فصلنامهٔ علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۱۹ شمارهٔ ۳، صفحهٔ ۳۹۵-۳۸۰، (۱۳۹۰)

# طراحی شبکه جاده جنگلی با رعایت مسائل زیست‌محیطی، فنی و اقتصادی با استفاده از GIS و AHP (مطالعه موردی: بخش بهاربن جنگل خیرود)

**نیره شاهسوند بغدادی[۱]، مهتاب پیرباوقار[۲*] و هوشنگ سبحانی[۳]**

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج.

۲*- نویسنده مسئول، استادیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج. پست الکترونیک: mahtab_bavaghar@yahoo.com

۳- دانشیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج.

تاریخ دریافت: ۸۹/۶/۲۳ تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۱/٤

## چکیده

هدف از این پژوهش ارائه روشی است به‌منظور بهینه‌سازی طراحی شبکه جاده‌های جنگلی با در نظر گرفتن معیارهای زیست‌محیطی، فنی و اقتصادی و بهره‌گیری از قابلیت‌های GIS و AHP، به‌نحوی که بتوان تعداد بیشتری از این معیارها را در فرایند طراحی وارد نمود. در این تحقیق که در بخش بهاربن جنگل آموزشی- پژوهشی خیرود نوشهر انجام شد، پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی مربوط به مشخصه‌های زیست‌محیطی مؤثر در طراحی شبکه جاده جنگلی، ٦ گزینه شبکه جاده براساس اصول فنی با استفاده از نرم‌افزار ضمیمه Pegger طراحی گردید. پس از طبقه‌بندی و ارزش‌گذاری طبقات داخلی نقشه‌ها، به‌منظور ارزیابی زیست‌محیطی گزینه‌ها از روش مقایسه دو به دو در فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شد. برای تلفیق مشخصه‌ها و محدودیت‌ها با توجه به اهمیت آنها از روش ارزیابی چندمعیاری (MCE) استفاده گردید. سپس همه گزینه‌ها در محیط GIS به روشهای بکموند (Backmond) و زگبادن (Segebaden) مورد ارزیابی فنی قرار گرفتند، به‌طوری که شبکه جاده موجود در منطقه مورد مطالعه نیز به‌عنوان گزینه هفتم مورد ارزیابی قرار گرفت. به این ترتیب با توجه به محاسبات حاصل از ارزیابی‌های به‌عمل آمده (زیست‌محیطی، بکموند و زگبادن)، گزینه ٦ که به‌طور نسبی علاوه بر مطلوبیت زیست‌محیطی از نظر فنی نیز دارای مطلوبیت بود، به‌عنوان گزینه نهایی انتخاب و پس از انجام ارزیابی اقتصادی، در نهایت قابلیت پیاده نمودن آن در عرصه نیز بررسی و تأیید گردید. حجم زیاد اطلاعات در بهینه‌سازی طراحی شبکه جاده‌های جنگلی با در نظر گرفتن مسائل زیست‌محیطی، استفاده از قابلیت‌های GIS و AHP را در راستای بهبود روشهای طراحی شبکه جاده‌های جنگلی، اجتناب‌ناپذیر می‌نماید.

**واژه‌های کلیدی:** جاده جنگلی، ملاحظات زیست‌محیطی، فنی و اقتصادی، ارزیابی چندمعیاری، سامانه اطلاعات جغرافیایی، تحلیل سلسله مراتبی.

## مقدمه

برای برنامه‌ریزی اصولی و منطقی و استفاده بهینه از هر عرصه‌ای به‌ویژه عرصه‌های منابع طبیعی، مناسبترین روش این است که ابتدا استعدادها و قابلیت‌های اراضی طبق بررسیهای علمی و فنی تعیین و مشخص گردند. به‌عبارت دیگر در طراحی شبکه جاده و اقدامات به‌عمل آمده در طبیعت باید به گونه‌ای عمل نمود که ضمن تأمین نیازمندی‌های ضروری، ویژگی‌های اکولوژیک سرزمین و اراضی نیز مورد توجه قرار گیرند (سجادی، ۱۳۸۰). از طرف دیگر اهمیت جنگل در امر آموزش، پژوهش، تفرج

Archive of SID

www.SID.ir

و بهره‌برداری از محصولات چوبی در صورتی قابل اجراست که ارتباط بین بخش‌های مختلف آن از طریق شبکه جاده برقرار باشد. بنابراین متوقف کردن طراحی و ساخت جاده امری ناممکن است. در طراحی جاده لازم است تا علاوه بر مسائل فنی، مسائل زیست‌محیطی نیز به‌دقت مدنظر قرار داده شوند. دخالت دادن جنبه‌های زیست‌محیطی از قبیل زمین‌شناسی و فرسایش‌پذیری خاک سبب افزایش دقت در طراحی شبکه جاده و کاهش خسارتهای احتمالی می‌شود (سپهوند، ۱۳۸۲). این امر به معنی حداکثر استفاده از لایه‌های اطلاعاتی مؤثر بر طراحی جاده است که با استفاده از فناوری GIS امکان‌پذیر می‌باشد. روشهای نوین طراحی با استفاده از GIS، قابلیت تحلیل حجم زیادی از اطلاعات را به‌صورت لایه‌های مختلف رقومی با سرعت و دقت زیادی فراهم می‌نماید و در نتیجه می‌تواند کیفیت، سرعت، هزینه و دقت طراحی را بهبود بخشد (عبدی، ۱۳۸٤). از سوی دیگر در کنار بهره‌گیری از محیط GIS، استفاده از روش AHP به‌دلیل امکان واردسازی نظرات متخصصان در روند تصمیم‌گیری و ارزیابی و همچنین توانایی آن برای استفاده در مواردی که امکان کمی نمودن اطلاعات دشوار است، می‌تواند در بهینه‌سازی طراحی شبکه جاده‌های جنگلی تأثیر فراوانی داشته باشد که مطالعات متعددی نیز در این رابطه انجام شده است. Shiba (1998) با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی، اثر حضور جاده در نواحی کوهستانی Mie ژاپن را بررسی نموده است. Spinelli & Marchi (1998) در مطالعه خود بیان می‌کنند که به‌طور کلی طراحی جاده باید به‌نحوی صورت گیرد که بیشترین سطح پوشش را با حداقل طول ممکن داشته باشد.

Akay *et al*. (2004) به بررسی مدل رقومی ارتفاع با توان تفکیک زیاد و کاربرد آن در طراحی جاده‌های جنگلی پرداختند. Akay & Session (2005) مدل سه بُعدی مسیریابی جاده‌های جنگلی را با عنوان TRACER برای ارزیابی سریع گزینه‌های مختلف جاده در طراحی مسیرهای اولیه توسعه دادند. احمدی (۱۳۸۱) به مسیریابی جاده پارچین براساس اصول زیست‌محیطی با استفاده از GIS پرداخت. در این مطالعه پس از شناسایی عوامل تأثیرگذار بر مسیریابی، با در نظر گرفتن فرضیه‌های مختلف وزن‌دهی و براساس مبدأهای متفاوت، ۵ گزینه مسیر طراحی و به‌منظور مقایسه این گزینه‌ها با یکدیگر و با جاده پارچین و تعیین گزینه مسیر بهینه از فرایند تحلیل سلسله مراتبی استفاده شد.

حسینی (۱۳۸۲) به بررسی کارآیی GIS در افزایش دقت و کیفیت برنامه‌ریزی شبکه جاده جنگلی پرداخت. در ابتدا نقشه‌های معیارها و توان رویشگاه و نقشه پایداری و ناپایداری نسبی منطقه بدست آمد. با وجود گزینه‌های شبکه جاده طراحی شده و شبکه جاده موجود در منطقه، پوشش و درصد عبور از نقاط پایدار و مناسب با آزمون مربع کای مورد مقایسه قرار گرفتند. در نهایت در این منطقه یک طرح جدید شبکه جاده جنگلی پیشنهاد شد و با استفاده از روش تن- کیلومتر، گزینه‌ها مقایسه شدند. سپهوند (۱۳۸۲) به بررسی قابلیت‌های افتتاحی گزینه‌های مختلف به‌منظور تکمیل شبکه جاده بخش پاتم جنگل خیرود در یک جنگل‌داری چندمنظوره پرداخت. وی ابتدا مناطق مناسب را برای تفرج متمرکز با استفاده از GIS شناسایی و سپس جاده‌های لازم را برای افتتاح پهنه تفرجی طراحی نمود. علیزاده (۱۳۸۵) نیز به مطالعه طراحی و ارزیابی گزینه‌های مختلف شبکه جاده با استفاده از GIS و مطالعات میدانی پرداخت. ۱۸ گزینه شبکه جاده براساس اصول فنی و نیازهای جنگل‌داری طراحی و سپس گزینه‌ها به‌صورت رقومی در محیط GIS به روشهای بکموند (Backmond) و زگبادن (Segebaden) از نظر حجم عملیات خاکی ارزیابی شدند. گزینه‌ای که با توجه به معیار ارزیابی بکموند و نیازهای مدیریتی به‌عنوان بهترین انتخاب شد، در جنگل شیب‌سنجی شده (با شیب‌سنج و متر نواری) و تغییرات لازم بر روی آن اعمال گردید.

Archive of SID

www.SID.ir

هدف کلی این پژوهش، طراحی شبکه جاده جنگلی با رعایت معیارهای زیست‌محیطی با بهره‌گیری از قابلیت‌های سامانه اطلاعات جغرافیایی و فرایند تحلیل سلسله مراتبی است. از اهداف دیگر تحقیق حاضر، ارزیابی‌های زیست‌محیطی و فنی گزینه‌های مختلف از طریق مطالعه گزینه‌ها و انتخاب بهترین گزینه به‌لحاظ اصول زیست‌محیطی و در نهایت انجام ارزیابی اقتصادی آن است.

## مواد و روشها

### منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، جنگل آموزشی- پژوهشی خیرود واقع در ۷ کیلومتری شرق نوشهر در استان مازندران بین ۲۷′ ۳۶° تا ۴۰′ ۳۶° عرض شمالی و ۳۲′ ۵۱° تا ۴۳′ ۵۱° طول شرقی می‌باشد. این جنگل شامل ۷ بخش است که منطقه مورد مطالعه، بخش بهاربُن، ششمین بخش از این مجموعه است که مساحتی حدود ۱۴۰۰ هکتار را به‌خود اختصاص داده است. کمترین و بیشترین ارتفاع در این بخش به‌ترتیب حدود ۹۰۰ و ۲۲۶۰ متر بالاتر از سطح دریاست. قسمت‌های جنگلی بخش بهاربُن فاقد جاده ماشین‌رو بوده و فقط حاشیه باختری بخش اصلی جنگل دارای راه‌های مالروی محدودی است.

## روش تحقیق

در راستای اهداف پروژه و پس از بررسی منابع متعدد و با توجه به بازدیدهای مقدماتی از منطقه مورد مطالعه، معیارهای زیست‌محیطی تأثیرگذار در طراحی مسیر جاده جنگلی شناسایی و سپس نسبت به جمع‌آوری و تهیه داده‌های مربوط به این معیارها اقدام گردید. داده‌های متعددی در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفتند که از آنها لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز استخراج گردید، سپس با استفاده از نرم‌افزار ضمیمه Pegger، ۶ گزینه شبکه جاده با در نظر گرفتن تمام لایه‌های تهیه شده طراحی شدند. طراحی موجود نیز به‌عنوان گزینه هفتم (هر چند این گزینه هنوز توسط طراحان نهایی نشده) در نظر گرفته شد. سپس به ارزیابی‌های زیست‌محیطی و فنی گزینه‌های طراحی شده، پرداخته شد و پس از انتخاب گزینه برتر ارزیابی اقتصادی آن نیز انجام گردید.

### ارزیابی زیست‌محیطی شبکه‌ها به‌روش MCE

پس از طبقه‌بندی و ارزش‌گذاری طبقات داخلی نقشه‌ها، به‌منظور ارزیابی زیست‌محیطی گزینه‌ها از روش مقایسه دو به دو در فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) به‌منظور وزن‌دهی و اولویت‌بندی لایه‌ها استفاده شد. بدین منظور پس از طراحی پرسشنامه از نظرات متخصصان برای ارزش‌گذاری لایه‌ها استفاده گردید. سپس به‌منظور تلفیق مشخصه‌ها و محدودیت‌ها با توجه به اهمیت آنها از روش ارزیابی چندمعیاری MCE استفاده و نقشه شایستگی تهیه شد. در مرحله بعد با استفاده از تابع Extract در نرم‌افزار IDRISI از نقشه شایستگی، مجموع ارزشهای هر واریانت استخراج گردید. سپس ارزش هر واریانت به طول آن تقسیم و ارزش واحد طول هر گزینه محاسبه شد. با توجه به این که ارزش‌گذاری داخلی نقشه‌ها براساس مطلوبیت صورت گرفت، بنابراین در نقشه شایستگی ارزش کمتر مطلوبیت بیشتری دارد. بدین ترتیب با بهره‌گیری از قابلیت‌های GIS، واریانتی که کمترین ارزش واحد طول را داشت، به‌عنوان واریانتی که کمترین آسیب زیست‌محیطی را وارد می‌کند، تعیین شد.

### ارزیابی فنی شبکه‌ها به‌روش بکموند

برای محاسبه رقم بکموند برای هر گزینه از قابلیت‌های سامانه اطلاعات جغرافیایی استفاده شد. به این منظور در محیط ArcView طول هر شبکه جاده و مساحت کل منطقه محاسبه و از تقسیم طول کل جاده‌ها به

Archive of SID

www.SID.ir

مساحت منطقه، تراکم جاده (متر در هکتار) محاسبه شد. سپس برای محاسبه درصد پوشش از تابع بافر استفاده شد و در هر طرف جاده‌ها عرضی برابر حداکثر فاصله چوبکشی، مشخص گردید. با تعیین مساحت کل منطقه بافر که تحت پوشش جاده‌ها قرار می‌گیرند، درصد پوشش از رابطه ۱ بدست آمد.

رابطه (۱)
$$op\% = \frac{s}{S} \times 100$$

*op%*: درصد پوشش، *s*: مساحت مناطق تحت پوشش (هکتار) و *S*: مساحت کل منطقه (هکتار)

با تقسیم تراکم جاده به درصد پوشش، رقم یکموند برای ارزیابی فنی تمامی واریانت‌ها بدست آمد.

**ارزیابی فنی شبکه‌ها به‌روش زگبادن**

زگبادن دو ضریب تصحیح شبکه (V-corrector) و ضریب تصحیح خروج چوب (T-corrector) را به‌منظور برآورد فاصله عملی چوبکشی معرفی و در تعیین رابطه متوسط فاصله چوبکشی عملی بکار برد. مجموع ضریب‌های T و V، ضریب تصحیح کامل است که بر حسب شرایط منطقه متفاوت است. ضریب تصحیح کامل که FAO به‌منظور ارزیابی پیشنهاد کرده در جدول ۱ مشاهده می‌شود.

برای ارزیابی فنی با استفاده از روش زگبادن مراحل زیر در محیط نرم‌افزار IDRISI 15 انجام شد:

۱- محاسبه ضریب تصحیح مناسب برای منطقه

۲- تعیین فواصل هر سلول از شبکه جاده با استفاده از تابع Distance

۳- رویهم‌گذاری نقشه‌های مرحله اول و دوم به‌منظور بدست آوردن فاصله واقعی

٤- استخراج فواصل کل سلول‌ها با استفاده از تابع Extract به‌منظور مقایسه گزینه‌ها

در مورد این روش از شاخص مجموع فواصل × طول جاده استفاده می‌گردد که کوچکتر بودن این شاخص از لحاظ ارزیابی فنی مطلوبترین است.

**جدول ۱- ضریب‌های تصحیح پیشنهادی FAO (FAO, 1974)**

| Total Corr (T+V) | شرایط توپوگرافی |
|---|---|
| ۱/٦-۲ | مسطح |
| ۲-۲/۸ | کوهستانی متوسط |
| ۲/۸-۳/٦ | کوهستانی پُرشیب |
| ۳/٦< | کوهستانی خیلی پُرشیب |

پس از تعیین گزینه بهینه، ارزیابی اقتصادی این گزینه براساس روش ذکر شده در دستورالعمل تعیین محلهای دپو و شبکه‌بندی مسیرهای چوبکشی (بی‌نام، ۱۳۸٤) انجام شد.

**تهیه لایه‌های اطلاعاتی**

**نقشه طبقات ارتفاعی و شیب منطقه**

برای تهیه نقشه مدل رقومی زمین از خطوط میزان نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ استفاده شد. با طبقه‌بندی مدل رقومی ارتفاع به کلاسه‌های ۳۰۰ متری، نقشه طبقات ارتفاعی حاصل گردید. نقشه شیب با استفاده از مدل

Archive of SID

www.SID.ir

رقومی ارتفاع تهیه شد. سپس با توجه به شرایط شیب منطقه، طبقه‌بندی در پنج طبقه ۱۰-۰، ۲۰-۱۰، ۳۵-۲۰، ۵۰-۳۵ و بیشتر از ۵۰ درصد انجام شد.

**نقشه گسل**

این منطقه در زون البرز مرکزی قرار دارد که گسل الگوی ساختاری چیره آن از نوع راندگی و معکوس است (آقانباتی، ۱۳۸۳). تعداد معدودی گسل اصلی و فرعی در بخش بهاربُن وجود دارد که گسل‌های اصلی از نقشه رقومی زمین‌شناسی استخراج و به‌صورت یک لایه اطلاعاتی مورد استفاده قرار گرفت (شکل ۱، الف). پس از بررسی منابع موجود (سجادی، ۱۳۸۰) و مذاکرات شفاهی با متخصصان جاده‌سازی در جنگل و زمین‌شناسی، در نهایت فاصله کمتر از ۲۰۰ متر از گسل به‌عنوان محدودیت در نظر گرفته شد.

**نقشه آبراهه‌ها**

نقشه آبراهه‌ها از نقشه‌های توپوگرافی رقومی ۱:۲۵۰۰۰ منطقه استخراج و آبراهه‌های اصلی به‌عنوان یک لایه اطلاعاتی وارد محیط GIS گردید (شکل ۱، ب) و مقرر شد که با توجه به شرایط جنگلهای شمال و به‌دلیل ملاحظات زیست‌محیطی نباید تا فاصله ۲۵ متری از آبراهه‌ها درخت قطع شود. با توجه به پراکنش آبراهه‌ها در سطح بخش بهاربن و لزوم طراحی و ساخت جاده که ناگزیر از عبور از آبراهه‌ها و لوله‌گذاری می‌باشد؛ به‌ناچار فاصله ۲۵ متری از آبراهه در بدترین حالت ممکن در نظر گرفته شد. افزایش فاصله از آبراهه علاوه بر کاهش مضرات زیست‌محیطی از قبیل آلودگی آبها، رودخانه‌ها و فرسایش خاک، کاهش هزینه ابنیه فنی را نیز بدنبال دارد.

**نقشه تیپ و پوشش گیاهی**

تیپ‌های غالب از روی نقشه تیپ منطقه تعیین و به ۵ کلاسه طبقه‌بندی شدند (شکل ۱، ج).

**نقشه تراکم تاج‌پوشش**

با توجه به این که نقشه تراکم تاج‌پوشش منطقه تهیه نشده بود، براساس مشاهدات جنگل‌گردشی، درصد تراکم تاج‌پوشش تمامی تیپ‌های موجود در منطقه بیش از ۸۰ درصد تعیین شد.

**نقشه سنگ بستر و حساسیت به فرسایش**

این لایه از نقشه‌های رقومی زمین‌شناسی دو شیت کجور و حمزه‌ده که بخش بهاربُن در آنها قرار می‌گیرد تهیه و از نظر حساسیت به فرسایش به ٤ طبقه تقسیم شد (شکل ۱، د).

**نقشه بافت خاک**

با توجه به این که نقشه رقومی خاک‌شناسی بخش بهاربن تهیه نشده بود، از نقشه کاغذی خاک‌شناسی جنگل خیرود استفاده شد (سرمدیان و جعفری،۱۳۸۰). این نقشه در محیط GIS رقومی و پس از اضافه کردن اطلاعات موردنظر به جدول توصیفی، نقشه خاک در محیط ArcView به‌صورت یک لایه اطلاعاتی مورد استفاده قرار گرفت. این لایه نیز در پنج طبقه ارزش‌گذاری شد (شکل ۱، و).

**نقشه فرسایش‌پذیری خاک**

پس از رقومی کردن نقشه کاغذی خاک‌شناسی، باتوجه به اطلاعات موجود در طرح مطالعاتی "بررسی خاک‌های جنگلی ایستگاه تحقیقاتی آموزشی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران"، فرسایش‌پذیری منطقه در دو طبقه، طبقه‌بندی شد (سرمدیان و جعفری،۱۳۸۰) (شکل ۱، ه).

**نقشه چشم‌انداز**

با توجه به این که نقشه چشم‌انداز منطقه تهیه نشده بود، براساس جنگل‌گردشی‌های به‌عمل آمده و مذاکرات

Archive of SID

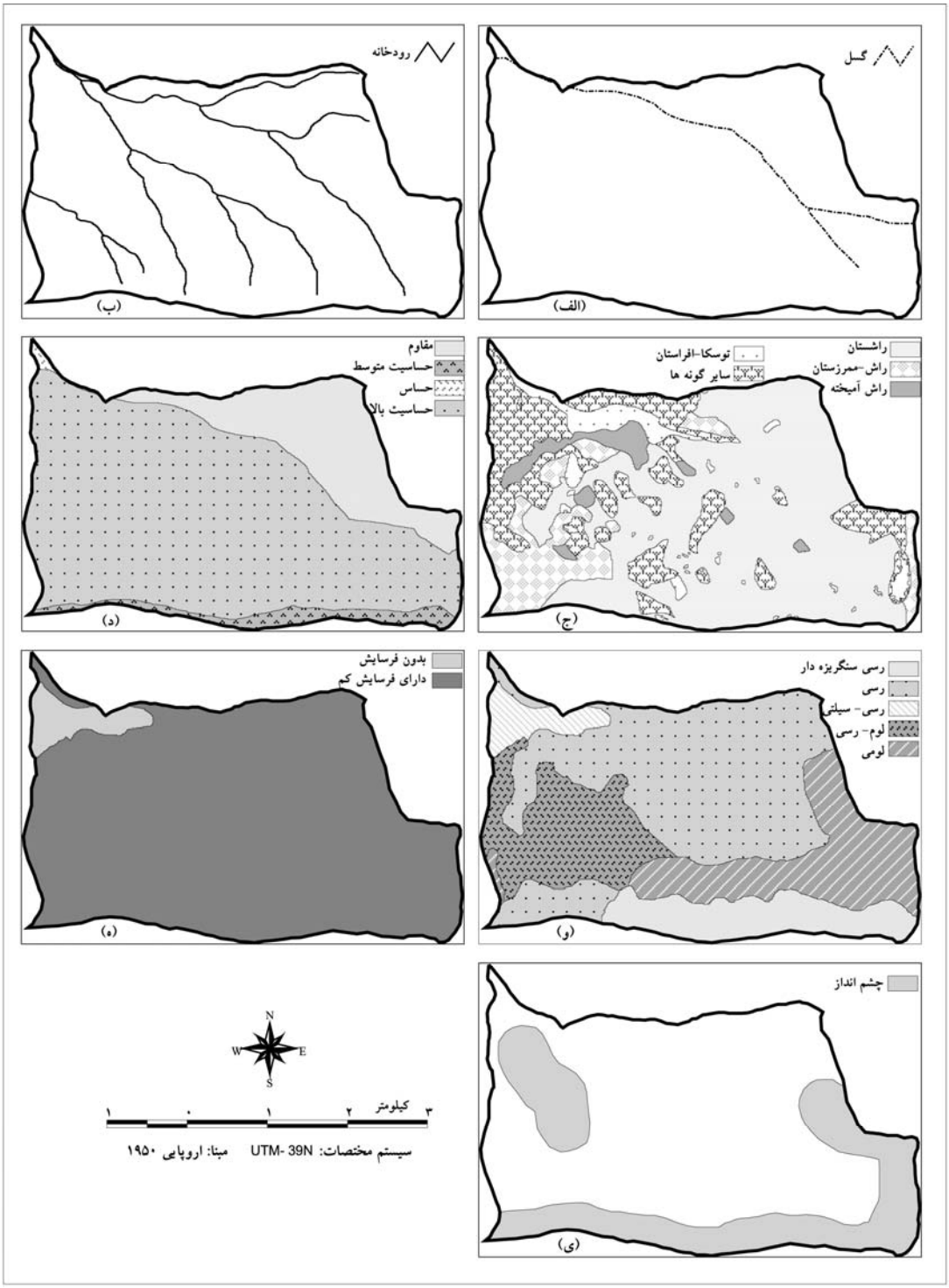
www.SID.ir

شفاهی با استادان ذی‌ربط و کاملاً آشنا به منطقه، سه قسمت (یال جنوبی، یال شرقی و بخشی از قسمت غربی جنگل بهاربن که دارای تنوع گیاهی زیادی بود) به‌عنوان مناظر چشم‌انداز در نظر گرفته شد. فاصله ۱۰۰ متری از این مناظر براساس مطلوبیت عبور جاده در طبقه یک قرار گرفت و به‌صورت یک لایه اطلاعاتی وارد محیط GIS شد (شکل ۱، ی).

به‌دلیل این که لایه‌های اطلاعاتی از منابع مختلفی تهیه شدند، صحت نقشه‌ها متفاوت است؛ به‌عنوان مثال نقشه‌های توپوگرافی که نقشه‌های آبراهه‌ها و خطوط توپوگرافی به‌منظور تهیه نقشه شیب و ارتفاع از آن استخراج شدند و همچنین نقشه خاک‌شناسی، دارای مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ بودند. نقشه‌های چشم‌انداز، تیپ و پوشش گیاهی نیز بر مبنای همین مقیاس بدست آمدند. نقشه زمین‌شناسی و گسل نیز دارای مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ بودند.

Archive of SID

www.SID.ir



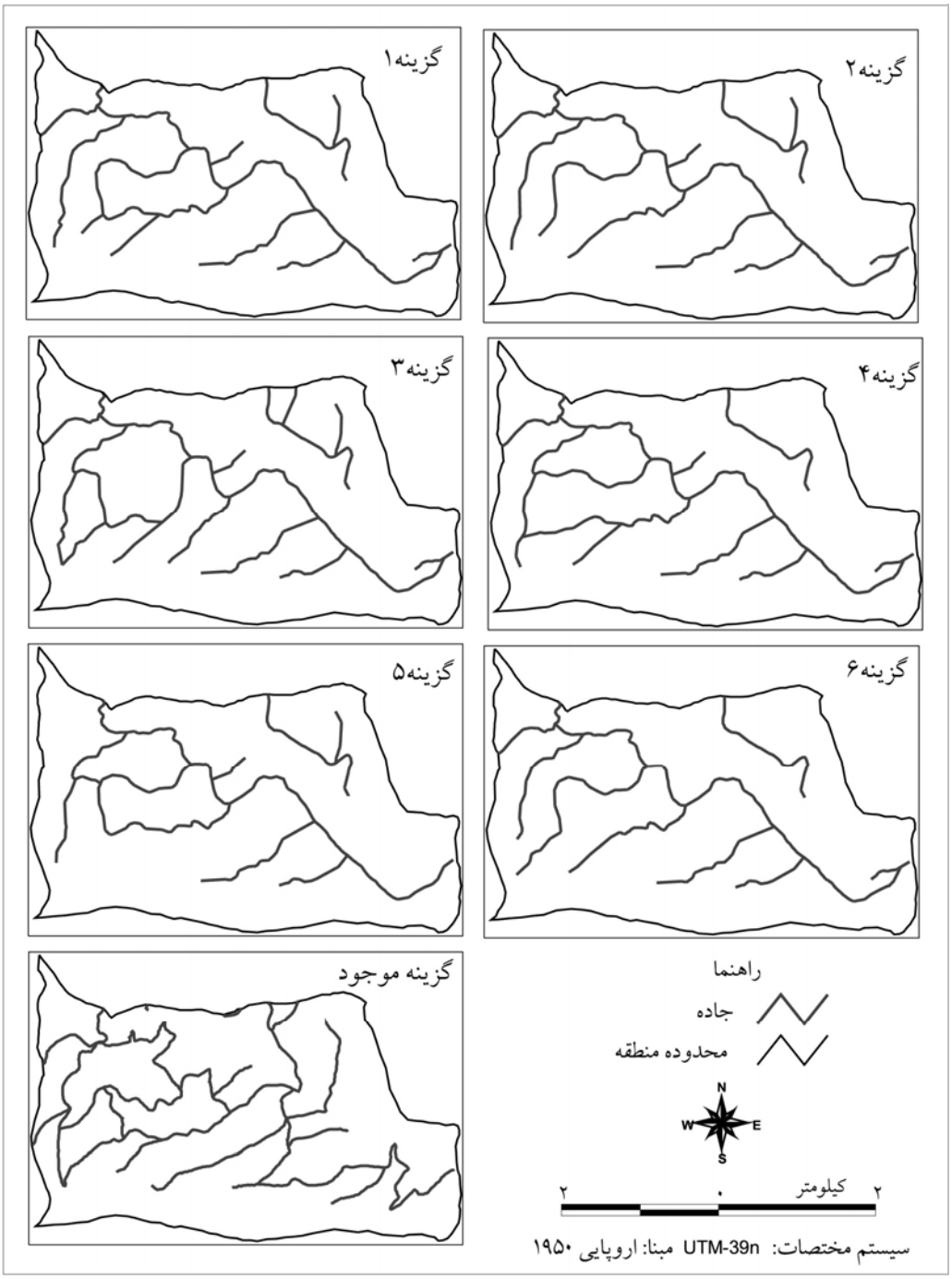

**شکل ۱- نقشه‌های برخی از معیارهای مورد استفاده در طراحی جاده (الف- نقشه گسل، ب- نقشه آبراهه‌های اصلی، ج- نقشه تیپ گیاهی، د- نقشه حساسیت به فرسایش سنگ بستر، و- نقشه بافت خاک، ه- نقشه فرسایش‌پذیری خاک و ی- نقشه چشم‌انداز)**

www.SID.ir

## نتایج

### طراحی شبکه جاده

با استفاده از نرم‌افزار ضمیمه Pegger، ٦ گزینه شبکه جاده با در نظر گرفتن تمام لایه‌های تهیه شده، طراحی و مورد ارزیابی‌های زیست‌محیطی و فنی قرار گرفت. گزینه‌های طراحی شده در شکل ۲ دیده می‌شوند.




**شکل ۲- نقشه ٦ گزینه شبکه جاده‌های طراحی شده و موجود**

www.SID.ir

### ارزیابی زیست‌محیطی به‌روش MCE

نتایج محاسبه وزن معیارهای زیست‌محیطی براساس نظر متخصصان در جدول ۲ آورده شده است. قابل ذکر است که در این تحقیق از ۱۲ پرسشنامه استفاده شد. در مجموع میزان ناسازگاری کلی ۰/۰۷ بود که نشان از سازگاری قابل قبول نظرات در هر پرسشنامه دارد.

**جدول ۲- وزن نهایی معیارهای زیست‌محیطی**

| معیارها | شیب | آبراهه | سنگ بستر | بافت خاک | فرسایش‌پذیری خاک | گسل | تیپ و پوشش گیاهی | تراکم پوشش | چشم‌انداز | ارتفاع |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| وزن | ۰/۳۲٦۷ | ۰/۱۸٤٤ | ۰/۱۳۹۰ | ۰/۰۹۷٦ | ۰/۰۷۹۷ | ۰/۰۷۹۱ | ۰/۰۷٦۸ | ۰/۰۷۰۵ | ۰/۰٤۰۷ | ۰/۰۲۱۷ |

با توجه جدول ۲، ملاحظه می‌گردد که شیب بیشترین وزن را به‌خود اختصاص داده و سپس به‌ترتیب آبراهه، سنگ بستر، بافت خاک، گسل، فرسایش‌پذیری خاک، تیپ و پوشش گیاهی، تراکم پوشش، چشم‌انداز و ارتفاع وزن‌های بعدی را به‌خود اختصاص می‌دهند. نتایج حاصل از ارزیابی چندمعیاری در جدول ۳ مشاهده می‌گردد.

**جدول ۳- نتایج ارزیابی زیست‌محیطی گزینه‌ها با استفاده از روش MCE**

| گزینه | ارزش استخراج شده | طول جاده (کیلومتر) | ارزش واحد طول | رتبه |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | ٤۵۷۵ | ۲۲/۲۷۹ | ۲۰۵/۳۵ | ۵ |
| ۲ | ٤۳۸۵ | ۲۱/۵۷۳ | ۲۰۳/۲٦ | ٤ |
| ۳ | ۵۱۰٤ | ۲۳/٦۳٤ | ۲۱۵/۹٦ | ۷ |
| ٤ | ٤۱۲٤ | ۲۱/۵۰۹ | ۱۹۱/۷۳ | ۳ |
| ۵ | ٤۱۰۵ | ۱۹/٦٦٤ | ۲۰۹/۰۵ | ٦ |
| ٦ | ٤۱۲۷ | ۲۲/٦۳٦ | ۱۸۲/۳۲ | ۱ |
| طراحی موجود | ٦۳۵۵ | ۳٤/٤۷۲ | ۱۸٤/۳۵ | ۲ |

با توجه به جدول ۳ ملاحظه می‌گردد که گزینه ٦ با حداقل ارزش واحد طول بیشترین مطلوبیت و گزینه ۳ با حداکثر ارزش واحد طول، کمترین مطلوبیت را دارد.

### ارزیابی فنی به‌روش بکموند

حداقل درصد پوشش مربوط به گزینه ۳ با ۷٤/۸٤ درصد و حداکثر آن مربوط به گزینه ۲ با ۷۷/٤٤ درصد می‌باشد. کوچکتر بودن رقم بکموند از لحاظ فنی مطلوبتر است که کمترین مقدار آن مربوط به گزینه ۵ می‌باشد، یعنی نسبت به بقیه گزینه‌ها با طول کمتری پوشش بیشتری را در برگرفته است (جدول ٤).

Archive of SID

www.SID.ir

**جدول ٤- نتایج حاصل از ارزیابی فنی گزینه‌ها به‌روش بکموند**

| گزینه | طول جاده (متر) | تراکم (متر/ هکتار) | فاصله بین جاده‌ها (متر) | حداکثر فاصله چوبکشی (متر) | سطح پوشش (هکتار) | درصد پوشش | رقم بکموند | رتبه |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۲۲۲۷۹ | ۱۵/۹۰ | ٦۲۸ | ۳۱٤ | ۱۰٦۸/۹٦٦۰ | ۷٦/۳۲ | ۰/۲۰۸۳ | ٤ |
| ۲ | ۲۱۵۷۳ | ۱۵/٤۰ | ٦٤۹ | ۳۲٤ | ۱۰۸٤/٦۸۵٤ | ۷۷/٤٤ | ۰/۱۹۸۹ | ۲ |
| ۳ | ۲۳٦۳٤ | ۱٦/۸۷ | ۵۹۲ | ۲۹٦ | ۱۰٤۸/۳۱۱۷ | ۷٤/۸٤ | ۰/۲۲۵٤ | ۵ |
| ٤ | ۲۱۵۰۹ | ۱۵/۳۵ | ٦۵۱ | ۳۲۵ | ۱۰٦۰/۹۹۲٦ | ۷۵/۷۵ | ۰/۲۰۲٦ | ۳ |
| ۵ | ۱۹٦٦٤ | ۱٤/۰٤ | ۷۱۲ | ۳۵٦ | ۱۰٤۸/۳٤۱۷ | ۷٦/۷۰ | ۰/۱۸۳۰ | ۱ |
| ٦ | ۲۲٦۳٦ | ۱٦/۱٦ | ٦۰۹ | ۳۰٤ | ۹۷۳/۹۸۱٦ | ٦۵/۵۰ | ۰/۲٤٦۷ | ٦ |
| طراحی موجود | ۳٤٤۷۲ | ۲٤/٦۲ | ٤۰٦ | ۲۰۳ | ۱۳۹۲/۷۰۹۳ | ۹۹/٤۳ | ۰/۲٤۷٦ | ۷ |

**ارزیابی فنی به‌روش زگبادن**

در این روش از شاخص مجموع فواصل × طول جاده استفاده می‌گردد که کوچکتر بودن این شاخص از لحاظ ارزیابی فنی، مطلوبترین است. بنابراین گزینه ۵ مطلوب‌ترین گزینه می‌باشد (جدول ۵).

**جدول ۵- نتایج حاصل از ارزیابی فنی گزینه‌ها به‌روش زگبادن**

| گزینه | مجموع فواصل چوبکشی (کیلومتر) | طول جاده (کیلومتر) | مجموع فواصل × طول جاده | رتبه |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۳۷۹۱۹/۰۰۷ | ۲۲/۲۷۹ | ۸٤٤۷۹۷/۵۵۷ | ۳ |
| ۲ | ۳۷۳۵۰/۰۱۰ | ۲۱/۵۷۳ | ۸۰۵۷۵۱/۷۷٦ | ۲ |
| ۳ | ۳٦٦۸۲/۷۹۸ | ۲۳/٦۳٤ | ۸٦٦۹٦۱/۲٤۸ | ٤ |
| ٤ | ٤۰٤۵۳/۳۹۵ | ۲۱/۵۰۹ | ۸۷۰۱۱۲/۰۷۳ | ۵ |
| ۵ | ٤۰۲۱۰/۳۵۰ | ۱۹/٦٦٤ | ۷۹۰٦۹٦/۳۲۲ | ۱ |
| ٦ | ۳۹٦۸۳/۷۲۰ | ۲۲/٦۳٦ | ۸۹۸۲۸۰/٦۸٤ | ٦ |
| طراحی موجود | ۳۳۵۸۵/۹۹۵ | ۳٤/٤۷۲ | ۱۱۵۷۷۷٦/٤۲ | ۷ |

**انتخاب گزینه نهایی**

باتوجه به نتایج ارزیابی زیست‌محیطی که در این مطالعه به‌عنوان شاخص مورد توجه قرار گرفته و با استفاده از روش MCE انجام شده، گزینه‌های ٦، ۷ (طراحی موجود) و ٤ رتبه اول تا سوم را کسب کرده‌اند که کمترین آسیب زیست‌محیطی را بدنبال دارند. از آن جا که در طراحی جاده‌های جنگلی باید اصول و نکات فنی را نیز در نظر گرفت، مشخصات فنی این گزینه‌ها نیز بررسی شدند و رتبه نهایی در مجموع براساس معیارهای زیست‌محیطی و فنی تعیین شد.

نتایج حاصل از ارزیابی بکموند نشان می‌دهد که رقم بکموند در گزینه ٤، ٦ و ۷ به‌ترتیب ۰/۲۰۲٦، ۰/۲٤٦۷ و ۰/۲٤۷٦ است. در بین این سه گزینه، گزینه ٤ کوچکترین رقم بکموند و کمترین طول را نسبت به دو گزینه دیگر داراست. بنابراین در این روش، گزینه ٤ به‌عنوان گزینه

Archive of SID

www.SID.ir

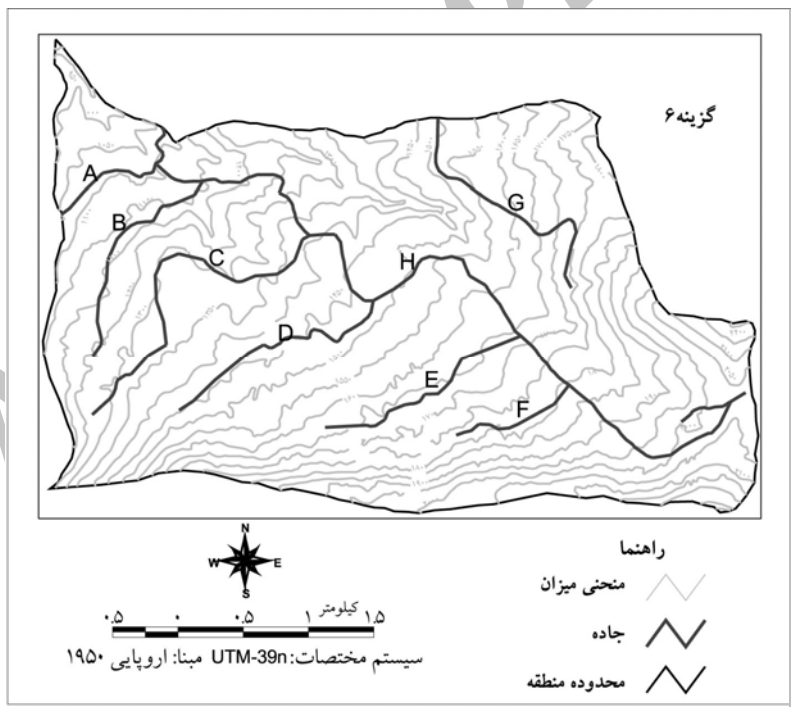
بهینه انتخاب و دو گزینه ٦ و ٧ به‌ترتیب در رده‌های بعدی قرار می‌گیرند.

در روش زگبادن که مجموع حاصل‌ضرب فواصل چوبکشی و طول شبکه جاده در هر گزینه، شاخص ارزیابی قرار گرفته، رقم موردنظر در مورد گزینه‌های ٤، ٦ و ٧ به‌ترتیب ٨٧٠١١٢/٠٧٣، ٨٩٨٢٨٠/٦٨٤ و ١١٥٧٧٧٦/٤٢ می‌باشد. در این روش، بین این سه گزینه، گزینه ٤ به‌لحاظ داشتن کوچکترین شاخص، بهترین گزینه است. در جدول ٦ رتبه این سه گزینه در ارزیابی‌های مختلف نشان داده شده است.

**جدول ٦- رتبه سه گزینه نهایی در ارزیابی‌های مختلف**

| گزینه | روش MCE | روش بکموند | روش زگبادن |
|---|---|---|---|
| ٦ | ١ | ٢ | ٢ |
| ٧ | ٢ | ٣ | ٣ |
| ٤ | ٣ | ١ | ١ |

به این ترتیب با توجه به محاسبات حاصل از ارزیابی‌های به‌عمل آمده (زیست‌محیطی، بکموند و زگبادن) و با توجه به هدف پژوهش، از بین این سه گزینه، گزینه ٦ را که به‌طور نسبی علاوه بر مطلوبیت زیست‌محیطی از نظر فنی نیز دارای مطلوبیت است، به‌عنوان گزینه نهایی انتخاب و پس از انجام ارزیابی اقتصادی، در نهایت قابلیت پیاده نمودن آن در عرصه بررسی گردید (شکل ٣).




**شکل ٣- شبکه جاده منتخب**

Archive of SID

www.SID.ir

### ارزیابی اقتصادی گزینه نهایی

براساس دستورالعمل تعیین محلهای دپو و شبکه‌بندی مسیرهای چوبکشی برای انجام ارزیابی اقتصادی، به تعیین هزینه جاده‌سازی و هزینه چوبکشی هر مترمکعب چوب قابل خروج نیاز است. متوسط هزینه ساخت یک کیلومتر جاده برابر پانصد میلیون ریال می‌باشد که از تقسیم این هزینه به حجم چوبی که بر روی آن حمل خواهد شد، هزینه جاده‌سازی برای هر مترمکعب چوب بدست می‌آید. این حجم چوب از حاصل‌ضرب میزان برداشت در هکتار منطقه مورد مطالعه در مساحتی که تحت پوشش یک کیلومتر جاده قرار می‌گیرد بدست می‌آید (جدول ۷).

**جدول ۷- نتایج ارزیابی اقتصادی گزینه بهینه منتخب**

| مسیرها | حجم چوب قابل خروج به‌وسیله یک کیلومتر جاده | فاصله بین دو جاده (متر) | حداکثرفاصله چوبکشی | | سطح پوشش به‌وسیله یک کیلومتر جاده (هکتار) | هزینه جاده‌سازی به‌ازای هر مترمکعب چوب (ریال) | هزینه چوبکشی (ریال) | مجموع هزینه چوبکشی و جاده‌سازی (ریال) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ۱:۳ به‌سمت بالا | ۲:۳ به‌سمت پایین | | | | |
| A,B | ٦٩٣٠ | ٤٤٠ | ١٤٦/٦٦ | ٢٩٣/٣ | ٤٤ | ٧٢١٥٠ | ٢٢٠٠٠ | ٩٤١٥٠ |
| B,C | ٩٣٨٧ | ٥٩٦ | ١٩٨/٦٦ | ٣٩٧/٣٣ | ٥٩/٦ | ٥٣٢٦٥ | ٢٩٨٠٠ | ٨٣٠٦٥ |
| C,D | ١١٥٤٥ | ٧٣٣ | ٢٤٤/٣٣ | ٤٨٨/٦٦ | ٧٣/٣ | ٤٣٣١٠ | ٣٦٦٥٠ | ٧٩٩٦٠ |
| D,E | ١١٢٦١ | ٧١٥ | ٣٥٧/٥ | ٣٥٧/٥ | ٧١/٥ | ٤٤٤٠٠ | ٣٥٧٥٠ | ٨٠١٥٠ |
| E,F | ٧٠٢٤/٥ | ٤٤٦ | ٢٢٣ | ٢٢٣ | ٤٤/٦ | ٧١١٧٩ | ٢٢٣٠٠ | ٩٥٤٧٩ |
| G,H | ١٠٦٦٣ | ٦٧٧ | ٣٣٨/٥ | ٣٣٨/٥ | ٦٧/٧ | ٤٦٨٩٢ | ٣٣٣٥٠ | ٨١٢٤٢ |
| A,C | ١٦١٤٨/٥ | ١٠٣٨ | ٣٤٦ | ٦٩٢ | ١٠٣/٨ | ٣٠٥٨٤ | ٥١٩٠٠ | ٨٢٤٨٤ |
| E,C | ٢٢٨٠٦ | ١٤٤٨ | ٤٨٢/٦٦ | ٩٦٥/٣٣ | ١٤٤/٨ | ٢١٩٢٤ | ٧٢٤٠٠ | ٩٤٣٢٤ |
| F,D | ١٨١٩١ | ١١٥٥ | ٣٨٥ | ٧٧٠ | ١١٥/٥ | ٢٧٤٨٦ | ٥٧٧٥٠ | ٨٥٢٣٦ |

در مورد گزینه بهینه، کمترین مجموع هزینه‌های جاده‌سازی و چوبکشی مربوط به فاصله بین دو مسیر C,D است (شکل ۳) که برابر ۷۳۳ متر می‌باشد. با توجه به این که میانگین فاصله جاده‌ها در شبکه جاده منتخب برابر ٦٠٩ متر می‌باشد و طراحی انجام شده براساس شرایط توپوگرافی منطقه صورت گرفته، ارزیابی اقتصادی نیز گزینه منتخب را تأیید می‌نماید.

### نتایج بررسی قابلیت پیاده نمودن گزینه بهینه

برای کنترل قابلیت پیاده نمودن گزینه بهینه، از عرصه بازدید به‌عمل آمد و مسیر D از شبکه مذکور به‌طول ٢٢٧٦ متر به‌صورت تصادفی انتخاب و با دستگاه GPS مکان‌یابی و مورد پیمایش قرار گرفت. وضعیت کلی این مسیر از نظر شیب منطقه، ساختار و ترکیب گونه‌های موجود، وضعیت لغزشی زمین و آبروها مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن بدین شرح است:

۱- شیب منطقه در این مسیر کمتر از ۳۵ درصد است که با توجه به ملاحظات زیست‌محیطی قابلیت اجرایی

Archive of SID

www.SID.ir

برای ساخت جاده را دارد. در مجموع، ۸۵ درصد از کل مسیر گزینه ٦ در کلاسه‌های شیب کمتر از ۳۵ درصد قرار گرفته است.

۲- ساختار و ترکیب گونه‌های موجود در مسیر عبارتند از راشستان و راش- ممرزستان که از نظر اولویت عبور جاده در این منطقه در سطوح ۱ و ۲ قرار دارند.

۳- وضعیت زمین از نظر لغزشی و رانشی؛ جایی که نشانگر لغزشی و رانشی بودن زمین بود، مشاهده نشد.

٤- از نظر آبروها در این مسیر، ٤ آبراهه تک‌شاخه و دو آبراهه دوشاخه ملاحظه شد که با توجه به نظر استادان ذی‌ربط در شرایط جنگلهای شمال، براساس بررسیهای مشاهداتی چنانچه در ساخت جاده هر ۱۵۰ متر یک لوله‌گذاری در تقاطع آبراهه و جاده ( Live stream culvert) انجام گردد از نظر ملاحظات زیست‌محیطی مناسب به‌نظر می‌آید. به این ترتیب با وجود ۸ آبراهه در طول مسیر ۲۲۷٦ متری D، به‌طور متوسط در هر ۲۸۵ متر از مسیر یک لوله‌گذاری در تقاطع آبراهه و جاده نیاز است که از نظر ملاحظات زیست‌محیطی مناسب است. علاوه بر آن، به‌منظور تخلیه آب جوی کناری، لوله‌گذاری دیگری در فواصل ۷۰ تا ۱۲۰ متری (Direct relief culvert) مورد نیاز می‌باشد.

۵- مسیر از چشم‌انداز نسبتاً زیبایی برخوردار است.

با توجه به موارد فوق، به‌طور کلی امکانات مسیر بیانگر احداث جاده مناسب در مسیر ذکر شده است.

## بحث

نتایج این پژوهش مانند سایر مطالعاتی که در این رابطه انجام شده (احمدی، ۱۳۸۱؛ عبدی، ۱۳۸٤؛ Akay & Session, 2005)، این فرضیه را به اثبات می‌رساند که GIS و AHP قابلیت‌های زیادی در طراحی جاده براساس اصول زیست‌محیطی دارند.

در این تحقیق در راستای رسیدن به اهداف مطالعه، معیارهای زیست‌محیطی تأثیرگذار بر روند طراحی جاده شناسایی و برای وزن‌دهی به معیارها از روش مقایسه دو به دو در فرایند تحلیل سلسله مراتبی استفاده شد. نتایج بدست آمده نشان داد که استفاده از این روش دستاورد مطلوبی را ارائه خواهد داد. همچنین در سایر مطالعات (عبدی، ۱۳۸٤؛ احمدی، ۱۳۸۱؛ Shiba, 1998) نیز روش مقایسه دو به دو برای وزن‌دهی به معیارها در پژوهش‌های طراحی جاده روشی مناسب و مؤثر ذکر شده است.

استفاده از روند ارزیابی چندمعیاری MCE در GIS، امکان ترکیب و تلفیق معیارهای زیست‌محیطی مختلف با ضریب‌های اهمیت متفاوت را فراهم می‌کند. نتایج نشان می‌دهد که اگرچه شبکه حاصل از این روش کوتاهترین شبکه نمی‌باشد، اما می‌تواند بهترین حالت ممکن را با رعایت مسائل زیست‌محیطی دارا باشد. در واقع با دخالت دادن شاخص‌های زیست‌محیطی، طراحی بهینه امکان‌پذیر است. نتایج حاصل با نتایج بدست آمده از مطالعات کمابیش مشابه که در بخش مقدمه و هدف به آنها اشاره شد همسو و در یک جهت است.

با توجه به نتایج مشاهده می‌گردد که در روش بکموند با افزایش تراکم، حداکثر فاصله چوبکشی کاهش می‌یابد. در نتیجه درصد پوشش در ٦ گزینه، تغییرات چندانی ندارد. در مدل بکموند، رقم بکموند که ملاک قضاوت در مورد ارزیابی شبکه‌های جاده جنگلی است، با افزایش تراکم، افزایش می‌یابد. بنابراین در این روش پنجمین گزینه که کمترین تراکم را دارد، کمترین رقم بکموند را به‌خود اختصاص داده و به‌عنوان گزینه بهینه انتخاب می‌شود و گزینه‌های ۲، ٤، ۱، ۳، ٦ و ۷ در رده‌های بعدی قرار می‌گیرند.

در روش زگبادن، محاسبات انجام شده و نتایج بدست آمده نسبت به‌روش بکموند به واقعیت نزدیکتر می‌شود. در این روش گزینه‌های ۵، ۲ و ۱ به‌ترتیب بالاترین رتبه را از لحاظ مطلوبیت کسب نموده و گزینه‌های ۳، ٤، ٦ و ۷ در رده‌های بعدی قرار گرفته‌اند.

Archive of SID

www.SID.ir

استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی به‌منظور وزن‌دهی، امکان استفاده از ورود معیارهای مختلف کمی و کیفی در مطالعه و استفاده از نظرات متخصصان ذی‌ربط سبب افزایش دقت مطالعه و کسب نتایج صحیح‌تری می‌شود. علاوه بر این استفاده از روش MCE، امکان تلفیق و ترکیب مشخصه‌های مختلف با ضریب‌های اهمیت متفاوت را فراهم می‌کند که این امر خود صحت و دقت مطالعه را افزایش می‌دهد. در این روش گزینه‌های ٦، ٧ و ٤ به‌ترتیب بالاترین رتبه را به‌خود اختصاص دادند و گزینه‌های ٢، ١، ٣ و ٥ به‌ترتیب در رده‌های بعدی قرار گرفتند.

با توجه به نتایج محاسبات حاصل از ارزیابی‌های زیست‌محیطی، بکموند و زگبادن و همچنین با توجه به هدف پژوهش از بین این گزینه‌ها، گزینه ٦ که به‌طور نسبی علاوه بر مطلوبیت زیست‌محیطی از نظر فنی نیز دارای مطلوبیت است، به‌عنوان گزینه نهایی انتخاب و پس از انجام ارزیابی اقتصادی، در نهایت قابلیت پیاده نمودن آن در عرصه بررسی گردید.

در محاسبات به‌عمل آمده در ارزیابی اقتصادی، کمترین مجموع هزینه‌های جاده‌سازی و چوبکشی مربوط به فاصله بین دو مسیر C,D است که برابر ٧٣٣ متر می‌باشد. با توجه به این که میانگین فاصله جاده‌ها در شبکه جاده منتخب برابر ٦٠٩ متر می‌باشد و طراحی انجام شده براساس شرایط توپوگرافی منطقه صورت گرفته، ارزیابی اقتصادی نیز گزینه منتخب را تأیید می‌کند. البته در هنگام پیاده نمودن شبکه جاده منتخب تا جایی که شرایط توپوگرافی و رویشگاهی اجازه دهد می‌توان میانگین فاصله جاده‌ها را به فاصله بهینه نزدیک یا برابر کرد. بنابراین با توجه به نتایج ارزیابی اقتصادی، گزینه ٦ به‌عنوان گزینه بهینه انتخاب می‌شود. کنترل مسیر گزینه بهینه با بازدید از عرصه از نظر شیب منطقه، ساختار و ترکیب گونه‌های موجود، وضعیت لغزشی زمین و آبروها بیانگر مناسب بودن منطقه برای پیاده نمودن جاده است.

قابل ذکر است که طراحی موجود که در این تحقیق به‌عنوان گزینه هفتم در نظر گرفته شده، تاکنون نهایی نشده و امکان حذف برخی از مسیرهای آن وجود دارد، شاید یکی از علل عدم انتخاب آن به‌عنوان بهترین گزینه به این دلیل باشد که لازم است پس از نهایی شدن توسط طراحان مجدداً مورد بررسی قرار گیرد.

صحت نتایج بدست آمده در این‌گونه مطالعات کاملاً به صحت اطلاعات لایه‌های ورودی بستگی دارد و هرچه صحت اطلاعات لایه‌های ورودی بیشتر باشد، نتایج حاصل قابل اعتمادتر خواهد بود (عبدی، ١٣٨٤؛ Dean, 1997؛ Murray 1998). حالت بهینه آن است که تمامی نقشه‌های مورد استفاده هم مقیاس باشند، ولی به دلیل این که این نقشه‌ها از منابع مختلف تهیه می‌شوند، صحت آنها یکسان نیست. بنابراین بهتر است که نتایج با احتیاط مورد استفاده قرار گیرند و یا به‌عنوان مطالعه فاز صفر در نظر گرفته شوند و پس از کنترل و برداشت‌های وسیع زمینی مورد استفاده قرار گیرند.

## منابع مورد استفاده


- احمدی، ه.، ١٣٨١. مسیریابی براساس اصول زیست‌محیطی با استفاده از GIS. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ٩٨ صفحه.
- آقانباتی، ع.، ١٣٨٣. زمین‌شناسی ایران. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ٦٥ صفحه.
- بی‌نام، ١٣٨٤. دستورالعمل تعیین محلهای دپو و شبکه‌بندی مسیرهای چوبکشی. دفتر صنایع چوب و بهره‌برداری، نشریه شماره ٢٢١، ٣٥ صفحه.
- حسینی، س.ع.، ١٣٨٢. برنامه‌ریزی شبکه راه‌های جنگلی با استفاده از فن‌آوری سامانه اطلاعات جغرافیایی در جنگل خیرودکنار نوشهر. رساله دکتری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، ٩٧ صفحه.
- سپهوند، ا.، ١٣٨٢. بررسی قابلیتهای افتتاحی گزینه‌های مختلف به‌منظور تکمیل شبکه جاده‌های سری پاتم در


Archive of SID

www.SID.ir

یک جنگل‌داری چندمنظوره. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۱٤۲ صفحه.

- سجادی، س.، ۱۳۸۰. ارزیابی اثرات راه‌سازی بر محیط زیست جنگل خیرودکنار با استفاده از GIS. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۱۲۳ صفحه.
- سرمدیان، م. و جعفری، م.، ۱۳۸۰. بررسی خاکهای جنگلی ایستگاه تحقیقاتی آموزشی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران (خیرودکنار نوشهر). مجله منابع طبیعی، ویژه‌نامه ۱۳۸۰، ۱۱۲ صفحه.
- عبدی، ا.، ۱۳۸٤. طراحی شبکه جاده جنگلی با حداقل هزینه ساخت با استفاده از GIS. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۸٤ صفحه.
- علیزاده، م.، ۱۳۸۵. طراحی و ارزیابی گزینه‌های مختلف شبکه جاده با استفاده از GIS و مطالعات میدانی (مطالعه موردی: سری چلیر- جنگل خیرود). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۸۸ صفحه.

- Akay, A.E., Karas, I.R., Sessions, J., Yuksel, A., Bozali, N. and Gundogan, R., 2004. Using high-resolution digital elevation model for computer-aided forest road design. Geo-Imagery Bridging Continents, Istanbul, Turkey, The International Society for Photogrammetry and Remote sensing, 6 p.
- Akay, A.E. and Session, J., 2005. Apply the decision support system, TRACER, to forest road design. Society of American forestry, Journal of Applied Forestry, 20: 18-191.
- Dean, D.J., 1997. Finding optimal routes for networks of harvest site access roads using GIS-based techniques. Can. J. For. Res., 27: 11-22.
- FAO, 1974. Logging and log transport in mountain forests in developing countries. Rome, 90 p.
- Murray, A.T., 1998. Route planning for harvest site access. Can. J. For. Res., 28: 1084-1087.
- Shiba, M., 1998. Analytic Hierarchy Process (AHP) based on multi-attribute benefit structure analysis of road network systems in mountainous rural areas of Japan. Forest Engineering, 70: 41-50 p.
- Spinelli, R. and Marchi, E., 1998. A literature review of the environmental impacts of forest road construction. Proceedings of the seminar on environmentally sound forest roads and wood transport: 261-275 p.

Archive of SID

www.SID.ir

# Forest road network planning based on environmental, technical and economical considerations using GIS and AHP (Case study: Baharbon district in Kheyroud forest)

**N. Shahsavand Baghdadi [1], M. Pir Bavaghar [2*] and H. Sobhani [3]**

1- M.Sc. of forest management, Faculty of Natural Resources, University of Kordistan, Sanandaj, Iran.
2*- Corresponding author, Assistant Prof., Faculty of Natural Resources, University of Kordistan, Sanandaj, Iran.
E-mail: mahtab_bavaghar@yahoo.com
3- Associate Prof., Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karadj, Iran.
Received: 14.09.2010 Accepted: 24.01.2011

## Abstract

The goal of this study is presenting a proper method to improve the planning of forest roads network based on environmental, technical and economical considerations using GIS (Geographical Information System) and AHP (Analytical Hierarchy Process). Six different variants regarding to technical principles of roads network were designed using Pegger (an extension of ArcView software). Inner levels of layers were evaluated and ranked to get a proper environmental evaluation. The parameters were compared in pair-wise comparison in the context of AHP to develop map layers weights. Then weights, factors and constraints were entered to multi criteria evaluation (MCE) module to create final suitability map. All variants were evaluated from a technical stand of view in GIS using Backmond and Segebaden methods. In addition to six variants, in every 3 evaluation, we evaluate exiting plan in the study area as seventh variant. With review the result of environmental and technical evaluations of 7 variants, the variant with lowest total value in MCE with regard to technical principals was determined. This variant was evaluated economically, and then was checked by field reconnaissance. The obtained results showed that using GIS and AHP will improve planning methods.

**Key words**: Forest road, environmental, technical and economical considerations, MCE, GIS, AHP.

Archive of SID

www.SID.ir