فصلنامهٔ علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۱۴ شمارهٔ ۳ ، صفحهٔ ۲۴۴ - ۲۵۷ ، (۱۳۸۵)

تعیین روش مناسب پیش بینی مقدماتی مسیر جاده‌های جنگلی و کوهستانی با استفاده از GIS

نصرت الله رأفت نیا[۱]، امید عبدی[۲] و شعبان شتایی[۱]

۱- استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. پست الکترونیک: shataee@gau.ac.ir
۲- کارشناس ارشد جنگلداری.

تاریخ دریافت: ۸۵/۲/۵ تاریخ پذیرش: ۸۵/۶/۵

چکیده

امروزه با استفاده از قابلیت GIS مدیریت توأم اطلاعات با در نظر گرفتن عوامل تأثیرگذار در مسیریابی، پیش بینی و ارزیابی سریع مسیرها مقدور شده است. در این تحقیق با هدف تعیین روش مناسب پیش بینی مسیر جاده‌های جنگلی، کوهستانی، مناطق روستایی، مناطق تفرجی و توده‌های جنگلی در حوزهٔ سرخاب خرم آباد با توجه به اصول زیست محیطی و شبکه‌بندی جاده‌های جنگلی، پس از جمع‌آوری داده‌ها و نقشه‌های مورد نیاز اقدام به شناسایی عوامل تأثیر گذار در مسیریابی جاده‌ها در منطقه مورد مطالعه گردید. سپس در محیط GIS نقشه‌های عوامل فوق شامل شیب، خطر پهنه بندی زمین لغزش، کاربری آتی، فاصله از مناطق روستایی، تفرجی و زیارتی با فرمت رستری تهیه گردید. در مرحلهٔ بعد، طبقات نقشه‌های تهیه شده با توجه به اهمیت طبقات در دامنهٔ نسبی ۱ تا ۹ رتبه بندی شدند. با توجه به تاثیر عوامل فوق با استفاده از تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی اقدام به ارزش گذاری نقشه‌ها شد تا وزن آنها بدست آید. با تلفیق نقشه‌های وزن داده شده عوامل تأثیرگذار در مسیریابی در محیط GIS، نقشهٔ مناطق مناسب عبور مسیرها حاصل گردید. پیش بینی مسیر جاده‌ها با استفاده از برنامهٔ جانبی PEGGER در محیط GIS به‌صورت خودکار صورت گرفت. بدین ترتیب که با استفاده از نقشه‌های رقومی(3D) در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ مدل رقومی ارتفاعی به‌صورت ساختار شبکه ای(TIN) تهیه و سپس منحنی میزانهای به اختلاف ارتفاع ثابت ۲۰ متری از مدل رقومی مذکور دوباره تهیه و استخراج گردید. با نمایان ساختن لایه‌های مورد نیاز برای پیش بینی مسیر جاده‌ها در محیط GIS از قبیل؛ نقشهٔ مناطق مناسب عبور مسیرها، رودخانه‌ها، مناطق روستایی، تفرجی و کاربری آتی با وارد کردن شیب طولی مناسب با توجه به نوع جاده در برنامهٔ PEGGER، اقدام به پیش بینی و ارزیابی سریع مسیرهای مختلف جاده بین دو نقطه و در نهایت انتخاب مسیر مناسب گردید. نتایج بدست آمده در این تحقیق نشان داد که با این روش ضمن عبور مسیر جاده‌ها از مناطق با هزینهٔ جاده سازی پایین، با توجه به ویژگی جاده‌های جنگلی و کوهستانی مسیرهای طراحی شده پوشش شبکه بندی قابل قبولی را در کل منطقه و برای کاربری‌های مهم منطقه از جمله کاربری جنگلداری و کاربری توریسم فراهم نموده است. از سوی دیگر با توجه به اطلاعات و داده‌های در دسترس در وضعیت فعلی از قبیل نقشه‌های رقومی مورد استفاده در این تحقیق، روش معرفی شده می‌تواند به عنوان یک روش مناسب در پیش بینی مقدماتی مسیر جاده‌های جنگلی و کوهستانی در سطح وسیع، به‌عنوان جایگزین روشهای سنتی متداول در کشور، بکار گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: اصول زیست محیطی، اصول فنی، حوزهٔ سرخاب، جاده‌های جنگلی و کوهستانی، طراحی مسیر مناسب، GIS.

مقدمه

جاده‌های جنگلی نقشی اساسی در مدیریت، حفاظت واحیاء جنگلها در مناطق کوهستانی دارند. با طراحی مناسب جاده‌ها می بایست کمترین خسارات به جنگل وارد گردد و در عین حال فضا را برای مدیریت بهینهٔ آن فراهم نماید. طراحی مسیر مناسب به منظور برقراری

Archive of SID
www.SID.ir

ارتباط در مناطق جنگلی و کوهستانی ازطریق روشهای متداول و سنتی و با تکیه بر خطوط منحنی میزان به روش" گام پرگار" بسیار وقت گیر خواهد بود. از سوی دیگر در این روش، تنها تعدادی از عوامل موثر بر طراحی مسیر از قبیل شیب و هیدروگرافی که اهمیت بیشتری دارند مدنظر قرار می گیرند که باعث کاستن از اعتبار طراحی می‌شود. به‌علاوه، عواملی از قبیل وضعیت توپوگرافی، خطر زمین لغزش، کاربری اراضی، فاصله از مناطق روستایی و تفرجی و غیره نیز در طراحی مسیر موثرند که ارزش آنها بر طراحی مسیر یکسان نمی باشد. امروزه مدیریت توأم اطلاعات موجود در کلیهٔ این نقشه‌ها ولحاظ نمودن این عوامل در طراحی مسیر از طریق سیستم اطلاعات جغرافیایی(GIS) مقدور شده است.

به منظور کمک به طراحان در ردیابی مسیرهای جاده‌های جنگلی، روشهای متعددی با کمک کامپیوتر با استفاده از DEM پایه ریزی شده اند. از سال ۱۹۷٤ تاکنون نرم افزارهای کامپیوتری زیادی برای طراحی جاده شامل بسته‌های نرم افزاری Road Eng, Auto CAD, F.L.R.D.S, TRACER, PEGGER, ROUTES, طراحی شده اند. امروزه با استفاده از قابلیت‌های GIS و مدل رقومی ارتفاعی(DEM) مسیریابی جاده‌های جنگلی به‌صورت خودکار امکان پذیر شده است. با استفاده از ابزارهای موجود طراحان جاده‌های جنگلی و کوهستانی می توانند بسیاری از واریانت‌های جاده را به سرعت مورد تجزیه و تحلیل قرار دهند و با کمک قابلیت‌های GIS شرایط اقتصادی و زیست محیطی را نیز ارزیابی نمایند (Rogers, 2005). تلاشها و مطالعات بسیاری برای استفاده ازGIS در فرآیند طراحی مسیر انجام شده است که در هریک از این طرحها و مطالعات، GIS نقش متفاوتی داشته است. در بسیاری از این مطالعات ازGIS برای وارد نمودن عوامل مختلف در تعیین تأثیرات زیست محیطی ناشی از ساخت هریک از واریانت‌های طرح استفاده شده است (قدسی پور، ۱۳۸۱). در مطالعات دیگر که اخیراً در زمینهٔ طراحی جاده‌های جنگلی و کوهستانی متداول شده است مسائل فنی و رعایت اصول هندسی راه در طراحی مسیرها مورد نظر قرار گرفته است (Akay & Karas, 2004). Reutebuch (1988) برنامه کامپیوتری ROUTES را برای تخمین درصد شیب طولی جاده، طول جاده و مسیریابی واریانت‌های ممکن با استفاده از داده‌های DEM ارائه داد. در این برنامه طراح باید خطوط میزان منحنی را رقومی نماید و با کمک رقومی گر جاده را بر روی نقشه خطوط میزان منحنی بزرگ مقیاس ترسیم نماید. این برنامه امکان جستجوی سریع مسیرهای مختلف جاده در مقیاس‌های گوناگون را برای طراحان فراهم می نماید، ولی قادر به در نظر گرفتن عوامل زیست محیطی تاثیرگذار در مسیریابی نیست. Akay & Session (2005) مدل سه بعدی(3D) مسیریابی جاده‌های جنگلی تحت عنوان "TRACER" را برای ارزیابی سریع مسیرهای مختلف جاده با هدف کمک به طراحان جاده‌های جنگلی در طراحی مسیرهای اولیه جاده‌هادی توسعه دادند. هدف مدل، طراحی یک مسیر با کمترین مجموع هزینه‌های ساخت، نگهداری و حمل و نقل و منطبق با مشخصات مهندسی طراحی، اصول زیست محیطی و نیز امنیت راننده می باشد. مدل مذکور توانایی طراح را از طریق طراحی خودکار مسیرهایی با قوس‌های قائم و افقی مناسب، ایجاد مقطع عرضی و هزینه‌های معمول برای ساخت، نگهداری و استفاده وسیله نقلیه افزایش می دهد. همچنین از طریق مدل مذکور متوسط انباشت رسوب از مقطع جاده به داخل رودخانه با استفاده از مدل فرسایش یا انباشت جاده در محیط GIS تخمین زده می شود. TRACER یک ابزار تصمیم گیری است که طراح را برای ارزیابی سریع مسیرهای مختلف جاده آماده می کند. Rogers (2005) برنامه کامپیوتری PEGGER را برای ردیابی خودکار طراحی جاده‌های جنگلی با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) توسعه داد. عملکرد این برنامه متکی به داده‌های DEM است که باید دقیقاً نمایانگر

Archive of SID

www.SID.ir

واقعی شرایط زمین باشد. PEGGER یک ابزار قوی برای تحلیل سریع واریانت‌های مختلف جاده است و بر اساس ویژگی درصد شیب طولی جاده که توسط طراح تعیین می شود عمل می نماید. این ابزار قادر به بکارگیری ولحاظ نمودن شرایط اقتصادی، مشخصه‌های ویژهٔ محیطی نظیر تیپهای خاک، هیدروگرافی، مرزهای عرفی و طبقات شیب در طراحی مسیر جاده نیست. به هر حال طراحی جاده‌های جنگلی با استفاده از این ابزار با داده DEM دقیق، امیدواری کافی جهت بکارگیری روشهای طراحی جاده‌های جنگلی با صرف زمان کمتر و قابل قبول تر نسبت به روشهای سنتی را فراهم نموده است.

احمدی و همکاران (۱۳۸٤) در تحقیقی تحت عنوان مسیریابی جاده بر اساس اصول زیست محیطی با استفاده از GIS برای احداث جاده کمربندی در شرق تهران با در نظر گرفتن عوامل تأثیرگذار شامل زمین شناسی، فرسایش پذیری، خاک، شیب، کاربری اراضی، جریانهای آبی، گسل و ارتفاع و نقشه کاربری اراضی اقدام به ارزش گذاری عوامل فوق براساس پرسشنامه و به‌طور نسبی نمودند و با استفاده از نقشه‌های یاد شده و GIS مسیرهای مختلفی طراحی نمودند. سپس با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی مسیر بهینه را از بین مسیرهای طراحی شده مشخص نمودند. نتایج بدست آمده نشان داد که مسیر بهینه دارای همخوانی بسیار خوبی با اولویت‌ها و محدودیت‌های تعیین شده بود. همچنین نتایج به دست آمده نشان داد که با شناسایی عوامل تأثیرگذار و با استفاده از GIS به خوبی می توان مسیر مناسب برای احداث راه‌ها را ضمن رعایت اصول زیست محیطی تعیین نمود. Zura & Lipra (1995) از تحلیل مکانی GIS برای مکان یابی مسیری که کمترین تأثیرات زیست محیطی را بر روی محیط اطراف خود داشته باشد استفاده نمودند. Ichihara *et al.* (1996), و Jha (2000) با بهره گیری از الگوریتم ژنتیک و پیاده سازی آن در محیط GIS توانست بهینه ترین مسیر را که کمترین هزینهٔ ساخت را در پی داشته است انتخاب نماید.

در روش بکار گرفته شده توسط محقق نیازی به معرفی واریانت‌های مختلف نیست، بلکه استفاده از این روش موجب بدست آمدن واریانت منحصر به فردی می شود که با توجه به داده‌های ورودی کمترین هزینهٔ ساخت را در پی دارد. Musa & Mohamed (2000) فرآیند مسیریابی شبکهٔ جاده‌های جنگلی را با استفاده از GIS انجام دادند. این محققان فرآیند طراحی مسیر به کمک GIS را با روشهای دیگر مانند طراحی میدانی، طراحی دفتری و تحلیل بهترین مسیر برای یک شبکهٔ جاده‌های جنگلی فرضی مقایسه نمودند.

با توجه به تحقیقات و امکانات فراهم شده و ضرورت اجرای طراحی جاده‌های جنگلی با استفاده از قابلیت‌های GIS در این تحقیق هدف بر طراحی مسیر مناسب جاده‌های جنگلی، کوهستانی، مناطق روستایی، مناطق تفرجی و توده‌های جنگلی با استفاده از قابلیت GIS به‌صورت تلفیقی با رعایت اصول زیست محیطی و ویژگی شیب طولی جاده می‌باشد تا به روش مناسبی برای پیش بینی مقدماتی مسیر جاده‌های جنگلی و کوهستانی دست پیدا کرد. کاربرد و اجرای برنامه‌های طراحی مسیر در محیط GIS به منظور عملیاتی نمودن آنها و شناسایی نقاط ضعف و قدرت آنها یکی از اهداف مهم این تحقیق می باشد. طراحی جاده در مناطق جنگلی زاگرس با توجه به نحوهٔ مدیریت آنها و لحاظ نمودن مشخصه‌های زیست محیطی و گردشگری در کنار ملاحظات فنی شرایطی را فراهم می نماید که در مقایسه با طراحی مسیر در نقاط جنگلی شمال با اهداف مدیریتی متفاوت امکانات، برنامه‌ها و مدلهای مذکور مدنظر قرار گیرد.

مواد و روشها

منطقهٔ مورد مطالعه

حوزهٔ سرخاب به مساحت ۳٤٤/۸۸ کیلومترمربع در جنوب شـرقی خرم آباد و بین طول‌های ´۲۳ °٤۸ تا

Archive of SID

www.SID.ir

´٤٠ °٤٨ شرقی و عرض‌های جغرافیایی ´٠٦ °٣٣ تا ´١٧ °٣٣ شمالی قرار دارد. حداکثر و حداقل ارتفاع از سطح دریای آزاد٣٠١٢ متر و ٧٧٠ متر بوده و اقلیم منطقه از نوع نیمه مرطوب سرد با زمستانی بسیار سرد می‌باشد. اراضی جنگلی منطقه پوشیده از جنگلهای بلوط- بنه و بلوط ایرانی با تراکم‌های مختلف، اراضی مرتعی با گراسهای یک ساله و چند ساله با وضعیت و گرایشهای مختلف، زمین‌های زراعی به‌صورت دیم و آبی با کشت محصولاتی نظیر گندم، جو و نخود می باشد. منطقهٔ مذکور از منابع تفرجی طبیعی مانند آبشارها، توده‌های جنگلی و چشم اندازهای جالبی برخوردار می باشد. علاوه بر این در منطقه حدود ٤٠ روستای کوچک و بزرگ قرار دارد که تنها تعدادی از آنها، در مسیر جادهٔ شوسه که خرم آباد را به ایستگاه راه آهن در جنوب شرقی حوزه ارتباط می‌دهد از جاده دسترسی برخوردار می باشند. شبکهٔ جاده منطقه از نظم خاصی پیروی نمی کند و نقاط تفرجی و زیارتی به همراه برخی توده‌های جنگلی فاقد مسیر دسترسی می باشند. ویژگیهای تشریح شدهٔ منطقه باعث انتخاب منطقهٔ فوق برای این تحقیق گردید.

روش تحقیق

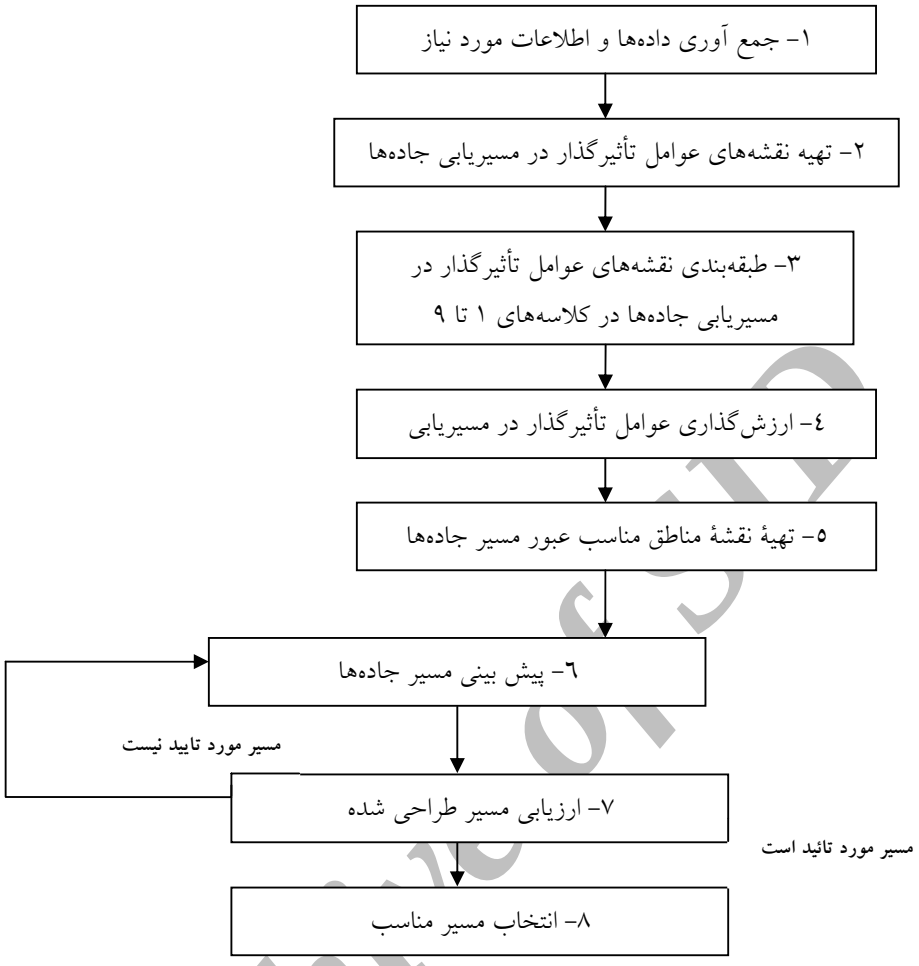
به منظور طراحی مسیر جاده‌ها با توجه به ویژگیهای زیست محیطی و رعایت اصول آن در کنار نکات فنی و اقتصادی مربوط به طراحی مسیر، پس از جمع آوری داده‌ها و نقشه‌های مورد نیاز مراحل زیر جهت طراحی مسیر بهینه و مناسب جاده‌های جنگلی در منطقهٔ مورد مطالعه بکار گرفته شدند. در شکل ١ مراحل طراحی و انتخاب مسیر مناسب جاده‌های جنگلی و کوهستانی با استفاده از GIS آورده شده است که در ادامه به اختصار توضیح داده می شوند.

شناسایی عوامل موثر در مسیریابی جاده در منطقهٔ مورد مطالعه و جمع آوری آنها از منابع مختلف

بر اساس بازدیدهای میدانی و با استفاده از سیستم موقعیت یاب جهانی (GPS)، تصاویر سنجنده ETM^{+} ماهواره لندست ٧ و همچنین نقشه‌های رقومی (2D و 3D) در مقیاس ١:٢٥٠٠٠ و همچنین بررسی منابع مختلف اقدام به شناسایی عوامل موثر در مسیریابی جاده‌ها ازجمله شیب توپوگرافی، خطر زمین لغزش و فرسایش، کاربری آتی، مناطق روستایی، تفرجی و زیارتی، رودخانه‌ها و گسلها در منطقهٔ مورد مطالعه گردید.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۱- نمودار کلی طراحی و انتخاب مسیر جاده‌های جنگلی و کوهستانی را در محیط GIS نشان می دهد

تهیهٔ نقشه‌های عوامل تأثیرگذار در مسیریابی جاده‌ها

پس از شناسایی عوامل تأثیرگذار در مسیریابی در منطقه مورد مطالعه، اقدام به تهیهٔ نقشه هر یک از عوامل فوق با توجه به هدف مورد مطالعه گردید. نقشه‌های تهیه شده شامل نقشه شیب حوزه متناسب با طبقات شیب مورد نیاز در جاده سازی، نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش حوزه به روش تراکم سطح در شش طبقه، نقشه کاربری آتی (آمایش سرزمین) حوزه در شش طبقه کاربری، نقشه فاصله از مناطق روستایی، مناطق تفرجی و زیارتی در ۹ طبقه می باشند. لازم به ذکر است که به منظور بهره گیری از اطلاعات و نقشه‌های بدست آمده و انجام تحلیل‌های مکانی نقشه‌های فوق به فرمت رستری تبدیل گردیدند.

طبقه‌بندی طبقات نقشه‌های عوامل تأثیرگذار در مسیریابی جاده‌ها

چنانچه بیان شد برای هریک از عوامل تأثیرگذار در مسیریابی یک نقشه تهیه گردید که هرکدام از نقشه‌ها دارای چند طبقه می باشند. با توجه به تأثیر و نقش

Archive of SID
www.SID.ir

طبقات، اقدام به طبقه‌بندی طبقات نقشه درطبقه‌هایی از ۱ تا ۹ گردید. با توجه به تأثیر طبقات برای مکان یابی مسیرها، در هرنقشه، طبقاتی که دارای توان بالاتری برای مکان یابی مسیرها داشتند رتبه بالاتر به آنها نسبت داده شد و به ترتیب بقیه طبقات رتبه‌های بعدی را در دامنه فوق به خود اختصاص دادند.

ارزش گذاری عوامل تأثیرگذار در مسیریابی جاده‌ها

چنانکه بیان شد برای هریک از عوامل تأثیرگذار در مسیریابی یک نقشه در دامنهٔ ۱ تا ۹ با چند طبقه تهیه شد. طبیعی است که تأثیر و نقش این عوامل در تعیین مسیر یکسان نمی باشد. به عبارت دیگر، میزان توانی که این عوامل در تعیین مسیر ایجاد می کنند با هم برابر نمی باشند، بنابراین باید این عوامل ارزش گذاری و وزن دهی شوند. از میان روشهای وزن دهی، روش مقایسه دو به دو (Malczewski, 1999) به‌دلیل داشتن مبنای نظری قوی، دقت بالا و سهولت کاربرد مورد استفاده قرار گرفت. در این روش یک ماتریس مقایسه تشکیل می شود و عوامل به صورت زوجی مقایسه شده و وزن آنها محاسبه می گردد. این مقایسه به‌صورت نظری بوده و دامنه تغییرات وزن نسبی بین ۱ تا ۹ می باشد. به منظور به حداقل رساندن تأثیر نظرات شخصی در وزن دهی، نقطه نظرات متخصصان در رابطه با اهمیت نسبی عوامل تأثیرگذار استفاده گردید و مقایسه زوجی عوامل با استفاده از نرم افزار Expert choice انجام گردید.

تهیهٔ نقشهٔ مناطق مناسب عبورمسیر جاده‌ها

دراین مرحله وزن‌های نسبی تعیین شده برای عوامل مختلف، به نقشه‌های رستری مربوطه نسبت داده شدند. نقشه‌های وزن داده شده عوامل مختلف در محیط GIS با هم تلفیق شده و نقشه مسیریابی تهیه گردید. ارزش هر سلول این نقشه نمایانگر میزان توان نسبی آن برای عبور مسیر از آن سلول می باشد. ارزش بالاتر نشان دهنده توان نسبی بالاتر آن سلول برای مسیریابی می باشد. نقشهٔ مذکور در شش طبقه (مناطق با قابلیت عبور مرجح، خیلی قوی، قوی، متوسط، کم و خیلی کم) دوباره طبقه بندی شد (شکل۲).

پیش بینی مسیر جاده‌ها

برای طراحی مسیر جاده‌ها، از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در محیط نرم افزار Arc View® 3 کمک گرفته شد. برنامه PEGGER یک برنامه جانبی (Extention) نرم افزار مذکور است که مسیر جاده‌ها را به صورت خودکار پیش بینی می کند. از ویژگیهای بارز این برنامه، امکان بکارگیری عملی آن توسط افراد می باشد. اساس کار این برنامه بر مبنای خطوط میزان منحنی پایه است که در فرمت‌های مختلفی می تواند وارد محیط نرم افزار گردد. برای این منظور ابتدا با استفاده از آنالیز پرسش و پاسخ (Query Builder) در محیط GIS لایه‌های خطوط میزان منحنی اصلی و فرعی از نقشه‌های رقومی (3D) ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه برداری کشور استخراج گردیدند و مدل رقومی ارتفاعی به‌صورت ساختار شبکه ای (TIN) تهیه و سپس منحنی میزانهای ثابت ۲۰ متری از مدل رقومی مذکور دوباره تهیه و استخراج گردیدند. بعد از استخراج خطوط منحنی میزان‌های با اختلاف ارتفاع ۲۰ متری، اقدام به اضافه نمودن لایه‌های مورد نیاز برای طراحی جاده‌ها گردید. لایه‌های مذکور به ترتیب در محیط GIS وارد و نمایان گردیدند. این لایه‌ها شامل لایه رودخانه‌ها، مناطق تفرجی و زیارتی، مناطق روستایی، نقشه کاربری آتی و نقشه مناطق مناسب برای عبور مسیر جاده‌ها بودند. مرحله بعدی کار تعیین نقطه شروع یا انتهای مناسب مسیرجاده جدید براساس مؤلفه‌های قابل استفاده است. با استفاده از ابزارهای استاندارد موجود در GIS (مانندRuler وIdentify) اقدام به تخمین درصد شیب

Archive of SID
www.SID.ir

طولی مناسب برای مسیریابی جاده‌ها گردید. با مشخص شدن نقطه شروع مسیر، شیب طولی مطلوب متناسب با نوع جاده (جدول۱) در برنامهٔ طراحی مسیرPEGGER در نظر گرفته شد. پیش بینی مسیر با استفاده از این برنامه صورت گرفت اساس کار بدین ترتیب می باشد که برای پیش بینی مسیر جاده با وارد کردن درصد شیب طولی مناسب برنامهٔ PEGGER نقطه مناسب بر روی خطوط میزان منحنی مجاور را شناسایی می کند که فاصله آن از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$d = \frac{ci}{(g/100)}$$ رابطه (۱)

در رابطه فوق d= فاصله، ci= فاصله خطوط میزان منحنی (۲۰متر) وg= شیب طولی مجاز می باشد.

ارزیابی مسیرهای طراحی شده و انتخاب مسیر مناسب

انتخاب مسیر بهینه به دو صورت کلی انجام می شود که این دو روش عبارتند از:

۱- استفاده از الگوریتم‌های بهینه سازی مانند الگوریتم ژنتیک (genetic algoritm) یا بکارگیری هزینه‌های وزن داده شده (Jha, 2000 ; Jong, 1998 ; Ichihara *et al.*, 1996) می‌باشد. در این روش که در سالهای اخیر گسترش زیادی یافته است نیازی به معرفی واریانت‌های مختلف نیست، بلکه استفاده از این روش موجب بدست آمدن واریانت منحصر به فردی می شود که با توجه به داده‌های ورودی کمترین هزینهٔ ساخت را در پی دارد.

۲- در نظر گرفتن واریانت‌های مختلف و مقایسهٔ کمی هریک از آنها با یکدیگر و انتخاب واریانتی که دارای کمترین هزینهٔ ساخت یا تأثیرات نامطلوب باشد (Sadek & Bedran, 1998 ; Zura & Lipra, 1995). در این روش واریانت‌های مختلف پس از طراحی با تکیه بر لایه‌های اطلاعاتی با یکدیگر مقایسه می شوند و برای هریک از واریانت‌ها گزارشی تهیه می شود. سپس با مقایسهٔ کمی هزینهٔ هر یک از واریانت‌ها، واریانت مناسب انتخاب می شود. همچنین در این روش می توان تأثیرات ساخت مسیر جدید (تأثیرات زیست محیطی، کاربری زمین و غیره) را مورد ارزیابی قرار داد و بر اساس این تأثیرات نسبت به محل احداث مسیر جدید تصمیم گیری نمود.

در این تحقیق به منظور انتخاب مسیر مناسب جاده‌ها، در هر مرحله پس از انتخاب درصد شیب طولی برای طراحی جاده با رویهم گذاری نقشه مناطق مناسب عبور جاده‌ها و نیز لایه‌های رودخانه‌ها، روستاها و مناطق تفرجی و زیارتی مسیری که هم از لحاظ زیست محیطی و هم از لحاظ ویژگی شبکه بندی جاده‌های جنگلی و کوهستانی مناسب باشد مورد تأئید قرارگرفت و به عنوان مسیر بهینه انتخاب گردید. در نحوهٔ عمل فوق طوری عمل گردید که چنانچه اصول فوق رعایت نشده باشد مسیر طراحی شده مورد تأئید قرار نگرفته و می بایست دوباره اقدام به پیش بینی مسیر جدید گردد تا درنهایت مسیر مناسب بدست آید. به عبارت دیگر سعی گردید تا با طراحی مسیرهای مختلف، مسیری که توانسته باشد با شیب طولی مناسب، متناسب با نوع جاده مورد نیاز برای ارتباط روستاها، مناطق تفرجی و یا توده‌های جنگلی از مناطق با قابلیت مد نظر عبور جاده‌ها (هزینهٔ جاده سازی کم) و درصد پوشش مناسب ایجاد کرده باشد به عنوان مسیر بهینه انتخاب گردد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ١- درصد شیب طولی مجاز راه اعمال شده برای مناطق کوهستانی و جنگلی زاگرس مطابق با عملکرد و نوع جاده‌ها

نوع جاده	عملکرد جاده	خودروی طرح	حداقل شیب طولی مجاز	حداکثر شیب طولی مجاز
جاده درجه ١	ارتباط مناطق روستایی پرجمعیت و مناطق توریستی پربازدید کننده	اتوبوس	±٪٣	±٪١٠
جاده درجه٢	ارتباط مناطق روستایی کوچکتر ، چشم اندازها و منظره‌ها	سواری	±٪٣	±٪١٢
جاده درجه ٣	ارتباط مکانهای فعالیت کشاورزی و توده‌های جنگلی واحد بهره برداری محصولات فرعی	تراکتور استاندارد کشاورزی	±٪٣	±٪١٤

نتایج

با توجه به نقشه‌های تهیه شده عوامل موثر در مسیریابی (شکل ٢ و جدولهای ٢ تا ٤)، پس ازطبقه‌بندی مجدد، در نقشهٔ شیب طبقه‌های بالاتر به طبقات با درصد شیب پایین اختصاص داده شد به این ترتیب که طبقهٔ شیب (١٠-٠ درصد) در بالاترین طبقه (٩) و طبقهٔ شیب بالای ٦٠ درصد در پایین ترین طبقه١، در نقشهٔ پهنه بندی خطر زمین لغزش طبقهٔ پایدار(stable) در بالاترین طبقه و طبقهٔ با خطر لغزش بسیار بالا (very high) در پایین ترین طبقه، در نقشهٔ کاربری آتی مناطق با توان کاربری‌های توریسم و جنگلداری در طبقات بالا و مناطق با توان کاربری حفاظت در پایین ترین طبقه و در نهایت در نقشهٔ فاصله از مناطق روستایی، تفرجی و زیارتی به ترتیب طبقهٔ (٥٠٠-٠ متر) در بالاترین طبقه و طبقات دیگر در دسته‌های بعدی قرار گرفتند.

جدول٢- نتایج حاصل از نسبت طبقات لغزش با روش پهنه بندی تراکم سطح حوزه

طبقات لغزش	مساحت طبقهٔ لغزش(km^2)	درصد مساحت طبقهٔ لغزش نسبت به مساحت حوزه
پایدار (stable)	١٨/٣٠	٥/٣٦
بسیار کم (very low)	٥٢/١٠	١٥/٢٥
کم (low)	٤١/٧٠	١٢/٢٠
متوسط (medium)	١٣٨/٨٩	٤٠/٦٦
بالا (high)	٧٣/٦٧	٢١/٥٧
بسیار بالا (very high)	١٦/٩٨	٤/٩٧

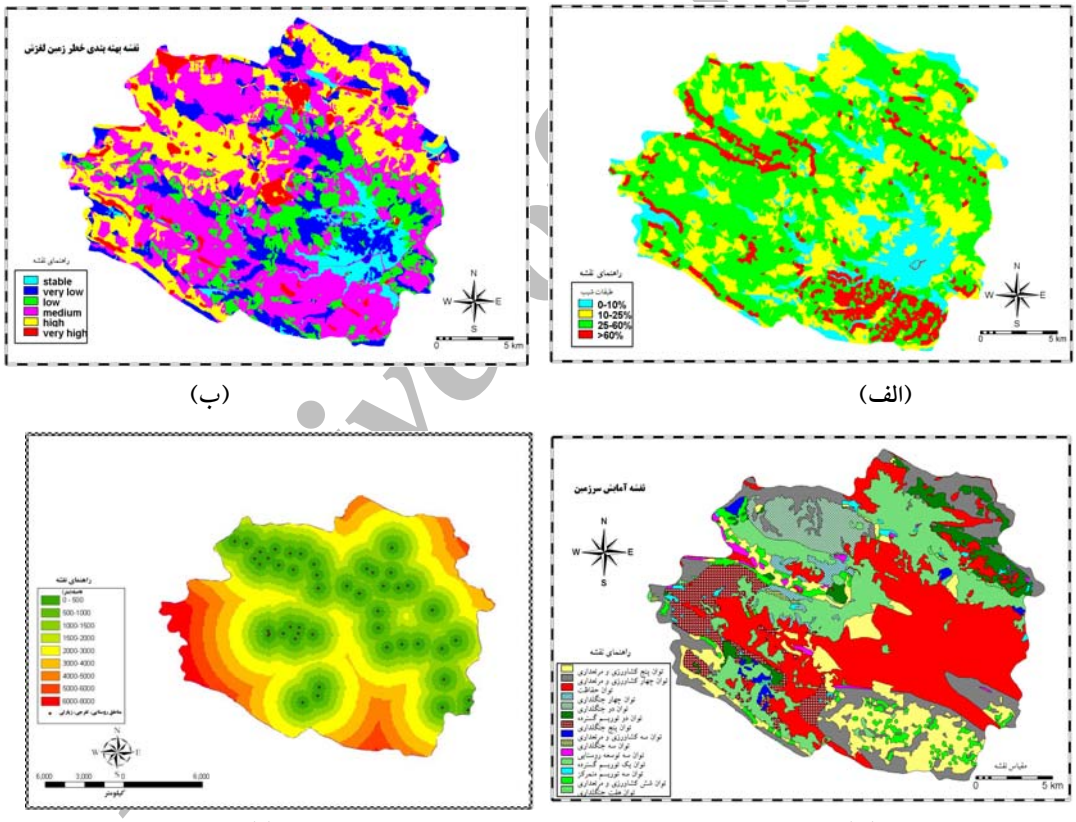
جدول٣- نتایج حاصل از نسبت طبقات شیب مورد نظر برای جاده سازی حوزه

طبقات شیب	مساحت طبقهٔ شیب (km^2)	درصد مساحت طبقهٔ شیب نسبت به مساحت حوزه
١٠-٠ درصد	٤٣/٢٠	١٢/٦٥
٢٥-١٠ درصد	٩٦/٩٣	٢٨/٣٨
٦٠-٢٥ درصد	١٦٧/٧٠	٤٩/١٠
بالای ٦٠ درصد	٣٣/٧٢	٩/٨٧

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ٤- نتایج نهایی نسبت مساحت کاربری‌ها در نقشه آمایش سرزمین حوزه

نوع کاربری آتی	مساحت طبقهٔ کاربری (km^2)	درصد مساحت کاربری نسبت به مساحت حوزه
توان کشاورزی و مرتعداری	۱۰۷/٤٤	۳۱/۱۵
توان جنگلداری	٤٤/٦۹	۱۲/۹۷
توان تفرج گسترده	۷۷/۵٤	۲۲/٤۹
توان تفرج متمرکز	۲/۷۱	۰/۷۹
توان توسعه روستایی	۳/۱۵	۰/۹۱
توان حفاظت	۱۰۹/۲۳	۳۱/٦۸



(ب) (الف)

(د) (ج)

شکل۲- نقشه شیب (الف)، نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش (ب)، نقشه آمایش سرزمین (ج) و نقشه فاصله از مناطق روستایی، تفرجی و زیارتی (د) منطقه مورد مطالعه

نتایج حاصل از ارزش گذاری عوامل موثر بر مسیریابی جاده‌ها و راههای پیاده رو نشان داد که عامل شیب با وزن نسبی ۰/۳۸ بیشترین ارزش و عوامل دیگر به ترتیب شامل خطر زمین لغزش با وزن نسبی ۰/۳۰، کاربری آتی با وزن نسبی ۰/۲۰، فاصله از مناطق روستایی، تفرجی و زیارتی با وزن نسبی ۰/۱۲ ارزشهای بعدی را در برگرفته‌اند.

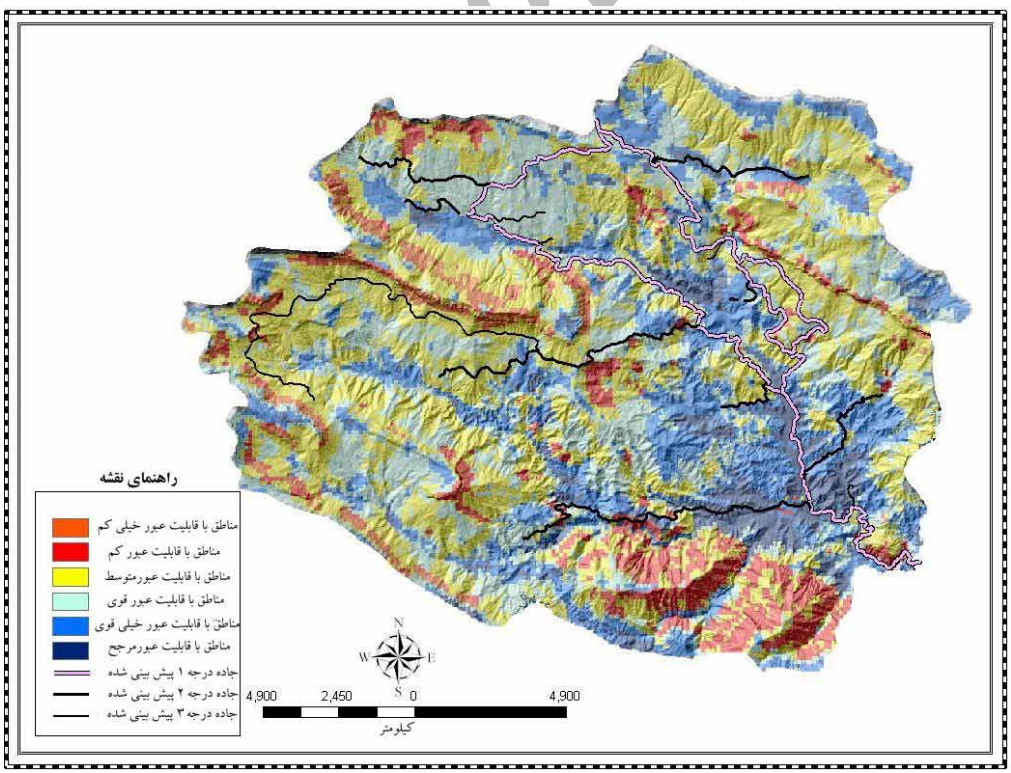
www.SID.ir

جدول اطلاعات توصیفی طبقه بندی مناطق مناسب برای عبور مسیرجاده‌ها نشان می دهد که مناطق با قابلیت عبور متوسط ٣٤/٤٠ درصد، مناطق با قابلیت عبور قوی ٢٨/٦٨ درصد، مناطق با قابلیت عبور خیلی قوی ١٨/٦١ درصد، مناطق با قابلیت عبور کم ٨/١٧ درصد، مناطق با قابلیت عبور مرجح ٦/٧ درصد و مناطق با قابلیت عبور خیلی کم ٣/٤٨ درصد مساحت حوزه، به ترتیب بیشترین تا کمترین مساحت حوزه را به خود اختصاص داده اند (شکل٣).

نتایج حاصل از پیش بینی مسیر جاده‌ها وانتخاب مسیرهای مناسب و ارزیابی مسیرهای مختلف با شیب طولی مناسب نشان داد که ضمن رعایت شیب طولی متناسب با نوع جاده در مسیرهای طراحی شده، در طراحی با جاده‌های درجه ١، درجه ٢ و درجه ٣ به ترتیب ٩٧/٨٠ درصد، ٩٨/٨٠ درصد و ٩٦/٤٠ درصد از طول مسیرهای طراحی شده از مناطق با قابلیت عبور قابل قبول (هزینهٔ جاده سازی کم) عبور کرده است (جدول٥).

جدول٥- درصد طول مسیرهای طراحی شده بر روی مناطق با قابلیت عبور مسیرها به تفکیک نوع جاده

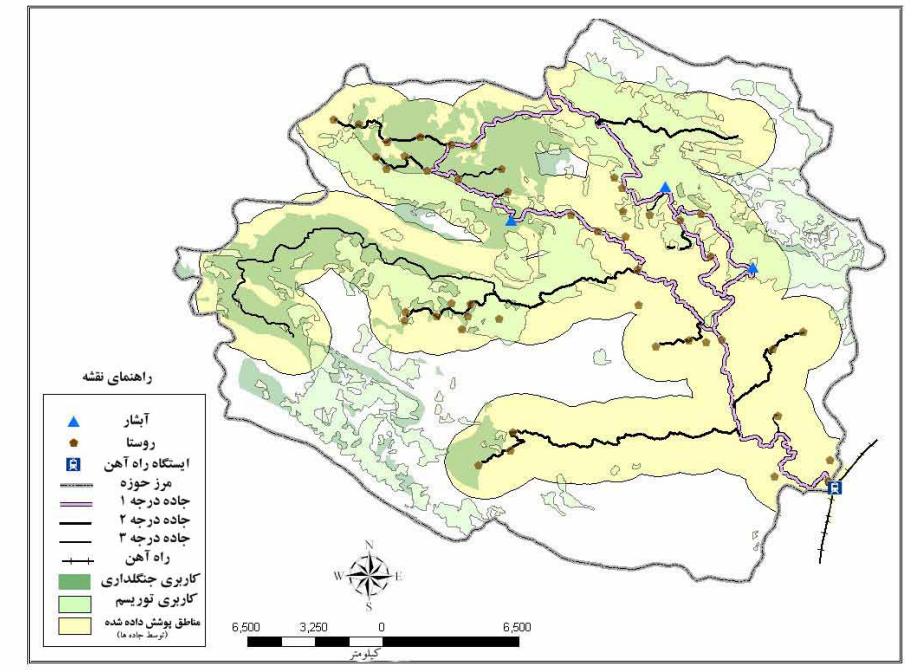
قابلیت عبور مناطق / نوع جاده	قابلیت عبور مرجح	قابلیت عبور خیلی قوی	قابلیت عبور قوی	قابلیت عبور متوسط	قابلیت عبور کم	قابلیت عبور خیلی کم
جاده درجه ١	٩/٦٠٪	١٦/٦٠٪	٣٨/٢٠٪	٣٣/٤٠٪	٢/٢٠٪	-
جاده درجه ٢	٨/٨٠٪	٢٧/٨٠٪	٣٦/٢٠٪	٢٦٪	١/٢٪	-
جاده درجه ٣	-	٤/٢٠٪	٢٢/٨٠٪	٦٩/٤٠٪	٣/٦٠٪	-



شکل٣- مسیر جاده‌های طراحی شده بر روی مناطق با قابلیت عبور مناسب

www.SID.ir

از سویی پس از طراحی مسیرهای پیش بینی شده با توجه به ویژگی شبکه بندی جاده‌های جنگلی و کوهستانی، طول کل جاده‌های مورد نیاز طراحی شده در منطقهٔ مورد مطالعه ۱۲۸/۲۰ کیلومتر بوده که قابلیت پوشش ٦٦ درصد از منطقه را دارند. میزان تراکم جاده در محدودهٔ توان کاربری جنگلداری ٦/۹۰ متر در هکتار با پوشش شبکه بندی ۷۸/۷۰ درصد و برای مناطق با توان کاربری توریسم پوشش شبکه بندی ۷۵ درصد بدست آمد (شکل٤).



شکل٤- پوشش شبکه بندی جاده‌های پیش بینی شده بین کاربری‌ها و مناطق مختلف حوزه

بحث

استفاده از این روش به‌صورت تهیهٔ نقشهٔ مناطق مناسب عبور مسیر جاده‌ها و پیش بینی مسیر جاده‌ها با استفاده از برنامهٔ PEGGER در محیط GIS، برای پیش بینی مقدماتی مسیر جاده‌های جنگلی و کوهستانی نتایج قابل قبولی را ارائه داد. در این روش با بهره گیری از نقشهٔ خطوط میزان منحنی و بر اساس ویژگی درصد شیب طولی در طراحی مسیر بین دو نقطه، می توان مسیرهای مختلفی را به‌صورت سریع پیشنهاد داد و با توجه به نقشهٔ مناطق مناسب عبور مسیرها براساس اصول زیست محیطی و ویژگی شبکه بندی جاده‌های جنگلی و کوهستانی، مسیرها را مورد ارزیابی قرار داده و مسیر مناسب را با سرعت و دقت بالا انتخاب نمود ضمن آنکه در این روش در مجموع نیازی به پیشنهاد واریانت‌های مختلف نمی باشد و می‌توان با پیشنهاد سریع مسیرهای مختلف و تحلیل آنها در محیط GIS مسیر مناسب منحصر به فرد را انتخاب نمود.

با توجه به نتایج بدست آمده از طراحی مسیرها بر روی مناطق با قابلیت عبور مناسب، طبق جدول۵ بیشتر طول مسیر جاده‌ها از مناطق با قابلیت عبور متوسط،

Archive
www.SID.ir

قابلیت عبور قوی و قابلیت عبور خیلی قوی عبور کرده است. با توجه به شاخص باکموند (رافت نیا، ۱۳۶۷) در مورد شبکه بندی جاده‌های جنگلی پوشش شبکه بندی در کل حوزه و کاربری‌های ذکر شده مورد تأیید است.

این‌گونه مناطق با توجه به نوع جاده طراحی و پروفیل استاندارد طراحی شده مخصوص جاده‌های کوهستانی و جنگلی با ترافیک معقول و کم در نظر گرفته شدند، به‌طوری‌که برای جاده‌های ارتباطی روستاهای پرجمعیت و مناطق تفرجی پربازدیدکننده (جاده درجه ۱) مناطق با قابلیت عبور خیلی قوی و قوی در نظر گرفته شده همچنین برای روستاهای کوچکتر، مناطق تفرجگاهی کم ترافیک، توده‌های جنگلی واحدهای بهره برداری محصولات فرعی و محل‌های فعالیت کشاورزی (جاده‌های درجه ۲ و درجه ۳) مناطق با قابلیت عبور قوی و قابلیت عبور متوسط در اولویت قرار داده شدند. مناطق با قابلیت عبور کم و خیلی کم، به علت آنکه دوام جاده در اینگونه مناطق پایین است و هزینه‌های ساخت جاده بالا خواهد بود در نتیجه مطابق با اصول زیست محیطی نبوده و سعی شد تا جایی که امکان داشت از عبور مسیر از اینگونه مناطق حتی المقدور خوداری گردد به‌طوری‌که هیچ مسیری بر روی مناطق با قابلیت عبور خیلی کم طراحی نشده و مناطق با قابلیت عبورکم در مناطقی که گزینهٔ بهتری امکان پذیر نبود مسیر بر روی آنها طراحی شده که درصد بسیار کمی را در بر می گیرد. مناطق با قابلیت عبور مرجح بیشتر مخصوص جاده‌های با حجم ترافیک بالا مانند اتوبانها و جاده‌های بین استانی خواهد بود بنابراین با توجه به جاده‌های مورد نیاز(کوهستانی و جنگلی) در اولویت نخواهند بود و مسیر کمتری نیز از آنها عبور داده شده است.

برنامهٔ PEGGER، چنانچه Rogers & Schiess (2001) نیز به آن اشاره نموده ابزاری قوی برای تحلیل سریع مسیرهای مختلف جاده است که بر اساس ویژگی درصد شیب طولی جاده که توسط طراح تعیین می شود بر روی خطوط میزان منحنی مسیر را پیش بینی می کند، اما نمی تواند اصول زیست محیطی را که لازم است توسط متخصصان در طراحی جاده‌های جنگلی و کوهستانی لحاظ شوند در نظرگیرد و خارج از محدودهٔ عمل برنامهٔ فوق است، ولی به دلیل اجرای نرم افزار در محیط GIS، این محیط امکاناتی را فراهم می کند که این تحلیل‌ها بتوانند همانند چیزی را که در این تحقیق حاصل گردید تحقق بخشند. با اجرای این برنامه در این تحقیق این نتیجه حاصل شد که برنامهٔ PEGGER در شیب‌های تند برای پیش بینی مسیرهای کوتاه بسیار خوب عمل می کند. با توجه به طرز عمل این برنامه، چنانچه درصد شیب طولی مدنظر کاهش یابد این برنامه بایستی مسیر طولانی و طولانی تری را پیش بینی نماید به‌طوری‌که در شیب طولی۱ درصد با خطوط میزان منحنی ۲۰ متری، طول مسیر حدود ۲۰۰۰ متر می شود در چنین مسیر طولانی، توپوگرافی نمی تواند به دقت نشان داده شود. بنابراین در شیب‌های پایین برای مهندسان جنگل ضروری است که قابلیت‌های استاندارد GIS را برای موقعیت یابی جاده‌ها به طریقهٔ دستی و تنها متکی بر مسیرهای پیش بینی شده به‌عنوان یک راهنما برای تعیین مسیر با دست برای پیش بینی مسیر اولیه بکار بگیرند. مدل سه بعدی مسیریابی جاده‌های جنگلی "TRACER" چنانچه Akay & Session (2005) به آن اشاره نموده اند امکان طراحی مسیر جاده را منطبق با مشخصات مهندسی و فنی طراحی، اصول زیست محیطی و امنیت راننده فراهم می‌کند و توانایی طراح را از طریق طراحی خودکار مسیرهایی با قوس‌های قائم و افقی مناسب، ایجاد مقطع عرضی و هزینه‌های معمول برای ساختن، نگهداری و استفاده وسیله نقلیه افزایش می دهد، ولی این مدل نیازمند داده‌های DEM با دقت بالا در حدود ۱ تا ۳ متر(LIDAR) می باشد که با توجه به عدم وجود داده‌های فوق در حال حاضر برای مناطق جنگلی و کوهستانی کشور، مدل معرفی شده در این تحقیق با استفاده از نقشه‌های رقومی (3D) در مقیاس

Archive of SID

www.SID.ir

۱:۲۵۰۰۰ به عنوان یک روش مناسب در پیش بینی مقدماتی مسیرهای جاده‌های جنگلی و کوهستانی معرفی می شود.

منابع مورد استفاده

– احمدی، ۵.، درویش صفت، ع. الف.، مخدوم، م. و ابوالقاسمی، ش.، ۱۳۸٤. مسیریابی جاده بر اساس اصول زیست محیطی با استفاده از GIS. همایش ژئوماتیک ۸٤ ، تهران، ۸ صفحه.

– رأفت نیا، ن.، ۱۳٦۷. طرح و پروژهٔ جاده‌ها جنگلی و کوهستانی. انتشارات دانشگاه مازندران، ۲۲۷ صفحه.

– قدسی پور، ح.، ۱۳۸۱. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی(AHP). دانشگاه صنعتی امیر کبیر، ۱٤۳ صفحه.

- Akay, A. E. and Karas I. 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. 6p.
- 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.
- 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. The Japanese Forestry Society, Journal of Forestry Research. 1:45-49.
- Jha, M.K., 2000. A Geographic Information System Based Model for Highway Design Optimization. University of Maryland. Callege Park, Ph.D. dissertation. 8p.
- Jong, J. C., 1998. Optimizing Highway Alignments With Genetic Algorithm. University of Maryland. College Park, Ph.D. dissertation.10p.
- Malczewski, J., 1999. GIS and Multicriteria decision analysis. John Wiley & Sons, Inc, New York, 392p.
- Musa, M.K. A. and Mohamed, A.N., 2000. Alignment Locating Forest Road Network by Best-Path Modeling Method. The Malaysian Center of Remote Sensing(NACRES). 6p.
- Reutebuch, S. 1988. ROUTES: A Computer Program for Preliminary Route Location. U. D. O. A. Pacific Northwest Research Station, Forest Service. PNW-GTR-216: 18p.
- 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.
- Rogers, L.R. and Schiess, P., 2001. Pegger and Roadview – A new GIS tool to assist Engineers in operations planning. Proceedings, International Mountain Logging and eleventh Pacific Northwest Skyline Symposium, Dec. 2001. University of Washington, Seattle, WA. P. 177-183.
- Sadek, S. and Bedran, M., 1998. An integrated Arcview framework for roadway design, analysis and evaluation. 18th Annual ESRI International User Conference Proceedings. Environmental System Research Institute. 14p.
- Zura. M. and Lipra., 1995. The road and traffic environmental impact assessment and optimal road layout selection. 15th Annual ESRI International User Conference Proceedings. Environmental System Research Institute. 5p.

Archive of SID

www.SID.ir

Iranian Journal of Forest and Poplar Research
Vol. 14 No. 3, 2006

Determining proper method of preliminary forecasting of mountain and forest roads using GIS

N. Raafatnia[1], O. Abdi[2] and Sh. Shataee[1]

1- Assistant professor, Gorgan University of Agricultural science and natural Resources. E-mail: shataee@gau.ac.ir
2- M. Sc. Forestry.

Abstract

Projecting, rapid evaluating of routes and considering of different multiple factors in routing have been able using GIS capability and information-simultaneous management. This study accomplished to determine proper method for forecasting traces of mountain, forest, recreational regions and forest remains roads, in Sorkhab watershed, Khorram Abad. Concerning to environmental principals and network topology of forest roads, affecting factors in road tracing were studied after gathering of data and necessary maps. The interested maps including slope, landslide hazard, future land use, distance to village regions, recreational, and holly places were prepared as raster format using GIS. With concerning of importance of their categories, the maps were classified with range of 1 to 9. Using Analytical Hierarchy Process (AHP) method, the maps were weighted with regard to mentioned affecting factors. By overlaying of the weighted maps using GIS, the suitable regions map was prepared for tracing. The forest routes were automatically projected using PEGGER program implemented with ARCVIEW software. The TIN Digital Elevation Model was generated using 1:25000 digitized maps. The new 20 meters intervals contours were again produced from digital elevation model. Necessary layers including route location suitable regions map, streams, village regions, recreational and future land use imported to determine the routes. Regarding to kinds of roads the desired grades were inserted in PEGGER program. The various traces between two points were rapidly predicted and suitable routes were selected after valuation. Besides of road tracing in regions with low expenses for road making, results showed that using this method could prepare the feasible road network for interested area and important land uses such as forest and tourism areas. In the other hand, with consideration of present data in current condition such as digitized maps in this study, introduced method is an appropriate method for forecasting of preliminary route of mountain and forest roads in extensive scale so that this method can be replaced with the traditional methods in Iran.

Key words: designing of proper route, environmental principals, forest and mountain roads, GIS, Sorkhab watershed.

Archive of SID

www.SID.ir