

کاربرد روش‌های نوین در طراحی شبکه جاده‌های جنگلی

سید رستم موسوی میرکلا*^۱، معصومه سلملیان^۲ و هادی بیگی حیدرلو^۳

(aftabshomal@gmail.com)

چکیده

طرح‌های جنگلداری برای استفاده مطلوب از تولیدات جنگل، تضمین بقا و تولید مستمر جنگل تهیه می‌شوند. برای حفاظت جنگل و رسیدن به توسعه پایدار، برنامه‌ریزی و اجرای دقیق طرح‌های جنگلداری ضروری است. احداث جاده‌های سنتی در جنگل‌های کوهستانی، با توجه به مسائل فنی و زیست محیطی بسیار مشکل است. بنابراین تغییر در اهداف مدیریتی جنگل و مطرح شدن معیارهای زیست-محیطی و اقتصادی باعث ایجاد تفکر به کارگیری روش‌های نوین و با قابلیت و توانایی‌های بالاتر شد که طراحان را به سمت استفاده از کامپیوتر و در مرحله بعد به سمت GIS سوق داد. لذا با بکارگیری روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP)، تکنیک تاپسیس و روش ELECTRE می‌توان معیارهای موثر در طراحی جاده را اولویت‌بندی کرد و با تلفیق این معیارها با روش ترکیب خطی وزن‌دار (WLC) در نرم‌افزار GIS نقشه مطلوبیت تهیه نمود، سپس به کمک نرم‌افزار PEGGER به طراحی و ارزیابی مسیر جاده می‌پردازند، همچنین علاوه بر این روش‌های نوین دیگری مانند شبکه عصبی مصنوعی، NETWORK2000 و TRACER را اشاره کرد. بنابراین با استفاده از روش‌های نوین در طراحی جاده می‌توان کیفیت، سرعت، هزینه و دقت طراحی را بهبود بخشید، در نتیجه می‌توان مسیره‌های مناسب با کیفیت مطلوب‌تری را طراحی کرد.

واژه‌های کلیدی: جاده جنگلی، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، PEGGER

مقدمه

جنگل‌ها دارای خدمات اکوسیستمی بسیار زیادی می‌باشند. این خدمات شامل تهیه مواد غذایی، حفاظت از تخریب خاک، تولید چوب و غیره می‌باشد. از اینرو اخیراً بحث مدیریت چند منظوره جنگل‌ها، به‌جای دیدگاه تک بعدی تولید چوب رو به گسترش می‌باشد. این شیوه مدیریت شامل در نظر گرفتن مسائل اکوتوریسم، اکولوژی، مسائل اقتصادی و اجتماعی جنگل‌نشینان و ... می‌باشد و اهداف متعددی علاوه بر تولید چوب را در برنامه‌ریزی مورد توجه قرار می‌دهد (Amani, 2000). جنگل مجموعه‌ای است که تحت تأثیر عوامل مختلف و در مدت زمان طولانی شکل گرفته و به تعادل رسیده است. در حقیقت اساس مدیریت جنگل و بهره‌برداری اصولی وابسته به برنامه‌ریزی شبکه جاده جنگلی است. معیارهای طراحی شبکه جاده بر مبنای تولید چوب و صرفه اقتصادی استوار می‌باشد ولی امروزه به علت استفاده چند منظوره از شبکه جاده جنگلی با در نظر گرفتن مسایل زیست محیطی توجه بیشتری می‌شود. بنابراین داشتن یک مدیریت علمی برای رسیدن به توسعه پایدار طراحی دقیق شبکه جاده جنگلی مناسب با در نظر گرفتن مسایل زیست محیطی اجتناب ناپذیر است (Ghajar, 2005). احداث جاده‌های سنتی در جنگل‌های کوهستانی، با توجه به مسائل فنی و زیست محیطی بسیار مشکل است. اخیراً مدیریت اطلاعات به طور همزمان با توجه به عوامل مهم در طراحی جاده و ارزیابی سریع از جاده‌ها با استفاده از GIS امکان پذیر است (Raafatnia et al., 2006). از یک طرف وجود این مشکلات و نواقص و همچنین از طرفی تغییر در اهداف مدیریتی جنگل و مطرح شدن معیارهای زیست محیطی و اقتصادی باعث ایجاد تفکر به کارگیری روش‌های نوین و با قابلیت و توانایی‌های بالاتر شد که طراحان را به سمت استفاده از کامپیوتر و در مرحله بعد به سمت GIS سوق داد (Mohd Hasmadi et al., 2010). (Hayati, 2011) با تلفیق نرم‌افزارهای PEGGER و GIS و با استفاده از تکنیک‌های ارزیابی چندمعیاری در بخش بهارین در

جنگل خیرود کنار برای طراحی شبکه جاده‌های جنگلی نشان داد که این روش، روش مناسبی برای طراحی و تعیین بهترین گزینه‌های شبکه جاده هم از لحاظ فنی و اقتصادی و هم از لحاظ زیست‌محیطی می‌باشد. هدف از این تحقیق کاربرد GIS و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در جنگل است، که در این پژوهش عملکرد روش‌های نوین در طراحی جاده مورد بررسی قرار گرفته است.

روش تصمیم‌گیری چند معیاره

در روش تصمیم‌گیری چندمعیاره داده‌های اولیه براساس نظرات کارشناسان در قالب ماتریس تصمیم‌گیری جمع‌آوری شده و مبنای تصمیم‌گیری نهایی و به عبارتی تلفیق نظرات افراد ذکر می‌شود. این روش بر پایه استدلال ریاضی بهترین گزینه تصمیم‌گیری را از بین گزینه‌های موجود با اولویت‌بندی آن‌ها تعیین می‌کند (Noori and Tabatabaeiyan, 2006). برای انتخاب معیارهای تاثیرگذار در طراحی جاده‌ها، می‌توان از رویکرد دلفی استفاده کرد. دلفی یکی از مهم‌ترین و جدیدترین ابزارهای پژوهش کیفی است که از آن در تعیین معیارهای موثر با توجه به نظرات کارشناسان استفاده می‌شود. مراحل اجرای دلفی شامل تشکیل تیم اجرایی و انتخاب کارشناسان، تهیه پرسشنامه، ارسال اولیه آن به کارشناسان، بررسی، ارسال مجدد به دفعات لازم، آنالیز و در نهایت گزارش می‌باشد (Hayati et al., 2013). بنابراین برای وزن‌دهی معیارهای موثر در طراحی جاده‌های جنگلی روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره کاربرد زیادی دارند، که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) یکی از معروف‌ترین فنون تصمیم‌گیری چند معیاره است که اولین بار توسط ساعتی ابداع گردید. با استفاده از AHP اطلاعات دقیق، دانش متخصصان و ترجیحات موضوعی می‌توانند با هم تلفیق شده و مورد بررسی قرار گیرند و معیارهای کیفی به مانند معیارهای کمی مورد ارزیابی قرار گیرند (Saaty, 1977).

۲- روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP)

روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) از اصول فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) پیروی می‌کند و از توسعه روش AHP به وجود آمده است که امکانات گسترده‌تری را برای تصمیم‌گیری در محیط‌های پیچیده فراهم می‌نماید. در این روش نیز ابتدا یک سلسله مراتب برای شاخص‌ها و زیرشاخص‌ها و گزینه‌ها، طرح و ماتریس‌های مقایسه زوجی تشکیل می‌گردد. مدل شبکه‌ای تصمیم‌گیری، بر ارتباطات یک‌طرفه و اثرات متقابل بین معیارها و زیرمعیارهای هر معیار استوار است. بر خلاف فرآیند سلسله مراتبی (AHP) که ارتباط عناصر تشکیل دهنده مدل یک‌طرفه است، در فرآیند تحلیل شبکه‌ای یک عنصر از مدل بر عنصر یا عناصر دیگر و حتی بر خود اثر گذار است و ممکن است از دیگر عناصر نیز تاثیر بپذیرد، به عبارت دیگر مسئله از حالت خطی خارج و در قالب غیر خطی یا شبکه‌ای نمود می‌یابد (Saaty, 2001).

۳- روش تاپسیس (TOPSIS)

تاپسیس یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره قوی برای اولویت‌بندی گزینه‌ها از طریق شبیه نمودن به جواب ایده‌آل می‌باشد که توسط هوانگ و یون در سال ۱۹۸۱ پیشنهاد شد. از این روش می‌توان برای رتبه‌بندی و مقایسه گزینه‌ها و انتخاب بهترین گزینه و تعیین فواصل بین گزینه‌ها و گروه‌بندی آن‌ها استفاده کرد. در این روش m گزینه به وسیله n شاخص، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. براساس این تکنیک، گزینه انتخابی باید کمترین فاصله را با راه‌حل ایده‌آل مثبت (بهترین حالت) و بیشترین فاصله را با راه‌حل ایده‌آل منفی (بدترین حالت) داشته باشد (Hwang and Yoon, 1981).

۴- روش ELECTRE

روش ELECTRE از جمله روش‌های تصمیم‌گیری است، که شاخص‌های کمی، کیفی مورد استفاده قرار می‌گیرند و با مقایسات زوجی، رتبه‌بندی آن‌ها به دست می‌آید. تکنیک ELECTRE III یکی از قویترین و موثرترین روش‌های برنامه‌ریزی

چندمعیاره است که به وسیله بسیاری از محققان روشی کارا شناخته شده است. این تکنیک دارای برتری‌هایی مانند مفاهیم برتری و حدود آستانه بی تفاوتی و برتری است که در سایر روش‌های تصمیم‌گیری به چشم نمی‌خورد. همچنین در این تکنیک دو مفهوم سازگاری و ناسازگاری به صورت توابع فازی تعریف می‌شوند و از این طریق معیارهای کمی و کیفی برای اولویت‌بندی گزینه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند (Kazazi et al., 2011).

-سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)

سیستم اطلاعات جغرافیایی با امکانات ویژه‌ای چون سرعت و دقت، ورود و خروج اطلاعات و نقشه‌ها از سیستم‌های دیگر، امکان آنالیز و تلفیق، امکان برنامه نویسی و... از مهم‌ترین ابزار در سال‌های اخیر می‌باشد که پیاده‌سازی تکنیک‌های پیشرفته و پیچیده‌ی برنامه‌ریزی را در کوتاهترین زمان ممکن میسر ساخته است. ابزاری که می‌تواند در بروزرسانی داده‌ها و سامان‌دهی آنها کمک کند و دسترسی سریع و آسان به آنها را در فراهم نماید. پیشرفت‌های اخیر در زمینه‌ی تکنولوژی اطلاعات، در فرایند برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری، فرصت‌های زیادی را برای ارزیابی راهبردهای جدید وابسته به پردازش رایانه‌ای داده‌های جغرافیایی، مدیریت داده‌ها، تحلیل داده‌ها، ساخت سناریوها و آماده کردن داده‌ها فراهم کرده است. (Ludin et al., 2006). امروزه با دانش و فن‌آوری GIS می‌توان داده‌های متفاوت و از منابع مختلف را برای فرایند طراحی مسیر در یک تحلیل مکانی ترکیب نمود و یک چارچوب برای توسعه و روی هم‌گذاری لایه‌های اطلاعاتی ورودی و انجام تحلیل‌های مکانی فراهم کرد. امکان روی هم‌گذاری تعداد زیادی لایه اطلاعاتی، نداشتن محدودیت در تعداد لایه‌های مورد استفاده، ذخیره و قابلیت تحلیل بالایی از اطلاعات، امکان استفاده از نقشه‌های رقومی صحت بالا، ویرایش ساده‌تر، سرعت عمل بالا و هزینه عملکردی پایین از مهم‌ترین مزایای استفاده از GIS در طراحی می‌باشد و این مزایا باعث استفاده روزافزون از GIS شده است (Firoozan, 2006).

-ترکیب خطی وزن‌دار (WLC)

روش ترکیب خطی وزن‌دار رایج‌ترین تکنیک در تحلیل ارزیابی و تصمیم‌گیری چند معیاری است. در روش ترکیب خطی وزن‌دار، تحلیل گر یا تصمیم‌گیرنده به طور مستقیم وزن‌هایی از اهمیت نسبی را به هر معیار می‌دهد، سپس از طریق ضرب نمودن وزن هر معیار در مقدار آن خصیصه یک مقدار نهایی برای هر گزینه به دست می‌آید. یکی از مزیت‌های روش WLC انتخاب بهترین گزینه (بهترین مکان یا پیکسل) بر مبنای رتبه‌بندی آنها از طریق ارزیابی چند معیار اصلی است. این روش (WLC) را می‌توان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و قابلیت‌های همپوشانی این سیستم اجرا کرد، که برای تولید نقشه مطلوبیت، نقشه معیارها با هم ترکیب و تلفیق گردند. پردازش WLC امکان جایگزینی کامل بین فاکتورها را براساس وزن هایشان فراهم می‌کند. این روش امکان استانداردسازی معیارها در ساختاری پیوسته را فراهم می‌کند و لذا اطلاعات مهم درباره درجه مطلوبیت را حفظ می‌نماید. ضمن آنکه امکان اختصاص وزن‌های متفاوت را به فاکتورها می‌دهد که این کار منجر به جبران فاکتورها با هم می‌شود (Mansor et al., 2006).

-کاربرد شبکه عصبی مصنوعی (ANN) در طراحی جاده

شبکه‌های عصبی به علت افزایش سرعت محاسبات و مدل‌سازی یکی از الگوریتم‌های جدیدی هستند که اخیراً کاربرد زیادی دارند (Kia, 2014). از پرکاربردترین شبکه‌های عصبی می‌توان شبکه عصبی پرسپترون چندلایه (MLP) و شبکه تابع پایه شعاعی (RBF) را نام برد. شبکه‌های پرسپترون توانایی مناسبی جهت یادگیری با بردارهای ورودی را دارند و برای حل مسائل ساده مناسب می‌باشند. اما شبکه‌های شعاع مینا به سلول‌های عصبی بیشتری نیاز دارند و زمان طراحی آن نیز نسبت شبکه پس انتشار کوتاهتر است (Bayati et al., 2013). از رگرسیون خطی برای مقایسه و ارزیابی عملکرد شبکه عصبی و انتخاب بهترین مدل استفاده می‌شود. بنابراین عملکرد شبکه عصبی مصنوعی بهتر از رگرسیون خطی می‌باشد و با مقایسه دو شبکه عصبی

RBF و MLP در پیش بینی عرض عملیات خاکی برای طراحی جاده مشاهده شد که شبکه MLP کارایی بهتری نسبت به شبکه RBF دارد (Petrov *et al.*, 2014). همچنین (Jvanmard, 2015) در مطالعه خود به این نتیجه رسید استفاده از شبکه عصبی MLP نسبت به شبکه RBF و روش رگرسیون خطی عملکرد بهتری در طراحی جاده دارد.

طراحی گزینه‌های مختلف شبکه جاده

۱- طراحی مسیر پیشنهادی شبکه جاده با استفاده از نرم‌افزار PEGGER

برنامه کامپیوتری PEGGER یک برنامه جانبی در نرم‌افزار ArcView است که مسیر جاده‌های جنگلی را با استفاده از روش گام‌پرگار طراحی می‌کند. عملکرد این برنامه متکی به داده‌های DEM است، این نرم‌افزار در محیط GIS به دلیل توانایی در تجزیه و تحلیل حجم بالای اطلاعات با دقت و سرعت بالا، این امکان را برای طراحان جاده به وجود می‌آورد که بتوانند تعداد زیادی شبکه جاده را با توجه به نقشه توپوگرافی منطقه و نقشه خطی و مطلوبیت در حداقل زمان طراحی و مورد ارزیابی قرار دهند، که نقشه مطلوبیت به طراح کمک می‌کند بیشتر از مناطق با مطلوبیت خیلی خوب انجام دهد. مرحله بعدی کار تعیین نقطه شروع و شیب موردنظر است، که با در نظر گرفتن شیب و نقطه ابتدا طراحی آغاز می‌گردد. (Rogers, 2005).

۲- طراحی شبکه جاده با استفاده از NETWORK 2000

یکی دیگر از نرم‌افزارهای مورد استفاده برای طراحی شبکه جاده NETWORK 2000 می‌باشد. این نرم‌افزار با استفاده از الگوریتم‌های اکتشافی، مسائل مربوط به هزینه‌های ثابت و متغیر شبکه جاده را بر طرف می‌کند. این برنامه برای انتخاب شبکه جاده بهینه با کمترین هزینه جاده‌سازی و بهره‌برداری بکار می‌رود. این مدل به اطلاعات اتصال و فروش نیاز دارد. اطلاعات اتصال شامل هزینه‌های ثابت و متغیر گره‌های شبکه جاده و اطلاعات فروش شامل پارسل منشاء تولید چوب، مقصد، حجم و سال تولید می‌باشد. بعد از وارد کردن این اطلاعات، مدل اقتصادی‌ترین مسیر را برای خارج کردن چوب با توجه به مبدا و مقصد مشخص می‌کند (Jourgholami *et al.*, 2011).

۳- نرم افزار TRACER در طراحی جاده

در مطالعاتی که در سال‌های اخیر انجام شده است طراحان جاده‌های جنگلی برای ردیابی مسیر جاده مدل سه بعدی (3D) تحت عنوان TRACER را برای ارزیابی سریع مسیرهای مختلف شبکه جاده توسعه داده‌اند. هدف این مدل طراحی شبکه جاده جنگلی با کمترین هزینه ساخت، تعمیر و نگهداری و حمل و نقل و اصول زیست‌محیطی می‌باشد. این مدل داده‌های ورودی را از طریق نمایش سه بعدی بهبود می‌بخشد و باعث افزایش بازده کاربر و کاهش سرعت طراحی می‌شود و با استفاده از این مدل متوسط حجم رسوب از مقطع جاده به داخل رودخانه در محیط GIS تخمین زده می‌شود (Akay, 2013).

بحث و نتیجه‌گیری

با استفاده از قابلیت‌های GIS، می‌توان مسیرهای اولیه را به راحتی برای مناطق وسیع در زمان کمتری در مقایسه با استفاده از روش‌های دستی و متکی بر گام‌پرگار مشخص نمود. برای استفاده از برنامه PEGGER در محیط GIS، با بهره‌گیری از نقشه خطوط میزان منحنی و براساس ویژگی درصد شیب طولی در طراحی مسیر بین دو نقطه، می‌توان مسیرهای مختلفی را به صورت سریع پیشنهاد داد و با آنالیز آن‌ها در محیط GIS مسیر مناسب را انتخاب نمود پژوهش‌های انجام گرفته در این زمینه نشان‌دهنده کارایی مناسب این روش می‌باشد (Moradmand Jalali and Hoseini, 2009) و (Erdash and Gumus, 2000). لذا (Moghadasi *et al.*, 2015) در پژوهشی ابتدا معیار و گزینه‌های موثر در طراحی جاده‌های جنگلی را تعیین و شبکه‌ای بین معیارها را طراحی کرد، سپس روابط بین خوشه‌ها و گزینه‌ها را بررسی کرد و به این نتیجه رسید که روش تحلیل شبکه‌ای روش مناسبی برای رتبه‌بندی معیار هاست. همچنین سعیدی و نجفی برای تعیین اولویت خروج دام از جنگل و ساماندهی جنگل‌نشینان در سری باباکوه در گیلان از فرایند ANP استفاده و کارایی مناسب این روش را تایید کردند. همچنین استفاده از

AHP روش مناسبی برای وزن‌دهی معیارهای تاثیرگذار در روند طراحی و ارزیابی می‌باشد. پژوهش‌های انجام شده در این زمینه حاکی از کارایی مناسب این روش می‌باشد (Abdi et al, 2006) و (Hayati, 2011). (Abedian, 2009) نیز روش TOPSIS را به کار بردند و به این نتیجه رسیدند که این روش برای وزن‌دهی معیارها موثر در طراحی جاده کاربرد زیادی دارد. در سال‌های اخیر علاوه بر GIS روش‌های جدید دیگری برای طراحی جاده جنگلی بکار گرفته شده است که باعث افزایش کارایی و طراحی بهینه‌تر، دقت بیشتر و هزینه کمتر جاده‌های جنگلی شده‌اند. لذا (Jourgholami et al., 2011) در مطالعه‌ای از نرم‌افزار NETWORK 2000، (Akay, 2013) نرم افزار TRACER، (Rogers, 2005) نرم‌افزار PEGGER و (Jvanmard, 2015) از شبکه عصبی مصنوعی (ANN) برای طراحی مسیر استفاده کردند، که نشان‌دهنده کارایی مناسب این روش‌ها در طراحی می‌باشد.

در یک جمع‌بندی کلی می‌توان نتیجه‌گیری کرد که برای تحقق اهداف مدیریتی در جنگل نیاز به احداث جاده‌های جنگلی ضروری است. لذا طراحی و ارزیابی شبکه جاده با استفاده از روش سنتی بسیار وقت گیر و پرهزینه است در حالیکه در طراحی های مبتنی بر استفاده از امکانات GIS، می‌توان تعداد نامحدودی از لایه‌های اطلاعاتی را به طور همزمان و با صرف وقت و هزینه کمتر و با دقت بالاتر مورد تحلیل قرار داد. همچنین به دلیل وسعت زیاد واحد مدیریتی جنگل بررسی و ارزیابی شبکه جاده حمل و نقل بسیار پیچیده خواهد بود. اما در روش های نوین با استفاده از قابلیت بالای GIS تحلیل حجم بالایی از اطلاعات به صورت لایه های مختلف رقومی با سرعت و دقت زیادی امکان پذیر می‌باشد. در نهایت نتایج نشان می‌دهد که کاربرد سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در چنین سطحی با تجزیه و تحلیل رایانه‌ای می‌تواند در تهیه نقشه طراحی شده برای مسیرهای بهینه با دقت و سرعت بیشتری مورد استفاده قرار گیرد.

References

- Abdi, E., B. Majnounian & A.A. Darvish Sefat, 2008. evaluation on forest road network variants based on construction cost using multi criteria method in GIS environment, *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 12(44): 279-289. (In Persian)
- Abedian, S., 2009. Road network routing based on the parameters of landscape ecology. MSc Thesis. Collage of Natural Resources. Tehran University, 145 p. (In Persian)
- Akay, A.E., 2013. Minimizing total cost of construction, maintenance and Transportation costs with computer aided forest road desing. PhD Thesis. Oregon State University, 229p.
- Erdash, O., & S. Gumus, 2000. The use of Geographical Information Systems in selecting forest road routes, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 24(5): 611-620.
- Hayati, E., E Abdi, B. Majnounian & M. Makhdom, 2013. Performance and sensitivity decision to call Delphi and AHP team decision-making in natural resources research, *Jurnal of the forest and wood products, natural resources Iranian Journal*, 67(2): 1-14. (In Persian)
- Hwang, C.L. & K. Yoon, 1981. Multiple Attribute Decision Making: Methods and applications, A state of the art survey, Springer.
- Kazazi, A., M. Amiri & F. Yaghobi, 2011. Evaluation and strategic prioritization using ELECTRE III approach in Fuzzy environment, *seasonal scientific research industrial management*, 8(20): 49-79. (In Persian).
- Mansor, S., B. Ahmed, R. Shiriff, & M. Shalabi, 2006. GIS Based Multicriteria Housing sit suitability Assessment, Shaping the change, XXIII Congress, Munich, Germany. October, 8-13.
- Raafatnia, N.A., O. Abdi, & Sh. Shataee, 2006. Determining proper method of preliminary forecasting of mountain and forest roads using GIS, *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 14(3): 244-257. (In Persian).
- Rogers, W.L., 2005. Automating Contour Based Route Projection for Preliminary Forestry, Road Design Using GIS. MSc Thesis. Washington State University. Collage of Forest Resources, 59P.
- Saaty, T.L., 2001. Decision making with dependence and feedback: Analytic Network Process, RWS, Pittsburg.
- Saeidi, H.R., & A. Najafi, 2011. Application of analytic network process (ANP) to determine priority of livestock movement out of forest and forest settlers reorganization, (case study: Babakouh district, Guilan), *Iranian Journal of Forest*, 2(4): 309-321. (In Persian)

- Amani, M. (2000). National Forestry Program (National Action) - a program regional forestry planning - under the overall direction of north of sustainable forest management. *Forest and Rangeland*, 37: 20-31. (In Persian)
- Bayati, H., A. Najafi & P. Abdolmaleki, 2013. Comparison between artificial neural network (ANN) and regression analysis in tree felling time estimation. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 20(4): 595-607. (In Persian)
- Firozan, A., 2006. Planning the road network using GIS for selective logging method. Ph.D thesis. Department of Natural Resources. Islamic Azad University, Science and Research, 149p. (In Persian).
- Ghajar, A., 2005. Investigating and providing proper road network for optimal forestry management. MSc Thesis. Collage of Forest Resources, GilanUniversity, 130p. (In Persian)
- Ghazi Noori, S.S. & S.H.S.Tabatabaeiyan, 2006. Sensitivity analysis of multi-index decision issues relative to the method used, University Tehran, Number 36, 25-38. (In Persian)
- Hayati, E., 2011. Forest road network planning using GIS and Multi Criteria Evaluation. (MCE). MSc Thesis. Collage of Forest Resources, Tehran University, 82p. (In Persian).
- Javanmard, M., 2015. Forest road network planning using Artificial Neural Networks and GIS.MSc Thesis. Collage of Forest Resources. Tehran University, 81pp. (In Persian)
- Jourgholami, M., E. Abdi, W. Chung, & B. Majnounian, 2011. Forest road planning considering road and skidding costs, (Case study: Kheyroud Forest), *Iranian Journal of Forest*, 3(2): 99-107. (In Persian)
- Kia, S.M., 2014. Neural Networks in MATLAB. Kian Publication, Tehran, 402 p.
- Ludin. A.N., A. Yaakup, S.Z. Abu Bakar, A. Maidin, & L.H. Ramle, 2006. GIS And Planning Support System for Klang Valley Region. Malaysia. In: ASIA GIS. International conference, March 9-10, Johor, Malaysia. 160-170.
- Moghaddasi, P., S.A. Hosseini, & A. Fallah, 2013. The use of ANP (ANP) in the design of forest road network based on multi-functional forestry, *Jurnal of the forest and wood products, natural resources Iranian Journal*, 2(68): 383-394. (In Persian)
- Moradmand Jalali, A., & S.A. Hosseni, 2011. Application of GIS in the design of forest roads, *Environmental Science and Technology*. 11 (1): 274-263. (In Persian)
- Peyrov, S., A. Najafi, & S.J. Alavi, 2014. Prediction of forest roadway using artificial neural network and multiple linear regressions, *Jurnal of Forest Sustainable Development*, 1(3): 286-296. (In Persian)
- Saaty, T.L., 1977. A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15: 231-281.