طراحی شبکه جاده‌های جنگلی با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی در محیط GIS

احمد سیبی*

باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران. رایانامه نویسنده مسئول: cb.ahmad@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۵/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۲/۱۱

چکیده

تحقیقی جهت تعیین مناسب ترین شبکه جاده های جنگلی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در سال ۱۳۹۲ در سری ۷ حوزه‌ی ۳۸ سردآبرود چالوس به اجرا درآمد. ابتدا مدل رقومی زمین برای بررسی و طراحی مسیر جاده‌های جنگلی در فرمت TIN و با استفاده از نقشه سه بعدی سازمان جنگل‌ها با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ تهیه گردید. سپس به کمک این مدل نسبت به تهیه نقشه‌های پایه شامل نقشه شیب، جهت و نقشه فاصله خطوط میزان ۱۰ متری اقدام شد. در مرحله بعد اقدام به رقومی سازی نقشه‌های زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، تیپ‌بندی، طراحی مسیرهای پیشنهادی و پارسل‌بندی از کتابچه طرح جنگلداری گردید. هشت عامل موثر در طراحی مسیر جاده‌های جنگلی در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت که عبارتند از تیپ جنگل، زمین شناسی، خاکشناسی، فاصله از جاده موجود، شبکه هیدروگرافی منطقه، شیب منطقه، جهت‌های جغرافیایی منطقه و نقاط چشم‌انداز که میزان تاثیر هر کدام با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی، وزن‌دهی شدند. نقشه قابلیت عبور مسیر منطقه با در نظر گرفتن وزن آنها با روی‌هم‌گذاری این هشت در محیط GIS عامل تولید گردید. سپس با وارد کردن شیب طولی مناسب (با توجه به نوع جاده) در برنامه PEGGER اقدام به پیش‌بینی و ارزیابی سریع سه واریانت از مسیرهای مختلف جاده شد. ارزیابی مسیر پیشنهادی سازمان و مسیرهای طراحی شده با استفاده از روش Backmond و نقشه قابلیت عبور مسیر بود. نتایج ارزیابی نشان داد که مسیر پیشنهادی با تراکم ۹/۳۹ متر در هکتار و پوشش ۸۵/۳۳ درصد بهترین حالت را از نظر شبکه جاده‌های جنگلی دارا می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی، طراحی شبکه جاده جنگلی، GIS، PEGGER.

مقدمه

ایجاد شبکه‌های جاده جنگلی، از ارکان اجرایی مدیریت علمی و بهینه عرصه‌های جنگلی و راهی به سوی توسعه پایدار توده‌های جنگلی می‌باشد. هدف از ساخت جاده‌های جنگلی حمل و نقل فرآورده‌های جنگلی، انجام امور خدمات و نگهداری، حمایتی، دسترسی به اعماق جنگل، ارتباط روستاهای مناطق جنگلی و جنبه‌های گردشگری است (جمشیدی کوهساری و همکاران، ۱۳۸۷). عبدی و همکاران (۱۳۸۷) بیان کردند که طراحی و ساخت شبکه جاده جنگلی با اختصاص حجم بالایی از سرمایه‌گذاری به خود به عنوان یکی از فاکتورهای مهم هزینه در مدیریت جنگل مطرح می‌باشد. بنابراین ارزیابی گزینه‌های مختلف شبکه جاده جنگلی و تعیین مناسب‌ترین گزینه می‌تواند کمک موثری در کاهش

هزینه‌های جاده سازی باشد. به منظور کمک به طراحان در ردیابی مسیر جاده‌های جنگلی، روش‌های متعددی با کمک کامپیوتر با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی (DEM) پایه‌ریزی شده است.

نرم‌افزارهای رایانه‌ای زیادی نظیر Road Eng، ROUTES، PEGGER، TRACER و F.L.R.D.S از سال ۱۹۷٤ تا کنون برای طراحی جاده به بازار عرضه شده است. امروزه با استفاده از قابلیت‌های GIS و DEM مسیریابی جاده‌های جنگلی به صورت خودکار امکان‌پذیر شده است. طراحان جاده‌های جنگلی و کوهستانی با استفاده از ابزارهای موجود می‌توانند بسیاری از واریانت‌های جاده را به سرعت مورد تحلیل قرار داده و شرایط اقتصادی و حتی زیست‌محیطی را نیز با کمک قابلیت‌های GIS ارزیابی نمایند (Rogres, 2005). برخی از محققان از تحلیل مکانی GIS برای مکان‌یابی مسیری با کمترین اثرات زیست‌محیطی بر محیط اطراف استفاده نمودند (Zura. and Lipra, 1995). درویش‌صفت و همکاران (۱۳۸٦) در تحقیقی تحت عنوان مسیریابی جاده بر اساس اصول زیست‌محیطی با استفاده از GIS برای احداث جاده کمربندی در شرق تهران با در نظر گرفتن عوامل تاثیرگذار شامل فرسایش‌پذیری، خاک، شیب، کاربری اراضی، جریان‌های آبی، گسل و ارتفاع اقدام به ارزش‌گذاری نسبی آنها بر اساس پرسش‌نامه نموده و مسیرهای مختلفی را با استفاده از نقشه عوامل یاد شده و GIS طراحی نمودند. سپس مسیر بهینه را با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی از بین مسیرهای طراحی شده مشخص نمودند. نتایج به دست آمده نشان داد که مسیر بهینه دارای همخوانی بسیار خوبی با اولویت‌ها و محدودیت‌های تعیین شده بود. همچنین نتایج آنها نشان داد که با شناسایی عوامل تاثیرگذار و به کمک GIS می‌توان مسیر مناسب برای احداث راه را ضمن رعایت اصول زیست‌محیطی تعیین نمود.

امروزه مدیریت اطلاعات موجود در کلیه نقشه‌ها و لحاظ نمودن عوامل موجود در طراحی مسیر از طریق سیستم اطلاعات جغرافیایی مقدور شده است. استفاده از روش‌های نوین همراه با به کارگیری امکانات و قابلیت‌های کامپیوتری و استفاده از محیط GIS جهت کاهش زمان و هزینه طراحی ضروری و اجتناب ناپذیر می‌باشد (عبدی، ۱۳۸٤). Pentek و همکاران (۲۰۰۷) در مطالعه خود با استفاده از GIS به بررسی طول جاده اصلی و مسیر چوب‌کشی، درصد شبکه‌بندی، فاصله چوب‌کشی و طول جاده عمومی منطقه پرداخته و استاندارد هایی را با توجه به این داده‌ها تعیین و برای مناطق مشابه تعمیم دادند. همچنین حسینی (۱۳۸۳) در تحقیقی اهمیت تاثیر عواملی نظیر شیب، جهت، ارتفاع، نوع سنگ بستر، نفوذپذیری خاک و موجودی جنگل را عنوان کردند. از طرفی دیگر Heralt (۲۰۰۲) نیز عنوان کرد طراحی شبکه جاده جنگلی امری بسیار سخت و تعهدآور بوده و به فاکتورهای مهمی وابسته است. Dean (۱۹۹۷) به یافتن مسیرهای بهینه اقتصادی شبکه جاده جنگلی در ایالت کلرادو امریکا پرداخته و در مطالعه خود روش یافتن مکان بهینه برای گرفتن انشعاب از یک جاده موجود یا طراحی شده را با استفاده از روش مسیریابی خودکار مورد بحث قرار داد. این محقق برای محاسبه هزینه‌ها از چهار مشخصه نوع خاک، شیب، جهت جغرافیایی دامنه و وضعیت آبراهه‌ها استفاده کرد. Huang و همکاران (۲۰۰۳) برای مسیریابی جاده با حداقل ریسک امنیتی از مشخصه‌های اجتماعی-اقتصادی، میزان خطر، میزان ترافیک و امکان کمک‌رسانی در مواقع ضروری استفاده نمودند و نقشه شایستگی را با وزن‌دهی به آنها در روند ارزیابی چند معیاری ایجاد و مسیریابی را بر مبنای آن انجام دادند.

Murthy (۲۰۰۳) با انجام مطالعه‌ای در یکی از ایالت‌های هندوستان مسیرهایی با حداقل هزینه برای

خروج محصولات جنگلی را با استفاده از سنجش از دور و GIS طراحی کرد. در نهایت مسیر بهینه اقتصادی با تهیه نقشه اصطکاک (Friction Map) و اعمال توابع هزینه و مسیریاب حاصل شد که قسمتی از آن نیز از داخل رود خانه عبور می‌کرد. Coulter و همکاران (۲۰۰۶) در مطالعه خود از AHP به‌منظور مشخص کردن اولویت‌های تعمیر و نگهداری جاده و نیز تعیین مزایای حاصل از تکمیل تعمیر یا ارتقای یک پروژه استفاده کرده و در پایان نتیجه گرفتند که AHP یک چارچوب مناسب برای اندازه گیری کمی مزایای زیست‌محیطی و استفاده از آنها در الگوریتم‌های مدل‌سازی و برنامه‌ریزی است. Rogres (۲۰۰۵) برنامه کامپیوتری PEGGER را برای ردیابی خودکار طراحی جاده‌های جنگلی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی توسعه داده و بیان نمود که عملکرد این برنامه متکی به داده‌های DEM است که باید دقیقا نماینگر واقعی شرایط زمین باشد. Ichihara و همکاران (۱۹۹۶) با بهره گیری از الگوریتم ژنتیک و پیاده‌سازی آن در محیط GIS توانستند مسیر بهینه را با کمترین هزینه ساخت انتخاب نماید. هدف در این تحقیق طراحی مسیر مناسب جاده‌های جنگلی با استفاده از قابلیت GIS به صورت تلفیقی با رعایت اصول زیست‌محیطی و ویژگی شیب طولی جاده می‌باشد تا به روش مناسبی برای پیش‌بینی مسیر جاده‌های جنگلی دست پیدا کرد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۲ در سری ۷ حوزه ۳۸ سردآبرود چالوس به اجرا در آمد. این سری در قسمت شمال شرقی حوزه ۳۸ در حوزه استحفاظی اداره کل منابع طبیعی شهرستان نوشهر و سرجنگل‌بانی هچیرود و جنگل‌داری عباس آباد از توابع اداره کل منابع طبیعی نوشهر واقع شده است. مساحت جنگل‌های این سری برابر ۱۸۸۲ هکتار می‌باشد. جنگل‌های طرح از نظر موقعیت جغرافیایی در حوزه ۳۸ و بین عرض جغرافیایی′۳۷ ,°۳۶ تا ′۳۹ ,°۳۶ و طول‌های جغرافیایی′۱۸ ,°۵۱ تا ′۲۲ ,°۵۱ قرار دارد.

نقشه‌های زمین‌شناسی، تیپ‌بندی، خاک‌شناسی، شیب و جاده‌های موجود در ابتدا با استفاده از اطلاعات موجود در کتابچه طرح سری مورد مطالعه با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ تهیه شدند. مرز کل سری در مرحله بعد با استفاده از دستگاه GPS (GARMIN, Map 76S) برداشت شد تا نقشه قابلیت عبور فراهم گردد. بعد از اسکن نمودن کلیه نقشه‌ها اقدام به زمین مرجع نمودن آن‌ها با داده‌های GPS در محیط ArcMap شد.

نقشه شیب متناسب با طبقات شیب مورد نیاز در جاده‌سازی (Kuonen, 1983)، نقشه جهت در هشت طبقه اصلی و فرعی، نقشه خاک‌شناسی در چهار طبقه، نقشه زمین‌شناسی در سه طبقه، نقشه تیپ جنگل در شش طبقه، نقشه فاصله از جاده‌های موجود، نقشه فاصله از آبراهه‌ها و نقشه فاصله از نقاط چشم‌انداز هر کدام در ۹ طبقه تهیه شدند که نقشه‌های فوق برای تجزیه و تحلیل مکانی به فرمت رستری تبدیل گردیدند (جداول ۱ تا ۷).

همانطور که گفته شد یک نقشه طبقه‌بندی شده برای هریک از عوامل تاثیرگذار در ایجاد نقشه قابلیت عبور تهیه گردید. واضح است که تاثیر و نقش این عوامل در ایجاد نقشه قابلیت عبور یکسان نبوده و بنابراین باید این عوامل ارزش‌گذاری و وزن‌دهی شوند. روش مقایسه دو به دو Malczewski (۱۹۹۹) برای وزن دهی به دلیل داشتن دقت بالا و کاربرد ساده مورد استفاده قرار گرفت. یک ماتریس مقایسه در این روش تشکیل می‌شود و عوامل به صورت زوجی مقایسه شده و وزن آنها محاسبه می‌گردد. این مقایسه به صورت نظری بوده و دامنه تغییرات وزن نسبی بین

۱ تا ۹ است. نقطه نظرات ۹ کارشناس صاحب نظر در رابطه با اهمیت نسبی عوامل تاثیرگذار برای به حداقل رساندن تاثیر نظرات شخصی در وزن‌دهی استفاده گردید. مقایسه زوجی عوامل با استفاده از نرم افزار Expert Choice انجام شد و ضریب ناسازگاری هر پرسش‌نامه محاسبه گردید. ضریب ناسازگاری در تمام پرسش‌نامه‌های دریافت شده در این تحقیق کمتر از ۰/۱ بود.

جدول ۱. مساحت طبقات مختلف در نقشه شیب منطقه مورد مطالعه بر اساس یافته‌های Kuonen (۱۹۸۳)

طبقات شیب (درصد)	مساحت طبقه شیب (هکتار)	مساحت طبقه شیب نسبت به مساحت سری مورد مطالعه (درصد)
۰ – ۱۰	٦٧/٨٢	٣/٦
۱۰ – ۲۵	٤٢٣/٠٣	٢٢/٤٨
۲۵ – ٦٠	٧٠٥/٣٧	٣٧/٤٧
٦٠ – ٨٠	١٩/١٤	١/٠٢
> ٨٠	٦٦٦/٨٥	٣٥/٤٣

جدول ۲. مساحت طبقات مختلف در نقشه شبکه هیدروگرافی منطقه مورد مطالعه بر اساس یافته‌های سلیمانپور (۱۳۸۹)

طبقات فاصله ازآبراهه‌ها به متر	مساحت هر طبقه (هکتار)	درصد مساحت هر طبقه نسبت به کل سری
۰–۵۰	٨٤٧/٩٣٠٣	٤٥/٠٥٤
۵۰–۱۰۰	٥٦٨/٤٨٧٨	٣٠/٢٠٦
۱۰۰–۱۵۰	٢٧٩/٥٠٢٨	١٤/٨٥١
۱۵۰–۲۰۰	١١٦/٥٥٣٠	٦/١٩٣
۲۰۰–۲۵۰	٣٨/٧٦٢٧	٢/٠٦٠
۲۵۰–۳۰۰	١٢/٢١٥٣	٠/٦٤٩
۳۰۰–۳۵۰	٨/٩٤٢٩	٠/٤٧٥
۳۵۰–٤۰۰	٦/٢٤٧٥	٠/٣٣٢
> ٤۰۰	٣/٣٥٧٩	٠/١٧٨

جدول ۳. مساحت طبقات مختلف در نقشه خاک‌شناسی منطقه مورد مطالعه

مناطق تفکیک شده	مساحت منطقه (هکتار)	مساحت هر منطقه نسبت به سری مورد مطالعه (درصد)
آهک کریستالی- بیرون زدگی سنگی	٨١٣/١٧	٤٣/٢٠
آهکی مارنی همراه با سنگریزه	١٦٣/٧١	٨/٧
آهکی اربیتولین دار فاقد بیرون زدگی	٥٠٣/٣٠	٢٦/٧٢
مارن آهکی فاقد سنگ ریزه مادری	٤٠٢/٥٣	٢١/٣٨

جدول ۴. مساحت طبقات مختلف در نقشه ساختار زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

مناطق تفکیکی زمین‌شناسی	مساحت هر یک از مناطق (هکتار)	مساحت هر منطقه نسبت به سری مورد مطالعه (درصد)
آهک با لایه ضخیم و مارن نازک	١٤٥٠/٤٠	٧٧/٠٧
رسوبات واریزه‌ای	٤٠/١٨	٢/١
آهکی- آهکی مارنی	٣٩٢/٠٩	٢٠/٨٣

جدول ۵. مساحت طبقات مختلف در نقشه تیپ جنگلی منطقه مورد مطالعه

تیپ جنگلی	مساحت (هکتار)	مساحت هر تیپ نسبت به مساحت سری مورد مطالعه (درصد)
منطقه حفاظتی	۳۲۱/۱۲	۱۷/۰۳
تیپ ممرز- بلوط	۲۱۳/۸۶	۱۱/۳۶
تیپ ممرز – انجیلی- بلوط	۱۴۵/۲۲	۷/۷۲
تیپ ممرز- انجیلی	۲۶۲/۰۴	۱۳/۹۲
تیپ راش- ممرز	۵۶۵/۶۱	۳۰/۰۵
تیپ راش	۳۷۴/۸۸	۱۹/۹۲

جدول ۶. مساحت و مساحت نسبی نقشه فاصله از نقاط چشم‌انداز سری مورد مطالعه بر اساس یافته‌های سلیمانپور (۱۳۸۹)

فاصله از نقاط چشم‌انداز به متر	مساحت هریک از فواصل(هکتار)	درصد نسبت هریک از فواصل به کل سری
۰-۱۰۰	۳۰۶/۰۳۹۴	۱۶/۲۶۱
۱۰۰-۲۰۰	۳۹۹/۳۹۹۶	۲۲/۲۲۲
۲۰۰-۳۰۰	۲۴۰/۹۹۹۴	۱۲/۸۰۵
۳۰۰-۴۰۰	۲۰۱/۹۹۹۵	۱۰/۷۱۶
۴۰۰-۵۰۰	۲۱۳/۶۰۴۳	۱۱/۳۴۹
۵۰۰-۶۰۰	۲۰۷/۲۴۴۴	۱۱/۰۱۱
۶۰۰-۷۰۰	۱۷۱/۸۳۲۰	۹/۱۳۰
۷۰۰-۸۰۰	۱۰۷/۷۵۷۰	۵/۷۲۵
> ۸۰۰	۳۳/۱۲۴۵	۱/۷۶۰

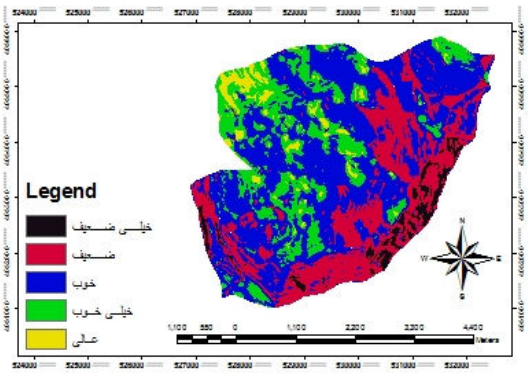
جدول ۷. مساحت طبقات مختلف در نقشه فاصله از جاده موجود منطقه مورد مطالعه بر اساس یافته‌های سلیمانپور (۱۳۸۹) و عبدی (۱۳۸۴)

فاصله از جاده موجود به متر	مساحت هریک از فواصل(هکتار)	درصد نسبت هریک از فواصل به کل سری
۰-۱۵۰	۶۲۱/۸	۳۳/۰۴۰
۱۵۰-۲۰۰	۳۶۱/۳	۱۹/۱۹۸
۲۰۰-۲۵۰	۲۲۶/۴	۱۲/۰۴۱
۲۵۰-۳۰۰	۲۱۲/۲	۱۱/۲۸۰
۳۰۰-۳۵۰	۲۱۶/۵	۱۱/۵۲۳
۳۵۰-۴۰۰	۱۵۰/۷	۸/۰۱۶
۴۰۰-۴۵۰	۶۰/۸	۳/۲۳۳
۴۵۰-۵۰۰	۲۶/۱	۱/۳۸۱
> ۵۰۰	۶/۲	۰/۳۲۹

جدول ۸. ارزش‌گذاری داخلی هریک از عوامل تاثیرگذار در طراحی مسیر جاده جنگلی (سلیمانپور ، ۱۳۸۹)

	عوامل موثر در طراحی	ارزش‌گذاری داخلی عوامل موثر در طراحی
۱	شیب ۱۰ – ۰ درصد، جهت جغرافیایی جنوب و شرق، فاصله از شبکه هیدرولوژی بیش از ۲۵۰ متر، فاصله از جاده موجود پیش از ٤۰۰ متر، فاصله از نقاط چشم‌انداز ۵۰۰ – ۰ متر، تیپ جنگلی راش، خاک‌شناسی(خاک پسودوگلی- آهک کریستالی) و زمین‌شناسی(مارن+ آهک)	۵
۲	شیب ۲۵ – ۱۰ درصد، جهت جغرافیایی جنوب شرقی، فاصله از شبکه هیدرولوژی ۲۵۰ – ۱۵۰متر، فاصله از جاده موجود ۳۵۰ – ۲۵۰ متر، فاصله از نقاط چشم‌انداز ۱۰۰۰ – ۵۰۰ متر، تیپ جنگلی راش – ممرز، خاک‌شناسی(بدون بیرون زدگی سنگی) و زمین‌شناسی(مارن‌ها با لایه بندی نازک)	٤
۳	شیب ٦۰ – ۲۵ درصد، جهت جغرافیایی جنوب غربی، فاصله از شبکه هیدرولوژی ۱۵۰ – ۱۰۰متر، فاصله از جاده موجود ۲۵۰ – ۲۰۰ متر، فاصله از نقاط چشم‌انداز ۲۰۰۰ – ۱۰۰۰ متر، تیپ جنگلی ممرز – انجیلی – بلوط، خاک‌شناسی(با کمی بیرون زدگی کم عمق) و زمین‌شناسی(آهکی- آهکی مارنی)	۳
٤	شیب ۸۰ – ٦۰ درصد، جهت جغرافیایی شمال شرقی، فاصله از شبکه هیدرولوژی ۱۰۰ – ۵۰ متر، فاصله از جاده موجود ۲۰۰ – ۱۵۰ متر، فاصله از نقاط چشم‌انداز ۲۰۰۰ – ۲۵۰۰ متر، تیپ جنگلی (مناطق حفاظتی و حمایتی)، خاک‌شناسی(خاک تکامل یافته با عمق زیاد) و زمین‌شناسی (آهکی- خاک قهوه ای)	۲
۵	شیب بیش از۸۰ درصد، جهت جغرافیایی غرب و جنوب غربی، فاصله از شبکه هیدرولوژی ۵۰– ۰متر، فاصله از جاده موجود ۱۵۰ – ۰ متر، فاصله از نقاط چشم‌انداز بیش از ۲۵۰۰ متر، تیپ جنگلی ممرز – بلوط، خاک‌شناسی(خاک قهوه ای کم عمق با کمی بیرون زدگی سنگی) و زمین‌شناسی(مناطق گسلی)	۱

وزن‌های نسبی تعیین شده برای عوامل مختلف در ادامه به نقشه‌های رستری مربوطه نسبت داده شدند. نقشه‌های وزن داده شده عوامل مختلف در محیط GIS با هم تلفیق شده و نقشه قابلیت عبور تهیه گردید (رأفت‌نیا و همکاران، ۱۳۸۵). ارزش بالاتر نشان‌دهنده توان نسبی بالاتر آن سلول برای عبور جاده است. نقشه مذکور در ۵ طبقه (مناطق با قابلیت عبور خیلی ضعیف، ضعیف، خوب، خیلی خوب، عالی) مجدد طبقه‌بندی گردید که نتیجه این طبقه‌بندی را می‌توان در شکل ۱ مشاهده نمود.



شکل ۱. نقشه مناطق قابلیت عبور جاده

برای طراحی مسیر جاده‌ها از نرم افزار Arc view استفاده شد. برنامه PEGGER یک برنامه جانبی نرم افزار Arc view می‌باشد که مسیر جاده‌ها را به صورت خودکار پیش‌بینی می‌کند. از خصوصیات مهم این برنامه، امکان به کارگیری عملی آن توسط افراد می‌باشد. اساس کار این برنامه بر مبنای خطوط میزان منحنی پایه است که در فرمت‌های مختلفی می‌تواند وارد محیط نرم افزار گردد. برای این منظور ابتدا لایه-های خطوط میزان منحنی اصلی و فرعی از نقشه رقومی (3D) ۱:۲۵۰۰۰ اداره کل منابع طبیعی با استفاده از آنالیز پرسش و پاسخ (Query Builder) در محیط GIS استخراج شده و مدل رقومی ارتفاع به صورت ساختار (TIN) تهیه گردید. سپس منحنی میزان‌های ثابت ۱۰ متری از مدل رقومی فوق مجددا استخراج گردیدند. در مرحله بعد اقدام به اضافه نمودن لایه‌های مورد نیاز برای طراحی جاده‌ها گردید. لایه‌های مربوطه به ترتیب در محیط GIS وارد شدند که این لایه‌ها شامل لایه شیب، جهت، تیپ جنگلی، خاک شناسی، زمین‌شناسی، فاصله از آبراهه، فاصله از جاده‌های موجود و فاصله از نقاط چشم‌انداز بودند. در مرحله بعد با استفاده از ابزارهای استاندارد موجود در GIS (مانند Identify و Ruler) اقدام به تخمین درصد شیب طولی مناسب برای مسیریابی جاده‌ها گردید. شیب طولی مطلوب متناسب با نوع جاده با مشخص شدن نقطه شروع مسیر در برنامه PEGGER در نظر گرفته شد (جدول۹) و سپس فاصله به کمک رابطه (۱) به دست آمد.

رابطه (۱): $$d = \frac{ci}{g/100}$$

که d در آن برابر فاصله به متر، Ci برابر اختلاف ارتفاع بین خطوط میزان منحنی ۱۰ متری و g برابر درصد شیب طولی مجاز هستند.

ارزیابی یعنی در نظر گرفتن واریانت‌های مختلف و مقایسه کمی هر یک از آن‌ها با یکدیگر و انتخاب واریانتی که دارای کمترین هزینه ساخت یا تاثیرات نامطلوب را داشته باشد (Zura and Lipra, 1995؛ Salah and Bedran, 1998) در این تحقیق به منظور انتخاب مسیر مناسب جاده‌ها، مسیری که هم از نظر زیست‌محیطی و هم از نظر ویژگی فنی مهندسی جاده‌های جنگلی مناسب باشد به عنوان مسیر بهینه انتخاب شد. در نحوه عمل فوق در مجموع سه واریانت پیشنهاد گردید که ارزیابی هر یک از آنها و مسیر پیشنهادی سازمان با استفاده از روش Backmund (۱۹٦٦) و نقشه قابلیت عبور مسیر بوده است (جدول ۱۰). در نهایت مسیری که پوشش مناسب تری ایجاد کند به عنوان مسیر بهینه انتخاب گردید.

جدول ۹. درصد شیب طولی مجاز راه اعمال شده برای سری مورد مطالعه مطابق با عملکرد و نوع جاده‌ها (رأفت‌نیا و همکاران، ۱۳۸۵)

نوع جاده	عملکرد جاده	حداقل شیب طولی مجاز	حداکثر شیب طولی مجاز
جاده درجه۲	ارتباط پارسل‌های سری	±٪۳	±٪۱۰

نتایج

بر اساس نقشه‌های تهیه شده، عوامل موثر در مسیریابی جاده های جنگلی و طبقه‌بندی مجدد آنها به ترتیب در شکل ۲ و جدول ۸ ارایه شده است. عوامل فوق در قالب پرسش‌نامه توسط اساتید و کارشناسان این امر بین ۱ تا ۹ بر اساس اولویت حساس بودن در جاده‌سازی ارزش‌گذاری شدند. قابل ذکر است که با

توجه به ضریب ناسازگاری ۰/۰۱ نیازی به تجدید نظر در قضاوت‌ها نمی‌باشد. نتایج حاصل از ارزش‌گذاری عوامل موثر بر مسیریابی جاده‌ها نشان داد که عامل شیب با وزن نسبی ۰/۲٤ بیشترین ارزش و عامل فاصله از شبکه آبراهه‌های موجود با وزن نسبی ۰/۰٦ کمترین ارزش را به خود اختصاص دادند. سایر عوامل در جدول ۱۱ نشان داده شده است. جدول اطلاعات مربوط به طبقه‌بندی مناطق مناسب برای عبور مسیر جاده‌ها نشان داد که مناطق با قابلیت عبور خوب (٤۸/۱٤ درصد مساحت) و مناطق با قابلیت عبور خیلی ضعیف (۳/۵۳ درصد مساحت) به ترتیب بیشترین و کمترین مساحت حوزه را به خود اختصاص دادند (جدول۱۲).

نتایج نشان داد که ٦۰/۱۷ درصد از طول مسیر طراحی شده از مناطق با قابلیت خوب عبور کرده است (جدول۱۳). از طرفی قبل از طراحی مسیر پیش‌بینی شده با توجه به ویژگی شبکه‌بندی جاده‌های جنگلی طول کل جاده طراحی شده توسط سازمان ۲۰۸۰۰ متر با تراکم ۱۱/۰۵۲ متر در هکتار بوده که قابلیت پوشش ٦٤ درصد از منطقه مورد مطالعه را دارد. این در حالی است که میزان تراکم جاده در واریانت انتخابی طراحی شده (واریانت شماره ۳) با نرم افزار PEGGER برابر ۹/۳۹ متر در هکتار بوده که با طول ۱۷٦۷۷ متر ۸۵/۳۳ درصد از کل منطقه را پوشش می‌داد (جدول۱۰). مسیر فوق از نظر روش Backmund (جدول۱۰)، میزان نفوذ در بین نقشه قابلیت عبور منطقه (جدول۱۳) و ارتباط با پارسل‌های سری (شکل۳) به عنوان بهترین مسیر انتخاب گردید.

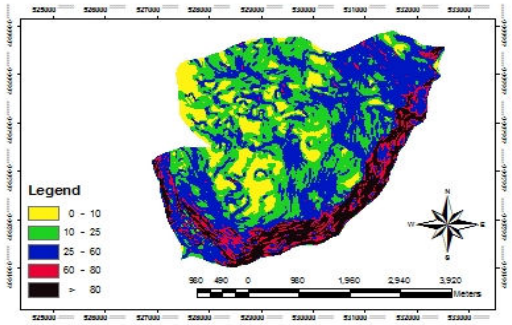
جدول ۱۰. محاسبات واریانت‌های طراحی شده بر اساس روش Backmund (۱۹٦٦)

	طول کل (متر)	مساحت سری (هکتار)	تراکم (SD) (متر در هکتار)	فاصله جاده (SA) (متر)	فاصله ترانسپورت (TA) (متر)	درصد پوشش (E) (درصد)
واریانت سازمان	۲۰۸۰۰	۱۸۸۲	۱۱/۰۵۲	۹۰٤/۸۱	٤۵۲/٤۰	٦٤/۱۳
واریانت شماره ۱	۱۸۳۹٤/۵٦	۱۸۸۲	۹/۷۷	۱۰۲۳/۵٤	۵۱۱/۷۷	۷٦/۰٤
واریانت شماره ۲	۱۸۹٤۸/۷۰	۱۸۸۲	۱۰/۰٦	۹۹٤/۰۳	٤۹۷/۰۱	۸۱/۲۰
واریانت شماره ۳	۱۷٦۷۷/۲۱	۱۸۸۲	۹/۳۹	۱۰٦٤/۹٦	۵۳۲/٤۸	۸۵/۳۳

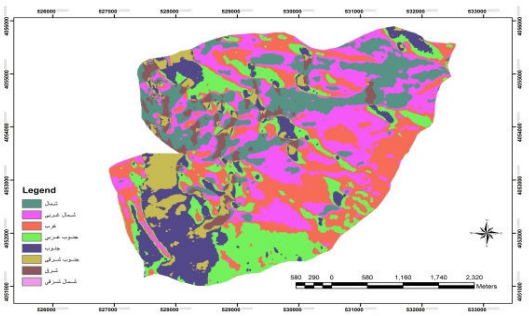
جدول ۱۱. وزن نسبی عوامل تاثیرگذار در مسیریابی جاده

	عامل تاثیرگذار در مسیریابی	وزن نسبی عامل تاثیرگذار	درصد تاثیر در تولید نقشه قابلیت عبور
۱	طبقات شیب	۰/۲٤۹۲	۲۵
۲	طبقات جهت	۰/۱٤۳٦	۱٤
۳	فاصله از نقاط چشم‌انداز	۰/۱۰٤	۱۰
٤	طبقات زمین‌شناسی	۰/۱۵۸۸	۱٦
۵	طبقات خاک‌شناسی	۰/۱۰۳	۱۰
٦	فاصله از جاده موجود	۰/۰۸۳۲	۸
۷	تیپ جنگل	۰/۱۰۳	۱۰
۸	فاصله از شبکه آبراهه‌های موجود	۰/۰٦۸۳	۷

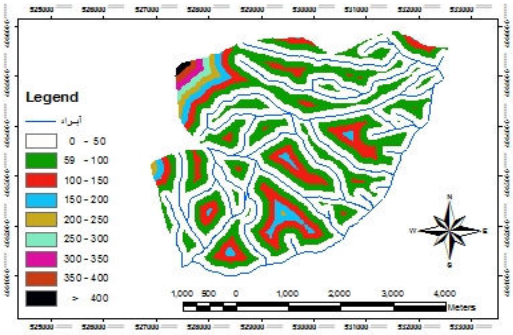
ضریب ناسازگاری ۰/۰۱



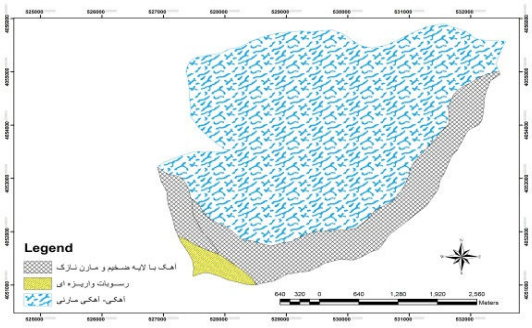
الف



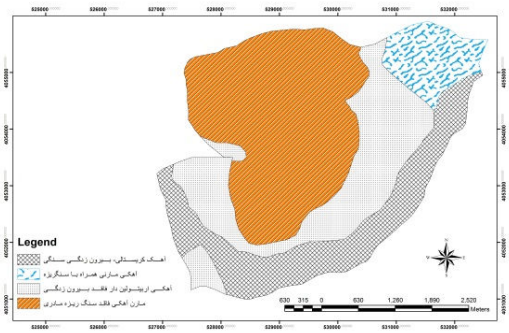
ب



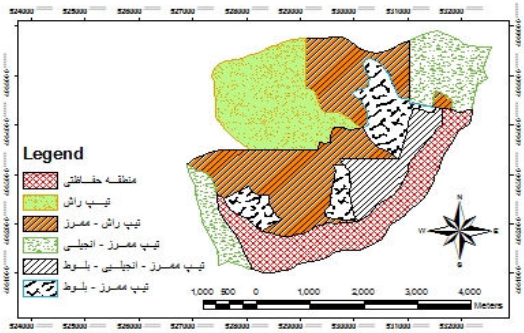
ج



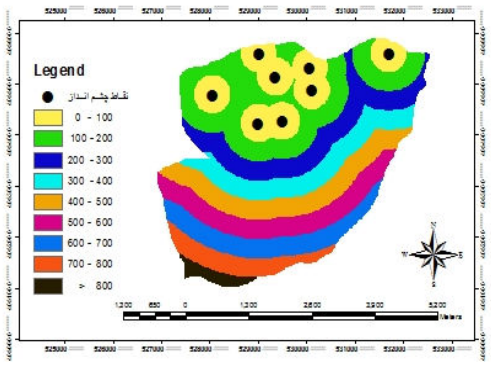
د



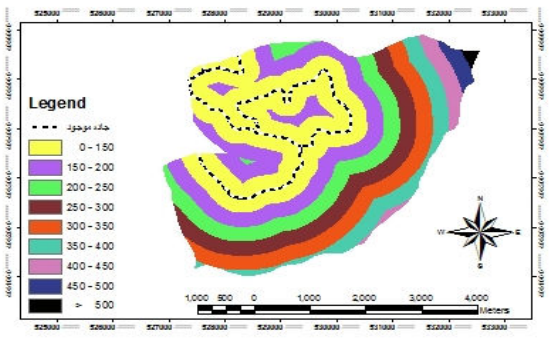
ذ



ر

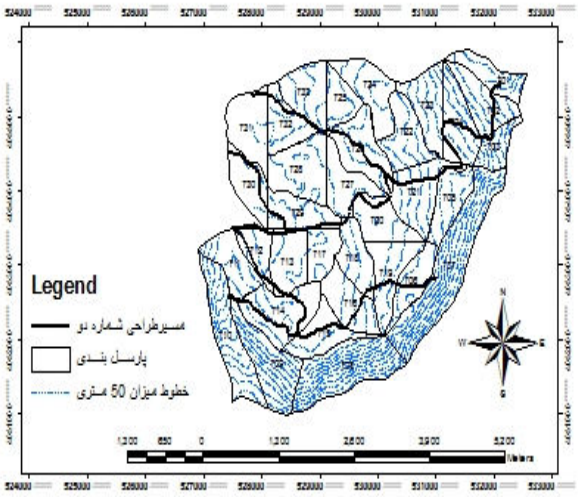


و

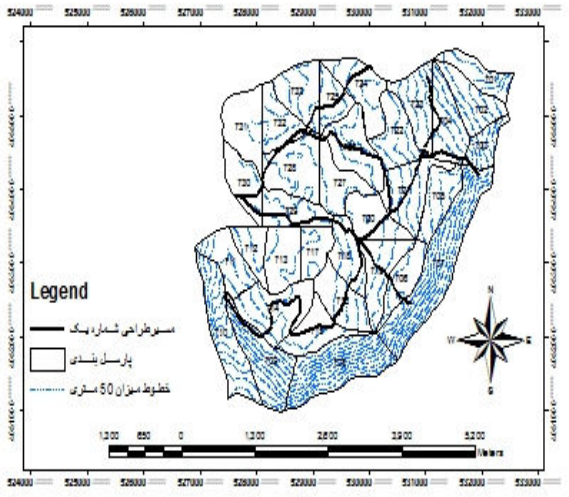


ن

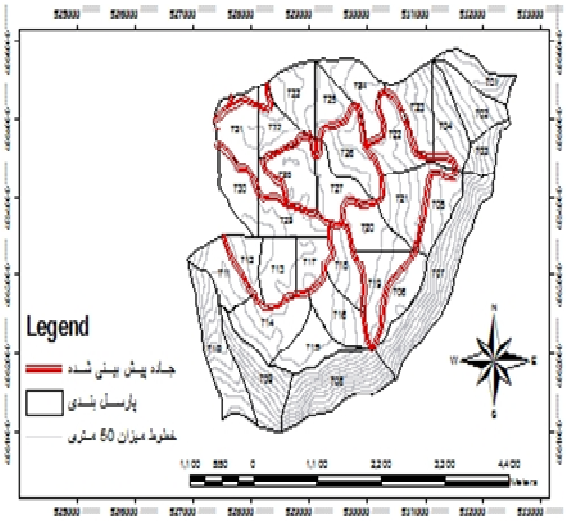
شکل ۲. الف) نقشه شیب، **ب)** نقشه جهت، **ج)** نقشه فاصله از آبراهه، **د)** نقشه زمین‌شناسی، **ذ)** نقشه خاک شناسی، **ر)** نقشه تیپ جنگل، **و)** نقشه فاصله از نقاط چشم‌انداز، **ن)** نقشه فاصله از جاده‌های موجود منطقه مطالعاتی



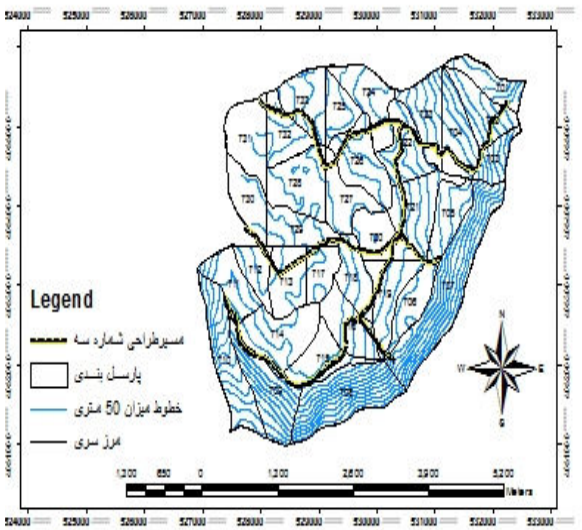
الف



ب



د



ج

شکل۳. الف) واریانت شماره یک و ارتباط آن با پارسل بندی منطقه، **ب)** واریانت شماره دو و ارتباط آن با پارسل بندی منطقه، **ج)** واریانت شماره سه و ارتباط آن با پارسل بندی منطقه، **د)** واریانت سازمان و ارتباط آن با پارسل بندی منطقه

جدول۱۲. مساحت و مساحت نسبی نقشه قابلیت عبور مسیر در منطقه مورد مطالعه (عبدی، ۱۳۸٤؛ سلیمانپور ، ۱۳۸۹)

رتبه منطقه	قابلیت عبور جاده از منطقه	مساحت منطقه (هکتار)	درصد مساحت منطقه به کل سری
۱	خیلی ضعیف	٦٦/٥٠٥٠	۳/۵۳
۲	ضعیف	٤٧٠/٠٨٥٠	۲۵
۳	خوب	۹۰٦/۱۰۷۵	٤٨/١٤
٤	خیلی خوب	۳٦۷/٦۱۰۰	۱۹/۵۳
۵	عالی	۷۱/٦۹۲۵	۳/۸

جدول ۱۳. محاسبات مقدار نفوذ هر یک از واریانت‌ها بر روی مناطق قابلیت عبور

مناطق قابلیت عبور	خیلی ضعیف		ضعیف		خوب		خیلی خوب		عالی	
	طول جاده عبوری از منطقه (متر)	طول عبوری به کل طول جاده (درصد)	طول جاده عبوری از منطقه (متر)	طول عبوری به کل طول جاده (درصد)	طول جاده عبوری از منطقه (متر)	طول عبوری به کل طول جاده (درصد)	طول جاده عبوری از منطقه (متر)	طول عبوری به کل طول جاده (درصد)	طول جاده عبوری از منطقه (متر)	طول عبوری به کل طول جاده (درصد)
نوع جاده										
واریانت سازمان	–	–	۳۸۸۳/۸۵	۱۸/٦۷	۱۰۱۱۲/۷۳	٤۸/٦۱	٥۲۱۷/۱٤	۲٥/۱	۱٥۸٦/٥۹	۷/٦۲
واریانت شماره ۱	۳٦/۲۲	۰/۲	۳۱٦٤/۲۳	۱۷/۲۰	۱۱٦۲۸/۷٦	٦۳/۲۱	۳۰۹۹/٤۹	۱٦/٥۸	۱۳۷/٤۸	۰/۷٥
واریانت شماره ۲	–	–	۳۰۸۷/۳۰	۱٦/۲۹	۱۰۳٤۱	٥٤/٥۷	٤۳۱۹/٤٥	۲۲/۷۹	۳۷۱/۲۰	۱/۹٥
واریانت شماره ۳	–	–	۳۳۰۳/٤۱	۱۸/٦۸	۱۰٦۳۷/۱٤	٦۰/۱۷	۱۹٥٤/۹۳	۱۱/۰٥	۱۱۱٤/۱۳	٦/۳۰

بحث و نتیجه‌گیری

نقشه قابلیت عبور این مطالعه از هشت عامل کمی و کیفی موثر در احداث جاده‌های جنگلی تشکیل شده در صورتی که از این قبیل مطالعات در گذشته عوامل موثر در تعیین نقشه شایستگی عبور جاده به ندرت انجام شده که به کمک GIS و مسائل فنی مهندسی و زیست‌محیطی توانسته روش مناسبی برای طراحی جاده‌های جنگلی ارائه کند. از این قبیل مطالعات می‌توان به نتیجه تحقیق سیبی و رافت‌نیا (۱۳۹۱) تحت عنوان بررسی عوامل موثر در طراحی جاده‌های جنگلی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی اشاره کرد که شیب منطقه را عامل موثری در تهیه نقشه قابلیت عبور معرفی کردند که بیشترین دخالت را در طراحی جاده داشت. همچنین رافت‌نیا و همکاران (۱۳۹۱) استفاده از این مدل را روشی مناسب برای شناسایی مناطق دارای پتانسیل مناسب جهت عبور جاده‌ها با توجه به اهداف توسعه پایدار در پیش‌بینی مقدماتی عبور جاده‌های جنگلی گزارش کردند. از طرفی دیگر فیروزان و همکاران (۱۳۸۸) عنوان کردند که استفاده از روش ارزش‌گذاری چند معیاری در محیط GIS، امکان ترکیب و تلفیق مشخصه‌های مختلف و با اهمیت‌های متفاوت را فراهم می‌آورد که انجام این کار به صورت دستی نه تنها بسیار دشوار است، بلکه نیازمند صرف زمان زیادی نیز می‌باشد.

سیبی و همکاران (۱۳۹۳)در زمینه طراحی و احداث جاده‌های جنگلی با بهره‌گیری از نرم افزار GIS در تحقیقی تحت عنوان تهیه نقشه پتانسیل مکانیکی خاک در احداث جاده‌های جنگلی با استفاده از GIS عنوان کردند که برای کاهش هزینه‌های ساخت و نگهداری جاده‌های جنگلی عبور مسیر جاده‌ها از مناطق پایدار الزامی است که نقشه قابلیت مکانیکی خاک منطقه قبل از طراحی شبکه جاده در مناطق مطالعاتی به دست آید. فیروزان و همکاران (۱۳۹۰) در تحقیقی دیگر با عنوان بررسی مدل کاربردی طراحی جاده‌های جنگلی با تلفیق روش معمول طراحی و استفاده از GIS بیان داشتند که روش فوق علاوه بر ارائه جاده طراحی شده با دقت مناسب، روشی عرضه می‌نماید که سیستم‌های اجرایی بتواند از این روش بهره گیرند که از نظر فنی و زیست‌محیطی قابل بحث می‌باشند و از هر لحاظ نسبت به شیوه سنتی دارای دقت بیشتری است.

بررسی‌های انجام شده و طراحی مسیر پیشنهادی در این پژوهش بر اساس روش Backmund نشان داد که مسیر پیشنهادی با تراکم ۹/۳۹ متر در هکتار توانسته بیش از ۸۵ درصد پارسل‌های سری را پوشش دهد (جدول۱۰) که این میزان تراکم، پوشش خوبی را برای منطقه مورد مطالعه ایجاد نموده است. طراحی مورد نظر روی خطوط منحنی میزان ۱۰ متری انجام گردیده که دقت در طراحی را بالاتر می‌برد. از نکات مثبت این طراحی، عبور بیش از ٦ درصد از مسیر از مناطق باقابلیت عبور عالی و عدم عبور از مناطق خیلی ضعیف می‌باشد (جدول۱۳). بررسی انجام شده بر اساس نقشه قابلیت عبور نشان داد که ۷۱ درصد مسیر طراحی شده از مناطق با قابلیت عبور خوب و خیلی خوب گذر نموده و از نقاط ضعف آن در حدود ۱۸ درصد از مسیر طراحی شده است که از مناطق یا قابلیت عبور ضعیف عبو نمود. از آنجایی که مسیر پیشنهادی در ارزیابی مسیرها توانسته با ایجاد سطح پوشش بیشتر (با توجه به تراکم ۹/۳۹ متر در هکتار) و عبور بیشتر مسیر از نقاط با قابلیت عبور خوب، خیلی خوب و عالی در مقابل نقاط ضعف آن (که عبور مسیر از نقاط با قابلیت ضعیف بوده) سعی گردید عبور از این مناطق از این حد بیشتر تجاوز نکند. رعایت کردن موازی بودن مسیرها در طراحی از دیگر موارد مثبت طراحی مورد بحث می‌باشد که قابلیت دسترسی بالایی را در زمان کمتر در طبیعت ایجاد نموده است. همچنین تطابق طراحی مسیر پیشنهادی با عوارض طبیعت از دیگر موارد مثبت این طراحی است. قابلیت اجرایی بالا در طبیعت نسبت به سایر مسیرها از دیگر موارد مثبت طراحی بوده که سبب پذیرفته شدن آن نسبت به سایر مسیرها گردیده است.

رویکرد تصمیم‌گیری گروهی در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفت و نتایج مطلوبی ارائه داد که تعیین وزن مشخصه‌ها بر اساس این روش به دلیل امکان امکان بکارگیری معیارهای کمی و کیفی متعدد در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی مناسب به نظر می‌رسد. درویش‌صفت و همکاران (۱۳۸٦)، سلیمانپور (۱۳۸۹)، عبدی (۱۳۸٤)، رافت‌نیا و همکاران (۱۳۸۵) نیز در این راستا روش مقایسه دو به دو در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی را به کاربرده و آن را روش مناسبی به منظور وزن‌دهی دانسته و این روش را چهارچوب مناسبی برای تصمیم‌گیری گروهی بیان کردند. وابستگی تعیین وزن مشخصه‌ها به نظر کارشناسان وابسته از محدودیت های این روش بوده که به دانش و اطلاعات تعدادی کارشناس متکی است. بنابراین انتخاب صحیح کارشناسان یکی از موارد مهم و تاثیرگذار در نتایج خواهد بود. استفاده از روند ارزیابی چند معیاری در محیط GIS امکان ترکیب و تلفیق مشخصه‌های مختلف و با اهمیت‌های متفاوت را مهیا می‌کند که انجام این کار به صورت دستی نه تنها بسیار دشوار بوده و زمان زیادی را نیز به خود اختصاص می‌دهد. سلیمانپور (۱۳۸۹) عنوان می‌کند که تلفیق اطلاعات موضوعی در GIS معمولاً به روش‌های دیگر مشکل و بدون برخورداری از یک ذهن خلاق غیرممکن است. درویش‌صفت و همکاران (۱۳۸٦) و عبدی (۱۳۸٤) در مطالعات خود برای مسیریابی جاده با حداقل هزینه زیست‌محیطی و Huang و همکاران (۲۰۰۳) برای مسیریابی جاده با حداقل خطر امنیتی از روند ارزیابی چند معیاری استفاده کرده و نتایج را موفقیت‌آمیز گزارش کرده اند.

لازم به توضیح است که برنامه PEGGER ابزاری قوی برای تحلیل سریع مسیرهای مختلف جاده است که مسیر را بر اساس ویژگی درصد شیب طولی جاده که توسط طراح تعیین می‌شود روی خطوط منحنی میزان (۱۰متری) پیش‌بینی می‌کند، اما نمی‌تواند اصول زیست‌محیطی لازم توسط متخصصان در طراحی جاده‌های جنگلی و کوهستانی را لحاظ شوند با این

وجود محیط فوق امکاناتی را به دلیل اجرای نرم افزار در محیط GIS فراهم می‌کند که تحلیل‌ها بتواند تحقق یابند. با اجرای برنامهPEGGER در این تحقیق این نتیجه حاصل شد که برنامه PEGGER در شیب‌های تند برای پیش‌بینی مسیرهای کوتاه بسیار خوب عمل می‌کند. بنابراین ضروری است که قابلیت‌های استاندارد GIS را در شیب‌های پایین برای موقعیت‌یابی جاده‌ها به روش دستی و تنها متکی بر مسیرهای پیش‌بینی شده به عنوان یک راهنما برای تعیین مسیر مناسب دستی و سنتی به منظور طراحی مسیر اولیه به کار گرفت. نتایج به دست آمده در این تحقیق با نتایج سلیمانپور (۱۳۸۹) و عبدی (۱۳۸٤) هم‌خوانی دارد. باید عنوان کرد که نتایج این گونه پژوهش‌ها ارتباط مستقیمی با دقت داده‌های مکانی موجود از مناطق مورد مطالعه دارد. در نتیجه تهیه اطلاعات و نقشه‌های موضوعی با دقت بالا برای جنگل‌های شمال ضرورت دارد تا بتوان با استفاده از آنها و روش‌های جدید طراحی و ارزیابی به نتایج دلخواه دست یافت که می‌تواند به عنوان زیربنای حفاظت، احیا و توسعه جنگل‌ها تلقی گردد.

منابع

جمشیدی کوهساری، ا.، مجنونیان، ب.، زاهدی امیری، ق.ا. و حسینی، س.ع.ا. (۱۳۸۷) طبقه‌بندی خاک جنگل به منظور کاهش هزینه¬ی بررسی قابلیت‌های مکانیکی آن برای جاده سازی و ترابری (مطالعه موردی: جنگل آق مشهد). نشریه دانشکده منابع طبیعی، ٦۱(٤): ۸۸۸-۸۷۷.

حسینی، س. (۱۳۸۳) بررسی عوامل موثر در مسیریابی جاده های جنگلی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی مطالعه مورد در منطقه خیرود کنار نوشهر. مجله منابع طبیعی ایران، ۵۷(۱): ۷٤-۵۹.

درویش‌صفت، ع.ا.، احمدی، ه.، مخدوم، م. و ابوالقاسمی، ش. (۱۳۸٦) مسیریابی جاده بر اساس اصول زیست‌محیطی با استفاده از GIS. (مطالعه موردی: جاده پارچین در شرق تهران). مجله منابع طبیعی ایران، ٦۰(۱): ۲۰۳-۲۱۱.

رافت‌نیا، ن.ا. (۱۳٦۷) طرح و پروژه طرح های جنگلی و کوهستانی. انتشارات دانشگاه مازندران. ساری، ۲۲۷ صفحه.

رافت‌نیا، ن.، عبدی، ا. و شتایی، ش. (۱۳۸۵) تعیین روش مناسب پیش بینی مقدماتی مسیر جاده های جنگلی و کوهستانی با استفاده از GIS. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱٤(۳): ۲٤٤-۲۵۷.

رافت‌نیا، ن.ا.، سیبی، ا. و آذرنوش، م.ر. (۱۳۹۱) تعیین نقشه قابلیت عبور مناسب جاده¬های جنگلی بر اساس عوامل تاثیرگذار در طراحی جاده با استفاده از GIS. فصلنامه تخصصی علوم و فنون منابع طبیعی، ۷(۳): ۲۵-۱۳.

سلیمانپور، م. (۱۳۸۹) بررسی شبکه‌بندی موجود و طراحی مناسب‌ترین شبکه جاده‌های جنگلی با استفاده از GIS در طرح جنگلداری سری یک کلاردشت. پایان نامه کارشناسی ارشد جنگلداری. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۱۰۹ صفحه.

سیبی، ا. و رافت‌نیا، ن.ا.، (۱۳۹۱) بررسی عوامل موثر در طراحی جاده‌های جنگلی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS). مجله تحقیقات منابع طبیعی تجدید شونده. ۳(۱): ۱-۱۲.

سیبی، ا.، رافت‌نیا، ن.ا.، محمدی قنبرلو، س. و کرد، د. (۱۳۹۳) تهیه نقشه پتانسیل مکانیکی خاک در احداث جاده¬های جنگلی با استفاده از GIS . نشریه حفاظت و بهره¬برداری از منابع طبیعی. ۳(۱): ۷۷-۹۲.

عبدی ا. (۱۳۸٤) بررسی شبکه جاده‌ای مناسب با توجه به اهداف مدیریت جنگل‌های زاگرس با استفاده از GIS و RS (منطقه مورد مطالعه حوزه¬ سرخ آب خرم آباد لرستان). پایان نامه کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۱۲۰ صفحه.

عبدی، ا.، مجنونیان، ب. و درویش صفت، ع.ا. (۱۳۸۷) ارزیابی گزینه‌های شبکه جاده جنگلی از نظر هزینه

ساخت به روش چند معیاری در محیط GIS (مطالعه موردی بخش نم خانه جنگل خیرود کنار). مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۲(٤): ۲۷۹-۲۸۹.

فیروزان، ا.، نقدی، ر.، بابایپور، ر. و حکیمی عابد، م. (۱۳۸۸) اهمیت کاربرد GIS در برنامه ریزی شبکه جاده‌های جنگلی (مطالعه موردی سری دو شفارود). مجله علوم زیستی واحد لاهیجان. ۳(۳): ۵۷-٦۳.

فیروزان، ا.، نقدی، ر.، حکیمی عابد، م. و مسکنی، ح،ر. (۱۳۹۰) بررسی مدل کاربردی طراحی جاده¬های جنگلی با تلفیق روش معمول طراحی و استفاده از GIS . مجله علوم زیستی واحد لاهیجان. ۵(٤):۱٤۱-۱۵۰.

Backmund, F. (1966) Kennzahlen fiir den Grad der Erschliessung von Forstbetrieben durch Autofahrbare Wege. Forstwissenschaftliches Centralblatt, 85(12): 342-354.

Coulter, E., Sessions, J. and Wing, M. (2006) Scheduling forest road maintenance using the analytic hierarchy process and heuristics. Journal of Silva Fennica, 40(1): 143-160.

Dean, D.J. (1997) Finding optimal routes for networks of harvest site access roads using GIS-based techniques. Canadian Journal of Forest Research, 27: 11-22.

Heralt, L. (2002) Using the Redding system to Design an Optimum forest Road variant aimed at the minimization of negative impact on the natural environment. Journal of Forest Engineering, 26(1): 39-50.

Huang, B., Long, C.R. and Liew, Y. S. (2003) GIS-AHP model for HAZMAT routing with security considerations. 6th international conference on ITS (ITSC2003). Shanghai; Oct: 1644-1649.

Ichihara, K., Tanaka, T., Sawaguchi, I., Umeda, S. and Toyokawa, K. (1996) The method for designing the profile of forest roads supported by genetic algorithm. Journal of Forestry Research, 1: 45-49.

Kuonen, V. (1983) Wald- und Güterstrassen. Planung - Projektierung - Bau. Eigenverlag. 743 p.

Malczewski, J. (1999) GIS and Multi criteria decision analysis. John Wiley & Sons, Inc. New York, 392p.

Murthy, A. R. (2003) Selection of least cost paths for extraction of forest produce using Remote Sensing and GIS. Map India Conference. New Delhi, January: 1-10.

Pentek, T.N., Picman, D. and Porosinsky, T. (2007) Forest road network in the republic of Croatia-Statuc and perspectives. Croatian Journal of Forest Engineering, 28(1): 93-106.

Rogres, W.L. (2005) Automating contour based route projection for preliminary forestry road designs using GIS. M.S. thesis, Washington State University, College of forest Resources, 59 p.

Salah, S. and Bedran, M. (1998) An integrated ArcView framework for roadway design, analysis and evaluation. 18th Annual ESRI International User Conference Proceedings. San Diego, July: 1-12.

Zura. M. and Lipra, P.(1995) The road and traffic environmental impact assessment and optimal road layout selection. 15th Annual ESRI International User Conference Proceedings. California, May: 1-5.

Designing of forest road network using hierarchical analysis in GIS software

Ahmad Sibi

Young Researchers Club, Chaloos Branch, Islamic Azad University, Chaloos, Iran. Corresponding Author Email Address: cb.ahmad@yahoo.com

Date of Submission: 2014/08/12 Date of Acceptance: 2015/01/31

Abstract

A study was conducted to determine the most appropriate forest road network using GIS software at series7, district 38 of Sardabrood and Chalus in 2013. To investigate and design forest roads, a land digitalized model in TIN format was prepared by 3D map of forest organization in a scale of 1:25000. Then, basic maps such as maps of slope, aspect and contour line distance of 10-m were prepared using this model. In the next step, the map of geology, penology, typology, proposed paths and parcel borders were digitalized based on the booklet of forest management plan. Eight effective factors in designing of forest road networks were investigated such as forest type, geology, pedology, distance from road, hydrography network, geographical aspects of the area, slope, and landscapes. The effect of each factor was weighed using hierarchical analysis. Then in the GIS environment considering the overlapping of aforementioned eight factors, capability road pass map of the area was created. Three variants of various paths in the road quickly predicted and evaluated by inserting the desired longitudinal slope (regarding to the kind of roads) into PEGGER program. The evaluation of the path proposed by the organization and the designed paths was done using Backmond regulations and capability road pass maps. The results showed that the proposed path with the density of 9.39 m per ha and coverage of 85.33% had the most suitable forest road network.

Keywords: hierarchical analysis, forest road network planning, GIS, PEGGER.