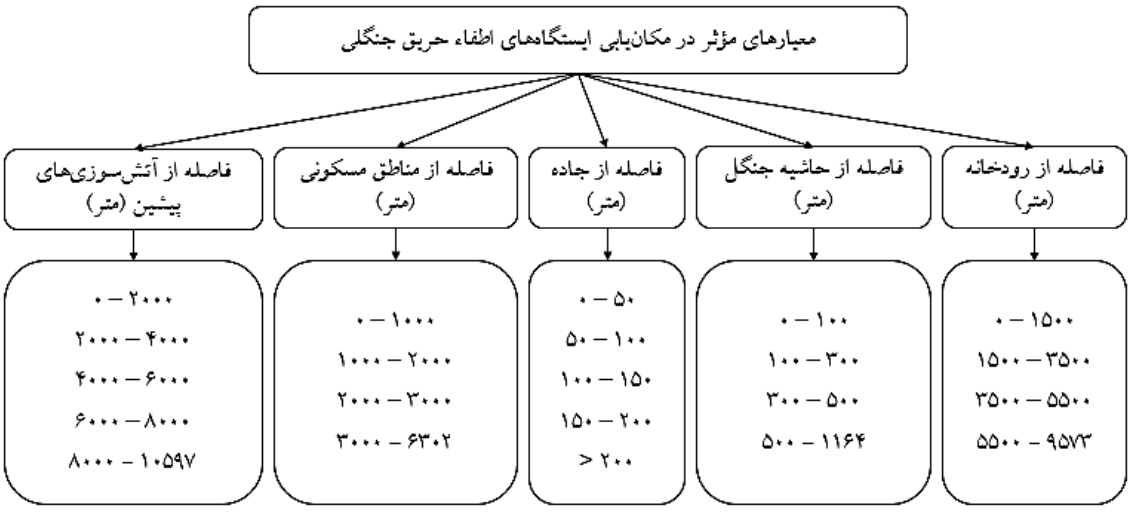
۴. فاصله از آتش‌سوزی‌های پیشین: تعداد و تکرار حوادث در مناطق مختلف نشان‌دهندهٔ نقاط آسیب‌پذیر در حوادث آتش‌سوزی است و مکان ایستگاه‌ها باید به‌سمت چنین مناطقی کشش بیشتری داشته باشد؛

۵. فاصله از حاشیهٔ جنگل: با توجه به اهمیت اراضی جنگلی، برای انتخاب مکان بهینهٔ ایستگاه‌های اطفای حریق، نزدیکی به این پوشش، سبب افزایش سرعت خدمات‌رسانی و پیشگیری از توسعه زیاد آتش‌سوزی می‌شود.

در مرحلهٔ بعد معیارها بر اساس شرایط موجود در منطقه طبقه‌بندی شدند (Beygi Heidarlou et al., 2014).

تعیین وزن معیارها با روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی

عامل‌های پنج‌گانهٔ مؤثر در مکان‌یابی ایستگاه‌های اطفای حریق با بهره‌گیری از روش AHP و تصمیم‌گیری گروهی، مقایسه شدند. روش AHP مبتنی بر مقایسهٔ زوجی و دوبه‌دوی معیارهاست که قضاوت و محاسبات را تسهیل می‌کند. اولین قدم در روش AHP، ایجاد ساختار سلسله‌مراتبی از موضوع تحت بررسی است (Ghodsipour, 2010) (شکل ۲).



شکل ۲- تحلیل سلسله‌مراتبی مکان‌یابی ایستگاه‌های اطفای حریق جنگلی

وزن و درجهٔ اهمیت نسبی هریک از معیارها و زیرمعیارها با تهیهٔ پرسشنامه و ارسال آن به کارشناسان صاحب‌نظر، در قالب AHP مقایسهٔ زوجی شد و پس از جمع‌آوری نتایج ۱۴ پرسشنامهٔ دریافتی، ماتریس مقایسه‌های زوجی هریک از متخصصان به شکل جداگانه وارد نرم‌افزار Expert Choice 11 شد. ماتریس ترکیب‌شده پس از ادغام و ترکیب مقایسه‌های انفرادی، با استفاده از میانگین هندسی به‌دست آمد و برای تعیین وزن عناصر استفاده شد. در مواردی که نرخ سازگاری پرسشنامه‌ها بیشتر از ۰/۱ بود، به دفعاتی که سازگاری به حد مجاز (کمتر از ۰/۱) برسد، مجدداً تکمیل شدند.

تهیهٔ نقشهٔ اولیهٔ مکان‌یابی

پس از مشخص شدن وزن اختصاص‌یافته به هر یک از معیارها و طبقه‌های آنها (زیرمعیارها)، به‌منظور ترکیب نقشه‌های معیارهای مؤثر در مکان‌یابی (جدول ۱)، لایه‌ها استاندارد شدند. برای این منظور مقدار وزن اختصاص‌یافته به هر معیار در ارزش طبقات مختلف ضرب شده و سپس معیارها به روش خطی وزنی با یکدیگر تلفیق شدند. با توجه به اینکه اوزان به‌دست‌آمده بین یک و صفر بودند، به‌منظور نمایان‌تر شدن تفاوت‌های کوچک، مقادیر اوزان در عدد ۱۰ ضرب شدند (re-scale). همچنین با توجه به در نظر گرفتن پنج معیار مؤثر در مکان‌یابی ایستگاه اطفای حریق، حداکثر مطلوبیت عدد ۵۰ و بدون واحد است. بدین ترتیب، نقشهٔ نهایی با روش طبقه‌بندی Jenks در چهار طبقهٔ کاملاً نامناسب (در محدودهٔ وزنی ۱۸/۳-۹/۸)، نامناسب (در محدودهٔ وزنی ۲۴/۶-۱۸/۳)، نسبتاً مناسب (در محدودهٔ وزنی ۳۰/۶-۲۴/۶) و کاملاً مناسب (در محدودهٔ وزنی ۴۳/۲-۳۰/۶) طبقه‌بندی شد. در این روش طبقه‌بندی، نقاط شکستگی بین طبقات به‌گونه‌ای تعیین می‌شود که به مناسب‌ترین وجه ممکن مقادیر مشابه در یک گروه قرار گیرند و تفاوت بین طبقه‌ها حداکثر شود و اگر یک یا چند عارضه در طبقه‌های خاص قرار نگیرند، هیچ مقداری به آن اختصاص داده نمی‌شود (North, 2009; Sanjary, 2007).

جدول ۱- عامل‌های مؤثر در مکان‌یابی ایستگاه اطفای حریق در منطقهٔ تحقیق

عامل	منبع تولید نقشه‌ها*
فاصله از جاده‌ها	استخراج شبکهٔ جاده‌های منطقه از نقشهٔ توپوگرافی و فاصلهٔ اقلیدسی از آنها
فاصله از حاشیهٔ جنگل	فاصلهٔ اقلیدسی از پوشش اراضی جنگلی منطقه، به‌دست‌آمده از نقشهٔ کاربری و پوشش منطقه
فاصله از رودخانه	فاصلهٔ اقلیدسی از رودخانهٔ دائمی منطقه (زاب کوچک)
فاصله از مناطق مسکونی	فاصلهٔ اقلیدسی از مناطق مسکونی منطقه، به‌دست‌آمده از نقشهٔ کاربری و پوشش منطقه
فاصله از آتش‌سوزی‌های پیشین	فاصلهٔ اقلیدسی از لایهٔ وکتوری آتش‌سوزی‌های پیشین منطقه

* اندازهٔ پیکسل تصاویر ۳۰ متر است.

محدودیت کاربری و پوشش اراضی

ازآنجا که اجرای عملیات اطفای حریق تا حد زیادی به شرایط و خصوصیات منطقه بستگی دارد، باید مناطق انتخابی در کاربری‌های مناسب قرار گیرند؛ بنابراین از نقشهٔ کاربری و پوشش اراضی تهیه‌شده برای منطقه (Beygi Heidarlou et al., 2014) استفاده شد تا لایهٔ رستری محدودیت با کد یک (شامل کاربری‌های جنگل و مرتع) و صفر (شامل کاربری‌های

مسکونی، کشاورزی و بیرون‌زدگی‌های سنگی) به‌ترتیب برای مناطق مناسب و نامناسب اجرای عملیات تهیه شود. سپس با ضرب این نقشه (به‌عنوان نقشهٔ ماسک) در نقشه اولیهٔ مکان‌یابی، مکان‌های نامناسب که دارای محدودیت اجرای عملیات اطفای حریق‌اند، امتیاز صفر بگیرند و نقشهٔ مکان‌یابی اولیه تصحیح شود.

تعیین شعاع عملکرد ایستگاه اطفای حریق

شعاع عملکردی ایستگاه یا حداکثر مسافتی که خودروی اطفای حریق می‌تواند در مدت‌زمان کوتاهی طی کند، در انتخاب مکان‌های استقرار ایستگاه اهمیت ویژه‌ای دارد. ایستگاه‌های اطفای حریق در صورتی می‌توانند خدمات‌رسانی به‌موقع و مطمئن انجام دهند که در مکان‌های مناسب مستقر باشند و در کمترین زمان و بدون مواجه شدن با موانع و محدودیت‌های محیط، نیروهایشان را به محل حادثه برسانند. برای تعیین شعاع عملکردی مفید ایستگاه‌ها ابتدا باید سرعت مجاز خودروهای اطفای حریق در زمان استاندارد ضرب شود؛ شعاع عملکرد مفید از رابطهٔ زیر محاسبه شد (Sheikholeslami & Escort, 2012):

رابطهٔ ۱

$$\text{شعاع عملکرد مفید} = \frac{\text{سرعت متوسط خودروها (به دقیقه)} \times \text{حداکثر زمان مطلوب برای رسیدن به محل حادثه}}{۶۰}$$

در این پژوهش سرعت متوسط خودروی آتش‌نشانی ۴۰ کیلومتر در ساعت و حداکثر زمان رسیدن به محل حادثه ۱۵ دقیقه در نظر گرفته شد و براساس رابطهٔ بالا، شعاع عملکردی مفید ۱۰ کیلومتر به‌دست آمد.

در نهایت برای استخراج مناطق مناسب احداث ایستگاه اطفای حریق، مکان‌های با اولویت کاملاً مناسب و نسبتاً مناسب با سطح بیشتر از پنج هکتار بر اساس استاندارد سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور (Forests, Range and Watershed Management Organization, 2015) برای احداث ایستگاه اطفای حریق در نظر گرفته شد.

اعتبارسنجی نقشه مکان‌یابی اطفای حریق

به‌منظور ارزیابی صحت نقشهٔ مکان‌یابی و تعیین موقعیت مناسب یا مطلوب ایستگاه اطفای حریق از روش همپوشانی نقشهٔ خطر آتش‌سوزی جنگل منطقه (Beygi Heidarlou et al., 2014) استفاده شد. در این مرحله با همپوشانی شعاع عملکردی محل انتخاب‌شده برای ساخت ایستگاه اطفای حریق در سطح منطقه با نقشهٔ خطر آتش‌سوزی آن، مقدار سطح پوشش قرار داده‌شده در طبقات بالای خطر آتش‌سوزی در منطقه محاسبه شد. در واقع، درصد همپوشانی پیکسل‌های متعلق به مناطق پوشش داده‌شده توسط ایستگاه اطفای حریق و پیکسل‌های متعلق به طبقات خطر آتش‌سوزی بسیار زیاد و زیاد محاسبه شد. بر این اساس، مکان پیشنهادی باید میدان یا وسعت دید بیشتری از اراضی اطراف خود را داشته باشد و در عین‌حال مساحت بیشتری از اراضی جنگلی با خطر زیاد تا خیلی زیاد از نظر آتش‌سوزی را پوشش دهد.

نتایج

نتایج مقایسه‌های زوجی و وزن نهایی معیارها نشان داد که معیار فاصله از جاده (با ۲۴ درصد وزن)، بیشترین اهمیت را در بین معیارهای مؤثر در احداث ایستگاه‌های اطفای حریق دارد و فاصله از رودخانه (با ۲۳ درصد اهمیت)، فاصله از آتش‌سوزی‌های پیشین (با ۲۱ درصد اهمیت)، فاصله از حاشیهٔ جنگل (با ۱۸ درصد اهمیت) و فاصله از مناطق مسکونی (با ۱۱ درصد اهمیت) در رده‌های بعدی قرار گرفتند. نتایج مقایسه‌های زوجی و وزن نهایی زیرمعیارها نشان داد که کمترین فاصله از جاده‌ها، رودخانه‌ها، آتش‌سوزی‌های پیشین، حاشیهٔ جنگل و مناطق مسکونی اهمیت بیشتری در احداث ایستگاه‌ها دارند

(جدول ۲). همچنین براساس نتایج به‌دست‌آمده، مقدار ناسازگاری قضاوت‌ها کمتر از ۰/۱ به‌دست آمد.

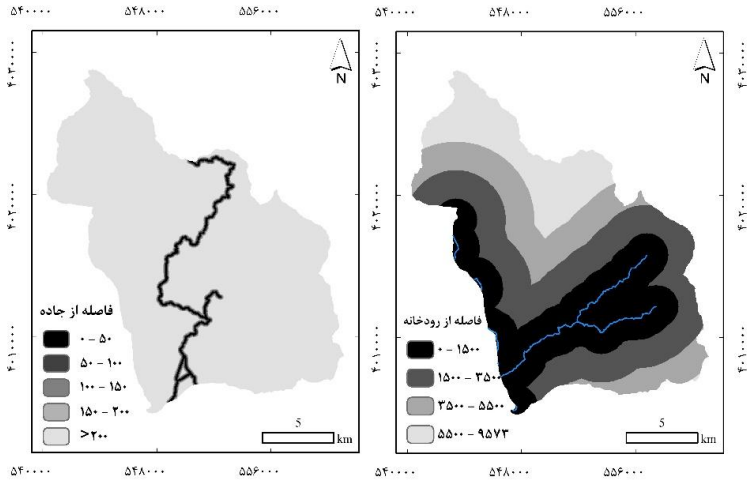
جدول ۲- مقادیر وزن معیارها و زیرمعیارهای مؤثر در مکان‌یابی ایستگاه‌های اطفای حریق جنگلی با روش AHP

معیار	وزن نهایی	طبقات	وزن نسبی
فاصله از جاده‌ها (متر)	۰/۲۴۹	۰ - ۵۰	۰/۳۴۸
		۵۰ - ۱۰۰	۰/۲۵۸
		۱۰۰ - ۱۵۰	۰/۱۶۷
		۱۵۰ - ۲۰۰	۰/۱۰۷
		> ۲۰۰	۰/۰۸۴
فاصله از رودخانه (متر)	۰/۲۳۳	۰ - ۱۵۰۰	۰/۵۵۵
		۱۵۰۰ - ۳۵۰۰	۰/۲۵۵
		۳۵۰۰ - ۵۵۰۰	۰/۱۲۳
		۵۵۰۰ - ۹۵۳۷	۰/۰۶۷
فاصله از آتش‌سوزی‌های پیشین (متر)	۰/۲۱۸	۰ - ۲۰۰۰	۰/۳۶۴
		۲۰۰۰ - ۴۰۰۰	۰/۲۵۹
		۴۰۰۰ - ۶۰۰۰	۰/۱۷۹
		۶۰۰۰ - ۸۰۰۰	۰/۱۰۸
		۸۰۰۰ - ۱۰۵۹۷	۰/۰۹۰
فاصله از حاشیهٔ جنگل (متر)	۰/۱۸۸	۰- ۱۰۰	۰/۴۹۲
		۱۰۰ - ۳۰۰	۰/۳۰۴
		۳۰۰ - ۵۰۰	۰/۱۳۲
		۵۰۰ - ۱۱۶۴	۰/۰۷۲
فاصله از مناطق مسکونی (متر)	۰/۱۱۲	۰ - ۱۰۰۰	۰/۳۹۵
		۱۰۰۰ - ۲۰۰۰	۰/۲۶۸
		۲۰۰۰ - ۳۰۰۰	۰/۲۰۳
		۳۰۰۰ - ۶۳۰۲	۰/۱۳۴

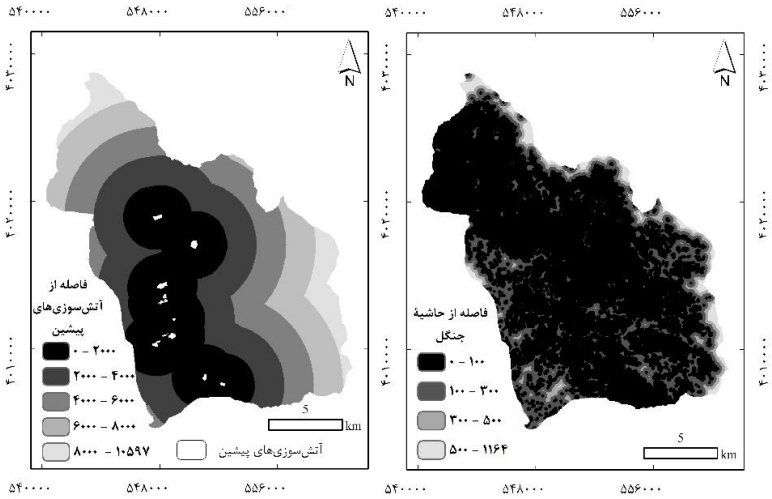
نتایج حاصل از تهیهٔ نقشهٔ معیارهای فاصله از جاده‌ها، فاصله از رودخانه، فاصله از آتش‌سوزی‌های پیشین، فاصله از حاشیهٔ جنگل و فاصله از مناطق مسکونی در شکل‌های ۳ تا ۵ نشان داده شده است.

نقشهٔ اولیهٔ مکان‌یابی ایستگاه‌های اطفای حریق جنگلی حاصل از تلفیق نقشه‌های وزنی معیارها در شکل ۶ در چهار طبقه نشان داده شده است. هرکدام از طبقه‌های مکان‌های احداث ایستگاه‌های اطفای حریق از کاملاً مناسب تا کاملاً نامناسب به‌ترتیب ۹/۲۸، ۳۲/۶۸، ۳۳/۶۶ و ۲۴/۳۹ درصد از کل منطقه را دربر می‌گیرد.

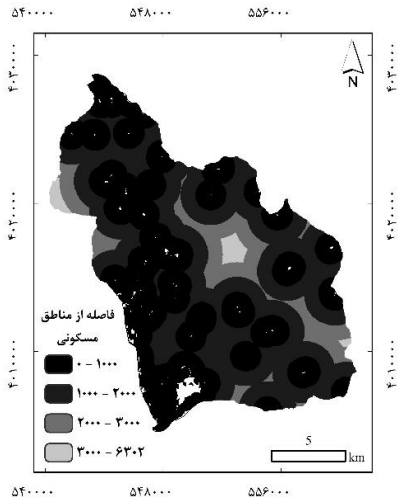
همچنین با ضرب لایهٔ محدودیت (لایهٔ ماسک) در نقشهٔ مکان‌یابی اولیهٔ ایستگاه اطفای حریق به مناطق دارای محدودیت عملیات اطفای حریق، امتیاز صفر اختصاص داده شد و نقشهٔ تصحیح‌شدهٔ مکان‌یابی احداث ایستگاه اطفای حریق استخراج شد (شکل ۷).



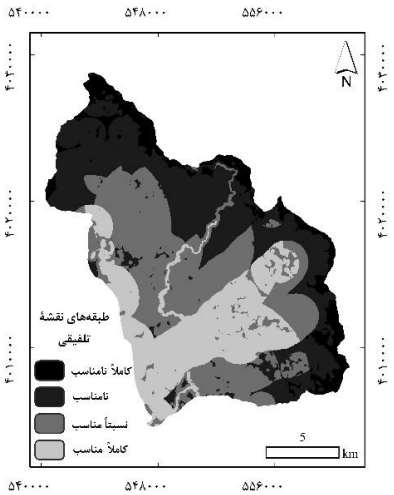
شکل ۳- نقشهٔ طبقات فاصله از جادهٔ اصلی (تصویر سمت راست) و فاصله از رودخانه‌ها (تصویر سمت چپ)



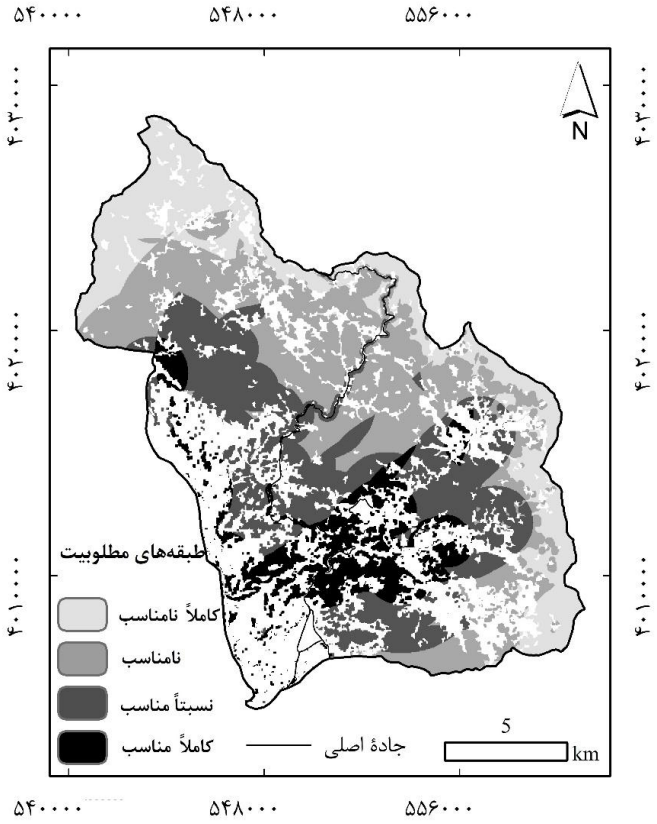
شکل ۴- نقشهٔ طبقات فاصله از آتش‌سوزی‌های پیشین (تصویر سمت راست) و حاشیهٔ جنگل (تصویر سمت چپ)



شکل ۵- نقشهٔ طبقات فاصله از مناطق مسکونی



شکل ۶- نقشهٔ اولیهٔ مکان‌یابی احداث ایستگاه‌های اطفای حریق



شکل ۷- مناطق مناسب احداث ایستگاه اطفای حریق جنگلی در منطقهٔ سردشت

براساس مقادیر جدول ۳، فقط ۸/۷۶ درصد از مساحت منطقه از شرایط کاملاً مناسبی برای احداث ایستگاه اطفای حریق با در نظر گرفتن لایهٔ محدودیت کاربری برخوردار است.

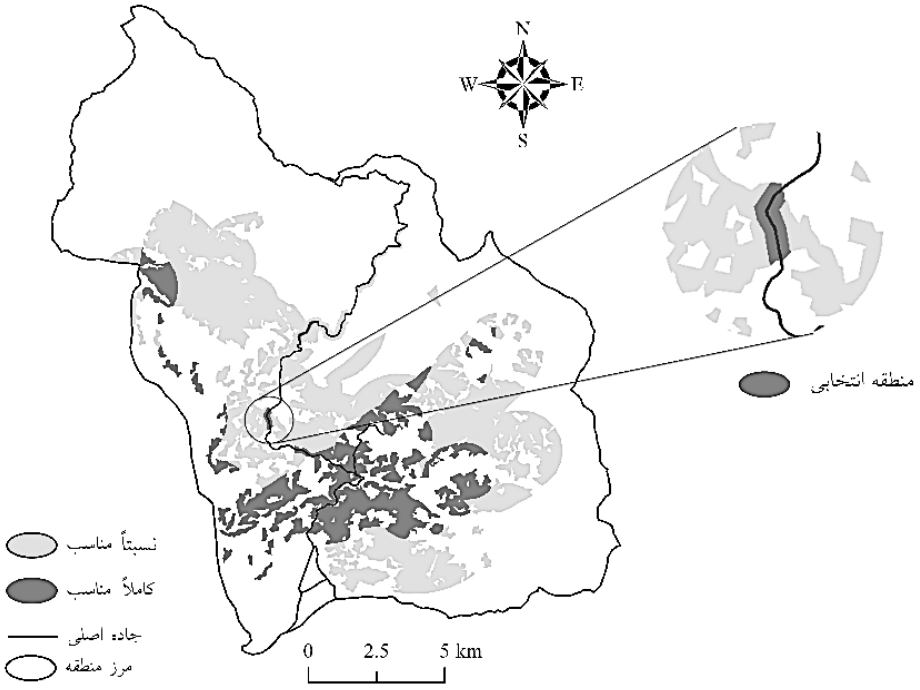
پس از حذف پهنه‌های با مساحت کمتر از ۵ هکتار در طبقات مناسب و کاملاً مناسب و با تحلیل دقیق‌تر پهنه‌های باقی‌مانده، در نهایت یکی از پهنه‌ها به‌سبب قرارگیری نسبی در مرکز منطقه و به‌دلیل ارائهٔ امکان دسترسی به سطح وسیع‌تری از اراضی جنگلی منطقه به‌عنوان مکانی بهینه یا مطلوب برای احداث ایستگاه اطفای حریق انتخاب شد (شکل ۸).

پهنهٔ انتخاب‌شده از رودخانهٔ اصلی حدود ۲۹۷۰ متر، از عرصه‌های آتش‌سوزی‌های پیشین ۳۰ متر و از مناطق مسکونی ۵۳۶/۲۵ متر فاصله دارد و در مجاورت جادهٔ اصلی و در حاشیهٔ اراضی جنگلی واقع است.

با توجه به شعاع عملکرد مفید در نظر گرفته‌شده برای ایستگاه‌های اطفای حریق (۱۰ کیلومتر)، نتایج همپوشانی شعاع عملکردی منطقهٔ پیشنهادی برای احداث ایستگاه اطفای حریق جنگلی با نقشهٔ خطر آتش‌سوزی تهیه‌شده برای منطقه (Beygi Heidarlou et al., 2014) نشان داد که این شعاع حرکتی به‌ترتیب ۹۸/۸۵ و ۹۶/۷۸ درصد از طبقه‌های خطر بسیار زیاد و زیاد آتش‌سوزی منطقه را پوشش می‌دهد (جدول ۴ و شکل ۹).

جدول ۳- مساحت طبقات مطلوبیت نقشهٔ مکان‌یابی پس از اعمال نقشهٔ محدودیت کاربری

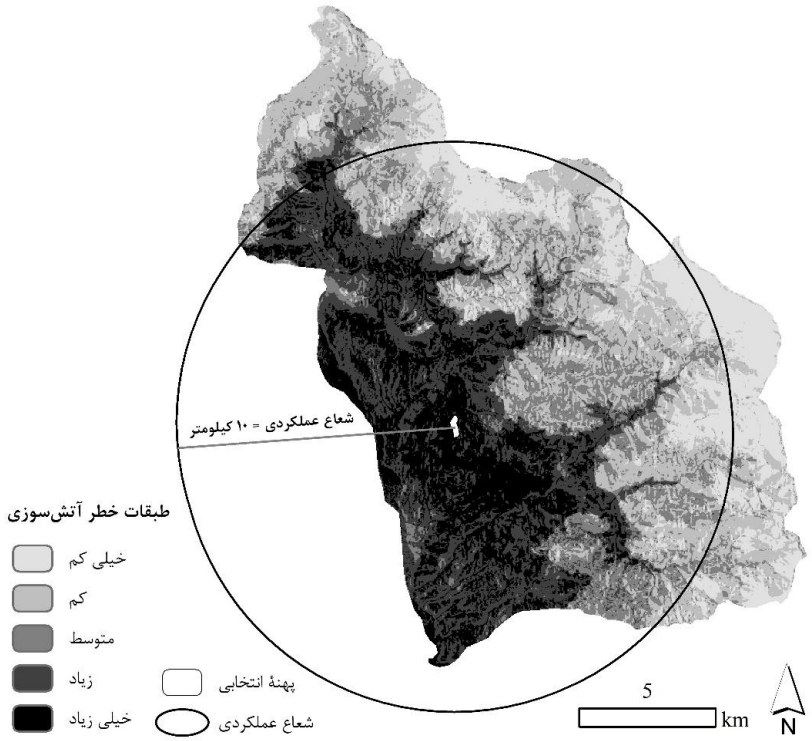
طبقات مطلوبیت	مساحت (هکتار)	مساحت (درصد)
کاملاً نامناسب	۴۴۷۱/۴	۱۶/۳۶
نامناسب	۶۳۰۸/۶	۲۳/۰۸
مناسب	۵۴۹۵	۲۰/۱۱
کاملاً مناسب	۲۳۹۵/۳	۸/۷۶



شکل ۸- منطقهٔ پیشنهادی برای احداث ایستگاه اطفای حریق جنگلی در منطقهٔ سردشت

جدول ۴- همپوشانی شعاع عملکرد منطقهٔ پیشنهادی با نقشهٔ خطر آتش‌سوزی

طبقهٔ خطر آتش‌سوزی	مساحت (هکتار)	درصد
بسیار کم	۲۳۳۴/۵۱	۵۱/۵۳
کم	۵۱۰۵/۹۷	۶۷/۴۰
متوسط	۳۷۷۷/۴۸	۸۲/۲۰
زیاد	۵۶۶۳/۵۲	۹۶/۷۸
بسیار زیاد	۴۷۰۲/۳۲	۹۸/۸۵



شکل ۹- همپوشانی پهنهٔ پیشنهادی برای احداث ایستگاه اطفای حریق با نقشهٔ خطر آتش‌سوزی منطقه

بحث

یکی از نیازهای اساسی در مناطق جنگلی در معرض خطر آتش‌سوزی، مکان‌یابی و احداث بهینهٔ ایستگاه اطفای حریق است. سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی (GIS) در تجزیه‌وتحلیل مکانی و انتخاب مکان بهینهٔ ایستگاه‌های اطفای حریق از دقت و کارایی زیادی برخوردار است (Johnson, 2008). در این بین، استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی همراه با سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی در انتخاب مکان بهینه کارایی زیادی دارد (Darban Astaneh et al., 2014). Eldin & Eldrandaly (2004) نیز در پژوهش خود یک سیستم جدید را با به‌کارگیری GIS و AHP معرفی کردند و نشان دادند که یکپارچگی این دو، دخالت کاربر را با هر عنصر دیگر و نیز سطح مهارت لازم برای کار با کامپیوتر را کاهش می‌دهد.

مقادیر وزن یا اهمیت معیارهای مؤثر بر احداث ایستگاه‌های اطفای حریق جنگلی با روش AHP نشان داد که معیار فاصله از جاده بیشترین اهمیت را داشت. جاده‌ها یا راه‌ها در کنار تأثیر در افزایش امکان وقوع حریق (به‌دلیل وقوع آتش‌سوزی توسط انسان در حاشیهٔ جاده‌ها و رودخانه‌ها)، در مواقع بحرانی می‌تواند در عملیات اطفای حریق مؤثر باشد. در واقع یکی از مهم‌ترین معیارها در اختصاص زمین به ایستگاه اطفای حریق، نزدیکی به راه‌ها یا جاده‌های اصلی (درجه ۱ و ۲) است؛ چراکه از این طریق سرعت واکنش ایستگاه‌ها تا حد زیادی بیشتر می‌شود که براساس نتایج به‌دست‌آمده از مقایسه‌های زوجی زیرمعیارهای فاصله از جاده مشخص شد که کمترین فاصله از جاده دارای اهمیت زیادی در ساخت ایستگاه اطفای حریق است که با نتایج پژوهش‌های دیگر (Arab Amiri et al., 2013; Khan Ahmadi et al., 2015) مطابقت دارد. Parhizgar (2004) نیز در پژوهش خود نشان دادند که قرارگیری ایستگاه در مجاورت جاده‌های اصلی از عوامل مثبت مکان‌یابی است.

براساس نتایج، معیار فاصله از رودخانه‌های دائمی از نظر درصد اهمیت در رتبهٔ دوم قرار گرفت. Ziyari & Yazdanpanah (2011) نیز در پژوهش خود اشاره کردند که دسترسی سریع ماشین‌های آتش‌سوزی به منابع آبی از ضروریات است. هرچقدر این فاصله کمتر باشد، اهمیت آن در اختصاص زمین به ایستگاه اطفای حریق بیشتر می‌شود. آب عامل اصلی خاموش کنندهٔ آتش در ایستگاه های اطفای حریق جنگلی است. از این‌رو دسترسی به منابع آب دائمی و کافی برای پر کردن مخزن ایستگاه‌های اطفای حریق و ماشین‌های آتش‌نشانی در کمترین زمان ممکن و مواقع اضطراری اهمیت زیادی دارد؛ به‌عبارت دیگر، دسترسی به آب، از عوامل مهم و موفق در اطفای آتش‌سوزی جنگل‌هاست (Hadiani & Kazemi rad, 2009). با توجه به گنجایش محدود مخزن آب خودروی آتش‌نشانی و ضرورت ذخیرهٔ مقدار کافی آب در پایگاه آتش‌نشانی برای پر کردن مجدد مخزن در مواقع اضطراری و با سرعت، لازم است که پایگاه آتش‌نشانی روستایی در نزدیکی منابع آب جاری قابل استفاده با کمترین هزینه و امکانات ساخته شود.

مناطق با خطر زیاد آتش‌سوزی یا دارای سابقهٔ وقوع حریق، پتانسیل زیادی در ایجاد خطر آتش‌سوزی در این مناطق دارند. در پژوهش‌های دیگر نیز به مناطق مستعد آتش‌سوزی و پتانسیل خطر زیاد به‌عنوان یکی از معیارهای تأثیرگذار در ساخت ایستگاه اطفای حریق تأکید شده است (Darban Astaneh et al., 2014; Khan Ahmadi et al., 2015)، بنابراین معقول و منطقی است که ساخت ایستگاه‌های اطفای حریق در مجاورت رودخانه‌ها و حاشیهٔ اراضی جنگلی و توده‌های درختی، در اولویت قرار گیرد. با توجه به اینکه هدف ایستگاه‌های اطفای حریق، جلوگیری از خسارت بیشتر یا گسترش آتش‌سوزی در مناطق جنگلی است، هرچقدر ایستگاه‌های اطفای حریق نزدیک به مناطق جنگلی با سابقهٔ زیاد آتش‌سوزی ساخته شوند، سرعت عمل نیروهای آتش‌نشانی می‌تواند سبب کاهش چشمگیر خسارت‌های وارد بر توده‌های جنگلی شود.

Beygi Heidarlou et al. (2014) نشان دادند که بیشترین موارد آتش‌سوزی‌های پیشین در مناطقی از اراضی جنگلی سردشت اتفاق می‌افتد که دسترسی انسان به آنها بیشتر است و این موضوع در دیگر پژوهش‌ها (Dong et al., 2005) به‌صورت فاصله از مناطق مسکونی ارزیابی شده است. نتایج نشان داد که نواحی نزدیک به مناطق مسکونی بیشترین اهمیت را در اختصاص زمین به ایستگاه‌های اطفای حریق جنگلی دارند، چراکه دوری و نزدیکی سکونتگاه‌های انسانی از عرصه‌های جنگلی، از دیگر عوامل مؤثر در بروز حریق است و تأثیر عوامل انسانی را نشان می‌دهد. تأثیر جمعیت از عوامل اصلی در مکان‌یابی ایستگاه‌های اطفای حریق است و با افزایش آن، احتمال وقوع آتش‌سوزی، هزینه‌ها و خسارت‌های ناشی از آن افزایش می‌یابد (Darban Astaneh et al., 2014). Lei et al. (2003) نیز در پژوهش خود نشان دادند که فاصله از مناطق مسکونی و عامل جمعیت، اهمیت زیادی برای ایستگاه اطفای حریق دارد.

نتایج مکان‌یابی ایستگاه اطفای حریق نیز نشان داد که مناطق مناسب احداث آنها در نزدیکی جاده قرار دارد که با یافته‌های دیگر محققان همخوانی دارد (Arab Amiri et al., 2013). نتایج نشان داد که منطقهٔ انتخابی و شعاع عملکردی آن (۱۰ کیلومتر) به‌طور متوسط ۹۷/۸۱ درصد از مناطق با خطر آتش‌سوزی زیاد را پوشش می‌دهد و همهٔ پهنه‌های آتش‌سوزی‌های پیشین در داخل این شعاع عملکرد قرار دارند.

با توجه به پژوهش Rizvandi & Jorgholami (2016)، پایهٔ مدیریت آتش‌سوزی برای همهٔ انواع آتش‌سوزی صرف‌نظر از اندازه یا وسعت آتش‌سوزی، تفاوت اساسی ندارد. اصل بنیادی مدیریت آتش‌سوزی در جنگل عبارت است از فراهم آوردن تمهیداتی (بدون توجه به

اندازۀ آتش‌سوزی)، به‌منظور دسترسی به آتش و کنترل فوری و مؤثر آتش‌سوزی تا هم کمترین خسارت ایجاد شود و هم هزینه‌ها منطقی باشد. مبارزه با آتش‌سوزی در جنگل، یک عملیاتی فوریتی محسوب می‌شود و موفق بودن در مجموعۀ پیچیده کنترل آتش، مستلزم سازماندهی مناسب به‌همراه کارکنان حرفه‌ای است. با توجه به اهمیت بسیار زیاد و تأثیر فراوان معیارهای ارتفاع از سطح دریا، فاصله از جاده و مناطق با خطر و سابقۀ زیاد آتش‌سوزی و همچنین با توجه به تأثیر زیاد معیار فاصله از جاده و رودخانه و مناطق با خطر و سابقۀ زیاد آتش‌سوزی در ساخت ایستگاه‌های اطفای حریق جنگلی پیشنهاد می‌شود که دستگاه‌های اجرایی، این معیارها را در انتخاب مناطق احداث ایستگاه اطفای حریق در نظر گیرند. همچنین پیشنهاد می‌شود که این روش در سایر مناطق جنگلی بررسی شود تا در صورت مناسب بودن، به‌عنوان یک روش استاندارد برای شناسایی مناطق مناسب احداث ایستگاه اطفای حریق معرفی شود.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که روش استفاده‌شده در این تحقیق برای انتخاب مکان مناسب احداث ایستگاه اطفای حریق می‌تواند روش مناسبی باشد. مکان‌یابی ایستگاه‌های اطفای حریق در یک پهنۀ مکانی مناسب با در نظر گرفتن معیارها و استانداردهای موجود و بررسی شعاع عملکردی آن در محیط GIS با به‌کارگیری روش AHP می‌تواند روشی مناسب برای تعیین نقاط مطلوب احداث ایستگاه اطفای حریق باشد، به‌طوری که پهنۀ انتخاب‌شده، به گروه‌های اطفای حریق امکان می‌دهد که در مدت زمان کمی به سطح وسیعی از اراضی جنگلی با خطر آتش‌سوزی زیاد تا خیلی زیاد دسترسی داشته باشند. نتایج پژوهش حاضر می‌تواند تأثیر مهمی در جلوگیری از گسترش و کنترل آتش‌سوزی‌های جنگلی و اتخاذ تصمیم‌های مدیریتی صحیح تشخیص و اطفای حریق داشته باشد.

References

Akbarzadeh, A., Ghorbani-Dashtaki, Sh., Naderi-Khorasgani, M., Mohammadi, J., & Taghizadeh Mehrjardi, R. (2017). Effect of fire on water repellency, amount and factors of soil erosion in forests of southwest coast of the Caspian Sea. *Iranian Journal of Forest*, *9*(1), 145-157.

Alee Mahmoudi Sarab, S., Feghhi, J., Danekar, A., & Atarod, P. (2015). The effect of spatial criteria on the creation of fire hazard potential in Zagros forests. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, *23*(3), 438-425.

Aliabadi, Z., Nastaran, M., Pirani, F., & Sheikhzade, F. (2017). Fire station location using AHP and GIS compilation Case Study: third zone of Esfahan city. *Scientific-Research Quarterly of Geographic Data*, *26*(103), 123-136.

Arab Amiri, M., Rafi pour, M., & Mesgari, M. S. (2013). Locating fire stations using the Ant Colony Algorithm and GIS (A case study: Tehran city). *Journal of Environmental based Territorial Planning (Amayesh)*, *7*(25), 23-48.

Badri, M. A., Mortagy, A. K., & Alsayed, C. A. (1998). A multi-objective model for locating fire stations. *European Journal of Operational Research*, *110*(2), 243-260.

Bakhshandeh Savadroodbari, M., Maleknia, R., Banj Shafiei, A., Zargaran, M. R., & Badehian, Z. (2017). The effect of wildfire on the species diversity of soil macro fauna (Case study: Sardasht forests, West Azerbaijan). *Iranian Journal of Forest*, *9*(2), 215-231.

Banj Shafiei, A., Akbarinia, M., Jalali, G., & Alijanpour, A. (2009). Effect of forest fire on diameter growth of beech (*Fagus orientalis* Lipsky) and hornbeam (*Carpinus betulus* L.): a case study in Kheyroud forest. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, *17*(3), 464-474.

Beygi Heidarlou, H., Banj Shafiei, A., & Erfanian, M. (2014). Forest fire risk mapping using analytical hierarchy process technique and frequency ratio method (Case study: Sardasht Forests, NW Iran). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, *22*(4), 559-573.

Booth, S. A. (1993). *Crises management strategy: competition and change in modern enterprises*. Routledge (London and New York) Press.

Chandler, C., Cheney, P., Thomas, P., Trabaud, L., & Williams, D. (1983). *Fire in forestry, forest fire management and organization*. NewYork: JohnWiley and Sons.

Chevalier, P., Thomas, I., Geraets, D., Goetghebeur, E., Janssens, O., Peeters, D., & Plastria, F. (2012). Locating fire stations: an integrated approach for Belgium. *Socio-Economic Planning Sciences*, *46*(2), 173-182.

Darban Astaneh, A., Ziarati, A., Jafari, S., & Saeli, R. (2014). Site selection of rural fire stations and safety Services using Network Analysis and AHP, Case Study: Shirvan Chardavol County, *Journal of Rural Research*, *4*(4), 825-850.

Dong, X., Li-min, D., Guo-fan, S., Lei, T., & Hui, W. (2005). Forest fire risk zone mapping from satellite images and GIS for Baihe Forestry Bureau. *Journal of Forestry Research*, *16*(3), 169-174.

Eldin, N. N., & Eldrandaly, K. A. (2004). A computer-aided system for site selection of major capital investments. *1st ASCAAD International Conference, e-Design in Architecture Dhahran*, Saudi Arabia, December, 3-12.

Fleming, J., & Robertson, R. G. (2003). *Fire Management Tech Tips: The Osborne Fire Finder*. Technical Report 0351 1311-SDTDC, USDA Forest Service.

Forests, Range and Watershed Management Organization, (2015). *Project for establishment fire prevention and fire protection center*, Tehran: Ministry of Agriculture Jihad.

Forkuo, E. K., & Quaye-Ballard, J. A. (2013). GIS based fire emergency response system. *International Journal of Remote Sensing and GIS*, *2*(1), 32-40.

Ghafouri, N. (2012). *Water supply in firefighting operations*. Tehran: Seteyesh Haghighat Press.

Ghodsipour, S. H. (2010). *Analytical Hierarchy Process (AHP)*. Amirkabir University Press.

Habibi, K., Lotfi, S., & Koohsari, M. J. (2008). Spatial analysis of urban fire station locations by integrating AHP model and IO logic using GIS (a case study of zone 6 of Tehran). *Journal of Applied Sciences*, *8*(19), 3302-3315.

Hadiani, Z., & Kazemi rad, Sh. (2009). Topology of fire stations by using Network Analysis and AHP model in GIS, Case study: Qom. *Geography and Development*, *8*(17), 99-112.

Johnson, R. (2008). GIS technology and applications for the fire services. In S. Zlatanova & J. Li (Eds.), *Geospatial information technology for emergency response*. (pp. 351-372) Taylor & Francis Ltd, London.

Khan Ahmadi, M., Arabi, M., Vafaei Nejad, A., & Rezaeiyan, H. (2015). Fire station site selection using Fauzzy logic and AHP in GIS (Case study: district 1 region 10 of Tehran), *Sepehr*, *23*(89), 88-98.

Li, H., Kong, C. W., Pang, Y. C., Shi, W. Z., & Yu, L. (2003). Internet-based geographical information systems system for E-commerce application in construction material procurement. *Journal of Construction Engineering and Management*, *129*(6), 689-697.

Liu, N., Huang, B., & Chandramouli, M. (2006). Optimal siting of fire stations using GIS and ANT algorithm. *Journal of computing in civil engineering*, *20*(5), 361-369.

Mohammadi, F., Shabanian, N., Pourhashemi, M., & Fatehi, P. (2010). Risk zone mapping of forest fire using GIS and AHP in a part of Paveh forests. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 18* (4), 586-569.

Moradi, B., Ravanbakhsh, H., Meshki, A., & Shabanian, N. (2016). The effect of fire on vegetation structure in Zagros forests (Case Study: Sarvabad, Kurdistan province). *Iranian Journal of Forest, 8*(3), 381-392.

North, M. A. (2009). A method for implementing a statistically significant number of data classes in the Jenks algorithm. In *Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, 2009. FSKD'09. Sixth International Conference on, IEEE, 1*, 35-38.

Parhizgar, A. (2004). *Providing model and location criteria for fire stations*, Tehran: Urban and Rural Research Center.

Rizvandi, V., & Jorgholami, M. (2016). Forest engineering, firefighting techniques and methods in the Iranian northern forests, *Proceedings of 14th National Conference of Scientific-Student Societies of Agricultural, Natural Resources and Environment Fields*, University of Tehran, Karaj, Iran, 1-7.

Sanjary, S. (2007). *Application Guide to ArcGIS 9.2*. Tehran: Abed Press.

Sheikholeslami, A. R., & Escort, J. (2012). Spatial distribution and location of fire stations in Sanandaj using GIS and AHP models. *Geography and Urban Planning of Zagros Landscape, 4*(13), 77-65.

Tsiko, R. G., &Haile, T. S. (2011). Integrating geographical information systems, fuzzy logic and analytical hierarchy process in modelling optimum sites for locating water reservoirs. A case study of the Debub District in Eritrea. *Water, 3*(1), 254-290.

Viegas, D. X. (2004). Slope and wind effects on fire propagation. *International Journal of Wildland Fire, 13*(2), 143-156.

Ziyari, Y. A., & Yazdanpanah, S. (2011). Study of locating Fire stations using AHP model in GIS environment: case study of Amol city. *Quarterly Journal of the Studies of Human Settlements Planning, 6*(14), 74-87.

Iranian Journal of Forest
Vol. 10, No. 3, Autumn 2018
pp. 319-335

Locating suitable areas for forest fire fighting stations in Sardasht, NW Iran

T. Amiri[1], A. Banj Shafiei[2*], M. Erfanian[3], O. Hosseinzadeh[4], and H. Beygi Heidarlou[5]

[1]M.Sc. of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, I. R. Iran
[2]Associate Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, I. R. Iran
[3]Associate Prof., Department of Range and Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, I. R. Iran
[4]Assistant Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, I. R. Iran
[5]PhD. student of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, I. R. Iran

(Received: 22 April 2018, Accepted: 21 July 2018)

Abstract

The present study aimed to provide the best locations for forest fire fighting stations in the Sardasht forests located in the northwest of Iran. For this purpose, site selection map for construction of firefighting station was prepared using five factors consist of proximities to river, to road, to former fires, to forest edge and to residential areas. In order to extract the weight of the selected criteria in locating suitable areas, each criterion was compared in a pairwise manner using Analytical Hierarchy Process (AHP) and the weight of each criterion was obtained using the Expert Choice ver.11 software. Results showed that proximity to road with 24 percent of importance had the highest weight among the selected criteria for locating the forest fire fighting stations. After providing weighted maps of criteria and their integration and applying land use restriction layer map, final site selection map was created. Preliminary results of this study made this point that the proposed zones cover about 29 percent of the study area, with good conditions required for construction of fire station. After excluding the small zones with an area less than 5 ha, one of the most suitable zones was proposed as the best location for construction of fire station. Furthermore, the validation of proposed zone and station location was carried out using a previously developed fire risk map with consideration of 10 km action radius surrounding the station. The selected zone covers about 97.81 percent of susceptible regions from high to very high classes regarding the forest fire hazard.

Keywords: Action radius, Analytical Hierarchy Process, Fire, Group decision making.

∗Corresponding author Tel: +984432770489 Email: a.banjshafiei@urmia.ac.ir