مجله پژوهش و توسعه جنگل
جلد ۱، شماره ۴، صفحه ۳۴۹-۳۳۷، (۱۳۹۴)

اولویت‌بندی شاخص‌های مؤثر بر طراحی جاده‌های جنگلی (بررسی موردی: جنگل‌های لاکوبن، شهرستان عباس‌آباد، شمال ایران)

معصومه سلملیان[۱]، سید رستم موسوی میرکلا[*۲]، مهدی عرفانیان[۳] و امید حسین‌زاده[۲]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
۲- استادیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
۳- استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

تاریخ دریافت: ۹٤/۰۸/۰۱ تاریخ پذیرش: ۹٤/۱۱/۱٤

چکیده

جاده‌های جنگلی نقش مهمی در مدیریت، حفاظت و احیاء جنگل‌ها در مناطق کوهستانی دارند. در این تحقیق برای انتخاب مهم‌ترین معیارهای تأثیرگذار در طراحی جاده‌های جنگلی از روش دلفی استفاده شده است. در مرحله اول معیارهای مهم‌تر و مؤثرتر در طراحی جاده با استفاده از رویکرد دلفی تعیین شده و در مرحله دوم معیارهایی که در مرحله اول انتخاب شده‌اند، در مرحله دوم وزن دهی شدند. در این بررسی معیارهای فنی و زیست‌محیطی مورد استفاده قرار گرفتند که این معیارها شامل شیب، فاصله از گسل و مناطق لغزشی، راه‌های موجود، سنگ‌بستر، بافت خاک، نوع تجهیزات بهره‌برداری و خروج چوب، فاصله از آبراهه و چشمه، جهت دامنه، ارتفاع از سطح دریا، ارزش توده‌ها از نظر حفظ ذخایر ژنتیکی، منطقه حفاظت‌شده، زیستگاه گونه‌های جانوری، تنوع گونه‌های گیاهی، موجودی در هکتار، چشم‌انداز (اکوتوریسم)، تیپ پوشش گیاهی، دسترسی به آبادی‌های اطراف جنگل و دام سرا می‌باشند. با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره (ELECTRE III) معیارها مورد بررسی قرار گرفتند و با مقایسات دو وجهی میان گزینه‌ها، رتبه‌بندی شدند. رتبه‌بندی معیارها نشان می‌دهد که معیار شیب دامنه با وزن ۰/۱۷ به‌عنوان مهم‌ترین معیار است و با بالاترین مقدار وزن در رتبه اول قرار گرفته و معیار دام سرا با وزن ۰/۰۰٤ یعنی کمترین مقدار وزن در رتبه آخر قرار دارد.

واژه‌های کلیدی: روش ELECTRE III، روش دلفی، شبکه جاده جنگلی، لاکوبن.

[*] نویسنده مسئول: Email: aftabshomal@gmail.com

مقدمه

جاده‌های جنگلی به دلیل ایجاد امکان دسترسی دائمی به جنگل، یکی از ارکان اساسی حمل‌ونقل چوب محسوب می‌شوند. جاده‌های جنگلی برای فعالیت‌های مختلف مانند مدیریت منابع چوبی، حفظ حیات‌وحش، تفریح و تفرج، مبارزه با آفات و بیماری‌ها و مقابله با آتش‌سوزی و همچنین در تمام فعالیت‌های مربوط به طرح جنگلداری مانند عملیات جنگلکاری، احیاء، توسعه، حمایت، حفاظت، جنگل‌شناسی و بهره‌برداری ضروری می‌باشند (Narimani, 2002; Firozan *et al.*, 2011). از طرف دیگر جاده‌سازی به‌عنوان یکی از مهم ترین عوامل تخریب در عرصه‌های منابع طبیعی است. با طراحی مناسب جاده‌ها کمترین خسارات به جنگل وارد شده، همچنین فضا را برای مدیریت بهینه آن فراهم می‌کند. در اراضیِ پایدار، احداث جاده‌هایی که از شیب متوسط تا کمی برخوردار بوده موجب کاهش هزینه‌های خاک‌برداری، خاک‌ریزی، پایدارسازی خاک و درنتیجه کاهش هزینه‌های ساخت‌وساز می‌شود (Mohammadi *et al*., 2010)؛ از این جهت اولین گام در اجرای پروژه جاده، تهیه مسیر هادی مناسب است که در این مرحله عواملی مانند شیب، جهت جغرافیایی، ارتفاع، توپوگرافی، زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، هیدرولوژی، تیپ پوشش گیاهی، موجودی در هکتار و فاصله از گسل مورد بررسی قرار می‌گیرند (Firozan *et al*., 2011).

. به‌کارگیری تمامی عوامل فوق در طراحی جاده جنگلی به روش‌های سنتی، تصمیم‌گیری را دشوار خواهد کرد (Mohammadi *et al.*,2010). طراحی مسیر مناسب به‌منظور برقراری ارتباط در مناطق جنگلی و کوهستانی از طریق روش‌های متداول و سنتی و با استفاده از خطوط منحنی میزان به روش گام پرگار بسیار وقت‌گیر است. امروزه با استفاده از قابلیت‌های GIS و مدل رقومی ارتفاع (DEM) مسیریابی جاده‌ها در مناطق کوهستانی و مناطق شیب‌دار به‌راحتی با صرف هزینه و زمان کمتری به‌صورت خودکار امکان‌پذیر شده است (Rogers, 2005). قابلیت GIS در طراحی جاده‌های جنگلی سبب می‌شود که مسیر طراحی شده با استفاده از ابزار GIS کوتاه‌تر شده و بیشتر از نقاطی با شیب‌های مجاز عبور کند. همچنین استفاده از این ابزار زمان طراحی را به حداقل می‌رساند (Azizi and Najafi, 2011). بنابراین طراحی و ساخت اصولی جاده‌ها عامل مهمی در اقتصادی بودن بهره‌برداری محسوب می‌شود و این موضوع در سراسر دنیا و در علوم جنگل به اثبات رسیده است (Makhdom, 1995).

ارزیابی صحیح گزینه‌های شبکه جاده مستلزم داشتن اطلاعات کافی در مورد معیارهای تأثیرگذار در روند طراحی و ارزیابی شبکه جاده است. برای شناسایی عوامل تأثیرگذار در جاده می‌توان از روش دلفی استفاده کرد. با استفاده از روش دلفی می‌توان معیارهای مهم و تأثیرگذار در یک فرآیند مانند طراحی و ارزیابی شبکه جاده جنگلی را تعیین کرد (Austen and Hanson, 2008). روش دلفی به‌علت سادگی در اجرای آن و همچنین قابل درک بودن برای کارشناسان شرکت کننده در تصمیم‌گیری، درباره موضوع مورد نظر نتایج قابل اعتمادی را ارائه می‌دهد؛ و هدف از اجرای این روش رسیدن به یک توافق جمعی بین کارشناسان در رابطه با موضوع مورد بررسی است (Taylor and Ryder, 2003).

روش ELECTRE از روش‌های تصمیم‌گیری برای تحلیل مسائل چند شاخصه است که در پاسخ به کاستی‌های روش‌های تصمیم‌گیری معرفی شد. در روش ELECTRE شاخص‌های کمی، کیفی مورد استفاده قرار می‌گیرند و با مقایسات زوجی، رتبه‌بندی

آنها به دست می‌آید. فن ELECTRE III یکی از قوی‌ترین و مؤثرترین روش‌های برنامه‌ریزی چندمعیاره است که به‌وسیلهٔ بسیاری از محققان روشی کارا شناخته شده است. این فن دارای برتری‌هایی مانند حدود آستانه بی‌تفاوتی و برتری است که در دیگر روش‌های تصمیم‌گیری به چشم نمی‌خورد. همچنین در این فن دو مفهوم سازگاری و ناسازگاری به‌صورت توابع فازی تعریف می‌شوند و از این طریق معیارهای کمی و کیفی برای اولویت‌بندی گزینه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند (Kazazi *et al.,* 2011). هر مسئله تصمیم‌گیری به دو مرحله اصلی تقسیم می‌شود. مرحله اول یا مرحله ارزیابی شاخص‌های کلیدی ارزیابی گزینه‌ها تعیین می‌شوند. این مرحله در حد بالایی وابسته به نظر تصمیم‌گیرندگان برای ارزیابی کمی و کیفی گزینه‌ها بر مبنای شاخص‌های مذکور است. نتیجه این مرحله تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری است. مرحله دوم نیز رتبه‌بندی گزینه‌ها توسط ماتریس تصمیم‌گیری است (Carlssoon and Fullér, 1996).

Babapuor (2007) در پژوهش خود سعی کرد کارایی GIS را در تهیه نقشه‌های مورد نیاز برای بررسی اندازه عبور جاده از مناطق پایدار در جنگل‌های شفارود گیلان مورد بررسی قرار دهد. با توجه به مؤثر بودن عواملی مانند شیب، جهت، ارتفاع، تیپ و موجودی در هکتار در طراحی شبکه جاده جنگلی این عوامل با استفاده از تنظیم یک پرسشنامه با روش AHP، نقطه نظرات متخصصین در رابطه با تعیین اهمیت نسبی عوامل جمع‌آوری شد. پس از انجام وزن دهی این عوامل و با توجه به وزن آنها اقدام به طراحی جاده کرد. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که جاده طراحی شده با دارا بودن تراکم بهینه از نظر فنی و شاخص‌های زیست‌محیطی از جاده موجود مناسب‌تر است.

Hosseini (2003) با بررسی جنگل‌های کوهستانی شمال ایران نشان داده شد که شبکه جاده طراحی شده با استفاده از نرم‌افزار GIS، در مقایسه با شبکه جاده موجود، از نظر سهولت دسترسی، فاصله از محل چوب‌کشی، اثرهای زیست‌محیطی، هزینه ساخت و خاک‌برداری بسیار بهتر و مناسب‌تر است. همچنین پژوهشی که Gerasimove و همکاران (2008) در روسیه انجام دادند از GIS به‌عنوان برنامه کمکیِ تصمیم‌گیری برای طراحی و آنالیز شبکه مسیر چوب‌کشی استفاده کرده و چنین نتیجه گرفتند که کاربرد GIS به‌عنوان یک سیستم تصمیم‌گیری می‌تواند روش جایگزین کارآمدی در تعیین محل جاده‌های جنگلی باشد. در جنگل‌های شفارود گیلان Naghdi and Babapur (2009) با استفاده از GIS و روش مقایسات زوجی AHP به طراحی جاده پرداختند. آنها در این تحقیق از ٦ نقشه شیب، جهت، ارتفاع، موجودی در هکتار، تیپ گونه‌های درختی و پایداری استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که این روش می‌تواند برای طراحی شبکه جاده در جنگل‌های کوهستانی شمال ایران روش مناسبی باشد و نسبت به روش سنتی ارجحیت دارد. Mohammadi و همکاران (2010) با استفاده از GIS و AHP اقدام به طراحی جاده جنگلی در سری یک ناو اسالم کردند. در این بررسی پس از تکمیل پرسشنامه با استفاده از روش AHP، عوامل مختلفی مانند شیب، ارتفاع، جهت، خاک‌شناسی، گونه‌های درختی، حجم در هکتار، زمین‌شناسی و هیدرولوژی را مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که ٤ عامل شیب، زمین‌شناسی، هیدرولوژی و خاک‌شناسی از نظر هزینه و زیست‌محیطی به ترتیب دارای بالاترین وزن‌ها هستند و در نتیجه در طراحی جاده‌های جنگلی اهمیت بیشتری دارند. همچنین Hayati (2012) در پژوهش

خود در بخش بهاربن جنگل خیرود، با استفاده از نظرهای کارشناسان به روش دلفی، عامل‌های شیب دامنه، سنگ‌شناسی، فاصله از آبراهه، حساسیت به لغزش، حساسیت به فرسایش، فاصله از گسل، زمین‌شناسی و بافت خاک را به‌عنوان معیارهای مهم و تأثیرگذار در طراحی جاده در نظر گرفتند که با توجه به نتایج مقایسه زوجی معیارهای شیب دامنه، بافت خاک و حساسیت به لغزش به ترتیب دارای بیشترین وزن بودند. هدف از انجام این تحقیق اولویت‌بندی مهم‌ترین معیارهای تأثیرگذار در طراحی جاده و توسعه شبکه جاده بر اساس معیارهای تأثیرگذار در آینده خواهد بود.

مواد و روش‌ها

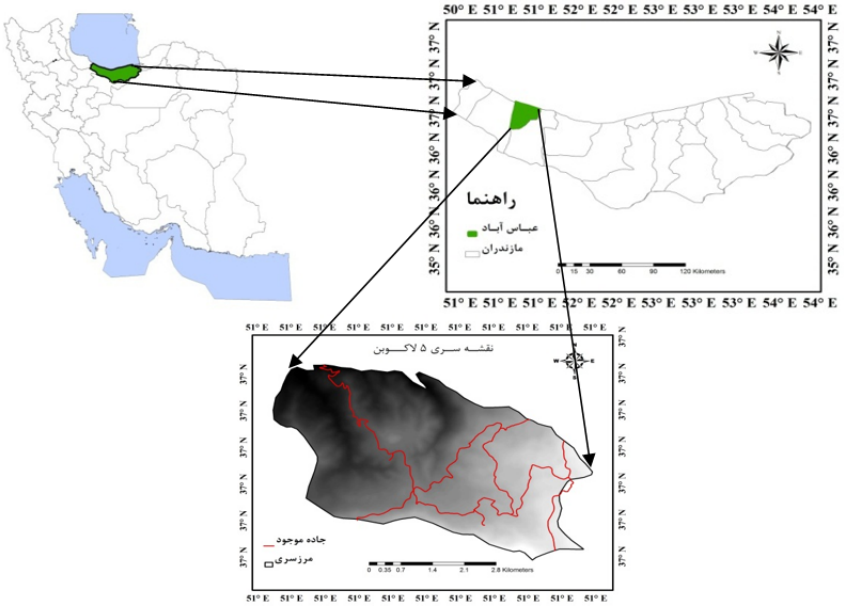
منطقه مورد بررسی

منطقه مورد بررسی جنگل لاکوبن در سری ۵ واقع در حوزه آبخیز ۳۸ بنام حوزه سردآبرود در استان مازندران – عباس‌آباد است (شکل ۱). جنگل‌های ناحیه طرح بر مبنای سیستم مختصات UTM این منطقه در زون ۳۹ شمالی قرار دارد و از نظر موقعیت جغرافیایی بین عرض جغرافیایی ″۴۰ ′۳۸ °۳۶ تا ″۳۱ ′۳۹ °۳۶ و طول جغرافیایی ″۵۰ ′۱۴ °۵۱ تا ″۵۴ ′۱۸ °۵۱ واقع شده، حداقل ارتفاع از سطح دریا ۵۰ متر (قطعات ۵۱۴، ۵۰۲ و ۵۰۱) و حداکثر ارتفاع ۱۱۰۰ متر (قطعه ۵۲۷) است. ب مساحت منطقه حدوداً ۲۱۰۰ هکتار است که این منطقه حدود ۴۱ پارسل را شامل می‌شود. تراکم طولی جاده موجود در این منطقه ۱۲/۰۴ هکتار و درصد شبکه‌بندی ۶۷ درصد است.

روش پژوهش

شناسایی شاخص‌های مؤثر بر طراحی جاده‌های جنگلی

در این پژوهش برای انتخاب معیارهای تأثیرگذار در طراحی جاده‌های جنگلی، از روش دلفی استفاده شده است. به‌طورکلی روش دلفی یک فعالیت مکاتبه گروهی است که توسط یک گروه ناظر اداره می‌شود و توسط یک گروه متخصص که برای یکدیگر ناشناس هستند، اجرا می‌شود.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد بررسی

Figure 1. Geographical location of study area

جدول ۱- مشخصات توده جنگلی مورد نظر برای طراحی شبکه جاده جنگلی

Table 1. Forest stand Characteristics considered for the design of forest road

مشخصات توده جنگلی Characteristics forest stand	توضیحات Description
روش جنگلداری Forestry system	دانه‌زاد ناهمسال Uneven aged high forest
شیوه جنگل‌شناسی Silvicultural treatments	شیوه تک‌گزینی Single selection
تیپ جنگلی Forest type	راش ممرزستان، ممرزستان، انجیلی ممرزستان، راشستان، خرمندی ممرزستان Porrotia Carpinetum, Carpinetum, Fagus Carpinetum, Fagetum, Diospyrue Carpinetum
میانگین موجودی در هکتار The average forest stock	۲۹۰ مترمکعب در هکتار 290 m^3/ha
نوع گونه‌های درختی The tree species	راش، افرا پلت، توسکا، بلوط بلندمازو، ممرز، خرمندی، انجیلی، نمدار، گیلاس وحشی، زبان گنجشک، بارانک *Fagus orientalis*, *Acer velutinum*, *Alnus subcordata*, *Quercus castaneifolia*, *Carpinus betulus*, *Diospyrus lotus*, *Porrotia persica*, *Tilia begonifolia*, *Cerasus avium*, *Fraxinus rotundifolia*, *Sorbus torminalise*
نوع جاده‌ها Type of roads	۲۱ کیلومتر جاده اصلی موجود و ۱۰/۳ کیلومتر جاده پیشنهادی Main forest road 21 km and recommended forest road 10.3 km
بافت خاک Soil Texture	لومی و شنی، لومی و رسی و سیلتی، لومی Loum and Sandy, Loum and Clay and Silty, Loum
نوع سنگ‌بستر Type of bedrock	توف، ماسه‌سنگ توفی، ماسه‌سنگ آهکی، تراکی آندزیت، آندزیت، کوارتز آندزیت Tuff, Tuff Sandstone, Calcareous Sandstone, Trachy Andesite, Andesite, Quartz Andesite

روش دلفی شامل چند مرحله است که در این بررسی، این روش در دو مرحله به شرح زیر اجرا شده است:

مرحله اول دلفی

در مرحله اول دلفی ابتدا پرسشنامه مورد نظر تهیه و تعدادی معیارهای مهم و مؤثر در طراحی جاده در جدول ذکر شد و از طریق پست الکترونیک و یا به‌صورت حضوری به‌صورت یکنواخت بین کارشناسان توزیع و از آنها خواسته شد که توافق و عدم توافق خود را در جدول مشخص نمایند و علاوه بر این معیارها، معیارهای دیگری که در طراحی شبکه جاده تأثیرگذار بوده و برای کاهش اثرهای زیست‌محیطی و افزایش صحت طراحی از نظر فنی و زیست‌محیطی مهم هستند و در جدول ذکر نشده بود را در انتهای لیست اضافه کنند. بعد از جمع‌آوری پرسشنامه‌های مرحله اول که به مدت یک ماه طول کشید اطلاعات خلاصه‌سازی، مرتب و طبقه‌بندی‌شده و در قالب پرسشنامه مرحله دوم جدول‌بندی شدند.

مرحله دوم دلفی

پس از اتمام مرحله اول، پرسشنامه مرحله دوم دلفی بر اساس معیارهای پیشنهادی کارشناسان تهیه شد و برای رتبه‌بندی معیارها مجدداً به پاسخ‌دهندگان مرحله اول ارسال شد. در این مرحله، کارشناسان معیارهای جمع‌بندی شده در مرحله اول را بر اساس اهمیتی که در طراحی داشتند به‌صورت زوجی مقایسه کردند، یعنی بین اعداد یک تا نه امتیازدهی کردند. پس از جمع‌آوری نظرها و تلفیق آنها نهایتاً معیارهایی که وزنشان بسیار ناچیز بود در واقع کمتر از ۰/۰۲ بود و

در طراحی شبکه جاده جنگلی سهم زیادی نداشتند، حذف شدند.

جامعه آماری

برای انجام این پژوهش تعداد ۳۰ نفر که اساتید دانشگاه و کارشناسان ارشد اداره کل منابع طبیعی در بخش فنی و دفاتر ستادی بودند برای تکمیل پرسشنامه انتخاب شدند. پس از تکمیل پرسشنامه توسط متخصصین مهم‌ترین معیارهای تأثیرگذار در طراحی جاده‌های جنگلی مشخص شد، شکل (۲).

رتبه‌بندی معیارها به کمک روش ELECTRE III

برای رتبه‌بندی معیارها پنج نوع مقایسه در نظر گرفته شد:

۱- a بی‌تفاوت است نسبت به b

۲- a برتری ضعیف دارد بر b

۳- a برتری دارد بر b

٤- a برتری قوی دارد بر b

۵- a و b قابل مقایسه نیستند.

برای بررسی اعتبار اولویت‌بندی دو شرط هماهنگی و ناهماهنگی مورد بررسی قرار گرفت. a S b به این مفهوم است که "a حداقل به‌خوبی b است" یا "a بدتر از b نیست" (Kazazi *et al.*, 2011).

مراحل صورت گرفته به شرح زیر است:

گام اول: محاسبه هماهنگی

Kj ضریب اهمیت یا وزن مختص به هر شاخص j در نظر گرفته شد سپس هماهنگی هر دو گزینه به ازای هر شاخص $C_j(a,b)$ توسط رابطه (۲) محاسبه شد. در نهایت شاخص هماهنگی کل ($C_{(a,b)}$) توسط رابطه (۱) محاسبه شد.

$$C(a,b)=\frac{1}{k}\sum K_j.C_j(a,b)\ \&\ k=\sum_{j=1}^{r}k_j \qquad \text{رابطه (۱)}$$

رابطه (۲)

$$C_j(a,b)=\begin{cases}1 & if\ \ g_j(b)\le g_j(a)+q_i\\ 0 & if\ \ g_j(b)\ge g_j(a)+p_j\\ \dfrac{p_j+g_j(a)-g_j(b)}{p_j-q_j} & \text{در غیر این صورت}\end{cases}$$
$$J = 1, 2 \dots r$$

گام دوم: محاسبه ناهماهنگی

برای محاسبه ناهماهنگی، ارزش آستانه دیگری به نام ارزش وتو تعریف شد. اندیس ناهماهنگی برای هر دو معیار به ازای هر شاخص به‌صورت رابطه (۳) محاسبه شد:

رابطه (۳)

$$C_j(a,b)=\begin{cases}1 & if\ \ g_j(b)\le g_j(a)+p_i\\ 0 & if\ \ g_j(b)\ge g_j(a)+v_j\\ \dfrac{g_j(b)-g_j(a)-p_j}{v_j-p_j} & \text{در غیر این صورت}\end{cases}$$
$$J = 1, 2 \dots r$$

گام سوم: بررسی درجه اعتبار رابطه غیر رتبه‌ای S

برای هر جفت از گزینه‌های A ϵ (a,b) مقادیر هماهنگی و ناهماهنگی به دست می‌آید. گام پایانی ترکیب شاخص‌های این دو مقدار برای تعیین درجه غیر رتبه‌ای بود. درجه اعتبار برای هر جفت از گزینه‌های A ϵ (a,b) به‌صورت رابطه (٤) تعریف شدند:

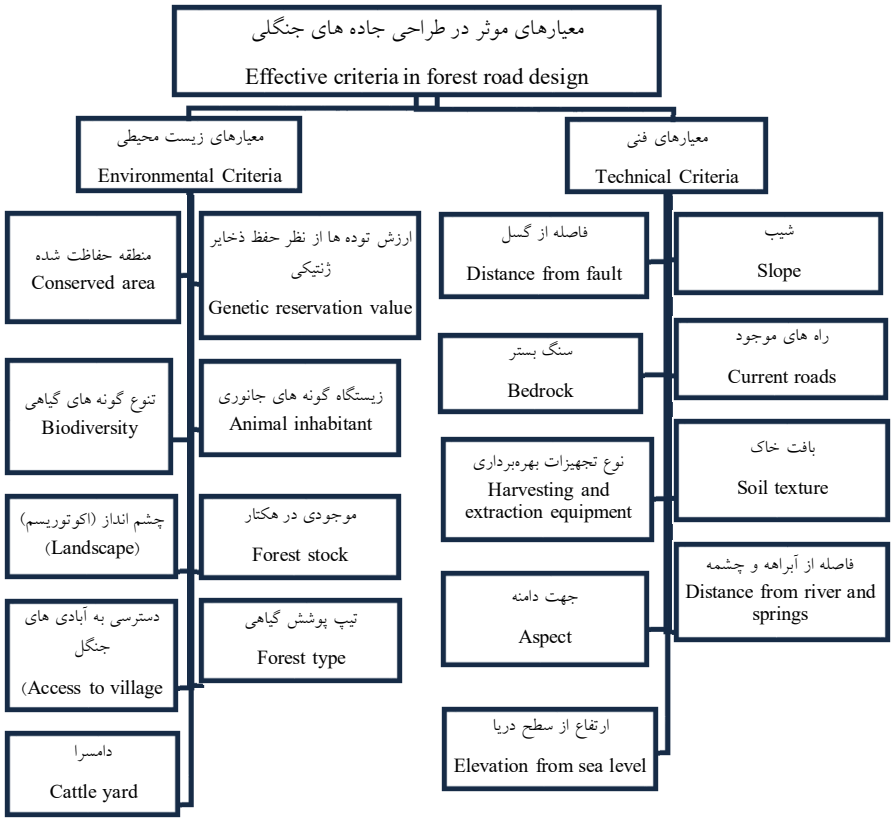
رابطه (٤)

$$S(a,b)=\begin{cases}C(a,b) & if\ \ d_j(a,b)\le C(a,b)\\ C(a,b).II\dfrac{1-d_j(a,b)}{1-C(a,b)} & \\ j\ \epsilon\ J(a,b) & \end{cases}$$

گام چهارم: رتبه‌بندی معیارهای مورد بررسی

گام بعدی تهیه دو پیش رتبه‌بندی صعودی و نزولی Z_1 و Z_2 بود که از ترکیب آنها $Z = Z_1 \cap Z_2$ رتبه‌بندی نهایی حاصل شد. برای این منظور شاخص λ که با نام α-cut یا برش α نیز معرفی می‌شود توسط رابطه (۵) تعیین شد:

$$\lambda=\begin{cases}\max S(a,b)\\ a,b\ \epsilon\ A\end{cases} \qquad \text{رابطه (۵)}$$



شکل ۲- معیارهای فنی و زیست‌محیطی

Figure 2. Technical and environmental factors

به کمک این شاخص مقدار اعتباری معین شد که تنها مقادیری از S(a,b) که نزدیک به آن بودند مورد ملاحظه قرار گرفت. در این فرآیند شاخص جدیدی بنام S(λ) معرفی شد که S(λ) برابر λα+β به دست آمد. در نهایت مقدار λ-S(λ) محاسبه شد. بر این اساس ماتریس T به‌صورت رابطه (٦) تعریف شد:

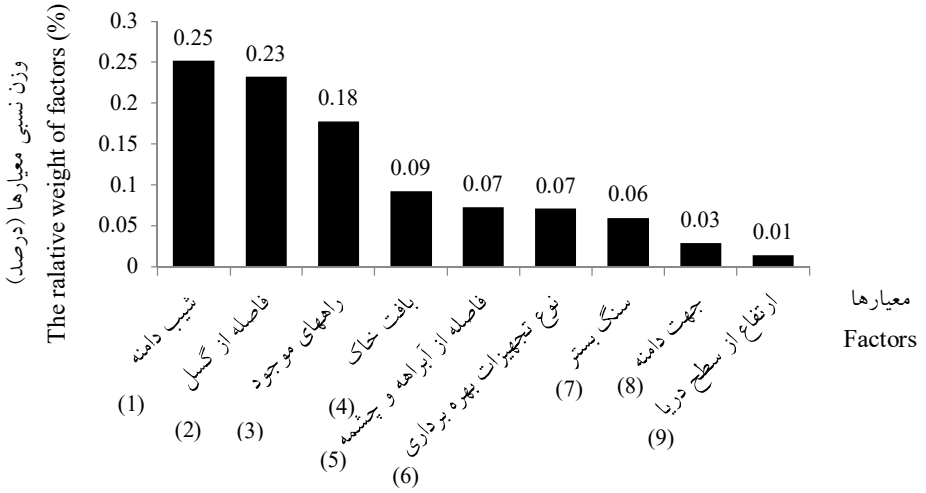
$$\begin{cases} 1 & S(a,b) > \lambda - S(\lambda) \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$$ رابطه (٦)

سپس مطلوبیت برای هر معیار به‌صورت Q(a) نشان داده شد. پس از خروج گزینه‌های دارای بالاترین مطلوبیت از فرآیند، مجدداً با محاسبه λ و S(λ) فرآیند ادامه یافت تا رتبه تمامی معیارهای موردنظر مشخص شد.

نتایج

اولویت‌بندی معیارهای فنی

اولویت‌بندی معیارهای فنی (شکل ۳) نشان می‌دهد که معیار شیب دامنه با وزن ۰/۲۵ به‌عنوان مهم‌ترین معیار تأثیرگذار در طراحی جاده است و در اولویت اول قرار گرفته است. پس از آن فاصله از گسل، راه‌های موجود، بافت خاک، فاصله از آبراهه و چشمه، نوع تجهیزات بهره‌برداری، سنگ‌بستر، جهت دامنه و ارتفاع از سطح دریا به ترتیب با وزن‌های ۰/۲۳، ۰/۱۸، ۰/۰۹، ۰/۰۷، ۰/۰۷، ۰/۰٦، ۰/۰۳ و ۰/۰۱ در اولویت‌های بعدی قرار می‌گیرند.



1- Gradient, 2- Distance from fault, 3-Current roads, 4-Soil texture, 5-Distance from river and springs, 6-Harvesting and extraction equipment, 7-Bedrock, 8-Aspect, 9- Elevation from sea level.

شکل ۳- معیارهای فنی مؤثر در طراحی جاده

Figure 3. Effective technical factors in road designing

اولویت‌بندی معیارهای زیست‌محیطی

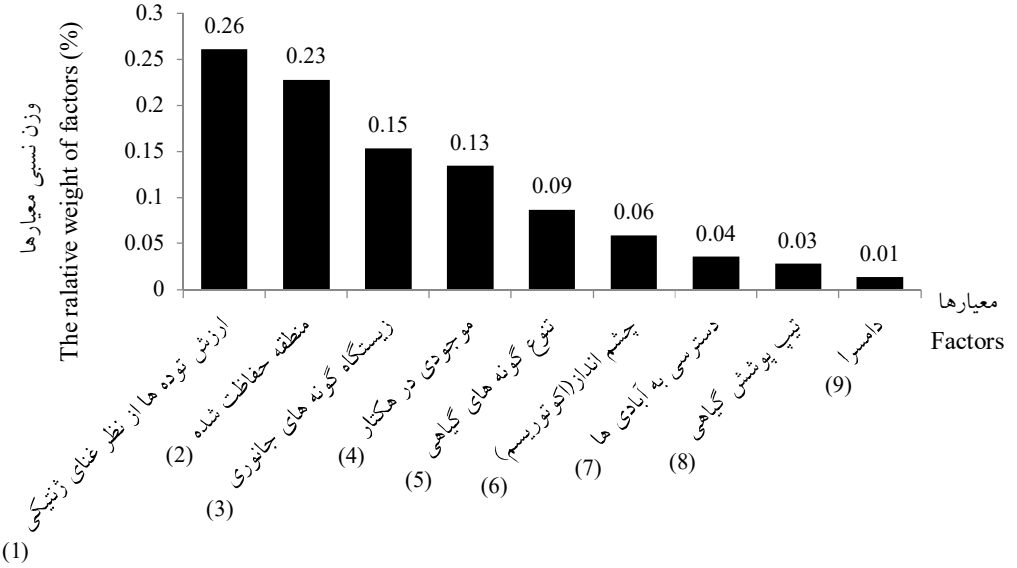
همان‌طور که در شکل (٤) نشان داده‌شده است، اولویت‌بندی معیارهای زیست‌محیطی نشان می‌دهد که معیار ارزش توده‌ها از نظر حفظ ذخایر ژنتیکی با وزن ۰/۲٦ به‌عنوان مهم‌ترین معیار زیست‌محیطی در نظر گرفته شده و در اولویت اول قرار دارد. پس از آن منطقه حفاظت‌شده، زیستگاه گونه‌های جانوری، موجودی در هکتار، تنوع گونه‌های گیاهی، چشم‌انداز، دسترسی به آبادی‌های اطراف جنگل، تیپ پوشش گیاهی و دام سرا به ترتیب با وزن‌های ۰/۲۳، ۰/۱۵، ۰/۱۳، ۰/۰۹، ۰/۰٦، ۰/۰٤، ۰/۰۳ و ۰/۰۱ در اولویت-های بعدی قرار گرفته‌اند.

اولویت‌بندی معیارهای فنی و زیست‌محیطی در طراحی جاده

اولویت‌بندی معیارهای فنی و زیست‌محیطی (شکل ۵) نشان می‌دهد که از بین معیارهای تأثیرگذار در طراحی جاده معیار شیب دامنه با وزن ۰/۱۷ به‌عنوان مهم‌ترین عامل محسوب می‌شود و با بیشترین مقدار وزن در اولویت اول قرار دارد و معیار دام سرا با وزن ۰/۰۰٤ یعنی کمترین مقدار وزن در اولویت آخر قرار دارد.

بحث

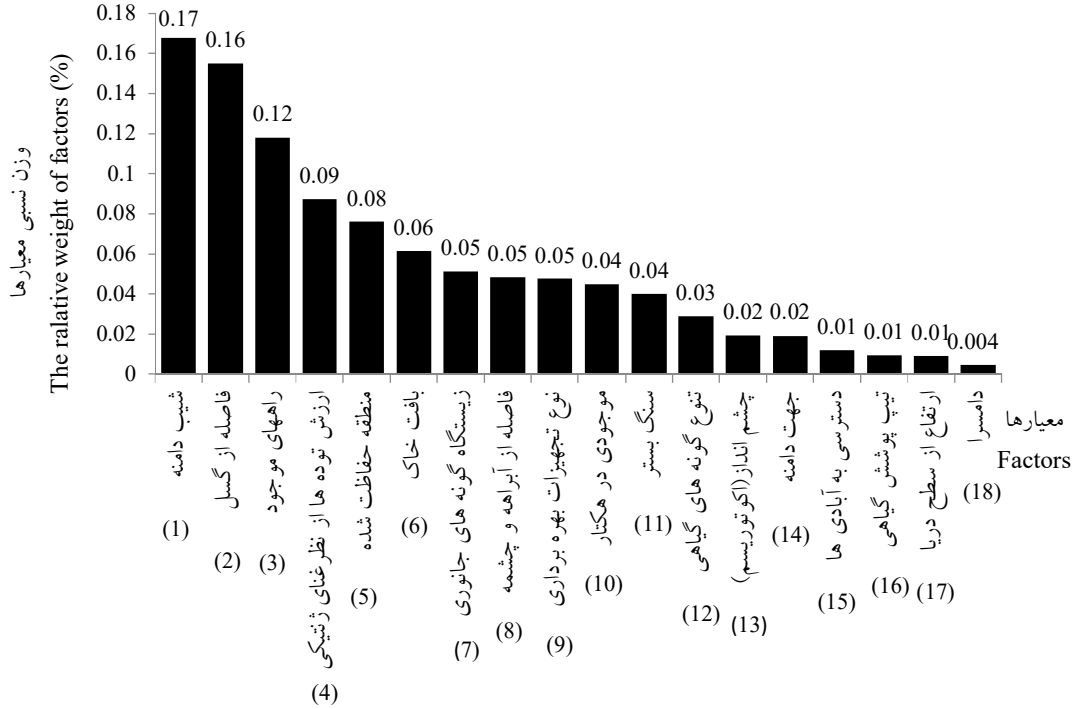
طبق نتایج حاصل از اولویت‌بندی معیارهای فنی مورد استفاده در این پژوهش عامل‌های شیب دامنه، فاصله از گسل، راه‌های موجود و بافت خاک بیشترین وزن را به خود اختصاص داده‌اند؛ که با بررسی‌های انجام شده در مناطق مختلف و از بین این عوامل تأثیرگذار در طراحی جاده‌های جنگلی شیب دامنه به‌عنوان مهم‌ترین معیار بیشترین وزن را دارا بوده و در اولویت اول قرار دارد که در طراحی و احداث جاده‌های جنگلی باید با دقت بیشتری مورد توجه قرار گیرد. شیب کم در طراحی جاده‌های جنگلی به‌عنوان عاملی بسیار مهم و مثبت به شمار می‌رود و طراحی جاده در شیب‌های غیرمجاز هزینه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی بیشتری را در پی خواهد داشت. طراحی جاده در شیب‌های بالاتر از حد مجاز می‌تواند به‌شدت، حجم عملیات خاکی را بیشتر کرده و به دنبال آن هزینه ساخت جاده نیز افزایش یابد.



1- Genetic reservation value, 2-Conserved area, 3- Animal inhabitant, 4-Forest stock, 5- Bio diversity, 6-Landscape, 7-Access to village, 8-Forest type, 9-Cattle yard.

شکل ٤- معیارهای زیست‌محیطی مؤثر در طراحی جاده

Figure 4. Effective environmental factors in the road design



1- Gradient, 2- Distance from fault, 3- Current roads, 4- Genetic reservation value, 5- Conserved area, 6- Soil texture, 7- Animal inhabitant, 8- Distance from river and springs, 9- Harvesting and extraction equipment, 10- Forest stock, 11- Bedrock, 12- Bio diversity, 13- Landscape aspect, 14- Aspect, 15- Access to village, 16- Forest type, 17- Elevation from sea level, 18- Cattle yard.

شکل ٥- معیارهای فنی و زیست‌محیطی مؤثر در طراحی جاده

Figure 5. Effective technical and environmental factors in the road design

در بررسی انجام شده در بخش نم‌خانه جنگل خیرودکنار و وزن دهی به لایه‌های شیب، جهت جغرافیایی و خاک‌شناسی مشخص شد که عامل شیب بیشترین وزن را داشته و بعد از آن لایه خاک‌شناسی و در آخر جهت جغرافیایی قرار دارد. وزن شیب نسبت به جهت حدود ٤/٢٨ برابر و نسبت به خاک‌شناسی ٣/٨٩ برابر محاسبه شد. در نتیجه اهمیت شیب در طراحی شبکه جاده‌های جنگلی نسبت به دو عامل فوق بیشتر است و باید در طراحی جاده‌ها به‌دقت مورد توجه قرار گیرد (Abdi *et al*., 2008). همچنین نتایج حاصل از ارزش‌گذاری عوامل مؤثر در تهیه قابلیت عبور در طرح جنگلداری اسپی‌رود واقع در حوزه ۳۸ سردآبرود نشان داد که عامل شیب با وزن نسبی ۰/۲۸ بیشترین ارزش و طبقات ارتفاعی منطقه با وزن نسبی ۰/۰۵ کمترین ارزش را شامل می‌شود در نتیجه شیب منطقه با توجه به کوهستانی بودن منطقه عاملی معرفی شد که بیشترین تأثیر را در طراحی جاده دارد (Sibi and Rafatnia, 2012). در همین راستا Imani و همکاران (2012) و Naghdi and Babapuor (2009) از بین عوامل تأثیرگذار در طراحی جاده، شیب دامنه را به‌عنوان مهم‌ترین معیار در نظر گرفتند که با نتایج به‌دست‌آمده مطابقت دارد.

از بین معیارهای زیست‌محیطی تأثیرگذار در طراحی جاده ارزش توده‌ها از نظر غنای ژنتیکی، منطقه حفاظت‌شده، زیستگاه گونه‌های جانوری و موجودی در هکتار به‌عنوان چهار معیار مهم در طراحی جاده از نظر زیست‌محیطی می‌باشند؛ که از بین این عوامل ارزش توده‌ها از نظر غنای ژنتیکی مهم‌ترین معیار زیست‌محیطی است که بیشترین تأثیر را در طراحی جاده دارد و جاده‌ها باید در فاصله مناسب از این توده‌ها باشند تا در صورت وقوع آتش‌سوزی و یا دیگر عوامل مخرب به منطقه دسترسی داشته باشیم و اقدامات لازم برای حمایت توده را انجام دهیم. علاوه بر این موجودی در هکتار نیز در طراحی جاده اهمیت دارد که به‌عنوان یکی از نقاط مثبت در طراحی محسوب می‌شود؛ بنابراین جاده‌های جنگلی باید از مسیرهایی با موجودی هکتار بیشتری عبور کند، چرا که عبور جاده از نقاط حاصلخیز با موجودی بالا سبب کاهش هزینه‌های خروج هر مترمکعب چوب می‌شود. همچنین جاده‌های جنگلی باید دور از زیستگاه جانوری باشد چون ممکن است سبب تخریب این زیستگاه‌ها و به خطر انداختن حیات جانوری شود. مناطق حفاظت‌شده نیز از عوامل مهم است که باید در نظر گرفته شود و از ساختن جاده در مناطق حفاظت‌شده باید اجتناب شود چون سبب ناپایداری دامنه‌ها، افزایش فرسایش و کاهش کارآمدی و پایداری جاده‌ها می‌شود. دیگر عوامل از قبیل نوع تجهیزات بهره‌برداری، سنگ‌بستر، جهت دامنه و ارتفاع از سطح دریا، تنوع گونه‌های گیاهی، چشم‌انداز (اکوتوریسم)، دسترسی به آبادی‌های اطراف جنگل، تیپ پوشش گیاهی و دام سرا با اولویت کمتری که توسط کارشناسان پیشنهاد شده دارای تأثیرگذاری کمتری در طراحی جاده جنگلی هستند. Hosseini و همکاران (2004) نیز گزارش کرده‌اند که عبور جاده از مناطقی که حاصلخیزی بیشتر داشته و از موجودی سرپای بیشتری (نه لزوماً تعداد در هکتار بیشتر) برخوردارند، مناسب‌تر است. همچنین Sadeghi و همکاران (2012) در پژوهشی نیز اذعان داشته‌اند بعضی از گونه‌های درختی و توده‌ها از نظر غنای ژنتیکی بسیار نادر و یا در حال انقراض می‌باشند هر گونه دخالت در این رویشگاه مخرب است؛ اما هرچه نوع تیپ درختی مرغوب‌تر باشد، برای بهره‌برداری و شبکه جاده جنگلی مناسب‌تر است.

به‌طورکلی نتایج به‌دست‌آمده در این بررسی

مشخص شد که از بین عوامل فنی و زیست‌محیطی تأثیرگذار در طراحی جاده‌های جنگلی به ترتیب شیب دامنه و ارزش توده‌ها از نظر غنای ژنتیکی به‌عنوان مهم‌ترین عوامل، در طراحی و احداث جاده‌های جنگلی نقش مهمی را ایفا می‌کنند.

References

- Abdi, E., B. Majnounian & A.A. DarvishSefat, 2008. Evaluating Forest Road Net Using Multi Criteria Evaluation in GIS Environment (Case study: Namkhane District), *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 12(44): 279-289. (In Persion)
- Austen, E. & A. Hanson, 2008. Identifying wetland compensation principles and mechanisms for Atlantic Canada using a Delphi method approach, *Wetlands*, 28(3): 640-655.
- Azizi, Z. & A. Najafi, 2011. Fuzzy classification in forest area for road design, (Case study: Lirehsar forest, Tonekabon), *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 19(1): 43-54. (In Persian)
- Babapuor, R., 2007. The planning of forest road network based on soil stability using GIS and comparing with existing road, a case study in Shafaroad catchment, Northern Iran. M.Sc. Thesis. Forestry group. Faculty of Natural Resources, Guilan, Iran, 149 p. (In Persian)
- Carlssoon, C. & R. Fullér, 1996. Fuzzy multiple criteria decision making: Recent developments, *Fuzzy Sets and Systems*, 78(2): 139-153.
- Firozan, A., R. Naghdi, M. Hakimiabed & H.R. Maskani, 2011. Invistigation of forest roads models applying integraion of prevalent road planning and using GIS system, *Journal of Biology Science*, 4(2): 141-150. (In Persian)
- Gerasimove, Y., A. Sokolove & T. Karjalainen, 2008. GIS-based decision-support program for planning and analyzing short-wood transport in Russia, *Croatian Journal of Forest Engineering*, 29(2): 163-175.
- Ghomi, A.R., R. Naghdi, A. Taghvay-Salimi & K. Mohammadi-Samani, 2010. Evaluate the performance of forest roads in compliance with environmental standards. In: The 5th National Conference & Exhibition on Environmental Engineering, pp: 1-9. (In Persian)
- Hayati, A., 2012. Forest road network planning using GIS and Multi Criteria Evaluation (M-CE). M.Sc. Thesis. Faculty of Natural Resources, Tehran, Iran, 82 p. (In Persian)
- Hosseini, S.A., 2003. Planning of forest roads network using GIS, Khiroudkenar forest. PhD Thesis. Tarbiat Modares University. Tehran, Iran, 145 p. (In Persian)
- Hosseini, S.A., N.Sarikhani, K. Soleimani, S.GH. Jalali & S.M. Hosseini, 2004. An investigation of effective factors in forest road selection using GIS (A case study in Nowshahr-Mazandaran province), *Journal of natural resourcse*, 51(1): 59-75. (In Persian)
- Imani, P., A. Najafi & I. Gajar, 2012. Designing of multi purposes forest road using AHP method, Proceedings of The second regional conferences on sustainable development, Nour, Mazandaran, Iran. pp. 205-214. (In Persian)
- Kazazi, A., M. Amiri & F. Yaghobi, 2011. Evaluation and prioritization of strategics using ELECTRE III technique in Fuzzy environment (Case study: Temad company), *Journal of Industrial Management Studies*, 8(20): 49-79. (In Persian)
- Makhdom, M., 1995. Land use fundamental, Tehran University Press, Tehran, 295 p. (In Persian)
- Mohammadi Samani, K., S.A. Hosseiny, M. Lotfalian & A. Najafi, 2010. Planning road network in mountain forests using GIS and Analytic Hierarchical Process, *Caspian Journal of Environmental sciences*, 8(2): 151-162.
- Naghdi, R. & R. Babapour, 2009. Planning evaluating of forest roads network with respect environmental aspects via GIS application (case study: shafaroud forest, northern Iran). In: Proceeding of second international conference on environmental and computer science, Dubai, UAE. pp. 424-427.
- Narimani, G., 2002. Geometric design of highways, Tehran University press, Teharn, 552 p. (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. Washington, 59 p.

- Sadeghi, M., M. lotfalian & S.A. hosseiny, 2012. Forest road and environmental damages, *Journal of exploitation and conservation of natural resources*, 1(3): 31-40. (In Persian)
- Sibi, A. & N. Raafnia, 2012. Study on the influencing factors on forest road designing using GIS, *Journal of research on renewable resources*, 3(1): 1-12. (In Persian)
- Taylor, J.G. & S.D. Ryder, 2003. Use of the Delphi method in resolving complex water resources issues, *Journal American Water Resources Association*, 39(1):183.

Prioritization of the influencing factors in the designing forest roads (Case study: Lakobon forest, Abbas-abad, North of Iran)

M. Salmalian[1], S.R. Mousavi Mirkala[2*], M. Erfanian[3] and O. Hosseinzadeh[2]

1- M.Sc. of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, I.R. Iran
2- Assistant Professor, Forestry department, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, I.R. Iran.
3- Assistant Professor, Watershed and rangeland department, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, I.R. Iran.

Received: 23.10.2015 Accepted: 03.02.2016

Abstract

Forest roads play an important role in management, conservation, and forest restoration in mountainous area. In order to find out the influencing factors in the road design, Delphi method was applied. At the first stage, the most influencing factors are determined based on experts choices then at the second stage, those variants has been weighted. In the study, both technical and environmental factors including gradient, distance from fault or landslide, current roads, bedrock, soil texture, harvesting and extraction equipment, distance from river and springs, aspect, elevation from sea level, genetic reservation value, conserved area, animal inhabitant, bio diversity, forest stock, landscape, forest type, access to village, forest settlement, and cattle yards has been investigated. The criteria finally are ranked based on forest road expert idea obtained from questionnaire based on ELECTRE III method using paired comparison analysis. According to the results, factor gradient with 0.17 values ranked at the first place and factor cattle yard with 0.004 values placed at the end.

Keywords: ELECTRE III method, Delphi method, Forest road network, Lakobon.

[*] Corresponding author: Email: aftabshomal@gmail.com