

## اهمیت کاربرد GIS در برنامه‌ریزی شبکه جاده‌های جنگلی (مطالعه موردی سری دو سفارود)

امیر حسین فیروزان<sup>۱\*</sup>، رامین نقدی<sup>۲</sup>، راضیه باباپور<sup>۳</sup>، مهسا حکیمی عابد<sup>۴</sup>

۱- دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، دانشکده منابع طبیعی، گروه جنگلداری، لاهیجان، ایران، صندوق پستی: ۱۶۱۶

۲ و ۳- دانشگاه گیلان، دانشکده منابع طبیعی، گروه جنگلداری، صومعه سرا، ایران، صندوق پستی: ۱۱۴۴

۴- دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، دانشکده منابع طبیعی، گروه محیط زیست، لاهیجان، ایران، صندوق پستی: ۱۶۱۶

firou\_zan@yahoo.com

### چکیده

شبکه جاده‌های جنگلی در اغلب طرح‌های جنگلداری، به عنوان تأسیسات زیربنایی نقش اساسی در مدیریت، حفاظت و احیای جنگل‌ها در نواحی کوهستانی دارند. در تحقیق حاضر سعی شده تا کارایی GIS در تهیه نقشه‌های مورد نیاز برای بررسی میزان عبور جاده از مناطق پایدار بررسی شود. برای این منظور سری دو سفارود که مساحتی معادل ۱۷۴۲ هکتار دارد در نظر گرفته شده است. برای تهیه نقشه پایدار منطقه، دو نقشه بافت خاک و سنگ بستر را با هم تلفیق نمودیم و نقشه پایدار در پنج طبقه با پایداری خیلی بالا، بالا، متوسط، پایین و خیلی پایین تهیه گردید. با توجه به این که عوامل مؤثر در طراحی جاده شامل: شیب، جهت، ارتفاع، تیپ گیاهی، موجودی در هکتار و پایداری می‌باشد، با تنظیم یک پرسش‌نامه، نقطه نظرات متخصصان در رابطه با تعیین اهمیت نسبی عوامل جمع‌آوری و جمع‌بندی گردید. این عوامل به روش مقایسه دو به دو، وزن‌دهی شدند. بر اساس وزن مشخصه‌ها نقشه قابلیت عبور مناطق در سه طبقه با قابلیت عبور بالا، متوسط و پایین تعیین گردید. سپس با استفاده از نرم افزار PEEGER اقدام به طراحی جاده روی نقشه قابلیت عبور اراضی نمودیم. در نهایت جاده طراحی شده از مناطق با ارزش پایداری و قابلیت عبور بالا را با جاده موجود در طرح مقایسه نمودیم. نتایج نشان داد که جاده طراحی شده با استفاده از امکانات GIS، با دارا بودن تراکم بهینه، از لحاظ فنی و پارامترهای زیست محیطی از جاده موجود مناسب‌تر است.

**کلمات کلیدی:** شبکه جاده جنگلی، پایداری خاک، سامانه اطلاعات جغرافیایی.

## مقدمه

امروزه با گسترش فن آوری‌های نوین در زمینه طراحی جاده و امکان استفاده GIS می‌توانیم اقدام به طراحی بهینه مسیر با در نظر گرفتن تمامی فاکتورهای تأثیرگذار در مدت زمانی کوتاه، با دقت بالا، با کاهش کار زمینی و با هزینه کمتر نماییم. Rogers (۹) تلاش‌های بسیاری را برای استفاده از GIS در فرآیند طراحی مسیر جاده‌های جنگلی انجام داد که در بسیاری از این مطالعات از GIS برای بررسی تأثیر عوامل مختلف در تعیین اثرات اقتصادی و زیست محیطی ناشی از ساخت هر یک از واریانت‌های طرح استفاده شده است. در ادامه کار این محققین Sinha و Dudhani (۱۰) در ارتباط با طراحی مسیرهای جاده با استفاده از GIS کار کرده‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که با استفاده از این سیستم می‌توان به طراحی مناطق مناسب، طراحی محیطی، مدل‌سازی زمینی و در نهایت طراحی مسیرهای مناسب جاده و انتخاب بهترین واریانت پرداخت در راستای گسترش استفاده از فن‌آوری‌های نوین و تکنیک‌های GIS در مراحل مختلف کار، روش‌ها و تکنیک‌های جدیدی مطرح شد که هر کدام به نوعی در کاهش زمان و هزینه محاسبه، مؤثر بوده است.

Rogers و Schiess (۸) برنامه کامپیوتری PEEGER را برای ردیابی خودکار طراحی جاده جنگلی با استفاده از GIS توسعه دادند که عملکرد این برنامه متکی به داده‌های DEM است که بایستی با دقت بالا نمایانگر شرایط واقعی زمین باشد. PEEGER، یک ابزار قوی برای آنالیز سریع واریانت‌های مختلف جاده است و بر اساس ویژگی

درصد شیب طولی جاده که توسط طراح تعیین می‌شود، عمل می‌نماید.

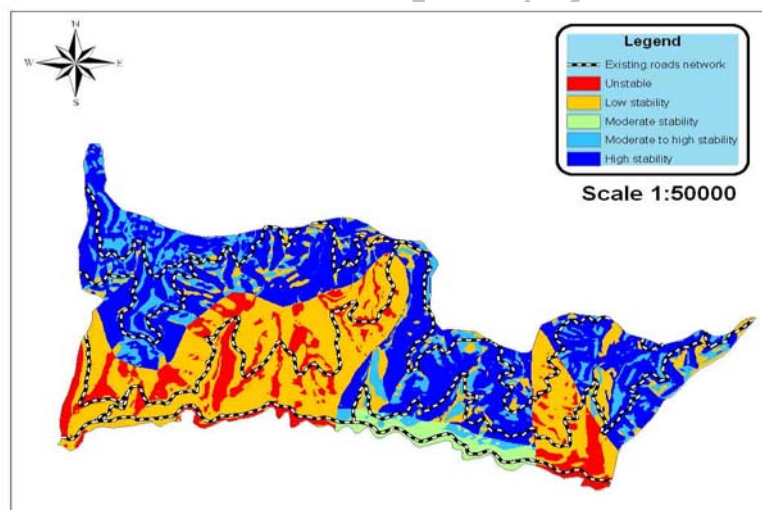
پس از گسترش امکان استفاده از GIS در طراحی جاده‌های جنگلی، مطالعاتی هر چند ناچیز در ایران صورت گرفته است. عبدی (۲) با رویهم‌گذاری نقشه‌های شیب، جهت و نوع خاک منطقه با استفاده از GIS و طبقه‌بندی سری نم خانه در جنگل خیرود کنار بر اساس هزینه ساخت جاده، بهترین گزینه جاده را بر اساس هزینه و عملکرد به دست آورده است. فیروزان (۳)، با در نظر گرفتن شیوه جنگل‌شناسی تک‌گزینی مورد استفاده در سری دو شاندرمن، اقدام به طراحی شش واریانت جاده و انتخاب بهترین واریانت بر اساس ویژگی‌های فنی و زیست محیطی نموده است.

در تحقیق حاضر فرض بر این است که جاده طراحی شده با استفاده از امکانات GIS از نقطه نظر درصد عبور از مناطق پایدار از جاده موجود در طرح بهتر است و استفاده از نرم افزار Arc GIS Version 9.0 برای تعیین موقعیت محل و شناسایی عوارض در طراحی شبکه جاده‌های جنگلی مناسب می‌باشد. هدف از این تحقیق، استفاده از امکانات GIS جهت تهیه نقشه توان منطقه از نظر جاده‌سازی و نقشه پایداری و ناپایداری نسبی منطقه می‌باشد. لذا با استفاده از GIS اقدام به تهیه نقشه توان مناطق برای جاده‌سازی با لحاظ نمودن فاکتور پایداری به عنوان یکی از فاکتورهای اصلی نموده و واریانتی را که با توجه به قابلیت عبور منطقه برای جاده‌سازی طراحی شده و از مناطق پایدار نیز عبور می‌کند، از نظر پارامترهای زیست محیطی و خصوصیات فنی، با جاده موجود در طرح مقایسه می‌نماییم.

## مواد و روش‌ها

سری ۲ حوزه شفارود معروف به خجهدره بین طول جغرافیایی  $۴۸^{\circ} ۵۴'$  و  $۴۹^{\circ} ۱'$  و عرض جغرافیایی  $۳۷^{\circ} ۳۱'$  و  $۳۷^{\circ} ۳۳'$  قرار دارد. مرزهای آن از طرف جنوب به رودخانه شفارود، از شمال به یال بزرگ مرز سری، از غرب به دره نسبتاً بزرگ آسیاب دره (سری ۳ نوده) و از شرق به دره باسکمه شم (سری ۱ شفارود) محدود می‌شود، ارتفاع آن از سطح دریا بین ۲۵۰ متر تا ۱۱۵۰ متر می‌باشد. و از لحاظ مساحت یابی سری مورد مطالعه مساحتی معادل ۱۷۴۲ هکتار دارد. روش

اتخاذ شده برای این بررسی، شیوه تجزیه و تحلیل سیستمی است. در این رابطه ابتدا اقدام به تهیه نقشه رقومی منحنی میزان گردید و سپس از روی آن نقشه‌های شیب، جهت و ارتفاع تهیه گردید. برای تهیه نقشه پایداری منطقه دو نقشه بافت خاک و سنگ بستر را با هم تلفیق نمودیم و نقشه پایداری در پنج طبقه با پایداری خیلی بالا، بالا، متوسط، پایین و خیلی پایین تهیه گردید (شکل ۱).



شکل ۱: نقشه پایداری خاک

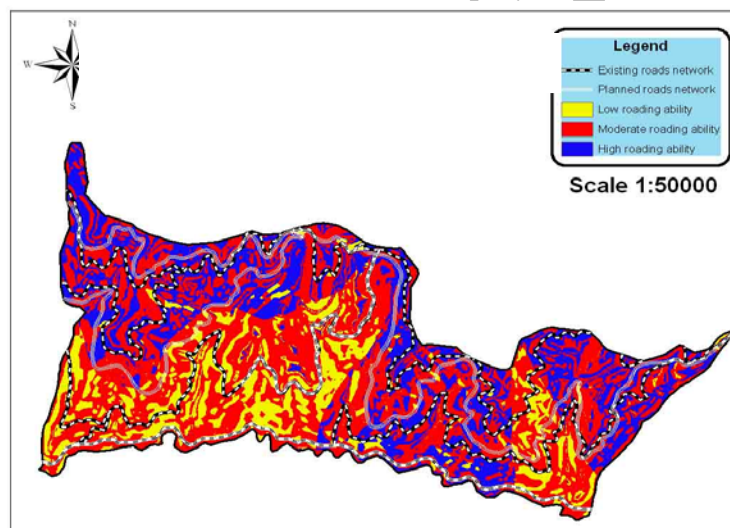
سپس فاکتورها با استفاده از روش مقایسه دو به دو ارزش گذاری شدند در این روش به هر مشخصه‌ای وزنی داده می‌شود. در این مطالعات نیز برای تعیین وزن نسبی هر لایه از روند مقایسه دو به دو در روش تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی استفاده شد. در این روش هر لایه‌ای به طور جداگانه در مقابل سایر مشخصه‌ها وزن‌دهی شد. سپس وزن‌های نسبی در ماتریس مقایسه دو به دو وارد شده و ضریب اهمیت هر لایه جداگانه

محاسبه شد. و با استفاده از نرم افزار اکسپرت چویز<sup>۱</sup>، تجزیه و تحلیل شدند. در این نرم افزار اولین گره به عنوان هدف که همان تعیین مسیر است مشخص شد. سپس سطح اول که شامل معیارهای لازم برای رسیدن به هدف بود تعیین گردید در این مرحله اطلاعات استخراج شده از پرسشنامه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و نسبت ناسازگاری برای نقطه نظرات مختلف

<sup>۱</sup> Expert choice

فرایند تحلیل سلسله مراتبی گروهی است). به همین جهت در این مطالعه میانگین هندسی قضاوت‌ها محاسبه و اعداد وارد ماتریس در نرم افزار EC گردید و سر انجام در آن ضریب اهمیت هر لایه محاسبه شد. پس از ارزش گذاری عوامل، نقشه‌ها روی هم گذاری شده و در نهایت نقشه قابلیت عبور اراضی برای جاده‌سازی در سه کلاس با قابلیت بالا، متوسط و پایین تهیه گردید.

محاسبه شد. ساعتی پیشنهاد نمود که اگر نسبت ناسازگاری هر پرسشنامه از ۰/۱ بیشتر باشد بهتر است تصمیم‌گیرنده در قضاوت‌های خود تجدیدنظر کند. از این رو نظراتی که اختلاف کلی با سایر نظرات داشتند از جمع‌بندی حذف شدند. در آخر جمع‌بندی و میانگین‌گیری هندسی آن‌ها با استفاده از منطق وزن‌دهی صورت گرفت. (اکزل و ساعتی ثابت کرده‌اند که میانگین هندسی بهترین روش برای تلفیق قضاوت‌ها در



شکل ۲: نقشه نهایی ارزش‌گذاری و طبقه شده

بالا و متوسط که مسلماً از پایداری بیشتری برخوردار هستند، عبور نماید. سپس با توجه به اهمیت شیب، جاده طراحی شده، روی نقشه شیب اصلاح گردید. سپس نقشه شبکه‌بندی جاده را به محیط ArcGIS منتقل نموده و اقدام به تعدیل‌سازی آن گردید.

در مرحله نهایی کار درصد عبور جاده موجود در طرح و جاده طراحی شده را روی نقشه‌های شیب، بافت خاک، پایداری، سنگ‌بستر و قابلیت عبور بررسی گردید (۵) (نقشه ۲). برای مقایسه فنی دو جاده از روش

جهت تهیه نقشه قابلیت عبور اراضی لازم بود که نقشه‌های تهیه شده در مراحل قبل با یکدیگر ترکیب شوند، برای این کار ابتدا عوامل مؤثر با روش مقایسه دو به دو ارزش گذاری گردید.

پس از تهیه نقشه نهایی برای قابلیت عبور اراضی، طراحی جاده در محیط Arcview با استفاده از نرم‌افزار PEEGER (۹) انجام گردید. طراحی جاده به گونه‌ای صورت گرفت که تا حد امکان با رعایت درصد شیب مجاز برای جاده‌سازی و با در نظر گرفتن پوشش مناسب جنگل، از مناطقی با قابلیت جاده‌سازی

تحلیل سلسله مراتبی، امکان استفاده از نظرات افراد مختلف، امکان محاسبه ضریب ناسازگاری و امکان استفاده از معیارهای کمی و کیفی نیز وجود دارد که این امر در روش‌های سنتی مقدور نمی‌باشد. نتیجه حاصل از ارزش‌گذاری فاکتورها با ضریب ناسازگاری ۰/۰۹، نشان داد که شیب و پایداری با دارا بودن بیشترین ضریب، بیشترین تأثیر و تیپ درختی با دارا بودن کمترین ضریب، کمترین تأثیر را در طراحی جاده دارا می‌باشند. فخر (۵) ارزش‌گذاری را به صورت سنتی با توجه به نتایج کار دیگران بدون استفاده از روش ارزش‌گذاری چند معیاری انجام داده است. در حالی که عبدی (۲) برای وزن دهی سه فاکتور شیب، جهت و ارتفاع، به منظور طراحی جاده‌ای با هزینه ساخت کمتر و فیروزان (۳)، برای وزن دهی فاکتورهای شیب، ارتفاع، جهت، تیپ درختی، موجودی در هکتار، بافت و سنگ بستر برای تهیه نقشه کاربری جاده‌سازی منطقه، با استفاده از ارزش‌گذاری چند معیاری، نتیجه رضایت بخشی به دست آوردند. با تلفیق نقشه‌های ذکر شده در این تحقیق، در نهایت نقشه نهایی قابلیت عبور برای مسیریابی به دست آمد. که هدف از تهیه این نقشه، طراحی جاده از مناطق با پایداری و توان رویشگاهی بالا بوده است. در این مطالعه برای طراحی از فن گام پرگار با کمک PEEGER در محیط ArcView, 3.2 استفاده گردید که از دقت بالاتری برخوردار بود و کار با سهولت (مخصوصاً در شیب‌های بالا) که در روش‌های سنتی مشکل ساز بودند، انجام گرفت. در نهایت با انتقال مسیر طراحی شده به محیط GIS، تعدیل‌سازی مسیر انجام گرفت. نتیجه حاصل از ارزیابی زیست محیطی دو جاده نشان داد که بین جاده طراحی شده با ۴۴ درصد عبور از

تن در کیلومتر در کیلومتر با استفاده از نرم‌افزار Arcgis استفاده گردید.

## نتایج

از لحاظ شیب، ۷۴ درصد منطقه دارای شیب کمتر از ۷۰ درصد می‌باشد که از نظر اصول ساختاری جاده شیب کمتر از ۶۰ درصد برای عبور جاده مجاز می‌باشد. لذا با اطمینان بالایی می‌توان اقدام به طراحی جاده نمود. اما از نظر ارتفاع تنها با دارا بودن ۴۰ درصد منطقه کم ارتفاع که شانس بالاتری برای خشک بودن در طول سال را دارند، وضعیت مناسبی برای منطقه وجود نداشت. هر چند این کمبود با قرارگیری ۶۶ درصد منطقه در جهت جنوبی و غربی، که با جذب نور خورشید، امکان خشکی سطح جاده را پس از هر بارندگی فراهم می‌کند، جبران می‌شود. از نظر موجودی در هکتار، منطقه فاقد طبقه حجمی بالای ۳۵۰ متر مکعب در هکتار می‌باشد که نشان از تخریب جنگل دارد. وجود ۶۸ درصد بافت شنی خاک در منطقه با ایجاد نفوذپذیری مناسب و ۶۵ درصد سنگ بستر توفی با پایداری بالا، عرصه جنگلی را برای یک طراحی مناسب شبکه جاده جنگلی آماده می‌نماید. لذا منطقه روی هم رفته، شرایط مناسبی برای طراحی جاده را دارا می‌باشد.

## بحث

استفاده از روش ارزش‌گذاری چند معیاری در 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. به علاوه در روش

کیلومتر ۱۴۰۷۹۷۰۰۸، نسبت به جاده موجود با عدد تن در کیلومتر در کیلومتر ۲۰۶۵۴۵۷۱۶، از لحاظ فنی مناسب تر می باشد. قجر (۵) و حسینی (۴)، با وجود استفاده از GIS، برای محاسبه عدد تن در کیلومتر از روش سنتی نقطه ای استفاده نمودند ولی به طور مشابه جاده طراحی شده در تحقیق آنها نیز از لحاظ پارامتر تن در کیلومتر نسبت به جاده های موجود در منطقه کاری شان، برتری داشت.

در این مطالعه، نتیجه حاصل از ارزیابی زیست محیطی و فنی با هم تلفیق شد و جاده طراحی شده با استفاده از GIS، به عنوان جاده بهتر و مناسب تر انتخاب گردید.

### سپاسگزاری

از کارشناسان اداره کل منابع طبیعی استان گیلان و همین طور کلیه دست اندرکاران جهت همکاری در این تحقیق کمال تشکر و قدردانی را داریم.

### منابع

- حسینی، س.ع.، ۱۳۸۲. برنامه ریزی شبکه راه های جنگلی با استفاده از فن آوری سامانه اطلاعات جغرافیایی در جنگل خیرودکنار نوشهر، رساله دوره دکتری (PhD) علوم جنگل دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۵ صفحه.
- عبدی، ا.، ۱۳۸۴. طراحی شبکه جاده با حداقل هزینه ساخت با استفاده از GIS در جنگل خیرودکنار نوشهر، پایان نامه کارشناسی ارشد جنگل داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران. ۱۱۷ص.

مناطق پایدار، ۸۸ درصد عبور از مناطق با قابلیت بالا و متوسط، ۶۷ درصد عبور از مناطق با سنگ بستر توف و بازالت و ۵۰ درصد عبور از مناطق با شیب کمتر از ۴۵ درصد، با جاده موجود در طرح با ۴۰ درصد عبور از مناطق پایدار، ۸۴ درصد عبور از مناطق با قابلیت عبور بالا و متوسط، ۶۴ درصد عبور از مناطق با سنگ بستر توف و بازالت و ۴۹ درصد عبور از مناطق با شیب کمتر از ۴۵ درصد، اختلاف معنی داری وجود ندارد. اما جاده طراحی شده با دارا بودن تراکم کمتر، با کاهش میزان خسارت به طبیعت و کاهش هزینه های ساخت جاده، از نظر محیطی مناسب تر از جاده موجود است. اما در مطالعات حسینی (۱)، Mosa و Mohammad (۷) و قجر (۵)، درصد عبور واریانتهای طراحی شده به کمک GIS از درجات زهکشی خوب و استحکام بالا و دامنه های کم شیب تر، بهبود یافته بود که این مسئله مؤید کارایی بالای GIS در پیشنهاد سریع و مطلوب تر شبکه جاده می باشد.

در روش های سنتی، ارزیابی روی نقشه بسیار زمان بر است. برای مثال در روش تن در کیلومتر، ابتدا شبکه ای از نقاط را روی نقشه منطقه قرار می دادند و سپس کوتاه ترین فاصله هر نقطه را تا نزدیک ترین جاده محاسبه کرده و در متوسط موجودی در هکتار پارسلی که نقطه در آن واقع شده ضرب می کردند. و در نهایت با جمع کردن اعداد به دست آمده برای تمام نقطه ها، تن در کیلومتر هر واریانت را به دست می آوردند. در حالی که در روش های نوین می توان این کار را بدون استفاده از شبکه نقطه چین، برای تمام سلول های نقشه رقمی، با دقت بالا و با صرف زمان کمتر محاسبه نمود. نتیجه حاصل از مقایسه دو جاده نشان داد که جاده طراحی شده با دارا بودن عدد تن در کیلومتر در

7. Mosa, A. and Mohammad, A., 2002. Alignment And Locating Forest Road Network by Best-path Modeling Method. Malaysia Center for Remote Sensing.9p
8. Rogers, W.L. and Schiess, P., 2001. Pegger and Road view - 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. pp. 177-183.
9. Rogers, W.L., 2005. Automating Contour Based Route Projection for Preliminary Forestry. Road Design, Using GIS. MSc. Thesis, Washington State University, Collage of Forest Resources, 59p.
10. Sinha, A.K. and Dudhani, S., 2003. GIS database management for planning of Hydro Power Generation. Map India Conference 2003 © GISdevelopment.net, All rights reserved.15p.
۳. فیروزان، ا.ح.، ۱۳۸۵. طراحی شبکه جاده‌های جنگلی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، هماهنگ با شیوه جنگل‌شناسی تک‌گزینی. ۱۵۰ص.
۴. حسینی، س.ع.، ۱۳۸۲. برنامه‌ریزی شبکه راه‌های جنگلی با استفاده از فن آوری سامانه اطلاعات جغرافیایی در جنگل خیرودکنار نوشهر، رساله دوره دکتری (PhD) علوم جنگل دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۵صفحه.
۵. قجر، ا.، ۱۳۸۴. بررسی و ارائه مناسب‌ترین شبکه جاده به منظور مدیریت بهینه جنگل‌داری، پایان‌نامه کارشناسی ارشد جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان. ۱۳۰ص.
۶. مخدوم، م.، ۱۳۸۵. شالوده آمایش سرزمین، انتشارات دانشگاه تهران. ۲۸۹ص.

Archive of SID