

## تعیین معیارهای مؤثر در انتخاب محل احداث ایستگاه اطفاء حریق در جنگل

طیبه امیری<sup>۱</sup>، عباس بانج شفیعی<sup>۲\*</sup>، مهدی عرفانیان<sup>۳</sup>، امید حسین زاده<sup>۴</sup> و هادی بیگی حیدرلو<sup>۵</sup>

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
- ۲- دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
- ۳- استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
- ۴- استادیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
- ۵- دانشجوی دکتری جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۲/۱۶

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۸/۲۹

### چکیده

هدف از پژوهش حاضر استخراج معیارهای مکانی مؤثر در احداث ایستگاه اطفاء حریق در جنگل است. در این پژوهش به منظور استخراج و اولویت بندی معیارهای مؤثر بر هدف تحقیق از رویکرد دلفی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی استفاده شد. برای تعیین معیارهای مؤثر بر پژوهش از نظرات کارشناسان در قالب رویکرد دلفی استفاده شد و از آنها خواسته شد تا عامل های مؤثر بر تخصیص زمین به ایستگاه های اطفاء حریق را مشخص کنند. در مرحله اول پس از ارسال و جمع آوری پرسشنامه های مربوطه، معیارهای ذکر شده توسط متخصصین مورد بررسی قرار گرفته و با استفاده از دیدگاه کارشناسی از معیارهایی که اهمیت ناچیزی در هدف پژوهش داشته اند، صرف نظر شد و در نهایت معیارهای نزدیکی به مناطق مسکونی، نزدیکی به رودخانه، نزدیکی به آتش سوزی های پیشین، نزدیکی به جاده و نزدیکی به حاشیه جنگل انتخاب شدند. سپس با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، وزن هر یک از عامل های انتخاب شده به دست آمد. بر اساس نتایج به دست آمده، نزدیکی به جاده با وزن ۰/۲۵ بیشترین اهمیت را داشته و عامل های نزدیکی به رودخانه (۰/۲۳)، نزدیکی به آتش سوزی های پیشین (۰/۲۲)، نزدیکی به حاشیه جنگل (۰/۱۹) و نزدیکی به مناطق مسکونی (۰/۱۱) به ترتیب در رتبه های بعدی قرار گرفتند.

واژه های کلیدی: ایستگاه اطفاء حریق، جنگل، رویکرد دلفی، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی.

یکی از زمینه‌های پژوهش برای کنترل آتش-سوزی‌های جنگلی، شناسایی نقاط بحرانی آتش‌سوزی در جنگل‌های منطقه و برنامه‌ریزی مدیریت این مناطق برای جلوگیری از خسارت‌های بیشتر در این مناطق است، زیرا عدم شناخت کافی این نقاط سبب وقوع و گسترش آتش در جنگل، تأخیر در مهار آن و وارد آمدن صدمه به حیات جانوران و گیاهان جنگل خواهد شد (Jaiswal *et al.*, 2002). افزایش آتش‌سوزی‌های جنگلی ضرورت پیگیری فرآیند کامل مدیریت آتش-سوزی شامل پیش‌بینی، ارزیابی، پیشگیری، کشف، مدیریت و بازسازی عرصه‌ها را بیشتر کرده است (Gravand and Sori, 2015).

بنابراین لازمه دسترسی سریع‌تر به محل وقوع آتش‌سوزی و داشتن آمادگی برای مبارزه با آتش‌سوزی این است که بدانیم در چه مناطقی امکان یا ریسک بالای وقوع آتش‌سوزی وجود دارد و در چه زمان‌هایی از سال، احتمال وقوع آتش‌سوزی بیشتر است (Beygi *et al.*, 2015) تا بر اساس این مناطق با خطر بالای آتش‌سوزی، برنامه‌ریزی‌های مدیریتی برای نظارت و کنترل این مناطق برای کشف سریع آتش-سوزی‌های احتمالی و سپس مبارزه با آن انجام گیرد که در این بین موقعیت مناسب ایستگاه‌های اطفاء حریق جنگلی نقش مهمی در کارایی این مراکز در حین حوادث آتش‌سوزی دارد (Arab Amiri *et al.*, 2013) و مکان‌یابی بهینه آن بر اساس مهم‌ترین معیارهای تأثیرگذار بر اختصاص زمین به یک ایستگاه اطفاء حریق می‌تواند ایمنی و تخریب پایین مناطق جنگلی با ریسک بالای آتش‌سوزی را فراهم آورد.

توجه صرف به ساخت ایستگاه‌های اطفاء حریق جنگلی بدون در نظر گرفتن معیارهای مؤثر بر اختصاص یک زمین به این کاربری موجب کاهش کارایی ایستگاه از نظر امدادسانی به موقع به محل

جنگل یکی از مهم‌ترین منابع طبیعی و از مواهب الهی است که عملکرد آن نقش مهم و اساسی در حفظ تعادل اکولوژیک داشته (Beygi Heidarlou *et al.*, 2015) و نقش مهمی در توازن‌های زیست‌محیطی دارد (Jaiswal *et al.*, 2002). یکی از عوامل محیطی که می‌تواند بر اکوسیستم جنگل تأثیرگذار باشد عامل آتش‌سوزی است (Barnes *et al.*, 1998). آتش‌سوزی جنگل‌ها و مراتع نه تنها از دیدگاه زیست‌محیطی، بلکه از دیدگاه اقتصادی، اجتماعی و امنیتی نیز یکی از اصیل‌ترین موضوعات و نگرانی‌ها در بسیاری از نقاط جهان بوده (Silvia Merino, 2010) و از عمده‌ترین عوامل محدودکننده توسعه پایدار اقتصادی جنگل در جهان است (Dlamini, 2010). هر ساله سطح زیادی از پوشش گیاهی موجود بر روی زمین طعمه آتش می‌شود. آتش‌سوزی در جنگل موجب از بین رفتن چوب، رستنی‌های کف جنگل، زادآوری‌ها، فرسایش شدید خاک، انتشار گازهای گلخانه‌ای، بر هم زدن ساختار جنگل و اتلاف مواد غذایی موجود در بخش‌های اکوسیستم ناشی از سوختن لایه گیاهی و لاشبرگ است (Vakalis *et al.*, 2007; Alexandridis *et al.*, 2015; Bakhshande, 2008; Beygi Heidarlou *et al.*, 2015; Svad Rodbari and Marvie Mohadjer, 2011). به گونه‌ای که سالانه ۱۶ میلیون هکتار از مساحت جنگل‌های جهان تخریب می‌شود (Marvie Mohadjer, 2005). بر اساس آمارهای منتشرشده توسط سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، سالانه صدها مورد آتش‌سوزی در مناطق مختلف ایران رخ می‌دهد (Sarkargar Ardakani *et al.*, 2009). به طوری که بر اساس گزارش Atrac Chali (2001) میانگین آتش-سوزی در جنگل‌های کشور ۷۰۰۰ هکتار است (Faramarzi *et al.*, 2015).

معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مسئله دارد (Ghodsipour, 2010). این روش توسط Thomas L. Saaty در ۱۹۷۷ پیشنهاد شد و یکی از جامع‌ترین سامانه‌ها برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است و بر مبنای مقایسه زوجی بنا شده است و قضاوت و محاسبات را تسهیل و مقدار ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد که این خود یکی از مزایای ممتاز این روش در تصمیم‌گیری چند معیاره است (Sahraeian and Zangi Abadi, 2013).

(Ziarai and Yazdan Panah, 2011) در پژوهشی با استفاده از AHP به مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهر آمل پرداختند و نتایج اولویت‌بندی معیارهای پژوهش آنها نشان داد معیار نزدیکی به شبکه‌های ارتباطی بیشترین وزن و اهمیت را به خود اختصاص داده است. Nazariyan و همکاران (2014) نیز در پژوهشی به بررسی معیارهای مؤثر در مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهر کرمانشاه پرداختند که از بین معیارهای تراکم جمعیت، شعاع پوششی، نزدیکی به شبکه معابر، همسایگی‌های سازگار، همسایگی‌های ناسازگار در قالب روش AHP مورد بررسی قرار گرفتند که نتایج به‌دست‌آمده نشان داد کاربری پمپ‌بنزین بیشترین نقش را در ارتباط با مکان‌یابی ایستگاه آتش‌نشانی شهری داشته است. Sahraeian and Zangi Abadi (2013) در پژوهش خود به کاربرد روش AHP در مکان‌یابی مراکز آتش‌نشانی شهر جهرم پرداختند و نتایج الگوی مکان‌یابی با معیارهای تراکم مجلات، فاصله از شبکه ارتباطی، فاصله از مکان‌های مستعد، کاربری اراضی، شیب، فاصله از کاربری مزاحم نشان داد که معیار تراکم مجلات (نفر در هکتار) بیشترین وزن را به خود اختصاص داده است.

همان‌طور که مشاهده می‌شود در سال‌های اخیر تحقیقات ارزشمندی، در رابطه با مکان‌یابی ایستگاه-

حادثه و افزایش تخریب منابع جنگلی می‌شود. از این‌رو در این پژوهش سعی شد از رویکرد دلفی و فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (Analytical Hierarchy Process) برای استخراج اولویت‌بندی مهم‌ترین معیارهای مکانی مؤثر در ساخت ایستگاه‌های اطفاء حریق جنگلی استفاده شود.

رویکرد دلفی یکی از روش‌های کسب دانش گروهی است (Malczewski, 2006) که دارای ساختار برای پیش‌بینی و کمک به تصمیم‌گیری و درنهایت، اجماع گروهی است (Ananda and Herath, 2008; Pukkala, 2002). به‌طورکلی رویکرد دلفی یک فعالیت مکاتبه گروهی است که توسط یک گروه ناظر اداره می‌شود. رویکرد دلفی یکی از مهم‌ترین و درعین‌حال جدیدترین ابزارهای پژوهش کیفی است که از آن می‌توان به‌خوبی در تعیین و غربال‌سازی معیارهای تأثیرگذار در رابطه باهدفی خاص به‌صورت مستقیم با اتکا به بینش کارشناسان و توافق جمعی بهره برد (Austen and Hanson, 2008؛ Steinmuller, 2003). در این روش، اطلاعات بدون تماس فیزیکی منتقل می‌شود و شرکت‌کنندگان، دیگر افراد درگیر در پژوهش را نمی‌شناسند و یا حداقل پاسخ‌های آنها گمنام است (Windle, 2004). گمنامی به هر عضو پانل فرصت برابر می‌دهد تا نظرات خود را بیان و ایده‌ها را بدون فشار روانی و شناسایی به‌وسیله سایر اعضا ارائه کند، که تسهیل‌کننده حقیقت‌جویی و پاسخ‌های باز بوده و موجب کسب بینش و دانش کافی در تحقیق می‌شود (Karami, 2008; Shiravani, 2009; Linstone and Turroff, 2002).

فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی نیز یکی از جامع‌ترین سامانه‌های طراحی‌شده برای تصمیم‌گیری چند معیاره است که امکان فرموله کردن مسئله را به‌صورت سلسله‌مراتبی فراهم می‌کند و امکان در نظر گرفتن

جنگلی هستند، از این رو به منظور دخالت دادن معیارها با توجه به مقدار تأثیر و اهمیت هر یک در روند ارزیابی، وزن‌دهی آنها با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) انجام شد. روش تحلیل سلسله مراتبی مبتنی بر مقایسه زوجی و دوجه‌دوی معیارها و گزینه‌ها و همچنین محاسبه ارزش نسبی معیارها است. به عبارتی روش AHP یک روش تصمیم‌گیری است که توسط آن می‌توان تصمیماتی که وابسته به معیارهای مختلف است را اتخاذ کرد. تهیه ساختار سلسله مراتبی اولین قدم در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی است (Ghodsipour, 2010) (شکل ۱).

تقریباً تمامی محاسبات مربوط به AHP بر اساس قضاوت اولیه تصمیم‌گیرنده که در قالب ماتریس مقایسات زوجی ظاهر می‌شود، انجام می‌شود و هرگونه خطا و ناسازگاری در مقایسه و تعیین اهمیت بین گزینه‌ها و شاخص‌ها نتیجه نهایی حاصل از محاسبات را مخدوش می‌سازد. نسبت سازگاری (CR) سازگاری قضاوت‌ها را مشخص ساخته و نشان می‌دهد تا چه حد می‌توان به اولویت‌های به‌دست‌آمده از مقایسه‌ها اعتماد کرد. وقتی تعداد مقایسه‌ها افزایش یابد، اطمینان از سازگاری مقایسه‌ها به‌راحتی میسر نیست (Mehrgan, 2009).

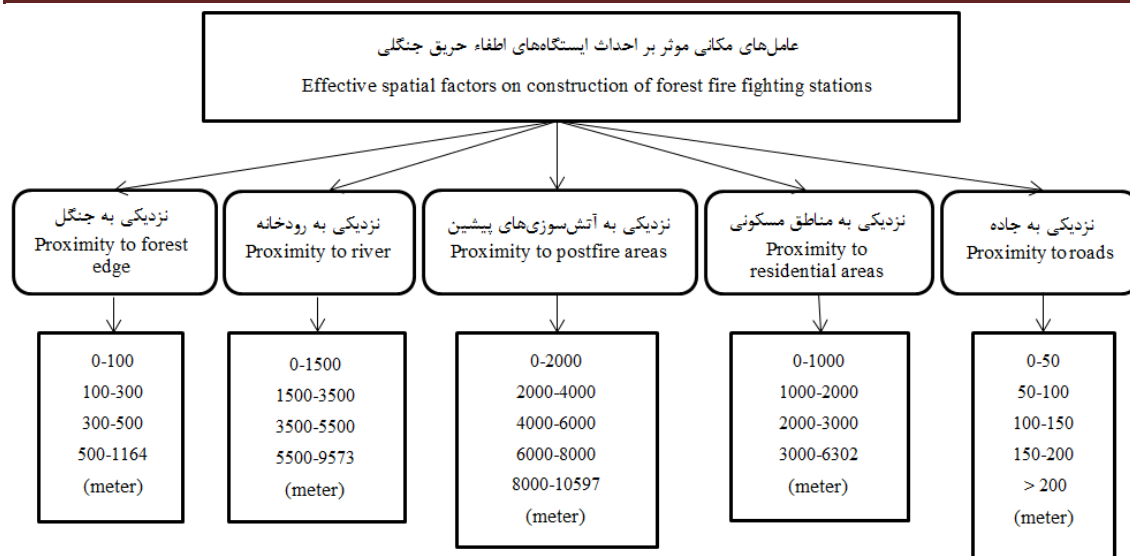
در این پژوهش محاسبه اوزان و درجه اهمیت نسبی هر یک از معیارها، با استفاده از اطلاعات پرسشنامه که توسط کارشناسان و متخصصین تکمیل شد، مورد مقایسه زوجی قرار گرفتند. پس از ارسال ۴۰ پرسشنامه در پنج مرحله زمانی متوالی، نتایج ۱۴ پرسشنامه جمع‌آوری شد و مشخصات پاسخ‌دهندگان به پرسشنامه به شرح جدول ۱ است.

های آتش‌نشانی شهری در کشور انجام شده است اما تا به حال پژوهشی در رابطه با مکان‌یابی ایستگاه‌های اطفاء حریق جنگلی و استخراج معیارهای تأثیرگذار انجام نشده است. از این رو در این پژوهش سعی شد تا برای تعیین و اولویت‌بندی معیارهای مؤثر بر ایستگاه‌های اطفاء حریق جنگلی از رویکرد دلفی و روش AHP استفاده شود تا بتوان دستورالعمل مناسبی در رابطه با اختصاص زمین به کاربری ایستگاه‌های اطفاء حریق جنگلی در داخل مناطق جنگلی کشور با توجه به معیارهای مکانی مؤثر بر آن ارائه داد.

### مواد و روش‌ها

در این تحقیق برای استخراج مهم‌ترین معیارهای مکانی مؤثر در ساخت ایستگاه‌های اطفاء حریق جنگلی از رویکرد دلفی استفاده شد. بدین منظور پرسشنامه مربوطه تهیه و برای ۱۱۵ کارشناس و متخصص رشته جنگلداری در سه مرحله زمانی متفاوت ارسال و از آنها خواسته شد معیارهایی که از نظر آنها در ساخت ایستگاه‌های اطفاء حریق جنگلی تأثیرگذارند را به‌صورت فهرستی ارائه دهند. بعد از جمع‌آوری نظرها، تلفیق و مرتب‌سازی معیارهای ذکر شده توسط ۲۷ کارشناس، معیارها برحسب فراوانی مرتب شدند. با نظر کارشناسی معیارهای با اولویت بالاتر با استفاده از نظر متخصصین مشخص شدند و معیارهایی که درصد ناچیزی را به خود اختصاص داده بودند به همراه معیارهایی که اهمیت ناچیزی در مکان-یابی ایستگاه‌های اطفاء حریق جنگلی داشتند، حذف شدند.

با توجه به اینکه معیارهایی که در رویکرد دلفی انتخاب شدند دارای اهمیت و تأثیر متفاوتی در اختصاص یک مکان برای ایستگاه‌های اطفاء حریق



شکل ۱- ساختار سلسله مراتبی معیارهای مکانی ایستگاه‌های اطفاء حریق جنگلی

Figure 1. Hierarchical structure of spatial criteria of forest fire fighting stations

جدول ۱- مشخصات پاسخ‌دهندگان به پرسشنامه مقایسه‌های زوجی در روش AHP

Table1- Profile of respondents in paired comparison questionnaires in AHP method

تعداد Number	تحصیلات Education	تعداد Number	رتبه علمی Science ranking	تعداد Number	تخصص Expertise
9	دکترای تخصصی Doctor of Philosophy	5	دانشیار Associate Professor	10	جنگلداری و مدیریت جنگل Forestry and Forest Management
3	دانشجوی دکتری PhD student	4	استادیار Assistant Professor	1	جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل Silviculture and Forest Ecology
2	کارشناسی ارشد Master	5	دیگر Other	1	جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری Geography and Urban Planning
				1	برنامه‌ریزی و مدیریت محیط‌زیست Planning and Environmental Management
				1	سیستم اطلاعات جغرافیایی Geographic Information Systems

هندسی (Ghodsipour, 2010) به دست آمد و برای تعیین وزن نهایی هرکدام از معیارها مورداستفاده قرار گرفت. برای کنترل صحت محاسبات نیز ضریب ناسازگاری به‌دست‌آمده توسط نرم‌افزار مورد بررسی

ماتریس مقایسات زوجی هریک از متخصصین به‌صورت جداگانه وارد نرم‌افزار Expert choice 11 شد و سپس با استفاده از دستور ترکیب مقایسه‌های انفرادی، ماتریس ترکیب‌شده با استفاده از میانگین

نرم افزار EC11 بررسی و تلفیق شد و در نهایت ماتریس زوجی میانگین هندسی معیارها (جدول ۲) و وزن نهایی هر معیار (شکل ۲) با استفاده از نرم افزار محاسبه شد. با توجه به نتایج به دست آمده از روش AHP، عامل نزدیکی به جاده‌ها با وزن ۰/۲۵ بیشترین اهمیت را در بین عامل‌های مؤثر در ساخت ایستگاه اطفاء حریق جنگلی داشته است و پس از آن عامل‌های نزدیکی به رودخانه (۰/۲۳)، نزدیکی به مناطق آتش‌سوزی پیشین (۰/۲۲)، نزدیکی به حاشیه جنگل (۰/۱۹) و نزدیکی به مناطق مسکونی (۰/۱۱) در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند.

نتایج مقایسه‌های زوجی زیرمعیارهای هرکدام از معیارها نیز نشان داد که در معیار نزدیکی به جاده (جدول ۳ و شکل ۳) طبقه اول (۵۰-۰ متر) بیشترین وزن را به خود اختصاص داده است. به طوری که فاصله ۵۰ متری از جاده با ۸۴ درصد اهمیت بالاترین وزن را در احداث ایستگاه‌های اطفاء حریق داشته است.

قرار گرفت. اگر ضریب ناسازگاری کمتر از ۰/۱ باشد مقایسه‌ها قابل قبول هستند (Ghodsipour, 2010).

## نتایج

### نتایج حاصل از اجرای رویکرد دلفی

در رویکرد دلفی متخصصین روی هم رفته به ۲۸ معیار اشاره کردند که از این تعداد با استفاده از دیدگاه‌های کارشناسی بر معیارها، از معیارهایی که اهمیت بسیار اندکی برای در نظر گرفتن آنها در ویژگی‌های زمین برای احداث ایستگاه‌های اطفاء حریق جنگلی داشتند، صرف نظر شد و در نهایت پنج معیار نزدیکی به جاده، نزدیکی به مناطق مسکونی، نزدیکی به آتش‌سوزی‌های پیشین، نزدیکی به رودخانه و نزدیکی به حاشیه جنگل انتخاب شدند و به منظور تعیین وزن و اهمیت هر معیار وارد مرحله بعدی شدند.

### نتایج وزن دهی معیارهای انتخاب شده

پس از دریافت پرسشنامه‌های مقایسه زوجی معیارها و زیرمعیارهای هرکدام از معیارها، نتایج با استفاده از

جدول ۲- میانگین هندسی مقایسه‌های زوجی کارشناسان برای معیارهای مؤثر در احداث ایستگاه‌های اطفاء حریق جنگلی

Table 2. The geometric mean of pairwise comparisons of experts for effective criteria in the construction of forest fire stations

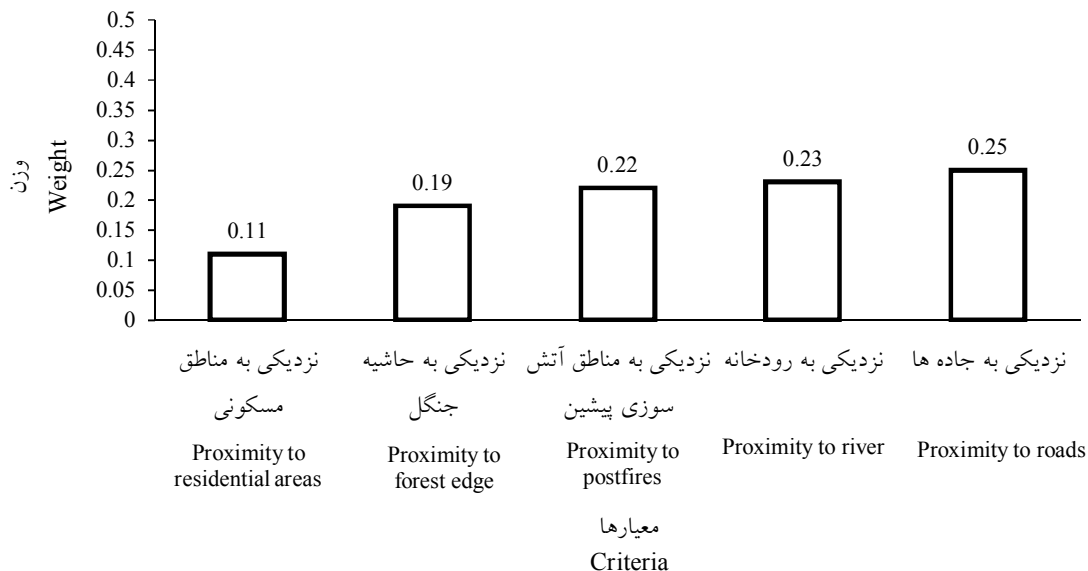
5	4	3	2	1	کد Code	معیارها Criteria
1.482	1.001*	1.179	2.5	1	1	نزدیکی به جاده‌ها Proximity to roads
1.704*	2.241*	1.89*	1		2	نزدیکی به مناطق مسکونی Proximity to residential areas
1.192	1.037*	1			3	نزدیکی به مناطق آتش‌سوزی پیشین Proximity to postfire areas
1.106	1				4	نزدیکی به رودخانه Proximity to river
1					5	نزدیکی به حاشیه جنگل Proximity to forest edge

\* Importance of column factor relative to row one

Inconsistency: 0.00208

\* اهمیت معیار ستون نسبت به معیار سطر

ناسازگاری: ۰/۰۰۲۰۸



شکل ۲- وزن هر یک از معیارهای مؤثر در احداث ایستگاه‌های اطفاء حریق جنگلی

Figure 2. Weight of each effective criteria in forest fire stations construction

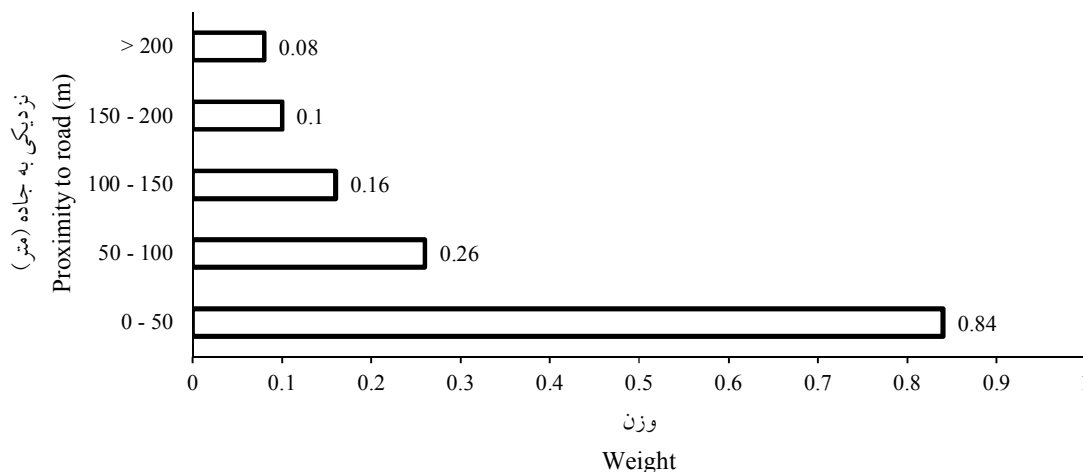
جدول ۳- میانگین هندسی مقایسه‌های زوجی کارشناسان برای زیرمعیارهای عامل نزدیکی به جاده

Table 3. The geometric mean of pairwise comparisons of experts for sub-criteria of proximity to roads factor

کد Code	نزدیکی به جاده (متر) Proximity to roads	5	4	3	2	1
1	0-50	3.415	3.094	2.55	2.034	1
2	50-100	2.872	2.534	2.111	1	
3	100-150	2.322	1.991	1		
4	150-200	1.530	1			
5	> 200	1				

Inconsistency: 0.02

ناسازگاری: ۰/۰۲



شکل ۳- وزن زیرمعیارهای عامل نزدیکی به جاده

Figure 3. Weight of sub-criteria for proximity to roads factor

در مقایسه زوجی زیر معیارهای معیار نزدیکی به رودخانه، زیر معیار (۰-۱۵۰۰ متر) بیشترین وزن را به خود اختصاص داد که نتایج در جدول ۴ و شکل ۴

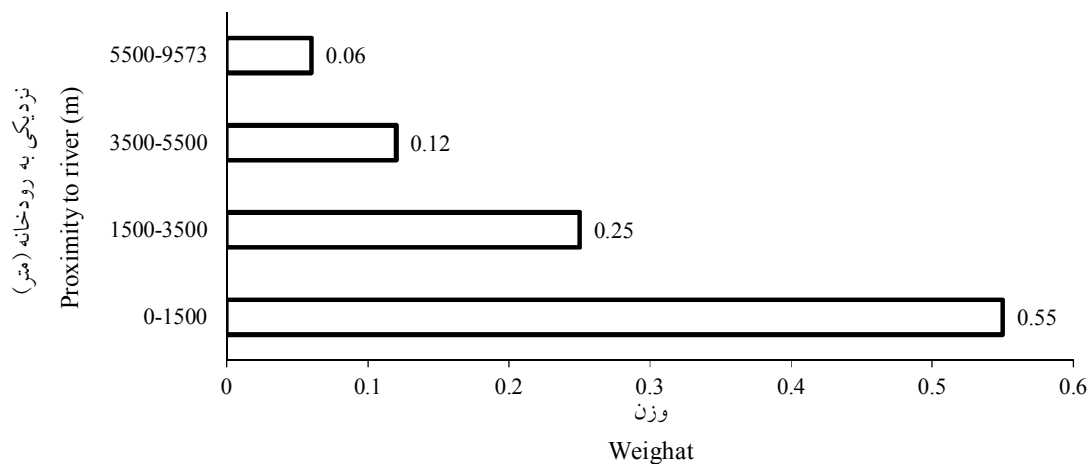
جدول ۴- میانگین هندسی مقایسه‌های زوجی کارشناسان برای زیرمعیارهای نزدیکی به رودخانه

Table 4. The geometric mean of pairwise comparisons of experts for sub-criteria of proximity to river

4	3	2	1	کد Code	نزدیکی به رودخانه (متر) Proximity to river
6.198	4.708	2.748	1	1	0-1500
4.092	2.449	1		2	1500-3500
2.301	1			3	3500-5500
1				4	5500-9537

Inconsistency: 0.02

ناسازگاری: ۰/۰۲



شکل ۴- وزن زیرمعیارهای عامل نزدیکی به رودخانه

Figure 4. Weight of sub-criteria for proximity to river

نتایج مقایسه‌های زوجی زیرمعیار نزدیکی به جنگل نشان داد که طبقه اول (۰-۱۰۰ متر) بیشترین وزن را به خود اختصاص داده است. در نتیجه فاصله ۱۰۰ متری از جنگل با ۵۰ درصد اهمیت بالاترین وزن را در احداث ایستگاه‌های اطفاء حریق داشته است (جدول ۶ و شکل ۶).

نتایج مقایسه‌های زوجی زیرمعیار نزدیکی به آتش‌سوزی‌های پیشین (جدول ۵ و شکل ۵) نشان داد که طبقه اول (۰-۲۰۰۰ متر) بیشترین وزن (۰/۳۶) را به خود اختصاص داده است. به طوری که فاصله ۲۰۰۰ متری نزدیکی به آتش‌سوزی‌های پیشین بالاترین اهمیت (۳۶ درصد) را در احداث ایستگاه‌های اطفاء حریق داشته است.



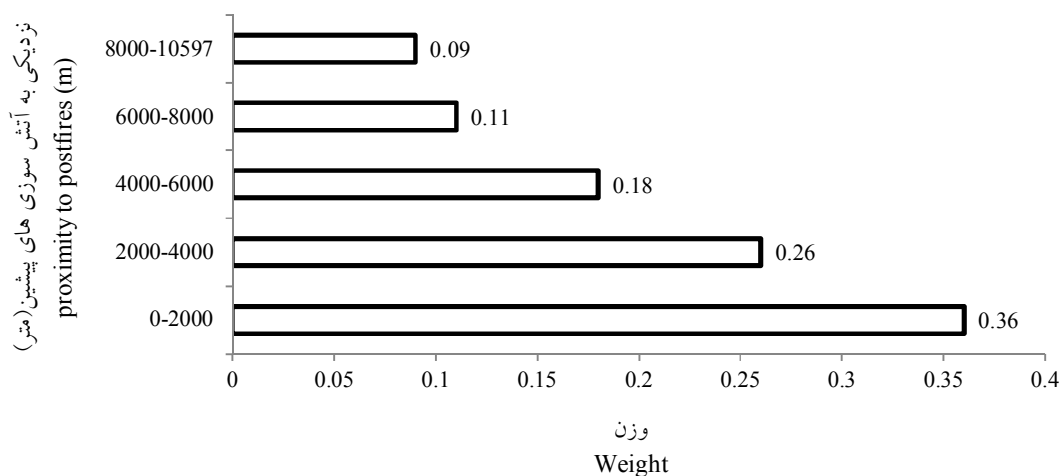
جدول ۵- میانگین هندسی مقایسه‌های زوجی کارشناسان برای زیرمعیارهای نزدیکی به آتش‌سوزی‌های پیشین

Table 5. The geometric mean of pairwise comparisons of experts for sub-criteria of proximity to post fires

5	4	3	2	1	کد Code	نزدیکی به آتش‌سوزی‌های پیشین (متر) Proximity to postfires (m)
3.254	2.959	2.318	1.716	1	1	0-2000
2.875	2.318	1.188	1		2	2000-4000
2.217	2.076	1			3	4000-6000
1.292	1				4	6000-8000
1					5	8000-10597

Inconsistency: 0.01

ناسازگاری: ۰/۰۱



شکل ۵- وزن زیرمعیارهای عامل نزدیکی به آتش‌سوزی‌های پیشین

Figure 5. Weight of sub-criteria for proximity to postfires

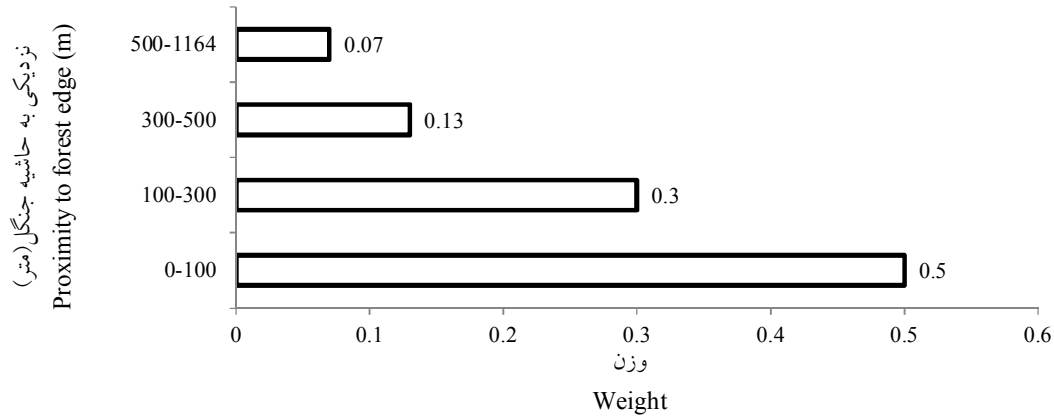
جدول ۶- میانگین هندسی مقایسه‌های زوجی کارشناسان برای زیرمعیارهای نزدیکی به حاشیه جنگل

Table 6. The geometric mean of pairwise comparisons of experts for sub-criteria of proximity to forest edge

4	3	2	1	کد Code	نزدیکی به حاشیه جنگل (متر) Proximity to forest edge
5.416	3.580	2.094	1	1	0-100
4.377	2.829	1		2	100-300
2.153	1			3	300-500
1				4	500-1164

Inconsistency: 0.02

ناسازگاری: ۰/۰۲



شکل ۶- وزن زیرمعیارهای عامل نزدیکی به حاشیه جنگل

Figure 6. Weight of sub-criteria for proximity to forest edge

نتایج مقایسه‌های زوجی بین زیرمعیارهای مکانی نزدیکی به مناطق مسکونی نشان داد که بیشترین وزن به طبقه اول (۰-۱۰۰۰ متر) اختصاص دارد؛ بنابراین فاصله ۱۰۰۰ متری از جنگل، اهمیت ۳۹ درصد را در احداث ایستگاه‌های اطفاء حریق نشان می‌دهد (جدول ۷ و شکل ۷).

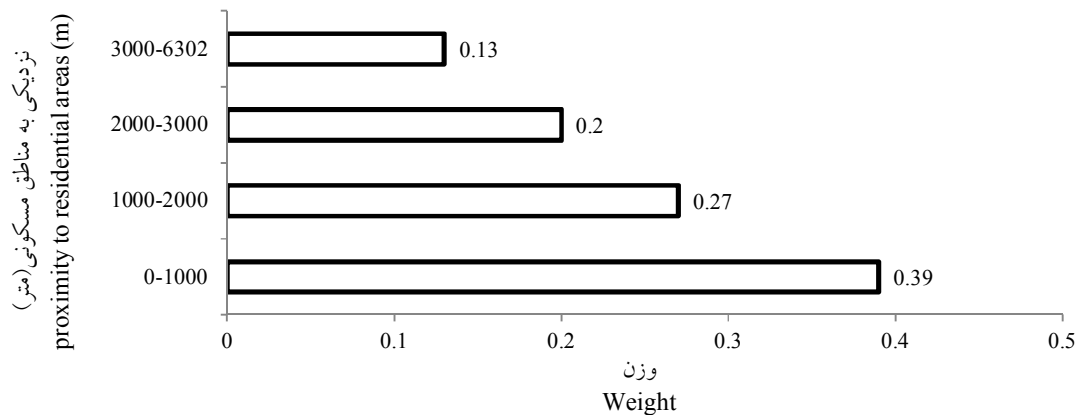
جدول ۷- میانگین هندسی مقایسه‌های زوجی کارشناسان برای زیرمعیارهای نزدیکی به مناطق مسکونی

Table 7. The geometric mean of pairwise comparisons of experts for sub-criteria of proximity to residential areas

4	3	2	1	کد Code	نزدیکی به مناطق مسکونی (متر) Proximity to residential areas
2.655	1.907	1.681	1	1	0-1000
1.967	1.526	1		2	1000-2000
1.708	1			3	2000-3000
1				4	3000-6302

Inconsistency: 0.00605

ناسازگاری: ۰/۰۰۶۰۵



شکل ۷- وزن زیرمعیارهای عامل نزدیکی به مناطق مسکونی

Figure 7. Weight of sub-criteria for proximity to residential areas

مخزن در حداقل زمان ممکن و مواقع اضطراری اهمیت زیادی دارد. با توجه به گنجایش محدود مخزن آب خودروی آتش‌نشانی و ضرورت ذخیره مقدار کافی آب در پایگاه آتش‌نشانی برای پر کردن مجدد مخزن در مواقع اضطراری و به‌سرعت، لازم است که پایگاه آتش‌نشانی در نزدیکی منابع آب جاری قابل استفاده با کمترین هزینه و امکانات ساخته شود.

مناطق با ریسک و سابقه بالای آتش‌سوزی پتانسیل بالایی در ایجاد خطر آتش‌سوزی در این مناطق را دارا هستند. در پژوهش‌های ( Feqhhi Darban, Farahmand and Haji Karimi, 2010 Khan و Riahi *et al.*, 2014, Astane *et al.*, 2014 Ahmadi *et al.*, 2015) به مناطق مستعد آتش‌سوزی و پتانسیل خطر آنها اشاره شده است که بر اساس بررسی اندازه، تعداد و تکرار حوادث، نقاط آسیب‌پذیر در حوادث آتش‌سوزی و مکان‌های با پتانسیل بالای خطر آتش‌سوزی مشخص می‌شود، در نتیجه باید ساخت ایستگاه‌ها به سمت چنین مناطقی و نزدیک به مناطق جنگلی و توده‌های درختی کشش بیشتری داشته باشد. با توجه به اینکه هدف ایستگاه‌های اطفاء حریق جنگلی جلوگیری از ایجاد خسارت در مناطق جنگلی است، هر چه قدر ایستگاه‌های اطفاء حریق نزدیک به مناطق جنگلی با سابقه بالای آتش‌سوزی ساخته شوند در مقابل سرعت عمل نیروهای آتش‌نشانی در این مناطق می‌تواند سبب کاهش چشم‌گیر خسارات وارده بر توده‌های جنگلی شود.

طبق پژوهش Beygi Heidarlou و همکاران (2014) بیشترین آتش‌سوزی‌ها در مناطقی اتفاق می‌افتد که دسترسی انسان به آنها بیشتر است که در پژوهش دیگر ( Jaiswal *et al.*, 2002; Patah *et al.*, 2002; Erten *et al.*, 2004; Dong *et al.*, 2005) به‌صورت نزدیکی به مناطق مسکونی مورد ارزیابی

نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش در مورد وزن و اهمیت معیارهای مؤثر بر احداث ایستگاه‌های اطفاء حریق جنگلی نشان داد که معیار نزدیکی به جاده بیشترین وزن و اهمیت (۲۵ درصد) را به خود اختصاص داده است، که با نتایج حاصل از پژوهش Hadiani and kazemi, Ghanbari and Zolfi (2013) Rad (2009), Ziarai and Yazdan Pnah (2011), Arab Amiri و همکاران (2013) و Khan Ahmadi و همکاران (2015) مطابقت داشته است. راه، بستر دسترسی انسان را به عرصه‌های جنگلی فراهم می‌کند. البته راه در کنار ایفای نقش در افزایش امکان وقوع حریق، در مواقع بحرانی می‌تواند در انجام عملیات اطفاء مؤثر باشد. یکی از مهم‌ترین معیارها در اختصاص زمین به ایستگاه اطفاء حریق در کنار جاده‌ها و معابر شریانی (درجه ۱ و ۲) است. چراکه از این طریق سرعت عکس‌العمل ایستگاه‌ها تا حد زیادی بیشتر می‌شود که بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از مقایسه‌های زوجی زیرمعیارهای نزدیکی به جاده‌ها مشخص شد کمترین فاصله تا جاده یعنی طبقه اول (۵۰ - ۰ متری) دارای بیشترین اهمیت و وزن در ساخت ایستگاه اطفاء حریق است.

همچنین نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد عامل نزدیکی به رودخانه‌های دائمی و پرآب از نظر درصد اهمیت در بین معیارهای مؤثر بر احداث ایستگاه‌های اطفاء حریق جنگلی با ۲۳ درصد اهمیت در رتبه دوم قرار دارد و هر چقدر این فاصله کمتر باشد (کلاسه‌های پایین نزدیکی به رودخانه‌ها) اهمیت آن در اختصاص زمین به ایستگاه اطفاء حریق بیشتر می‌شود. آب عامل اصلی خاموش‌کننده آتش در ایستگاه‌های اطفاء حریق جنگلی است. از این‌رو دسترسی به منابع آب دائمی و کافی برای پر کردن

مؤثر آتش‌سوزی لازم است تا هم کمترین صدمه قابل قبول به دست آمده و هم هزینه‌ها منطقی باشند. مبارزه با آتش‌سوزی در جنگل عملیاتی اورژانسی است. برای نیل به موفقیت در مجموعه پیچیده کنترل آتش، سازمان‌دهی مناسب به همراه کارکنان حرفه‌ای موردنیاز است. با توجه به تأثیر زیاد معیار نزدیکی به جاده، نزدیکی به رودخانه و مناطق با ریسک و سابقه بالای آتش‌سوزی در ساخت ایستگاه‌های اطفاء حریق جنگلی پیشنهاد می‌شود که این معیارها موردتوجه بیشتر ادارات ذی‌ربط، به‌ویژه اداره منابع طبیعی قرار گیرد. همچنین برگزاری کلاس‌های آموزشی برای مأموران آتش‌نشانی و ادارات منابع طبیعی به‌منظور آموزش نحوه صحیح و سریع خاموش کردن آتش و نحوه صحیح استفاده از دستگاه‌های اطفاء حریق و به‌علاوه انجام فعالیت‌های جنگلداری اجتماعی با کمک جنگل‌نشینان در پیشگیری و جلوگیری از وقوع و گسترش آتش‌سوزی توصیه می‌شود.

## References

- Alexandridis, A., D. Vakalis, C. I. Siettos, & G. V. Bafas, 2008. A cellular automata model for forest fire spread prediction: The case of the wildfire that swept through Spetses Island in 1990. *Applied Mathematics and Computation*, 204(1): 191-201.
- Ananda, J. & G. Herath, 2008. Multi-attribute preference modelling and regional land-use planning. *Ecological economics*, 65(2): 325-335.
- Arab Amiri, M., M. Rafipour & M. S. Mesgari, 2013. Locating fire stations using the Ant Colony Algorithm and GIS (A case study: Tehran city), *Journal of Environmental based Terrioterial Planning (Amayesh)*, 7(25):23-48. (In Persian)
- Atrak Chali, A., 2001. The effects of fire on vegetation change. Master's Thesis. Mazandaran, Iran, 85 p. (In Persian)
- Austen, E., & A. Hanson, 2008. Identifying wetland compensation principles and mechanisms for Atlantic Canada using a Delphi approach. *Wetlands*, 28(3): 640-655.
- Bakhshande Savadrodbari, M. & M. R. Marvie Mohadjer, 2011. Assessment of changes in forest herbaceous after fire. In: *Proceedings of the first International Congress in natural resources areas*, Gorgan, Iran. pp. 272. (In Persian)
- Barnes, B. V., D. R. Zak, S. R. Denton, & S. H. Spurr, 1997. *Forest ecology*: John Wiley and Sons, New York, 774 p.
- Beygi Heidarlou, H., A. Banj Shafiei & M. Erfanian, 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. (In Persian)
- Beygi Heidarlou, H., A. Banj Shafiei & M. Erfanian, 2015. Evaluating the Fuzzy Weighted Linear Combination Method in Forest Fire Risk Mapping (Case study: Sardasht Forests, West Azerbaijan Province, IRAN), *Journal of Wood & Forest Science and Technology*, 22(3): 77-91. (In Persian)

قرار گرفته است. نتایج این پژوهش نیز نشان داد که نواحی نزدیک به مناطق مسکونی بالاترین اهمیت را در اختصاص زمین به ایستگاه‌های اطفاء حریق جنگلی دارند چراکه میزان دوری و نزدیکی سکونت‌گاه‌های انسانی از عرصه‌های جنگلی به‌عنوان یکی دیگر از عوامل مؤثر در بروز حریق شناخته شده است. هرچند گاهی صرفاً عوامل طبیعی در به وقوع پیوستن آتش‌سوزی دخالت دارند، اما نقش انسان در وقوع حریق انکارناپذیر است. عدم رعایت اصول حفاظتی در زمان حضور در جنگل مانند انداختن ته سیگار، روشن کردن آتش و رهاسازی آن، تیراندازی و شکار و غیره از مهم‌ترین دلایل بروز آتش‌سوزی‌ها بوده‌اند.

با توجه به پژوهش Rizvandi and Joar Golami

(2016) پایه و اساس مدیریت آتش‌سوزی برای همه انواع آتش‌سوزی‌ها صرف‌نظر از اندازه آنها یکی است. اصل اساسی مدیریت آتش‌سوزی در جنگل عبارت است از: بدون توجه به‌اندازه آتش‌سوزی، اصول مدیریتی مخصوصی به‌منظور دستیابی کنترل فوری و

- Darban Astaneh, A., A. Ziarati, S. Jafari & R. Saeli, 2014. Site selection of rural fire stations and safety Services using Network Analysis and AHP, Case Study: Shirvanchardavol County, *Journal of Rural Research*, 4(4): 825-850. (In Persian)
- Dlamini, W. M., 2010. A Bayesian belief network analysis of factors influencing wildfire occurrence in Swaziland, *Environmental Modelling & Software*, 25(2): 199-208.
- Dong, X., D. Li-min, S. Guo-fan, T. Lei & W. Hui, 2005. Forest fire risk zone mapping from satellite images and GIS for Baihe Forestry Bureau. *Journal of Forestry Research*, 16(3): 169-174.
- Erten, E., Kurgun, V., & Musaoglu, N. (2004). Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS: a case study. Congress of the International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Istanbul, Turkey. 7 p.
- Faramarzi, H., S. M. Hosseini & M. Gholamali Fard, 2015. Golestan National Park zoning fire hazard using logistic regression, *Geography and environmental hazards*, 3(10): 73-90. (In Persian)
- Feghhi Farahmand, N. & B. Haji Karimi, 2010. Fire station location decisions by using TOPSIS and SAW multi criteria decision making methods and choosing the best site selection using Breda method (Alborz industrial city of Qazvin), *Quantitative Researches in Management*, 1(3): 53-67. (In Persian)
- Garavand, S. & F. Souri, 2015. Studying various methods of risk analysis in the field of natural fire risk assessment. In: Proceedings of National Sustainable agriculture, environment and rural development Conference, Kuhdasht, Lorestan, Iran. 5 p. (In Persian)
- Ghanbri, A. & A. Zolfi, 2013. Prioritization for establishing fire stations in urban areas (Case study: Khorramdarreh city), *Journal of Rescue & Relief*, 6(1): 79-93. (In Persian)
- Ghodsipour, S. H., 2010. Analytical Hierarchy Process (AHP), Amirkabir University Press, Tehran, 222 p. (In Persian)
- Hadiani, Z. & Sh. Kazemi Zad, 2009. Topology of fire stations by using Network Analysis and AHP model in GIS, Case study: Qom, *Geography ND Development*, 8(17): 99-112. (In Persian)
- Jaiswal, R. K., S. Mukherjee, K. D. Raju & R. Saxena, 2002. Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 4(1): 1-10.
- Karami, S., 2008. Analysis of the effective parameters in species selection for green space establishment along rail ways line. M.Sc. Thesis. College of Natural Resource. University of Tehran. Tehran, Iran, 88 p.
- Khan Ahmadi, M., M. Arabi, A. Vafaei Nejad & H. Rezaeiyan, 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. (In Persian)
- Linstone, H. A., & Turoff, M. (1975). The Delphi method: Techniques and applications (Vol. 29): Addison-Wesley Reading, Boston, MA, 571 p.
- Malczewski, J., 2006. GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature, *International Journal of Geographical Information Science*, 20(7): 703-726.
- Marvie Mohadjer, M.R., 2005. Silviculture, University of Tehran Press, Tehran, 387 p. (In Persian)
- Mehrgan, M., 2009. Advanced Operational Research, Ketabe daneshgahi publication, Tehran, 264 p. (In Persian)
- Nazariyan, A., P. Yari & T. Karaminejad, 2014. Optimal positioning of fire stations by using GIS (case study: Kermanshah), *Journal Academic – Management of rescue*, 7(2): 28-37. (In Persian)
- Pukkala, T., 2002. Multi-objective Forest Planning: Managing Forest Ecosystems, *Forestry*, 78(4): 457-458.
- Patah, N. A., Mansor, S. and Mispan, M. R. 2000. An application of remote sensing and GIS for forest fire risk mapping. Bulletin of Malaysian Center for Remote Sensing: 54-67.
- Riahi, V., S. Tawalayi, P. Ziaeiyan, A. Abdi & A. Azizdoust, 2014. Determination of optimal location regarding fire station in rural settlements of Bookan, *Iranian Geographical Assosiation*, 12(4): 179-200. (In Persian)
- Rizvandi, V. & M. Joar Golami, 2016. Forest Engineering, organize firefighting operations in Areas of natural resources, Fourth National Conference of the Association of Students in Agriculture,

- Natural Resources and Environment, university of Tehran, 7 p. (In Persian)
- Sahraeiyan, Z. & A. Zangi Abadi, 2013. Application of AHP method in location of fire stations using GIS: Case study: Jahrom city, *Journal of Rescue & Relief*, 5(2): 14-29. (In Persian)
  - Ardakani, A., M. Valadanzooj & A. Mansourian, 2010. Spatial analysis of fire potential in Iran using RS and GIS. *J Environ Stud*, 35(52): 7-9.
  - Shiravani, Z., 2009. Recreational potential assessing of NekaZalemrood forest management plan on basis of analytic hierarchy process (AHP). M.Sc. Thesis. Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University. Sari, Iran, 102 p.
  - Merino-de-Miguel, S., M. Huesca & F. González-Alonso, 2010. Modis reflectance and active fire data for burn mapping and assessment at regional level. *Ecological Modelling*, 221(1): 67-74.
  - Steinmüller, T., 2003. Evaluation of the social and economic benefits of subsidized forest road developments in Austria. Proceedings of the Austro 2003 Meeting: High Tech Forest Operations for Mountainous Terrain, 10 p.
  - Vakalis, D., H. Sarimveis, C. Kiranoudis, A. Alexandridis & G. Bafas, 2004. A GIS based operational system for wildland fire crisis management I. Mathematical modelling and simulation. *Applied Mathematical Modelling*, 28(4): 389-410.
  - Windle, P. E. (2004). Delphi technique: assessing component needs. *Journal of PeriAnesthesia Nursing*, 19(1): 46-47.
  - Ziari, Y. & S. Yazdanpanah, 2011. Study of locating fire stations using AHP model in GIS environment: Case study of Amol city, *Journal Geographical Landscape*, 6(14): 74-87. (In Persian)

## Determining of effective criteria in locating firefighting station in forest

T. Amiri<sup>1</sup>, A. Banj Shafiei<sup>\*2</sup>, M. Erfanian<sup>3</sup>, O. Hosseinzadeh<sup>4</sup> and H. Beygi Heidarlou<sup>5</sup>

1- M.Sc. student of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, I.R. Iran.

2- Associate Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, I.R. Iran.

3- Assistant Professor, Department of Watershed and rangeland, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, I.R. Iran.

4- Assistant Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, I.R. Iran.

5- Ph.D. student of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, I.R. Iran.

Received: 19.11.2016

Accepted: 06.03.2017

### Abstract

This study aimed to extract effective spatial criteria in construction of forest fire fighting stations. In this study for extraction and prioritization of effective criteria, Delphi and AHP methods were used. To determine effective criteria, the opinions of experts and specialists in a Delphi approach were asked to clarify the influencing factors to allocation of land to forest fire fighting stations. In the first stage after sending and collecting questionnaires, mentioned criteria by experts were examined and using expert perspective the criteria that have less importance was omitted. Finally the following criteria were selected: Proximity to residential areas, Proximity to river, Proximity to post fires, Proximity to road, and Proximity to forest edge. Then with using Analytical Hierarchy Process (AHP), weight or relative importance of each selected factors were obtained. Based on results the highest important factor was the proximity to road with 0.25 weight among other factors. Then Proximity to river (0.23), Proximity to post fires (0.22), Proximity to forest edge (0.19) and Proximity to residential areas, were next in rank, respectively. Also pairwise comparisons of sub-criteria for each factor showed that areas close to roads, river and areas with a history of prior fires in forest regions and also areas close to residential areas have highest importance in allocating land to the forest fire fighting station.

**Keywords:** Analytical Hierarchy Process, Delphi method, Firefighting station, Forest.

---

\* Corresponding author:

Email: a.banjshafiei@urmia.ac.ir