Archive of SID

فصلنامهٔ علمی پژوهش و توسعه جنگل
جلد ۶، شماره ۴، صفحه ۷۱۳-۶۹۵، (۱۳۹۹)

به‌کارگیری تکنیک دلفی و روش تاپسیس در طراحی شبکه جاده جنگلی با استفاده از GIS (بررسی موردی: جنگل‌های لاکوبن، عباس‌آباد، مازندران)

معصومه سلملیان[۱]، سید رستم موسوی میرکلا*[۲]، مهدی عرفانیان[۳] و امید حسین‌زاده[٤]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (masume.salmalian@gmail.com)
۲- استادیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (r.mousavi@urmia.ac.ir)
۳- دانشیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (erfanian.ma@gmail.com)
٤- استادیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (omidhoseinzadeh@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۲/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰٦/۲۳

چکیده

طرح‌های جنگلداری برای استفاده مطلوب از تولیدات جنگل، تضمین بقا و تولید مستمر جنگل تهیه می‌شوند. در طرح جنگلداری، طراحی مناسب شبکه جاده‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است. در این پژوهش برای انتخاب معیارها از تکنیک دلفی و شاخص‌های آماری از قبیل مد، میانه و میانگین و آزمون دوجمله‌ای استفاده شد. سپس معیارها با استفاده از روش تاپسیس براساس مقایسه زوجی وزن‌دهی شدند و با تلفیق نقشه معیارها و وزن هر یک به روش وزن‌دهی خطی، نقشه مطلوبیت جاده‌سازی تهیه شد. با استفاده از نرم‌افزار PEGGER در محیط ArcView نه گزینه شبکه جاده طراحی و ارزیابی شدند و بر این اساس بهترین گزینه انتخاب شد. وزن معیارهای شیب دامنه، موجودی در هکتار و تراس‌های طبیعی به‌ترتیب ۰/٤۲، ۰/۲٤ و ۰/۱۰ به‌دست آمد. طبق نتایج حاصل از ارزیابی گزینه‌های شبکه جاده، جاده‌های طراحی‌شده ۳، ۷ و ۵ به‌ترتیب با ارزش واحد طول ۵۷۲۵/۰۱، ٥٦٦٨/٨٨ و ۵۵۷۳/۸۵ به‌عنوان سه گزینه مهم انتخاب شدند. نتایج این پژوهش نشان داد که توجه به معیارهای فنی و زیست‌محیطی در طراحی جاده موجب کاهش تخریب و صدمات محیط‌زیستی و کاهش هزینه‌های نگهداری جاده خواهد شد. همچنین با تلفیق نرم‌افزار GIS و PEGGER طراحی مناسب‌تر جاده‌های جنگلی امکان‌پذیر است.

واژه‌های کلیدی: شبکه جاده، رویکرد دلفی، روش تاپسیس، PEGGER.

* نویسنده مسئول شمارهٔ تماس: ۰۹۱۰٤۰۵۲۲۰

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

جنگل‌ها فواید زیادی برای انسان‌ها از نظر اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی دارند که هر یک از این‌ها می‌توانند به‌عنوان وظیفه جنگل تعریف شوند. برای دست‌یابی به این فواید و مدیریت آن‌ها طراحی شبکه جاده جنگلی ضروری است. طراحی جاده براساس شرایط منطقه، تکنولوژی، مدیریت و نیازهای ساختاری منطقه تغییر می‌کند (Gumus *et al*., 2007). مهم‌ترین هدف از جاده‌سازی علاوه بر در نظر گرفتن استفاده چندمنظوره از جنگل، انتقال چوب‌آلات از جنگل و محل‌های دپو به کارخانه‌های مصرف بوده که طراحی خوب جاده‌های جنگلی می‌تواند دست‌یابی به تمامی اهداف ذکرشده را در کنار هم فراهم کند (Sarikhani and Majnoonian, 2005)؛ بنابراین با طراحی مناسب شبکه جاده می‌توان کارآیی شبکه جاده را افزایش و هزینه ساخت و نگهداری را کاهش داد. برای انتخاب مناسب‌ترین گزینه بر مبنای هزینه و عملکرد باید گزینه‌های مختلف در یک منطقه بررسی شود (Abdi, 2005). به‌دلیل تغییر در اهداف مدیریتی جنگل و مطرح‌شدن معیارهای محیط‌زیستی و اقتصادی سبب ایجاد تفکر به‌کارگیری روش‌های نوین و با قابلیت و توانایی‌های بالاتر شد که طراحان را به‌سمت استفاده از کامپیوتر و در مرحله بعد به‌سمت GIS سوق داد (Mohd Hasmadi *et al*., 2010). از آن‌جا که طراحی شبکه با استفاده از روش‌های سنتی وقت‌گیر و پرهزینه است، به‌همین دلیل برای کاهش هزینه و زمان طراحی باید با انتخاب مناسب‌ترین لایه‌ها و با کمک روش‌ها و نرم‌افزارهای مناسب به بهبود فرآیند طراحی کمک کرد. روش‌های نوین طراحی قابلیت حجم بالایی از اطلاعات را با سرعت و دقت بالایی داشته و در نتیجه می‌تواند کیفیت، سرعت و دقت طراحی را بهبود بخشد (Moradmand Jalali and Hosseni, 2011). انتخاب مناسب‌ترین گزینه شبکه جاده جنگلی براساس بیشترین پوشش و کمترین طول، سبب کاهش هزینه‌های جاده‌سازی و بهره‌برداری می‌شود؛ بنابراین استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) تحلیل منطقه را از جنبه‌های مختلف با سرعت و دقت بهینه امکان‌پذیر می‌سازد که با روش‌های دستی امکان‌پذیر نیست (Moghaddasi *et al*., 2015). برای ارزیابی صحیح گزینه‌های شبکه جاده داشتن اطلاعات کافی در مورد معیارهای تأثیرگذار در روند طراحی و ارزیابی شبکه جاده ضروری است.

رویکرد دلفی روشی است که برای شناسایی عوامل تأثیرگذار استفاده می‌شود. با استفاده از این روش می‌توان به‌صورت علمی معیارهای مهم و تأثیرگذار در یک فرآیند مانند طراحی و ارزیابی شبکه جاده جنگلی را تعیین کرد (Austen and Hanson, 2008). این روش یک فرایند ارتباط گروهی است که توسط یک گروه ناظر اداره می‌شود و در چندین مرحله توسط یک گروه متخصص انجام می‌شود که برای همدیگر ناشناس هستند. بعد از هر مرحله، نتایج حاصل در اختیار اعضای شرکت‌کننده در گروه قرار می‌گیرد (Linstone and Turrof, 2002، Tolar and Ryder, 2003).

تاپسیس روشی است توسط Hwang and Yoon (1981) پیشنهاد شد. واژه TOPSIS به معنی روش‌های ترجیح براساس مشابهت به راه حل مطلوب است که از مدل‌های جبرانی بوده که در زیرگروه سازشی قرار می‌گیرد (در زیر گرو سازشی، گزینه‌ای ارجح خواهد بود که نزدیک‌ترین گزینه به راه حل مطلوب باشد). زیرگروه سازشی نیز خود از زیرگروه‌های مدل جبرانی است. در مدل جبرانی مبادله بین شاخص‌ها در نظر شده می‌شود یعنی ضعف یک شاخص ممکن است توسط امتیاز شاخص دیگر جبران شود. تاپسیس

www.SID.ir

Archive of SID

یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره قوی برای اولویت‌بندی گزینه‌ها از طریق شبیه‌کردن به جواب مطلوب است. از این روش می‌توان برای رتبه‌بندی و مقایسه گزینه‌های مختلف و انتخاب بهترین گزینه و تعیین فواصل بین گزینه‌ها و گروه‌بندی آن‌ها استفاده کرد. از مزایای این روش آن است که معیارها یا شاخص‌های به‌کاررفته برای مقایسه می‌توانند دارای واحد واحدهای سنجش متفاوتی بوده و طبیعت منفی و مثبت داشته باشند. به‌عبارت دیگر می‌توان از شاخص‌های منفی و مثبت به شکل ترکیبی در این روش استفاده کرد (Asgharpour, 2004).

هدف از انجام این پژوهش طراحی جاده براساس معیارهای فنی و زیست محیطی به کمک نرم افزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی و به کمک تکنیک‌هایی همچون دلفی برای انتخاب مناسب‌ترین معیارها و تکنیک تاپسیس برای وزن‌دهی معیارهای انتخاب شده است. در پژوهش‌های مختلف انجام‌شده در رابطه با طراحی و برنامه‌ریزی شبکه جاده جنگلی، Hayati و همکاران (2013) به‌منظور ساخت شبکه جاده در بخش بهاربن جنگل خیرودکنار با استفاده از نظرات کارشناسان در روش دلفی، براساس مقایسه زوجی معیارهای شیب دامنه، بافت خاک و حساسیت به لغزش به‌عنوان مهم‌ترین معیار درنظر گرفتند. سپس با تهیه نقشه مطلوبیت و با تلفیق نرم‌افزارهای PEGGER و GIS و با استفاده از تکنیک‌های ارزیابی چندمعیاری برای طراحی شبکه جاده‌های جنگلی نشان داد که این روش، روش مناسبی برای طراحی و تعیین بهترین گزینه‌های شبکه جاده هم از نظر فنی و اقتصادی و هم از نظر محیط‌زیستی است. روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره روش مناسبی برای وزن‌دهی و اولویت‌بندی معیارها تأثیرگذار در طراحی شبکه جاده است که Moghaddasi و همکاران (2015) روش‌های AHP و ANP و Salmalian و همکاران (2016) روش تصمیم‌گیری چندمعیاره (ELECTRE III) را در پژوهش‌های خود برای اولویت‌بندی معیارها به‌کار برده‌اند.

Javanmard و همکاران (2018) با استفاده از نرم‌افزار GIS و با کمک شبکه عصبی مصنوعی با در نظر گرفتن معیارهای شیب، زمین‌شناسی و خاک-شناسی در جنگل‌های خیرودکنار نشان داد که استفاده از این نرم‌افرار در طراحی جاده‌های جنگلی، سبب کاهش هزینه‌های جاده‌سازی شده و می‌تواند جایگزین روش‌های سنتی باشد.

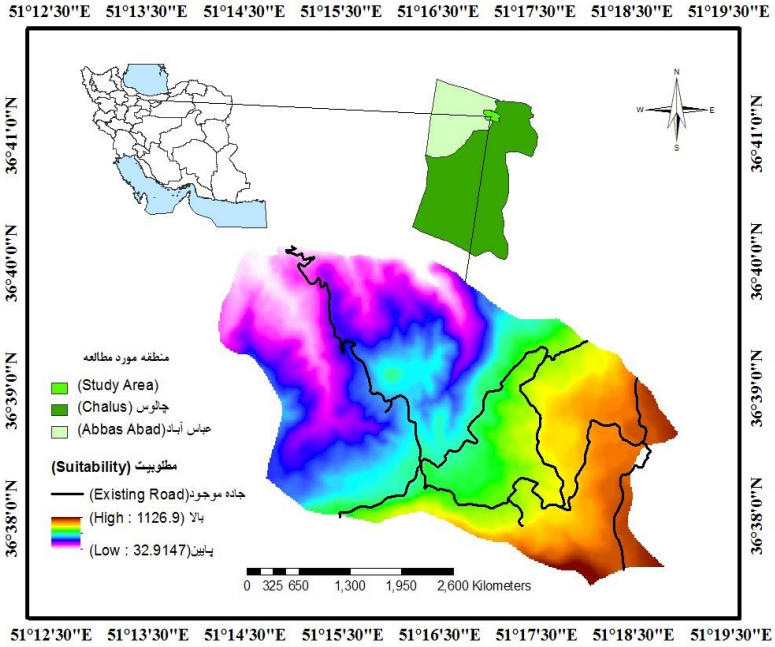
مواد و روش‌ها

مشخصات منطقه مورد بررسی

منطقه مورد بررسی تحت عنوان جنگل لاکوبن در سری پنج واقع در حوزه آبخیز ۳۸ بنام حوزه سرد آبرود در استان مازندران – عباس‌آباد است. حوزه آبخیز ۳۸ سرد آبرود پایین، بخشی از جنگل‌های هیرکانی است که در قسمت غربی کرانه‌های دریای خزر و در بخش شمالی حوزه واقع شده است. جنگل‌های ناحیه طرح بر مبنای سیستم تصویر UTM این منطقه در زون ۳۹ شمالی قرار دارد و از نظر موقعیت جغرافیایی بین عرض جغرافیایی ″۴۰٬۳۶٬۳۸ تا ″۳۱٬۳۶٬۳۹ و طول جغرافیایی ″۵۰٬۵۱٬۱۴ تا ″۵۴٬۵۱٬۱۸ واقع شده و حداقل ارتفاع از سطح دریا ۵۰ متر و حداکثر ارتفاع ۱۱۰۰ متر است. براساس سطح-یابی جدید مساحت منطقه ۲۱۲۴/۵ هکتار است که این منطقه حدود ۴۱ پارسل را شامل می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد بررسی

Figure 1. The geographical location of the study area

روش پژوهش

انتخاب معیارهای مؤثر در طراحی جاده با استفاده از رویکرد دلفی

در این پژوهش برای انتخاب معیارهای تأثیرگذار در طراحی جاده‌های جنگلی، از رویکرد دلفی استفاده شد. انجام آن دارای مراحلی است که این مراحل شامل تشکیل تیم اجرایی و انتخاب کارشناسان، تهیه پرسشنامه، ارسال اولیه آن به کارشناسان، بررسی، ارسال مجدد به دفعات لازم، تجزیه و تحلیل و در نهایت گزارش است (Hayati *et al.*, 2013).

در مرحله اول دلفی ابتدا پرسشنامه موردنظر تهیه و تعدادی معیارهای مهم و مؤثر در طراحی جاده به‌صورت جدول آماده شدند و از طریق پست الکترنیک و یا به‌صورت حضوری به‌صورت یکنواخت بین کارشناسان توزیع و از آن‌ها خواسته شد که توافق و عدم توافق خود را در جدول مشخص کنند. علاوه بر این معیارها، معیارهای دیگری که در طراحی شبکه جاده تأثیرگذار بوده و برای کاهش اثرهای محیط-زیستی و افزایش صحت طراحی از نظر فنی و زیست-محیطی مهم هستند و در جدول ذکر نشده بود را در انتهای فهرست اضافه کنند. بعد از جمع‌آوری پرسشنامه‌های مرحله اول که به‌مدت یک ماه طول کشید اطلاعات خلاصه‌سازی، مرتب و طبقه‌بندی شده و در قالب پرسشنامه مرحله دوم جدول‌بندی شدند. معیارهایی که نقشه آن‌ها قابل تهیه نبود از لیست حذف و بقیه معیارها بعد از محاسبه مد، میانه، میانگین، انحراف معیار و ضریب تغییرات و همچنین انجام آزمون دوجمله‌ای در محیط SPSS انتخاب شدند.

اولویت‌بندی معیارها با روش تاپسیس

با توجه به اینکه معیارهایی که در روش دلفی انتخاب شدند دارای اهمیت و تأثیر متفاوتی در طراحی و ارزیابی شبکه جاده جنگلی هستند، از این‌رو هر کدام از لایه‌های اطلاعاتی ایجاد شده دارای ارزش متفاوتی

www.SID.ir

Archive of SID

هستند؛ بنابراین معیارها باید نسبت به یکدیگر وزن-دهی شده و معیارهای دارای اهمیت بیشتر در درجه اهمیت بالاتری قرار بگیرند. در این بررسی معیارهای انتخاب‌شده، با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره تاپسیس و تلفیقی از نظرات متخصصین در قالب فرم‌های پرسشنامه اولویت‌بندی شدند. در این روش، m گزینه به‌وسیله n شاخص ارزیابی شده است. این تکنیک بر این مفهوم بنا شده است که گزینه انتخابی باید کمترین فاصله را با راه‌حل مطلوب مثبت (بهترین حالت ممکن) و بیشترین فاصله را با راه‌حل مطلوب منفی (بدترین حالت ممکن) داشته باشد. مراحل انجام وزن‌دهی اولیه به‌وسیله روش تاپسیس در هفت مرحله انجام شد که این مراحل به‌شرح ذیل هستند (Hwang and Yoon, 1981):

مرحله اول: به‌دست‌آوردن ماتریس تصمیم، در این روش ماتریس تصمیمی ارزیابی می‌شود که شامل m گزینه و n شاخص است.

رابطه (۱)

$$D=\begin{array}{c} \\ A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_i \\ \vdots \\ A_m \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{cccccc} x_1 & x_2 & & x_j & & x_n \end{array} \\ \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1j} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2j} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ x_{i1} & x_{i2} & \cdots & x_{ij} & \cdots & x_{in} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mj} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \end{array}$$

در این رابطه، A_i: گزینه iام و X_{ij}: مقدار عددی به‌دست آمده از گزینه iام با شاخص jام است.

در این ماتریس شاخصی که دارای مطلوبیت مثبت است، شاخص سود و شاخصی که دارای مطلوبیت منفی است، شاخص هزینه است.

مرحله دوم: نرمال‌سازی ماتریس تصمیم، در این گام مقیاس‌های موجود در ماتریس تصمیم را بدون مقیاس می‌کنیم. به این ترتیب که هر کدام از مقادیر بر اندازه بردار مربوط به همان شاخص تقسیم می‌شود (یعنی مجموع وزن معیارها برابر یک شود). در نتیجه هر درایه r_{ij} از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

رابطه (۲)

$$r_{ij}=\frac{ij}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} X_{ij}^2}}$$

مرحله سوم: وزن‌دهی به ماتریس نرمال‌سازی شده، ماتریس تصمیم در واقع شاخصی است و لازم است کمی شود، به این منظور تصمیم گیرنده برای هر شاخص، وزنی را معین می‌کند.

مجموعه وزن‌ها (w) در ماتریس نرمالیز شده (R) ضرب می‌شود.

رابطه (۳)

$$W=(W_1,W_2,\dots,W_j,\dots,W_n)$$
$$\sum_{j=1}^{n} W_j=1$$

با توجه به اینکه ماتریس W_{n*1} قابل ضرب در ماتریس تصمیم نرمال‌شده (n*n) نیست، قبل از ضرب باید ماتریس وزن را به یک ماتریس قطری Wn*n تبدیل کرد (وزن‌ها روی قطر اصلی).

مرحله چهارم: تعیین راه‌حل مطلوب مثبت و راه‌حل مطلوب منفی، دو گزینه مجازی A^* و A^- را به‌صورت‌های زیر تعریف می‌کنیم:

گزینه مطلوب مثبت

رابطه (٤)

$$A^*=\{(max_i v_{ij}|j\in J)\&(min_i v_{ij}|j\in \acute{J})|i=\}=\{v_1^*,v_2^*,\dots,v_j^*,\dots,v_n^*\}$$

گزینه مطلوب منفی

رابطه (٥)

$$A^-=\{(min_i v_{ij}|j\in J)\&(max_i v_{ij}|j\in \acute{J})|i=\}=\{v_1^-,v_2^-,\dots,v_j^-,\dots,v_n^-\}$$

j های مربوط به شاخص سود:

J = (j = 1, 2, 3, …, n)

j های مربوط به شاخص هزینه:

Ĵ = (j = 1, 2, 3, …, n)

دو گزینه مجازی ایجاد شده در واقع بدترین و بهترین راه حل هستند.

مرحله پنجم: به‌دست‌آوردن اندازهٔ فاصله‌ها، فاصله بین هر گزینه n بعدی محاسبه فاصله اقلیدوسی محاسبه

www.SID.ir

Archive of SID

می‌شود. در واقع فاصله گزینه i را از گزینه‌های مطلوب مثبت و منفی به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

رابطه (٦) $S_{i*} = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(v_{ij} - v_j^*)^2} \; i = 1, 2, 3, \dots, m$

رابطه (۷) $S_{i-} = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(v_{ij} - v_j^-)^2} \; i = 1, 2, 3, \dots, m$

رابطه (۸) $C_{i*} = \frac{S_{i-}}{S_{i*} + S_{i-}}$

$0 < C_{i*} < 1$

مرحله ششم: محاسبه نزدیکی نسبی به راه‌حل مطلوب، این معیار از طریق فرمول زیر به‌دست می‌آید:

رابطه (۹) $C_{i*} = \frac{S_{i-}}{S_{i*} + S_{i-}}$

ملاحظه می‌شود که اگر $A_i=A^*$، آنگاه $C_{i*}=1$ و اگر $A_i=A^-$، آنگاه $C_{i*}=0$ مشخص است که هر چه فاصلهٔ گزینه A_i از راه حل مطلوب کمتر باشد، نزدیکی نسبی به ۱ نزدیک‌تر خواهد بود.

مرحله هفتم: رتبه‌بندی گزینه‌ها

در نهایت رتبه‌بندی گزینه‌ها انجام می‌گیرد و براساس ترتیب نزولی C_i می‌توان گزینه‌های موجود را براساس بیشترین اهمیت رتبه‌بندی کرد، هرچه مقدار C_i به یک نزدیک‌تر باشد، راهکار بهتری است.

تهیه لایه‌های اطلاعاتی

در این پژوهش نه معیار شیب، جهت، زمین‌شناسی، بافت خاک، موجودی در هکتار، تیپ پوشش گیاهی، فاصله از آبراهه، فاصله از گسل و تراس‌های طبیعی مورد بررسی قرار گرفتند.

نقشه‌های توپوگرافی

نقشه‌های توپوگرافی مورد استفاده در این تحقیق دارای مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ است. این نقشه‌ها با سفارش دفتر مهندسی سازمان جغرافیایی و پژوهش‌های منابع طبیعی سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور و با نظارت سازمان نقشه‌برداری از روی عکس‌های هوایی مربوط به سال ۱۳۸۵ تهیه شده است. این نقشه‌ها با فرمت DGN و به دو حالت دوبعدی (2D) و سه‌بعدی (3D) تهیه شده است. سیستم تصویر و شبکه مختصات به‌کار رفته در این نقشه‌ها UTM و بر مبنای بیضوی WGS1984 است. از منحنی میزان‌های ارتفاعی نقشه‌های 3D برای تهیه مدل رقومی ارتفاع و مدل رقومی ارتفاع برای تهیه نقشه جهت دامنه‌ها و نقشه طبقات شیب استفاده شد.

تهیه نقشه‌های مدل رقومی ارتفاع، شیب و جهت

برای تولید نقشه‌های معیارهای مذکور از نقشه توپوگرافی، با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ و با فاصله خطوط میزان ۲۰ متری، موجود استفاده شد. بدین منظور ابتدا از نقشه رقومی توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ در نرم‌افزار ArcGIS 9.3، مدل رقومی ارتفاع (DEM) منطقه تهیه شد. سپس با استفاده از DEM تهیه شده دیگر شاخص‌ها مانند نقشه‌های شیب، جهت با اندازه پیکسل ۲۰ متر تهیه با درنظر گرفتن شرایط منطقه مورد بررسی طبقه‌بندی مجدد شدند و برای تهیه نقشه تراس‌های طبیعی از نقشه شیب استفاده شد.

تهیه نقشه‌های پایه

برای تولید نقشه‌های منطقه مورد بررسی، شامل نقشه‌های موجودی در هکتار، تیپ پوشش گیاهی، زمین‌شناسی، بافت خاک و فاصله از گسل، پس از تهیه نقشه‌های خام از اداره کل منابع طبیعی استان مازندران- نوشهر که برای حوضه مورد بررسی تهیه شده است، رقومی‌سازی شدند.

تهیه نقشه فاصله از آبراهه

جهت تهیه لایه آبراهه‌های منطقه مورد بررسی در ابتدا نقشه‌های برای جریان و تجمع جریان از مدل رقومی ارتفاع استخراج شد و در نهایت نقشه شبکه آبراهه‌ها تهیه و به‌تبع آن لایه فاصله از آبراهه‌ها در پنج طبقه تهیه شد. با ایجاد بافرهایی در اطراف این آبراهه‌ها اقدام به ارزش‌گذاری به این فواصل کرده تا در هنگام طراحی جاده اثرهای تخریبی آن بر رودخانه‌ها

www.SID.ir

Archive of SID

همچنین کاهش ساخت ابنیه‌ها و تثبیت دیواره‌های نزدیک به رودخانه در نظر شده شود.

استانداردسازی داده‌ها و تهیه نقشه مطلوبیت برای عبور جاده

پس از تهیه نقشه‌های عوامل مؤثر در مسیریابی جاده، استاندارد سازی نقشه‌ها براساس نرمال‌سازی خطی براساس رابطه گرفت. با استفاده از این رابطه، همه داده‌ها در بازه صفر تا یک (صفر تا ۱۰۰ درصد) قرار گرفتند که عدد یک یا ۱۰۰ درصد نشان‌دهنده مطلوبیت بیشتر و صفر نشان‌دهنده مطلوبیت کمتر برای عبور جاده است.

$$\bar{X} = \frac{X_i - X_{min}}{X_{max} - X_{min}}$$ رابطه (۱۰)

در این رابطه، $\bar{x}$ داده نرمال شده، X_i داده مورد استفاده، X_{min}، کمترین داده مشاهده‌شده در منطقه و X_{max} بیشترین داده مشاهده شده در منطقه موردنظر هستند.

پس از استانداردسازی نقشه‌های معیار، انجام فرآیند ارزیابی از طریق ترکیب لایه‌های مختلف اطلاعاتی است. برای این منظور از روش ترکیب خطی وزن‌دار (WLC) استفاده شد. به‌منظور انجام فرآیند ارزیابی با این روش ابتدا مطابـق رابطه ۱۱ هر یک از معیارها در وزن خود ضـرب شدند و سپس با جمع نتایج، نقشه تناسب منطقه برای کاربری مورد نظر به‌دست آمد.

$$S = \sum W_i X_i$$ رابطه (۱۱)

در این رابطه، S مطلوبیت، W_i وزن عامل i و X_i ارزش عامل i است.

طراحی مسیر پیشنهادی شبکه جاده با استفاده از نرم‌افزار PEGGER

در این بررسی برای طراحی گزینه‌های مختلف شبکه جاده از نرم‌افزار ضمیمه PEGGER استفاده شد. اساس کار بدین ترتیب است که برای پیش‌بینی مسیر جاده با وارد کردن درصد شیب طولی مناسب برنامه PEGGER نقطه مناسب بر روی خطوط میزان منحنی مجاور را شناسایی می‌کند که فاصله آن از رابطه زیر محاسبه می‌شود: (Lotfalian and parsakho, 2012).

پس از طراحی جاده به ارزیابی مسیرهای طراحی‌شده بر اساس معیارهای شیب، موجودی در هکتار و تراس‌های طبیعی و ارزش واحد طول گزینه‌ها پرداخته شد.

$$D = \frac{C_i}{g/100}$$ رابطه (۱۲)

در این رابطه، D فاصله بین خط میزان، C_i فاصله ارتفاعی خطوط میزان و g درصد شیب است.

نتایج

در مجموع تعداد ۱۱ معیار که مورد تأکید نخبگان و متخصصان بودند انتخاب و از این تعداد نه معیار به کمک دلفی انتخاب شدند (جدول ۱). در این بررسی پرسشنامه‌ها به‌وسیله ٤٠ نفر شامل ۲۰ متخصص از اساتید دانشگاه و دانشجویان دکتری علوم جنگل و ۲۰ نفر از کارشناسان امور اجرایی ادارات منابع طبیعی تکمیل شدند. در جدول ۱ امتیازات هرکدام از معیارهای مورد بررسی، نتایج آزمون دوجمله‌ای وضعیت هر معیار مشخص شده است. نتایج نشان می دهد معیارهای فاصله از چشمه و فاصله از آبادی به‌علت عدم کسب امتیازات و شرط لازم (مد و میانه کمتر از پنج، میانگین کمتر از پنج، انحراف معیار بزرگ‌تر از ۱/٦، ضریب تغییرات بزرگ‌تر از ۰/۳ و همچنین عدم وجود اجماع نظر بین کارشناسان و متخصصان) نامناسب تشخیص داده‌شده و حذف شدند و تعداد نه معیار باقی‌مانده برای طراحی و ارزیابی جاده‌های جنگلی انتخاب شدند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- اعتبارسنجی معیارهای تأثیرگذار در طراحی جاده‌های جنگلی (دلفی)

Table 1. Validity of influencing criteria in the forest road designing

معیارها Factors	میانگین Average	مد Mode	میانه Median	انحراف معیار SD	ضریب تغییرات CV	آزمون دو جمله‌ای Test Bionominal	وضعیت Status
شیب Slope	7	7	7	1.30	0.19	0.00	مناسب Suitable
موجودی در هکتار Forest Stock	6.3	7	7	1.48	0.24	0.00	مناسب Suitable
تراس‌های طبیعی Natural terrace	6.07	7	6	1.43	0.24	0.00	مناسب Suitable
فاصله از گسل Distance from faults	6.0	6	6	0.96	0.16	0.00	مناسب Suitable
بافت خاک Soil texture	5.78	6	6	1.44	0.24	0.00	مناسب Suitable
زمین‌شناسی Geology	5.55	6	6	1.60	0.29	0.00	مناسب Suitable
تیپ پوشش گیاهی Forest type	5.47	6	6	1.19	0.21	0.00	مناسب Suitable
جهت Aspect	5.37	6	6	1.51	0.28	0.00	مناسب Suitable
فاصله از آبراهه Distance from stream	5.12	6	5.5	1.45	0.28	0.006	مناسب Suitable
فاصله از چشمه Distance from spring	4.73	6	5	1.89	0.39	0.115	نامناسب Unsuitable
فاصله از آبادی Distance From	4.15	6	4.5	1.92	0.46	0.063	نامناسب Unsuitable

نتایج حاصل از وزن‌دهی معیارها با استفاده از روش تاپسیس

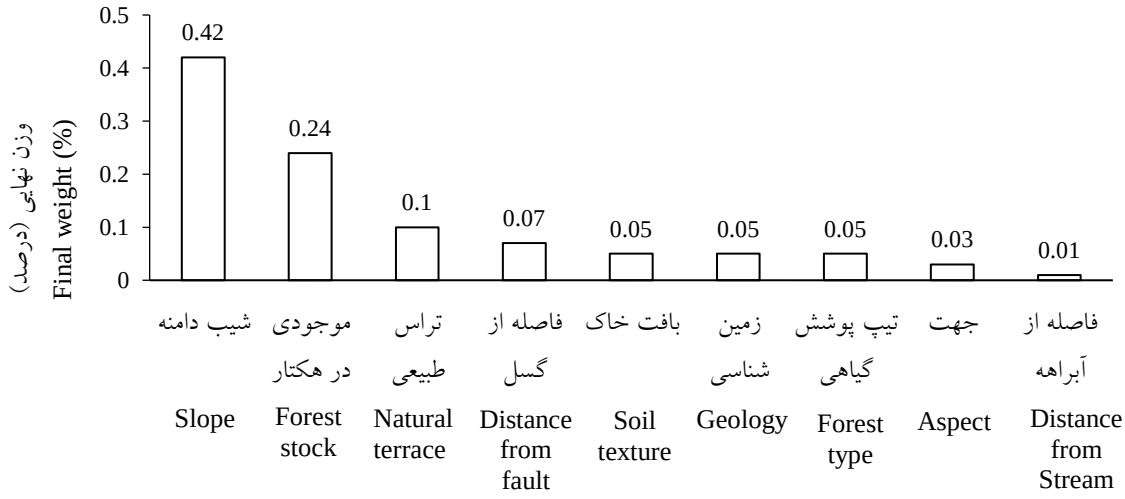
بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از ارزش‌گذاری عوامل مؤثر در تولید نقشه قابلیت عبور و به‌طور کلی با اولویت‌بندی عوامل مؤثر در طراحی جاده منطقه مورد بررسی با استفاده از روش تاپسیس نشان داده شد که معیار شیب دامنه با وزن ۰/٤۱۵ به‌عنوان مهم‌ترین معیار است و با بیشترین مقدار وزن در اولویت اول قرار دارد و معیار موجودی در هکتار، تراس‌های طبیعی، فاصله از گسل، بافت خاک، زمین‌شناسی، تیپ پوشش‌گیاهی، جهت دامنه و فاصله از آبراهه با وزن-های ۰/۲۳۵، ۰/۱۰۰، ۰/۰٦٦، ۰/۰٤۸، ۰/۰٤٦، ۰/۰۲٦ و ۰/۰۱٤ در اولویت‌های بعدی قرار دارند که در شکل ۲ قابل مشاهده است.

بعد از آن که ارزش بیرونی هر یک از لایه‌ها تعیین شد، ارزش درونی آن‌ها نیز با توجه به اثری که می‌توانند بر روی جاده‌سازی داشته باشند، طبقه‌بندی شدند. نتایج حاصل از شیب دامنه نشان داد که طبقه ۲۰-۰ بیشترین وزن و طبقه بیشتر از ٦۰ کمترین وزن را داشتند. بررسی طبقات موجودی در هکتار نشان داد که طبقه بیشتر از ۳۵۰ بیشترین وزن و طبقه ۱۰۰-۰ کمترین وزن را داشته است. طبقه ۵۱-۱۷ بیشترین وزن و طبقه ۱۷-۰ کمترین وزن تراس را به‌خود اختصاص داده است. از بین طبقات مختلف فاصله از گسل طبقه بیشتر از ۲۰۰۰ بیشترین وزن و طبقه ۲۰۰-۰ کمترین وزن را دارد. عامل خاک‌شناسی مقدار سنگی و صخره‌ای بودن منطقه را نشان می‌دهد از این-رو خاک رسی کمترین وزن و خاک لومی و شنی

www.SID.ir

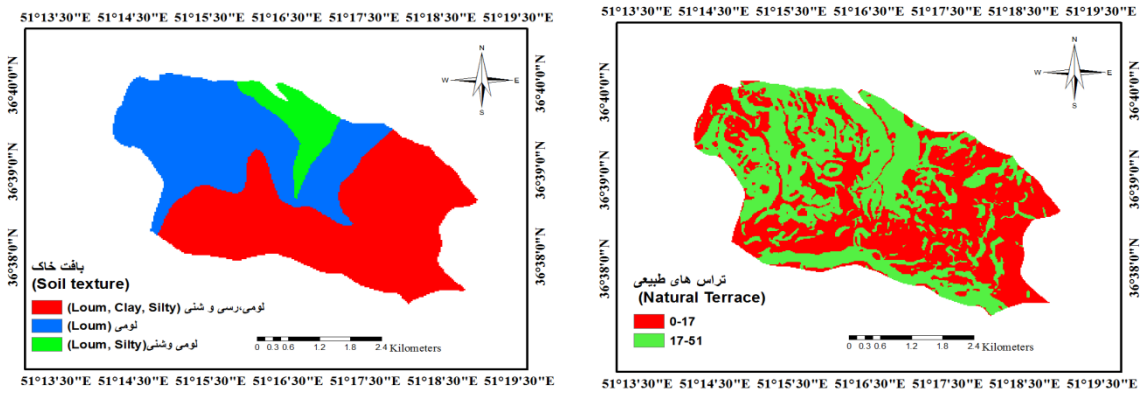
Archive of SID

بیشترین وزن را دارد. همچنین مقایسه انجام‌شده بین طبقات مختلف زمین‌شناسی نشان داد که واحد زمین-شناسی K_t دارای بیشترین وزن و واحد زمین‌شناسی Kt_m کمترین وزن را دارا است. تیپ راشستان بیشترین وزن و تیپ خرمندی- ممرزستان کمترین وزن را به-خود اختصاص داده است. جهت جنوبی دارای بیشترین وزن و جهت شمالی دارای کمترین وزن است؛ بنابراین این دامنه‌ها از نظر نگهداری رطوبت در سطح پایینی هستند و در فصول بارندگی پس از آفتابی شدن به‌راحتی رطوبت در آن‌ها کاسته می‌شود و از نظر هزینه‌های نگهداری شبکه جاده دامنه‌های مناسبی برای احداث جاده هستند که در این پژوهش مورد توجه بودند و در آخر عامل آبراهه مورد بررسی قرار گرفت و نتایج حاصل از آن نشان داد که طبقه بیشتر از ۲۰۰ بیشترین وزن و طبقه ۵۰-۰ کمترین وزن را به‌خود اختصاص داده است طبقه‌بندی معیارها در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۲- اولویت‌بندی معیارهای تأثیرگذار در طراحی جاده

Figure 2. Prioritization of the influencing factors in the designing road

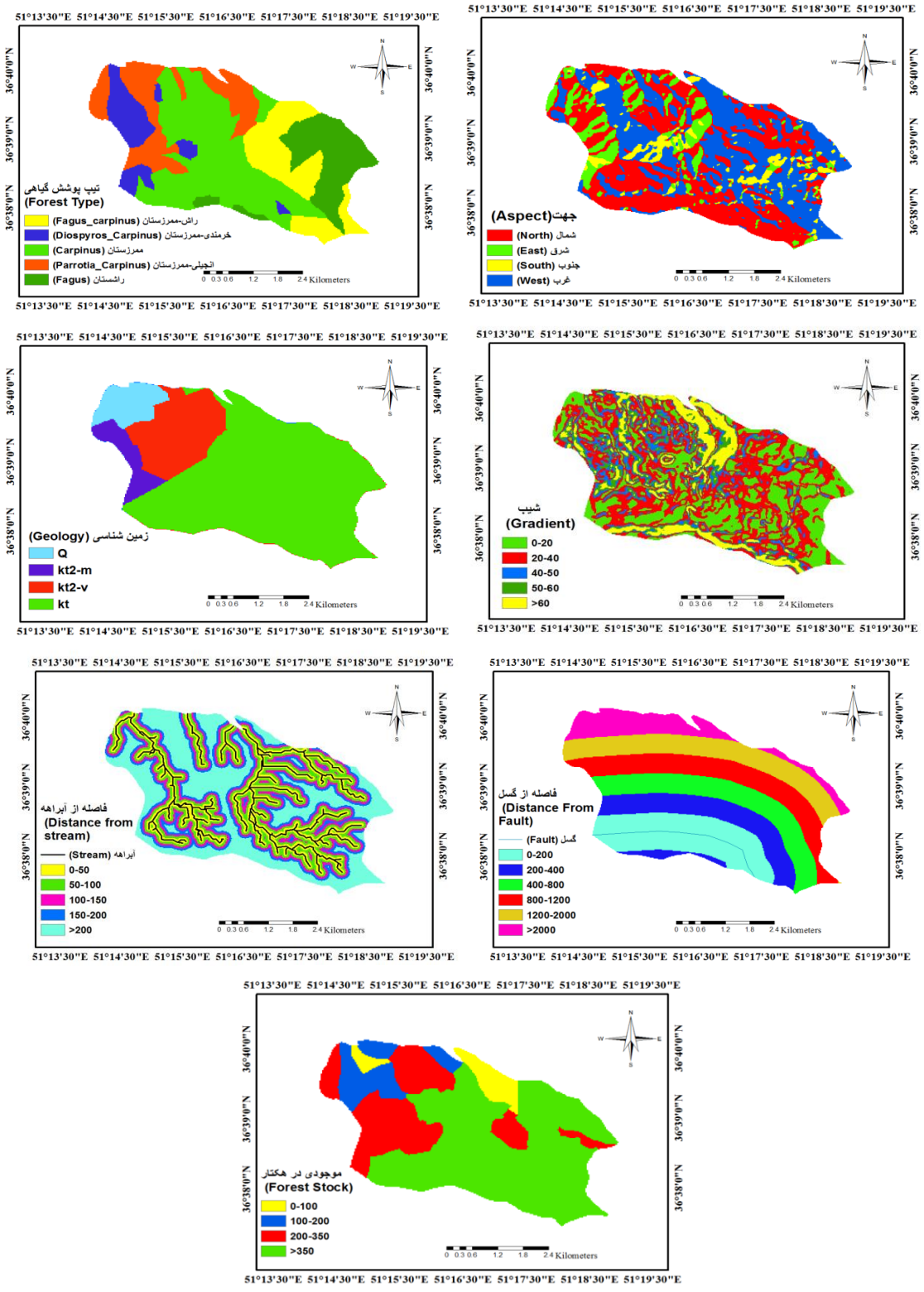


شکل ۳- معیارهای تأثیرگذار در طراحی جاده‌های جنگلی

Figure 3. Influencing criteria in the road designing

www.SID.ir

Archive of SID



ادامه شکل ۳.

Continued figure 3.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- وزن نسبی طبقات مختلف معیارهای تأثیرگذار در طراحی جاده

Table 2. Relative weight of various influencing criteria in the road designing

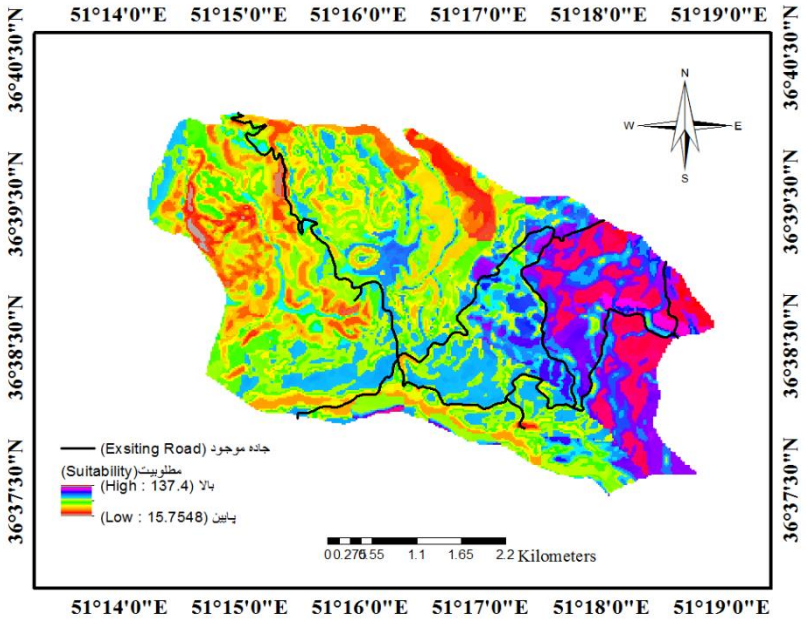
معیارها Factors	طبقات Classes	وزن نسبی Weight	معیارها Factors	طبقات Classes	وزن نسبی Weight
شیب Slope	0 - 20	0.39	تراس‌های طبیعی Natural terrace	0 - 17	0.65
	20 - 40	0.26		17 - 51	0.35
	40 - 50	0.17	موجودی در هکتار Forest stock	0 - 100	0.18
	50 - 60	0.13		100 - 200	0.23
	> 60	0.043		200 - 350	0.27
فاصله از آبراهه Distance from stream	0 - 50	0.033		> 350	0.32
	50 - 100	0.17	فاصله از گسل Distance from faults	0 - 200	0.063
	100 - 150	0.23		200 - 400	0.094
	150 - 200	0.27		400 - 800	0.15
	> 200	0.29		1200 - 2000	0.22
تیپ جنگل Forest type	خرمندی ممرزستان Diosptros Carpinetum	0.14		> 2000	0.28
	انجیلی ممرزستان Parrotia Carpinetum	0.18	زمین‌شناسی Geology	Q	0.23
	ممرزستان Carpinetum	0.18		Kt	0.18
	راش- ممرزستان Fagus Carpinetum	0.22		Kt2m	0.27
	راشستان Fagetum	0.26		Kt2v	0.31
جهت Aspect	شمال North	0.12	بافت خاک Soil texture	لومی و شنی Loamy and Sandy	0.24
	شرق East	0.29		لومی، رسی و شنی Loamy, Silty and Silty	0.35
	جنوب South	0.38		رسی Silty	0.41
	غرب West	0.21			

نتایج حاصل از تهیه نقشه قابلیت عبور در طراحی جاده براساس روش تاپسیس

براساس نتایج حاصل از نقشه مطلوبیت مشخص شد که منطقه با قابلیت عبور متوسط با مساحتی برابر با ٥٤٤/٦٨ هکتار که ۲۵/٦۳ درصد از سطح منطقه مورد بررسی را تشکیل می‌دهد، دارای بیشترین سطح و منطقه با قابلیت عبور خیلی خوب با مساحت ۲۵۵/۲ هکتار که نسبت به سطح کل منطقه مورد بررسی ۱۲/۰۱ درصد آن را تشکیل می‌دهد دارای کمترین مساحت است. نتایج حاصل از مطلوبیت منطقه در جدول ۳ قابل مشاهده است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٤- نقشه مطلوبیت و جاده موجود

Figure 4. Suitability Map and existing road

جدول ۳- مساحت و مساحت نسبی نقشه قابلیت عبور

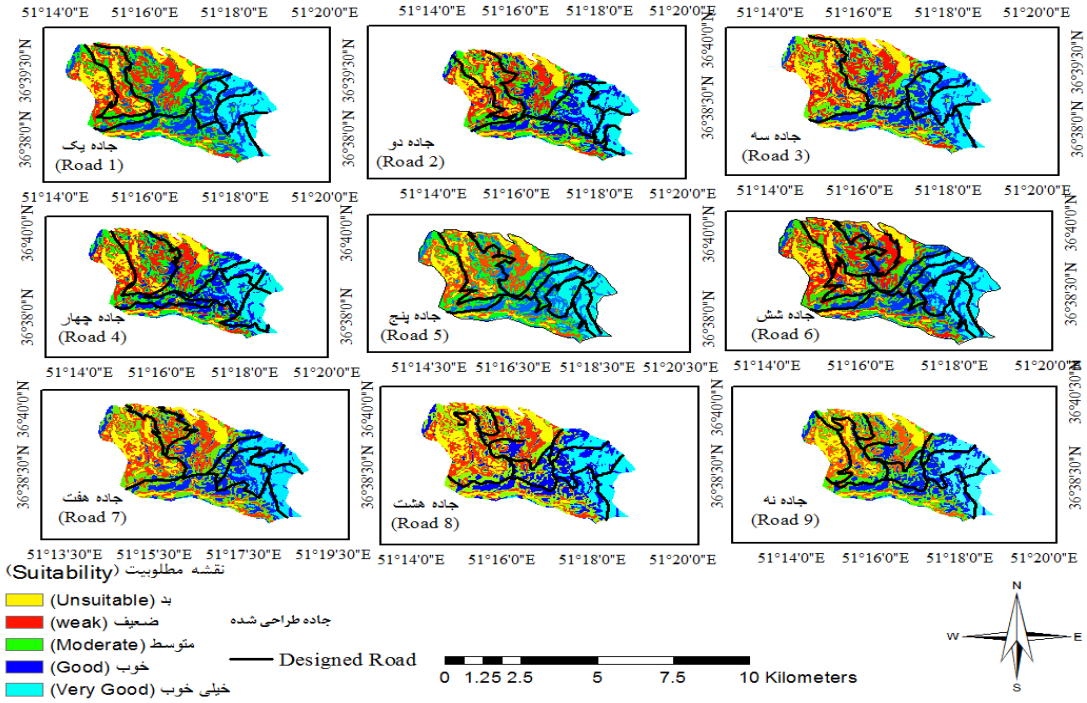
Table 3. The area and relative area suitability map

رتبه منطقه Region Rank	وضعیت مطلوبیت Suitability Status	مساحت (هکتار) Area ha	درصد Percentage
1	بد Unsuitable	255.2	12.01
2	ضعیف Weak	463.6	21.82
3	متوسط Moderate	544.68	25.64
4	خوب Good	497.52	23.42
5	خیلی خوب Very Good	348.88	16.42

با توجه به نقشه مطلوبیت (شکل ٤) و همچنین استانداردهای فنی لازم در طراحی شبکه جاده جنگلی، ۹ گزینه شبکه جاده با استفاده از نرم‌افزار ضمیمه PEGGER در محیط ArcWiev 3.3 طراحی شد که در شکل ۵ قابل مشاهده است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵- گزینه‌های مختلف جاده‌های طراحی شده بر روی نقشه قابلیت عبور جاده

Figure 5. Road network variants on the classified suitability map

ارزیابی جاده طراحی‌شده و جاده موجود براساس مهم-ترین معیارها

طبق نتایج به‌دست‌آمده از بررسی مقدار نفوذ شبکه جاده از طبقات مختلف شیب، بیشترین درصد عبور جاده از طبقه یک و دو (به‌علت مساحت بالا) بوده است. از بین جاده‌های طراحی شده جاده ۳، ۷ و ۵ با توجه به تراکم طولی به‌ترتیب با مقدار عبوری ۳۳/۲۰، ۳۰/۹۳ و ۳۷/٤۲ درصد از طبقه یک و با مقدار عبور ۵۳/۰٤، ۵۰/۵۹ و ٤٦/۵۰ درصد از طبقه دو بیشترین درصد است.

با بررسی مقدار نفوذ شبکه جاده از طبقات مختلف موجودی در هکتار، بیشترین درصد عبور جاده از طبقه ٤ (۳۵۰ <) به‌علت مساحت بالا بوده است. از بین جاده‌های طراحی‌شده جاده ۳، ۵ و ۷ به‌ترتیب با مقدار عبوری ۷٤/٤٦، ٦٦/۷۳ و ٦۹/۲۱ چهار (۳۵۰<) بیشترین درصد را به‌خود اختصاص داده‌اند.

طبق نتایج به‌دست‌آمده از بررسی مقدار نفوذ شبکه جاده از طبقات مختلف تراس‌های طبیعی، بیشترین درصد عبور جاده از طبقه ۱ (۵۱-۱۷) به‌علت مساحت بالا بوده است. از بین جاده‌های طراحی‌شده جاده ۳، ۵ و ۷ به‌ترتیب با مقدار عبوری ۷۲/۸۷، ۷۲/۵۳، ۷٤/۷۷ دارای بیشترین درصد است.

ارزیابی جاده طراحی شده و جاده موجود باتوجه به درصد پوشش

برای بررسی درصد پوشش جاده موجود و جاده طراحی شده، سه نوع بافر در اطراف جاده‌ها مورد بررسی گرفت که نتایج به‌دست آمده در جدول ٤ نمایش داده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤- درصد پوشش جاده‌های موجود و طراحی شده

Table 4. Cover percentage of existence and designed road.

شبکه جاده‌ها Road networks	مساحت (هکتار) Area	درصد پوشش (۱۰۰ متری) Cover percent	مساحت (هکتار) Area	درصد پوشش (۱۵۰ متری) Cover percent	مساحت (هکتار) Area	درصد پوشش (۲۰۰ متری) Cover percent
جاده موجود Existing road	231.76	20.32	582.52	27.42	730.40	34.38
جاده ۱ Road 1	534.84	25.17	728.52	34.29	931.20	43.83
جاده ۲ Road 2	522.28	24.58	711.80	33.50	911.60	42.91
جاده ۳ Road 3	411.8	19.38	526.60	26.48	726.36	34.19
جاده ٤ Road 4	604.16	28.44	813.96	38.31	1029.16	48.44
جاده ٥ Road 5	688.20	32.39	933.68	43.94	1167.76	54.97
جاده ٦ Road 6	787.28	37.06	1063.48	50.06	1326.20	62.42
جاده ۷ Road 7	546.44	25.72	747.44	35.18	9588.6	45.13
جاده ۸ Road 8	529.04	24.90	724.56	34.10	9338.6	23.95
جاده ۹ Road 9	620.2	29.19	830.88	39.11	1071.68	50.44

ارزیابی جاده طراحی‌شده بر روی نقشه قابلیت عبور به روش WLC

مجموع ارزش مطلوبیت تمام سلول‌هایی که جاده از آن عبور کرده بود برای شبکه جاده‌ها محاسبه و امتیاز واحد طول برای هر یک از شبکه‌ها تعیین و با توجه به آن، اولویت‌بندی گزینه‌های شبکه جاده انجام شد (جدول ۳). چون مقدار بیشتر نشان‌دهنده مطلوبیت بیشتر است، بنابراین هر گزینه جاده‌ای که دارای امتیاز واحد طول بیشتری باشد، شبکه مطلوب‌تری محسوب می‌شود. با توجه به مهم‌ترین معیارهای (شیب، موجودی در هکتار و تراس‌های طبیعی) و با مقایسه ارزش واحد طول جاده‌ها و براساس طبقات تراکم طولی به انتخاب بهترین شبکه جاده می‌پردازیم. در تراکم طولی کمتر از ۱۰ متر در هکتار واریانت ۳، تراکم ۱۵-۱۰ متر در هکتار واریانت ۷ و تراکم ۲۰-۱۵ متر در هکتار واریانت ۵ دارای بیشترین امتیاز هستند؛ اما ازنظر درصد پوشش، جاده ۵ بیشترین درصد پوشش و جاده ۳ کمترین مقدار درصد پوشش را به‌خود اختصاص داده است که این مقدار درصد پوشش به‌علت تراکم طولی بالاتر است. از این‌رو چون مهم‌ترین عامل انتخاب شبکه بعد از بحث فنی، هزینه ساخت و نگهداری است. در نتیجه این سه گزینه جاده با توجه به مقدار تراکم طولی به‌عنوان بهترین شبکه برای منطقه انتخاب شد نتایج حاصل از این ارزیابی در جدول ۵ مشاهده می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- مقادیر جاده موجود و جاده طراحی‌شده بر روی نقشه مطلوبیت عبور جاده

Table 5. Values of existing road and designing road on the suitability map

شبکه جاده‌ها Road networks	تراکم Density	مجموع امتیاز استخراج شده Extracted value	تعداد پیکسل Pixel number	طول جاده Road length Km	امتیاز در واحد طول Value per Km
جاده موجود Existing road	11.10	117774.066	1381	23.59	4992.82
گزینه ۱ Variant 1	14.47	165148.86	1910	30.74	5372.44
گزینه ۲ Variant 2	12.36	137235.29	1627	26.25	5228.01
گزینه ۳ Variant 3	9.4	114442.99	1231	19.99	5725.01
گزنیه ٤ Variant 4	14.24	162653.81	1892	30.24	5378.76
گزینه ۵ Variant 5	16.47	197354.18	2210	34.99	5668.88
گزینه ٦ Variant 6	19.15	222665	2576	40.69	5472.23
گزینه ۷ Variant 7	12.79	151441.46	1704	27.17	5573.85
گزینه ۸ Variant 8	11.81	137772.25	1558	25.08	5493.311
گزینه ۹ Variant 9	14.01	158203.21	1878	29.76	5315.97

بحث

به‌دلیل نیاز روزافزون بشر به چوب و محصولات چوبی و عدم وجود محصولات جایگزین در گذشته، ساخت جاده در ابتدا تنها با هدف تأمین چوب، انجام می‌شد؛ اما به‌ویژه در سال‌های اخیر علاوه بر نکات فنی و اقتصادی بحث‌های محیط‌زیستی و حفظ اکوسیستم و کاهش آسیب به جنگل مورد توجه قرار می‌گیرد؛ بنابراین پژوهش‌هایی در این زمینه انجام شده تا با دخالت دادن مهم‌ترین معیارهای تأثیرگذار در فرآیند ارزیابی جاده به‌نوعی موجب کاهش آسیب‌های ناشی از ساخت جاده در آینده شود (Hayati, 2012). در این بررسی رویکرد دلفی به‌دلیل مزیت‌هایی مانند سادگی در اجرای آن و مملوس و قابل درک‌بودن آن، برای کارشناسان شرکت‌کننده در روند تصمیم‌گیری و همچنین متکی بودن آن بر اصل توافق جمعی در بین کارشناسان، مورد استفاده قرار شده تا بتوان با جمع‌آوری نظرات کارشناسان مربوطه، به معیارهای مهم و تأثیرگذار در طراحی شبکه جاده جنگلی دست یافت. با استفاده از تکنیک دلفی که بر اساس مشخصه‌هایی از قبیل مد و مدیان و میانه و همچنین آزمون دوجمله‌ای انجام شد معیارهای فاصله از آبادی و فاصله از چشمه معنی‌دار نبوده و حذف شدند. از بین ۹ معیار باقی‌مانده، معیارهای شیب دامنه با وزن ۰/٤۲، موجودی در هکتار با وزن ۰/۲٤ و تراس‌های طبیعی ۰/۱۰ به‌ترتیب بیشترین وزن‌ها را نسبت به دیگر معیارها داشته‌اند. بررسی انجام‌شده در بخش نم‌خانه جنگل خیرودکنار و وزن‌دهی به لایه‌های شیب، جهت جغرافیایی و خاک‌شناسی مشخص شد که عامل شیب بیشترین وزن بعد

www.SID.ir

Archive of SID

از آن لایه خاک‌شناسی و در آخر جهت جغرافیایی قرار دارد (Abdi *et al.*, 2008). Hayati و همکاران (2013) در پژوهش خود در بخش بهاربن جنگل خیرود، با استفاده از نظرات کارشناسان به روش دلفی، از بین عامل‌های تأثیرگذار در طراحی جاده، شیب دامنه، بافت خاک و حساسیت به لغزش را به‌عنوان مهم‌ترین معیار اشاره می‌کند که در وزن‌دهی بیشترین وزن‌ها را به‌خود اختصاص داده بودند. Javanmard (2015) نیز در پژوهشی از روش دلفی برای تعیین عوامل تأثیرگذار در طراحی جاده استفاده کرد و از بین معیارها شیب را به‌عنوان مهم‌ترین معیار معرفی کرد که با نتایج به‌دست‌آمده هم‌خوانی دارد. همچنین Lotfalian و همکاران (2016) نیز در پژوهشی شیب را به‌عنوان مهم‌ترین معیار انتخاب کردند که با نتایج به‌دست آمده مطابقت دارد.

تعیین وزن معیارها با استفاده از روش تاپسیس به‌دلیل امکان به‌کارگیری معیارهای کمی و کیفی متعدد روش مناسبی است که Abedian (2009) از این روش برای وزن‌دهی معیارها استفاده کرده و آن را روش مناسبی برای وزن‌دهی می‌داند. با استفاده از قابلیت‌های GIS، می‌توان مسیرهای اولیه را به‌راحتی برای مناطق وسیع مانند منطقه مورد بررسی در زمان کمتری در مقایسه با روش‌های دستی مشخص کرد. برای استفاده از برنامه PEGGER در محیط GIS، با بهره‌گیری از نقشه خطوط میزان منحنی و براساس درصد شیب طولی در طراحی مسیر بین دو نقطه، می‌توان مسیرهای مختلفی را به‌صورت سریع پیشنهاد داد و با آنالیز آن‌ها در محیط GIS مسیر مناسب را انتخاب کرد که این روش کارآیی مناسبی از خود نشان داد که با نتایج Erdash and Gumus (2000)، Moradmand Jalali and Hosseni (2011) و Javanmard و همکاران (2018) هم‌خوانی دارد. برای مسیریابی همانند آنچه که در پژوهش‌های انجام شده است (Alidokht *et al.*, 2015) حداکثر طول مسیر از سلول‌هایی با مطلوبیت بهتر عبور داده شد. لازم به ذکر است که در تعیین مسیر، سعی در به‌کارگیری شیب طولی مجاز جاده‌های جنگلی مورد نظر شد و تلاش شد تا از نقاط با پتانسیل رویشگاهی بالا مسیرهای بیشتری عبور داده شود. همچنین Javanmard (2015) در پژوهشی به این نتیجه رسید که مسیرهایی که از نقاط مثبت بیشتری عبور می‌کند پس از ساخت دارای هزینه‌های تعمیر و نگهداری کمتری خواهد بود.

در این بررسی تراکم جاده‌های طراحی شده ۳، ۵، ۷ و جاده موجود به‌ترتیب برابر ۹/٤، ١٦/٤٧، ۱۲/۷۹ و ۱۱/۱۰ متر در هکتار محاسبه شد. تراکم بالاتر به معنی پوشش بیشتری از سطح جنگل به‌وسیله جاده است و این برای برنامه‌ریزی توسعه شبکه جاده مفید است درحالی‌که جاده‌ای که تراکم آن زیر ۱۰ متر در هکتار باشد باوجود اینکه ارزش مطلوبیت بالایی دارد ولی ممکن است نتواند کل جنگل را پوشش را داده و مقداری از سطح جاده بدون پوشش بماند. مقدار عبور جاده‌های موجود و طراحی شده بر روی نقشه مطلوبیت عبور، از طریق روی هم‌گذاری این دو لایه به‌دست آمد که ارزش هر واحد طول برای جاده‌های موجود و طراحی شده ۳، ۵ و ۷ به‌ترتیب ٤۹۸۵/۵۷، ۵۷۲۵/۰۱، ٥٦٦٨/٨٨ و ۵۵۷۳/۸۵ محاسبه شد که این اعداد نشان‌دهنده این امر است که طول بیشتری از جاده‌های طراحی‌شده از مناطق بهتر و مناسب‌تر با توجه به نقشه مطلوبیت عبور کرده است؛ بنابراین از بین جاده‌های انتخابی به‌ترتیب جاده ۳، ۵ و ۷ از نظر هزینه ساخت و نگهداری و مسائل فنی و زیست-محیطی نسبت به جاده موجود و دیگرجاده‌های طراحی شده از مطلوبیت بیشتری برخوردارند. درواقع بیشتربودن ارزش هر واحد طول بیانگر عبور مسیر

www.SID.ir

Archive of SID

طراحی شده از مناطقی با مطلوبیت بیشتر است، بنابراین بیشتر بودن ارزش گزینه سوم به‌علت عبور درصد بیشتری از طول جاده از مناطق کم‌شیب با موجودی بالاتر و تراس‌های طبیعی بیشتر است.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد روش تاپسیس یکی از روش‌های مناسب برای وزن‌دهی معیارهای مؤثر است. براساس نتایج به‌دست آمده و با توجه به نظر کارشناسان معیارهای شیب دامنه، موجودی در هکتار، تراس‌های طبیعی به‌عنوان مهم‌ترین معیار در نظر شده شده است. همچنین در این پژوهش نشان داده شده است که جاده موجود از نظر ارزش واحد طول (ارزش پیکسلی) به‌نسبت مطلوب بوده ولی با استفاده از نرم‌افزار GIS و PEGGER امکان طراحی مناسب‌تر جاده‌های جنگلی وجود داشته است، با این وجود جاده‌های جدید طراحی شده ضمن درنظر گرفتن معیارهای محیط‌زیستی و اقتصادی دارای تراکم، درصد پوشش و ارزش واحد طولی بیشتری نیز هستند. استفاده از تکنیک‌های مناسب همانند دلفی و تاپسیس که در این بررسی مورد استفاده قرار گرفتند به‌درستی ما را در رسیدن اهداف بررسی که انتخاب بهترین معیارها با توجه به مسایل محیط‌زیستی و فنی بود کمک شایانی کرده است. در این بررسی همانند دیگر پژوهش‌های انجام‌شده نقش شیب زمین به‌عنوان مهم‌ترین عامل تأثیرگذار با بیشترین وزن نقش مهمی در طراحی جاده دارد. بالارفتن شیب زمین هزینه‌های مادی و اکولوژیکی احداث جاده را بالا برده که باید مورد توجه قرار گیرد. بعد از شیب، موجودی در هکتار نیز دومین عامل تأثیرگذار بوده که اهمیت وجود جاده در مناطقی که امکان برداشت وجود دارد را نشان می‌دهد. تراس‌های طبیعی نیز همواره مورد توجه بوده و از آن به‌عنوان نقاط مثبت اجباری نام برده می‌شود که بایستی جاده را تا حد امکان از آن نواحی عبور داد. بقیه عوامل تأثیرگذار از قبیل فاصله از گسل، بافت خاک و فاصله از آبراهه درپایداری جاده و تأمین امنیت عبور و مرور نقش داشته‌اند؛ بنابراین توجه به این عامل‌ها سبب کاهش هزینه ساخت و نگهداری و کم کردن اثرهای اکولوژیک ساخت جاده در آینده خواهد شد.

References

- Abdi, A., 2005. Forest road network design with least cost by using GIS. MSc Thesis. Faculty of Natural Resources. Tehran University. Karaj, Iran, 84 pp. (In Persian)
- 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. Faculty of Natural Resources. Tehran University. Karaj, Iran, 145 pp. (In Persian)
- Alidokht, M., N. Rafatnia, R. Naghdi & Sh. Shataie, 2015. Designing of Forest Roads Network with an Emphasis on Drainage structures and Construction Standards, (case study: Shafarood Forest northern Iran), *Bulletin Applied Research Science*, 5(1): 104-112.
- Asgharpour, M. J., 2004. Multiple criteria decision making. Tehran University Press, 456 p. (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.
- 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.
- Gumus, H., H. Acar & D. Toksoy, 2007. Functional forest road network planning by consideration of enninronmental impact

www.SID.ir

Archive of SID

assessment for wood harvesting, *Environmental Monitoring and Assessment*, 142(1-3): 109-116.
- Hayati, A., 2012. Forest road network planning using GIS and Multi Criteria Evaluation. (MCE). Faculty of Natural Resources. Tehran University. Karaj, Iran, 82 p. (In Persian)
- Hayati, E. A. Abdi, B. Majnounian & M. Makhdom, 2013. Performance and sensitivity decision to call Delphi and AHP team decision-making in natural resources research, *Journal 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.
- Javanmard, M., 2015 Forest road network planning using Artificial Neural Networks and GIS. (MCE). Faculty of Natural Resources. Tehran University. Karaj, Iran, 81 p. (In Persian)
- Javanmard, M., A. Abdi, M. Ghatee & B. Majnounian, 2018. Forest road planning using artificial neural network and GIS, *Iranian Journal of Forest*, 10(2): 139-152. (In Persian)
- Linstone, H. A. & M. Turrof, 2002. The Delphi Method Techniques and Applications, Addison Wesley press, Digital version, p. 571.
- Lotfalian, M. & A. Parsakho, 2012. Forest roads network planning, Ayizh press, 168 p
- Lotfalian, M., M. Abaspour, S. A. Hosseini, A. Parsakho & S. Peyrpv, 2016. Forest Road Design in Stable Location to Minimize Erosion, (A Case Study in Vaston District), *Quarterly journal of Environmental Erosion Research*, 2(22): 59-74. (In Persian)
- Moghaddasi, P., S. A. Hosseini & A. Fallah, 2015. The use of ANP (ANP) in the design of forest network based on multi-functional forestry, *Journal of the forest and wood products, natural Iranian Journal*, 2(68): 1-14. (In Persian)
- Mohd Hasmadi, I., H. Z. Pakhriazad & F. S. Mohamad, 2010. Geographic information system allocation model for forest path; a case study in Ayer Hitman forest reserve, *Malaysia*, *American journal of Applied Sciences*, 7(3): 376-380.
- 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)
- Musa, A. K. A. & A. N. Mohamed, 2002. Alignment and location forest road network by best – path modeling method Malaysian Center for Remote Sensing.
- Salmalian, M., S. R. Mousavi Mirkala, M. Erfanian & O. Hosseinzadeh, 2016. Prioritization of the influencing factors in the designing forest roads (Case study: Lakobon forest, Abbas-abad, North of Iran), *Forest Research and Development*, 1(4): 337-349. (In Persian)
- Sarikhani, N. & B. Majnoonian, 2005. The instruction to the preparation forest road, Management and Planning Organization, Publication Number: 141, 198 p. (In Persian)
- Taylor, J. G. & S. D. Ryder, 2003. Use of the Delphi method in resolving complex water and resources issues, *Journal American Water Resources Association*, 39(1):183-89.

www.SID.ir

Archive of SID

Applying Delphi approach and TOPSIS method in designing forest road network using GIS (case study: Lacobon forests, Abbasabad, Mazandaran)

M. Salmalian[1], S. R. Mousavi Mirkala[*2], M. Erfanian[3], O. Hoseinzadeh[4]

1- MSc. of Forestry, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Urmia University, Urmia, I. R. Iran. (masume.salmalian@gmail.com)
2- Assistant Professor, Department of Forestry, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Urmia University, Urmia, I. R. Iran. (r.mousavi@urmia.ac.ir)
3- Associate Professor, Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Urmia University, Urmia, I. R. Iran. (erfanian.ma@gmail.com)
4- Assistant Professor, Department of Forestry, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Urmia University, Urmia, I. R. Iran. (omidhoseinzadeh@gmail.com)

Received: 13.03.2019 Accepted: 14.09.2019

Abstract

Forest management plan are prepared for desirable use of forest products, ensuring the survival and continuous production. In forest management plan, designing appropriate roads play an important role. In this study, Delphi technique and statistical parameters such as mode, median, mean, and binomial test were used to select the criteria. Afterwards, the criteria were weighted using TOPSIS method based on pairwise comparison and a road construction utility map was prepared by combining the criteria map and the weight of each by linear weighting method. Based on the suitability map, nine road network variants were designated and evaluated using PEGGER in ArcView software and the best option was selected. The weight of factors such as slope, forest stock and natural terrace were calculated 0.42, 0.24 and 0.10, respectively. Among all, the three variants including 3, 5, and 7 with 5725.01, 5668.88, and 5573.85 unit value per km revealed the best road networks. The study results showed that considering the environmental and technical criteria in the forest road designing mitigate environmental impact and reducing maintenance costs. Therefore, it is possible to design more suitable forest roads by combining GIS and Pegger software.

Keywords: Forest road network, Delphi method, TOPSIS, PEGGER.

[*] Corresponding author Tel: +98910405220

www.SID.ir