

## بررسی مدل کاربردی طراحی جاده‌های جنگلی با تلفیق روش معمول طراحی و استفاده از GIS

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

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

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

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

۴- پژوهشکده محیط زیست جهاد دانشگاهی، صندوق پستی: ۳۱۱۴-۴۱۶۳۵

firou\_zan@yahoo.com

### چکیده

طراحی شبکه جاده‌های جنگلی از زمان‌های گذشته تاکنون به روش سنتی در طرح‌های جنگلداری کشورمان انجام گرفته است. امروزه بسیاری از دانشمندان از ابزارهای جدید مانند GIS و نرم افزارهای جانبی دیگر برای تعیین مسیر پیشنهادی جاده استفاده می‌نمایند. این تحقیق به دنبال تهیه مسیر هادی جاده‌های جنگلی با استفاده از تلفیق GIS با روش سنتی می‌باشد، که علاوه بر در نظر گرفتن شرایط زیست محیطی، فنی و اکولوژیکی جنگل، امکان استفاده از تجربه کارشناسان سنتی را هم فراهم می‌کند. به این منظور ابتدا داده‌ها و نقشه‌های مورد نیاز تهیه و ارزش گذاری شدند و در نرم‌افزار Expert Choice ضریب اهمیت هر لایه بدست آمد. و با روی هم گذاری آن‌ها نقشه توان برای جاده سازی حاصل شد. سپس با تلفیق جاده سنتی با نقشه توان برای جاده سازی نقاط ضعف و قوت طراحی مسیر به شیوه سنتی ارزیابی گردید. نتایج نشان داد تیپ پوشش درختی، جهت جغرافیایی و تراس‌های طبیعی مورد تأثیر چندانی در طراحی نداشته است. بنابراین برای از بین بردن این نقیصه، سه لایه مورد نظر در سیستم اطلاعات جغرافیایی با نقشه توپوگرافی ترکیب گردیده و کارشناس سنتی با استفاده از این نقشه اقدام به طراحی مسیر جاده به روش دستی نمود. در مرحله بعد با تلفیق مسیر طراحی شده و نقشه‌ی توان برای جاده سازی ارزیابی فنی شبکه جاده پیشنهادی به دو روش بکمونند و تن در کیلومتر اصلاح شده انجام شد. نتایج نشان داد که شبکه جاده پیشنهادی (با تراکم ۱۰/۶۷ و درصد شبکه بندی ۸۱/۶) مناسب‌تر است. همچنین ضریب تن در کیلومتر برای شبکه جاده پیشنهادی (۶۷۰۲۶۳۷۴۱۰) بدست آمد که نسبت به جاده سنتی با ضریب (۸۷۸۷۸۷۹۹۷۲) کمتر بوده و مناسب‌تر است.

**کلمات کلیدی:** طراحی جاده‌های جنگلی، کاربرد GIS، روش بکمونند.

## مقدمه

شبکه جاده‌های جنگلی جزو تأسیسات زیربنائی و اساسی جنگل است و نقش اساسی در سازماندهی منطقه، بهره‌برداری، حمل و نقل، حفاظت و حمایت جنگل دارد. پرواضح است که عدم رعایت موارد استاندارد جاده سازی و همچنین رعایت نکردن اصول زیست محیطی در امر جاده سازی جنگل منجر به صرف هزینه‌های هنگفت برای تعمیر و نگهداری سالیانه و از طرف دیگر وارد شدن صدمات جبران ناپذیر اکولوژیکی و زیست محیطی به عرصه‌های جنگلی خواهد گردید.

بدیهی است اولین گام در اجرای پروژه جاده تهیه مسیر هادی یا فاز صفر می‌باشد که در این مرحله فاکتورهایی از قبیل شیب، جهت، ارتفاع، توپوگرافی و ... به منظور افتتاح جنگل و تهیه پروژه جاده‌های جنگلی مطالعه خواهد گردید.

با نگاهی گذرا به طرح‌های جنگلداری اجرا شده در عرصه‌های جنگلی شمال کشور در می‌یابیم که طراحی فاز مسیر هادی و اجرای پروژه جاده‌های جنگلی با توجه به روش‌های جنگلداری و شیوه‌های جنگل شناسی صرفاً به منظور دسترسی به توده قابل بهره برداری و خروج مقطوعات تهیه گردیده‌اند.

در این راستا می‌توان با استفاده از ابزار توانمند GIS در تجزیه و تحلیل داده‌ها با توانایی ایجاد بانک اطلاعاتی مناسب و موثر از مناطق مورد نظر و توانایی اعمال مدل‌های دلخواه با قابلیت به روز رسانی اطلاعات، فاکتورهای مورد نیاز در طراحی مسیر هادی را مورد مطالعه قرار داد که تعدادی از این فاکتورها عبارتند از: شیب،

جهت، هیدرولوژی، زمین شناسی، خاکشناسی، توپوگرافی، زادآوری، موجودی سرپا، تیپ پوشش گیاهی و غیره. با توجه به اهمیت رعایت فاکتورهای زیست محیطی و همچنین قابلیت دسترسی جنگل به منظور اهداف مختلف بهره برداری، حفاظت و حمایت می‌توان با تلفیق دو روش سنتی و استفاده از GIS سعی بر طراحی جاده‌ای داشت که هم وظیفه قابل دسترس بودن جنگل را به انجام رسانده و هم رعایت موازین زیست محیطی را دربر داشته باشد. Musa و Mohamad (۸) با استفاده از اجرای طراحی شبکه جاده‌های جنگلی، روش سنتی، با استفاده از GIS و تلفیقی از هر دو نشان دادند که تلفیق دو روش سنتی و GIS بصورت تهیه نقشه‌های پایه توسط GIS با توجه به مسائل زیست محیطی و طراحی شبکه جاده بر روی این نقشه‌ها به طریق سنتی می‌تواند مناسبترین راه برای طراحی مسیر جاده‌های جنگلی باشد. عبدی (۲) نیز با روی هم گذاری نقشه‌های شیب، جهت و نوع خاک منطقه با استفاده از نرم افزار GIS و طبقه بندی 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.

## مواد و روش‌ها

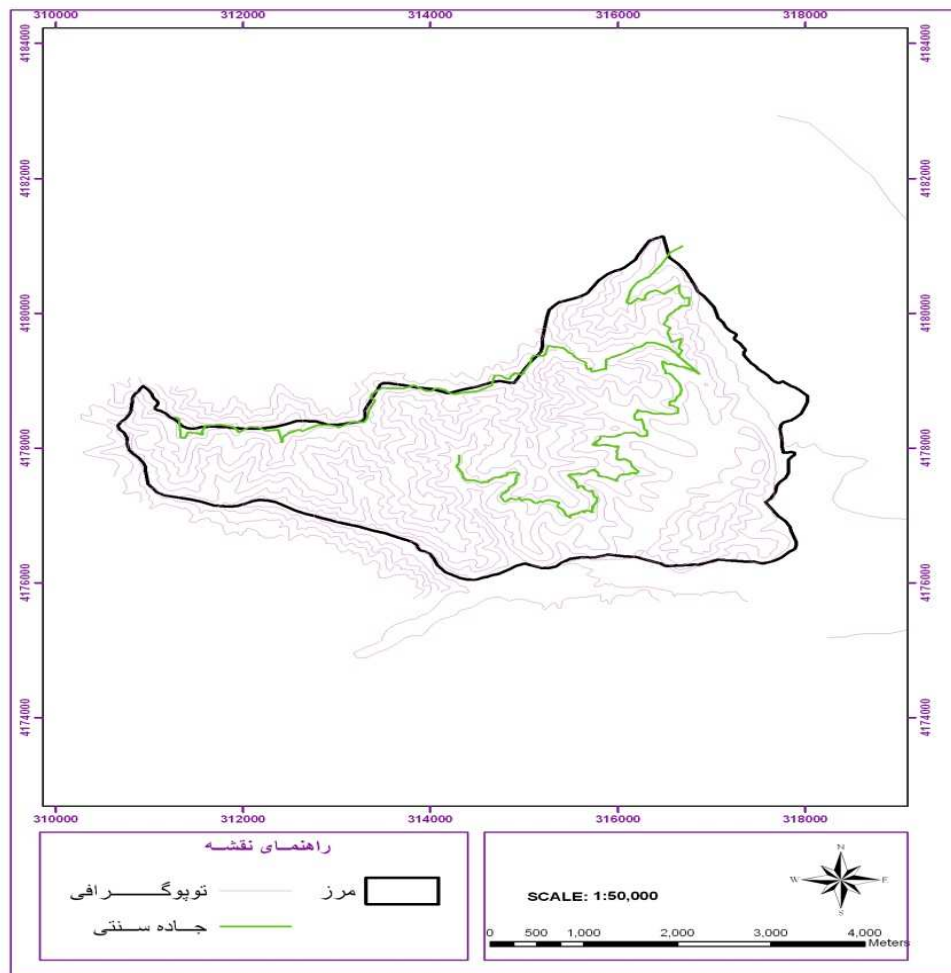
### منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه شامل طرح جنگلداری سری ۱۰ می‌باشد که تحت پوشش اداره منابع طبیعی شهرستان تالش و در حوضه آبخیز شماره ۷ ناو اسالم واقع شده است. این سری به لحاظ جغرافیایی در

روستایی جنب دانشگاه پیام نور تالش قابل دسترسی است و حدود آن از شمال با طرح جنگلداری سری تیزاررود، از جنوب به رودخانه ناواسالم، از شرق به زمین‌های کشاورزی روستاهای کیشه و یشه علیا، طولارود و نارنجه دول و از غرب با طرح جنگلداری سری ۹ دریا بن محدود است.

محدوده طول جغرافیای  $48^{\circ} 50' 48''$  الی  $48^{\circ} 57' 22''$  شرقی و عرض جغرافیایی  $37^{\circ} 42' 52''$  الی  $37^{\circ} 47' 53''$  شمالی و در محدوده ارتفاعی ۲۰ الی ۶۵۰ متر از سطح دریا واقع، مساحت منطقه در حدود ۱۸۱۲ هکتار است.

این سری دارای ۲۸ پارسل که در ۵ کیلومتری سه راه خلیخال واقع شده و توسط جاده



شکل ۱: نقشه منطقه مورد مطالعه

## تهیه نقشه‌ها و لایه‌های تأثیرگذار و ارزش گذاری آن‌ها

در ابتدا با بررسی‌های میدانی، برداشت‌های صحرائی صورت گرفت و داده‌های بدست آمده جمع آوری و در محیط GIS به صورت نقشه و لایه‌های اطلاعاتی نگهداری شدند. سپس با توجه به اینکه در نقشه‌های تهیه شده قسمت‌هایی برای عبور جاده مطلوب، و قسمت‌هایی اصلاً مناسب جاده‌سازی نمی‌باشند و ممکن است قسمت‌هایی نیز وجود داشته باشد که دارای ارزشی بینابین برای عبور جاده باشد. به این منظور هر یک از این لایه‌های اطلاعاتی، به صورت جداگانه بر اساس ارزشی که برای مطلوبیت عبور جاده می‌تواند داشته باشد، طبقه‌بندی و ارزش گذاری شدند. از آن‌جا که بیشترین تعداد طبقات درون لایه‌ای در یکی از لایه‌ها (لایه جهت) ۹ طبقه بوده است. بنابراین حدود ارزش گذاری طبقه‌های درون لایه‌ای بین ۱ تا ۹ در نظر گرفته شد به این صورت که هر قسمت از نقشه که ارزش بیشتری از محدوده ۱ تا ۹ را به خود اختصاص داده باشد، برای عبور مسیر جاده مناسبتر است (۴).

### اولویت بندی لایه‌ها

با توجه به اینکه هر کدام از لایه‌های اطلاعاتی ایجاد شده دارای ارزشی متفاوت می‌باشند. بنابراین لایه‌ها باید نسبت به یکدیگر وزن دهی گردیده و لایه‌های دارای اهمیت بیشتر در درجه اهمیت بالاتری از لحاظ تصمیم‌گیری قرار گیرند. در این مطالعه نیز لایه‌های تپ پوشش گیاهی، شیب، موجودی سرپا، خاکشناسی، مناطق مسطح، جهت جغرافیایی، زمین شناسی، مناطق با زاد آوری بالا با استفاده از روش

مقایسه دو به دو در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و تلفیقی از نظرات متخصصین که در فرم‌های پرسشنامه تهیه شده است، ارزش گذاری می‌گردد که در این قسمت از نتایج فیروزان استفاده گردید (۴).

### تهیه نقشه توان برای جاده سازی و منطبق کردن مسیر موجود در سری بر روی نقشه توان برای جاده سازی

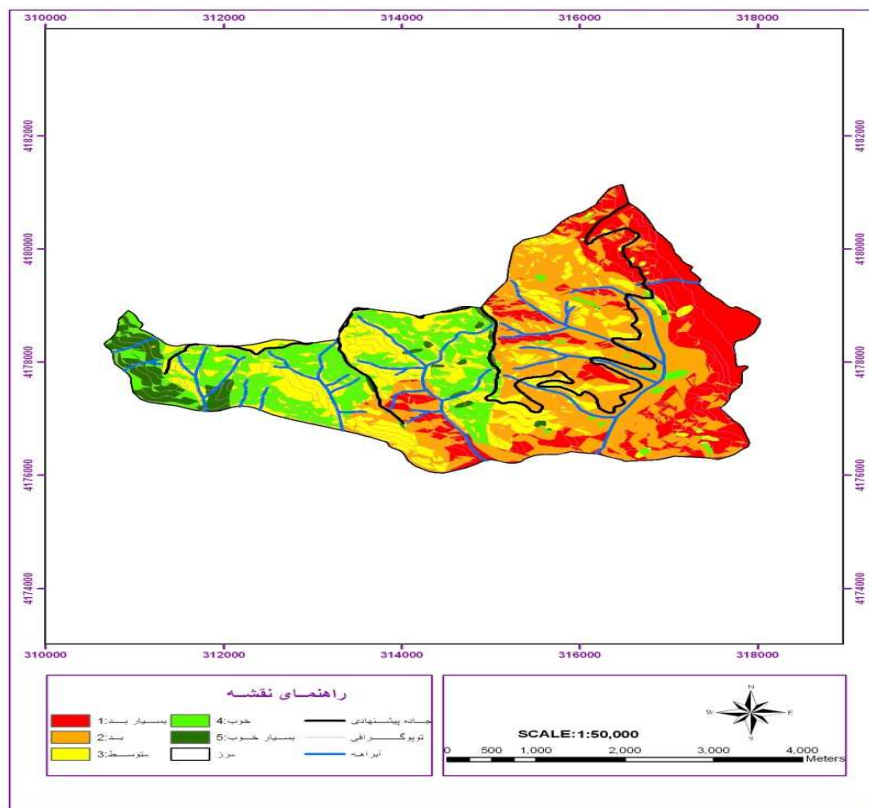
در این مرحله به منظور تلفیق مشخصه‌ها ابتدا ضریب اهمیت محاسبه شده در روند ارزیابی چند معیاری، در لایه‌های اطلاعاتی مربوطه (ارزش تک تک سلول‌های نقشه و طبقات داخلی آن‌ها توسط نرم افزار Arc GIS) ضرب شد. سپس با جمع این حاصل ضرب‌ها نقشه مطلوبیت نهایی بدست آمد. که دامنه ارزش‌های آن برابر دامنه استاندارد شده‌اند (دامنه طبقات داخلی نقشه‌ها). به این ترتیب با توجه به اینکه در طبقات درون لایه‌ای ارزش‌های پایین نشان دهنده مطلوبیت پایین است، لذا در نقشه مطلوبیت نهایی نیز مکان‌های با ارزش پایین نشان دهنده مطلوبیت پایین آن منطقه برای عبور جاده می‌باشند. در این قسمت به منظور راحتی کار بررسی جاده سنتی و جاده پیشنهادی این تحقیق و نیز مقایسه این دو با یکدیگر نقشه مطلوبیت نهایی تهیه شده با توجه به محدوده دامنه ارزشی داده شده به آن به پنج طبقه تقسیم بندی گردید. بدین ترتیب نقشه‌ای ایجاد گردید که هر یک از نقاط موجود در آن دارای ارزشی برای عبور جاده می‌باشد. در این مرحله مسیر جاده قدیمی موجود در جنگل که قبلاً به روش سنتی طراحی و احداث شده بود بر روی این نقشه منطبق نموده و قسمت‌هایی از مسیر سنتی که

تمام لایه‌های تأثیر گذار به نحوه ای که در طراحی سنتی اعمال می شود در نظر گرفته شده است. کلیه لایه‌های تأثیر گذار شناسایی و ارزش گذاری گردیده و در مرحله بعد روی هم گذاری لایه‌ها انجام گردید و در مرحله نهایی کار طراحی صورت گرفت. مسیر حاصل در شکل ۲ قابل مشاهده است.

از مناطق با ارزش پایین و نامناسب عبور کرده‌اند، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

### طراحی شبکه جاده روی نقشه مطلوبیت

در این مرحله به روش کاملاً دستی جاده ای طراحی شد. با این تفاوت که به جای استفاده از نقشه توپوگرافی به عنوان نقشه پایه از نقشه تلفیقی پیشنهاد شده در این تحقیق استفاده شد. در طراحی این مسیر



شکل ۲: مسیر جاده ی طراحی شده با استفاده از روش تلفیقی

از طبقات پنج گانه نقشه توان برای جاده‌سازی مورد مقایسه قرار گرفت. به منظور مقایسه فنی دو مسیر جاده از دو روش بکمونند و تن در کیلومتر اصلاح شده استفاده شد. در این روش به منظور بدست آوردن رقم بکمونند برای هر دو مسیر جاده ابتدا طول کل جاده‌ها و

### مقایسه جاده طراحی شده با جاده موجود (سنتی)

در این مرحله شبکه جاده موجود و شبکه جاده طراحی شده از نظر درصد شبکه بندی یا میزان مساحت پوشش داده شده در سطح سری و همچنین از نظر عبور

Arc GIS صورت گرفته و فاصله هر نقطه تا جاده محاسبه شده و فاصله هر سلول از نقشه بر روی شیب محاسبه شده و در مرحله بعد نقشه ی موجودی در هکتار منطقه نیز بر مبنای متر مکعب در هکتار به نقشه رستری تبدیل شده و به حالت ضرب با لایه ی قبلی روی هم گذاری شد. جمع جبری ارزش سلول های مسیر هر جاده در نقشه ی حاصل شاخص تن در کیلومتر هر کدام از جاده ها را مشخص می کند. باید توجه داشت که شاخص مربوط به هر کدام از جاده ها بیشتر باشد به مفهوم مناسب بودن جاده از نظر بهره برداری است بنابراین می توان نتیجه گرفت که طراحی آن صرفاً با هدف بهره برداری صورت گرفته است (۳).

### نتایج

#### ارزیابی چند معیاری

برای تهیه نقشه نهایی و ارزیابی هر چه بهتر واریانت های مختلف از نظر زیست محیطی هر یک از مشخصه ها توسط روش های ارزیابی چند معیاری وزن دهی شد. با استفاده از این روش ضریب سازگاری معادل ۰/۰۷ شد، که با توجه به اینکه این مقدار از ۰/۱ کمتر است، پس امکان استفاده از وزن های بدست آمده در ادامه روند مطالعه وجود دارد (۴).

#### تهیه نقشه مطلوبیت برای جاده سازی

با ارزش گذاری در روی هم گذاری لایه در نهایت نقشه نهایی یا تلفیقی در محیط Arc GIS تهیه و سپس به ۵ کلاسه (بسیار خوب، خوب، متوسط، بد و خیلی بد) طبقه بندی و شماره گذاری گردید که شکل و محدوده مساحت مناطق نشان داده شده است.

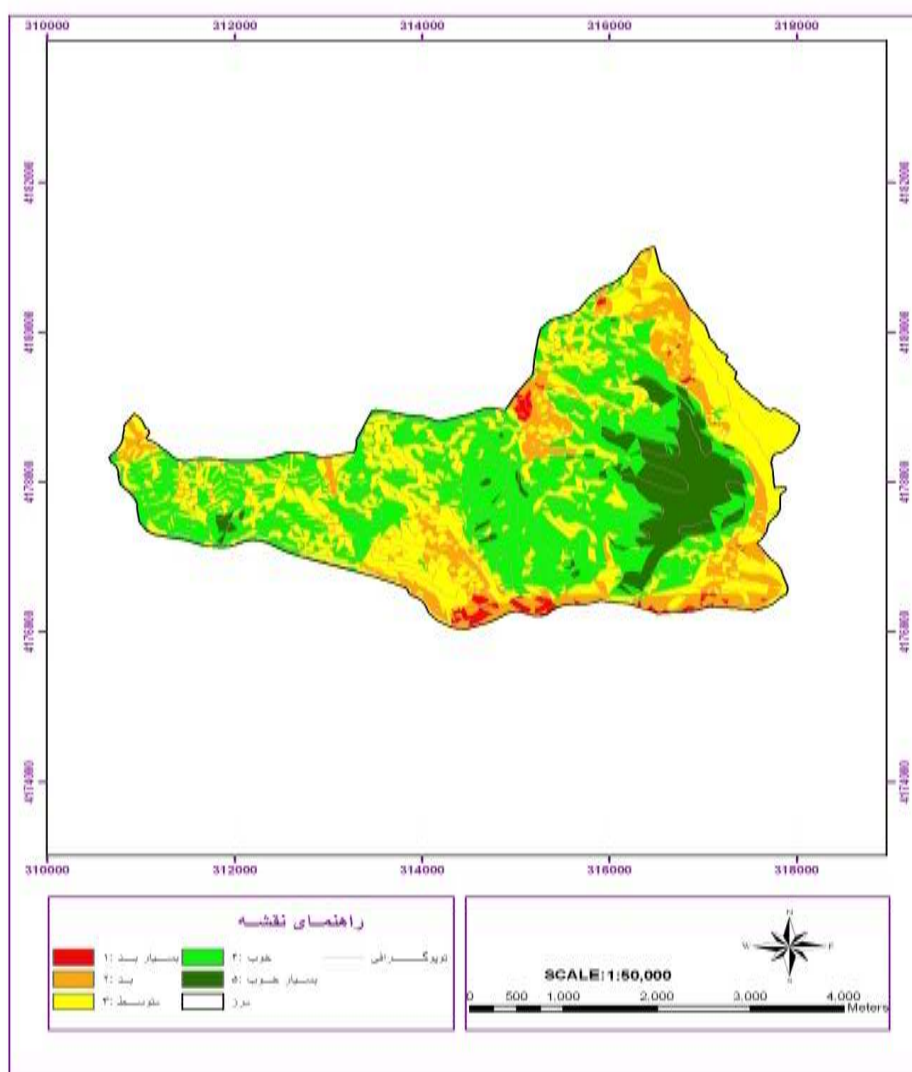
مساحت کل سری از محیط GIS استخراج و بر روی سطح شیب دار محاسبه شد. سپس عرض حوزه چوبکیر (RS) روی سطح شیب دار محاسبه شد. و پس از بدست آوردن حداکثر فاصله چوبکشی نواری در هر طرف از مسیرهای جاده بر حسب فاصله روی سطح شیب دار رسم شد.

فواصل چوبکشی که از این طریق محاسبه می شود. عمدتاً فواصلی حقیقی نیستند و فواصل واقعی چوبکشی با توجه به پستی و بلندی منطقه بندرت در طبیعت قابل حصولند. کوهستانی بودن منطقه نیز وضعیت را پیچیده می کند. از این رو با توجه به شیب منطقه ضریبی به صورت میانگین وزنی تصحیح فاصله افقی به فاصله روی سطح شیب دار (پنج سال) محاسبه شد.

#### استفاده از روش تن در کیلومتر تصحیح

#### شده برای مقایسه دو جاده

در این روش دو مسیر مورد مقایسه از لحاظ قابلیت خروج چوب و دسترسی مورد بررسی قرار می گیرد. در این روش به پارامترهایی نظیر موجودی جنگل، موقعیت مکانی محصول، طول جاده و فاصله چوبکشی روی سطح شیب دار توجه شده است. به شکلی که ابتدا فاصله هر جزء از منطقه تا جاده بدست می آید این کار در گذشته با استفاده از شبکه نقاط انجام می شد. چرا که امکان فاصله یابی نقطه به نقطه منطقه تا جاده وجود نداشت. ولی امروزه با توجه به استفاده از GIS این کار دقت و سرعت بیشتری پیدا کرده است. به گونه ای که در محیط GIS نقشه منطقه از حالت وکتور به رستر تبدیل شده و کل منطقه در محاسبه شرکت می کند و به جای شبکه نقاط به بررسی صد در صدی نقاط می پردازد. این کار با استفاده از تابع Distance در



شکل ۳. نقشه‌ی پیشنهادی تحقیق بر اساس نقشه مطلوبیت

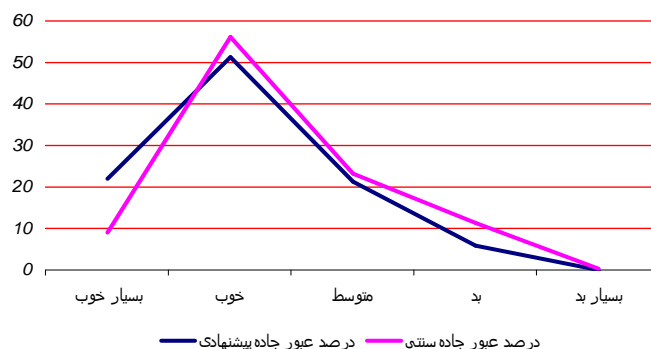
شده در این تحقیق، طول جاده با تصحیح شیب ۲۰۴۹۸ متر، درصد پوشش ۸۱/۶، تراکم ۱۰/۶۷ متر در هکتار، فاصله چوبکشی با تصحیح شیب از هر طرف جاده ۴۹۶/۸ متر، مساحت پوشش داده شده در سطح افق ۱۳۱۸/۷ هکتار و مساحت پوشش داده شده در سری با تصحیح شیب ۱۶۲۲/۶ هکتار بدست آمد.

با انجام ارزیابی فنی اصلاح شده شاخص تن در کیلومتر مشخص شد که این شاخص در جاده طراحی شده بر اساس نقشه مطلوبیت کمتر بوده و در نتیجه این

با توجه به نتایج حاصل از ارزیابی، متوسط شیب سری ۳۵/۱۸ درصد و مساحت سری با تصحیح شیب ۱۹۸۹ هکتار مشخص بدست آمد. در جاده کاملاً سنتی طول جاده با تصحیح شیب ۲۱۶۱۴ متر، درصد پوشش ۷۰/۸، تراکم ۱۱/۲۵ متر در هکتار، فاصله چوبکشی با تصحیح شیب از هر طرف جاده ۴۷۱/۲ متر، مساحت پوشش داده شده در سطح افق ۱۰۹۱/۴ هکتار و مساحت پوشش داده شده در سری با تصحیح شیب ۱۴۰۸/۳ هکتار بوده است ولی در مورد جاده پیشنهاد

جاده سنتی، نقشه رستری مسیر هر کدام از جاده‌ها با نقشه توان برای جاده‌سازی منطبق شدند.

جاده از لحاظ فنی بهتر طراحی شده است. به جهت بررسی فاکتورهای زیست محیطی در جاده پیشنهادی و



شکل ۴: نمودار مقایسه درصد عبور دو مسیر جاده از طبقات پنج گانه

سیستم فوق روش عملی برای بخش سنتی اجرا ارائه نمی‌کرد و کارشناس اجرایی مجبور بود برای برداشت نقاط مثبت و منفی بارها به منطقه مراجعه کند. اگر چه این روش از نظر تئوری جزء جدایی‌ناپذیر طراحی است، ولی در عمل این کار به بررسی اولیه و جنگل گردشی ثانویه محدود می‌شود. این کار در تحقیق‌های Dudhani و Sinha (۶) و حسینی (۱) که به طور کامل از GIS بهره گرفته‌اند، به شکل دیگری نمایان شد چرا که در این تحقیق‌ها نیز اگرچه استفاده از GIS نتایج مناسبی ارائه نمود و آزمون‌های انجام شده در آن‌ها، مثبت بودن روش را تأیید می‌کرد ولی باز هم قابل استفاده در مؤسسات اجرایی کشور نبود چرا که استفاده کامل از سیستم اطلاعاتی جغرافیایی تخصص می‌طلبد که در بافت اجرایی کشور کمتر به چشم می‌خورد نکته قابل توجه دیگر آنکه محدودیت‌های موجود در جنگل‌های ایران به گونه‌ای است که فاکتورهایی بیش از آن چه Dudhani و Sinha (۶) استفاده کرده بودند را می‌تواند (برای مثال فاکتورهای

مطابق شکل ۴ میزان درصد عبور جاده پیشنهادی نسبت به جاده سنتی از مناطق پنج گانه نقشه توان برای جاده‌سازی، از مناطق بسیار خوب بیشتر، و از مناطق بد و بسیار بد کمتر می‌باشد. باید توجه داشت، هر جاده‌ای که درصد عبور آن از طبقات متوسط، خوب و بسیار خوب، بیشتر باشد به مفهوم آن است که آن جاده مسائل زیست محیطی را بهتر و بیشتر رعایت نموده و کمترین آسیب را به اکوسیستم جنگل رسانده است.

## بحث

تحقیق فعلی سعی کرده است روشی ابداع کند تا بتواند پیوندی قوی بین روش‌های نوین و بافت سنتی برقرار کند و این نقطه عطف تحقیق می‌باشد و بسیاری از محققین برجسته در طراحی شبکه جاده جنگلی به شیوه‌های مختلف در این خصوص تلاش نموده‌اند به طور مثال ساریخانی (۳) توانست با تعیین نقاط اجباری مثبت و منفی و نقشه توپوگرافی و مقایسه بصری شیب و جهت، مسیری طراحی کند که حداکثر انطباق را با طبیعت داشته باشد ولی با وجود طراحی مناسب جاده،



زیست محیطی موجودی در هکتار، تپ پوشش درختی و...).

شاید بتوان تحقیق فیروزان (۴) را نمونه‌ای نزدیک به شرایط ایران دانست چرا که فیروزان در تحقیق خود از لایه‌های اطلاعاتی زیادی بهره جست، لایه‌هایی که تقریباً تمام زوایای فنی و زیست محیطی را در شرایط جنگل‌های ایران در بر می‌گرفت ولی مشکل کار بری کردن این روش در تحقیق او نیز به چشم می‌خورد. چرا که استفاده از متغیرهای مختلف و آزمون‌های متفاوت و بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی در سطح پیشرفته باعث شده روش ارائه شده توسط فیروزان به روش دانشگاهی محدود شود و حداقل امکان استفاده از آن در سیستم‌های اجرایی کشور وجود نداشته باشد در حالی که روش ارائه شده در این تحقیق دو روش سنتی و استفاده از GIS را با هم تلفیق نموده است تا روشی ابداع کند که در آن نه تنها دقت کار از لحاظ فنی و زیست محیطی دقیقاً به اندازه کار با نرم افزار می‌باشد بلکه هزینه‌های انجام آن نیز به مراتب کمتر است بنابراین، این روش قابل استفاده در مؤسسات اجرایی کشور نیز خواهد بود چرا که قسمت اعظم طراحی شبکه جاده در این روش توسط کارشناسان سنتی انجام گیرد و در نتیجه استفاده از این روش از هر دو قشر کارشناسان سنتی و کاربران GIS به طور همزمان استفاده می‌شود. چه بسا تجربه کارشناسان سنتی و دقت GIS دست در دست هم داده و طراحی بهتری صورت گیرد.

این تحقیق به مانند فیروزان (۴) از تمامی لایه‌های موثر در جنگل‌های شمال بهره‌جسته و مانند Malczewski (۷) و فیروزان (۴) از مقایسه دو به دو برای اولویت‌بندی لایه‌ها استفاده نموده و به مانند

گودرزی (۵) از شیوه تن در کیلومتر اصلاح شده استفاده نموده و در کنار آن از روش بکموند نیز یاری جسته است و مانند ساریخانی از نقاط مثبت و منفی در طراحی به شکل بصری استفاده نموده است. در این تحقیق برای مقایسه زیست محیطی جاده موجود با جاده طراحی شده مانند حسینی (۱) برای مقایسه‌ی گزینه‌های شبکه جاده‌ی موجود و طراحی شده از آزمون آماری کای اسکویر استفاده شده است ولی تفاوت آشکاری که با تحقیقات ذکر شده دارد این است که تحقیق موجود با هدف کاربردی کردن نتایج، علاوه بر ارائه جاده‌ی طراحی شده با دقت مناسب، روشی را ارائه می‌نماید که سیستم‌های اجرایی بتواند از این روش بهره‌گیرند. نتایج بدست آمده در این تحقیق از دو دیدگاه فنی و زیست محیطی قابل بحث است اگر چه هر دو دیدگاه در نهایت با بحث اقتصادی نتیجه‌گیری می‌شوند. نتایج مذکور نشان داد که روش ارائه شده در این تحقیق از هر لحاظ نسبت به شیوه سنتی دارای دقت بیشتری است.

مسئله‌ی دیگری که باعث کاهش هزینه‌ها و خسارات زیست محیطی در استفاده از روش تلفیقی می‌شود طول کمتر جاده پیشنهادی با وجود کارایی بیشتر آن می‌باشد. چرا که با وجود اینکه تراکم جاده پیشنهادی، کمتر از تراکم جاده سنتی است، ولی درصد شبکه‌بندی و سطح تحت پوشش آن بیشتر می‌باشد. بنابراین اجرای روش تلفیقی طراحی مسیر جاده، با ارائه مسیر هادی مناسب تر باعث حذف پوشش مشترک و ایجاد حداکثر پوشش برای مسیر جاده شده است. این موضوع در بررسی فنی به روش بکموند کاملاً قابل رویت است.

## سپاسگزاری

بر خود لازم می دانم از کلیه افراد و همکارانی که در این تحقیق به بنده یاری رساندند، تشکر و قدردانی نمایم.

## منابع

۱. حسینی، ع.، ۱۳۸۱. برنامه ریزی شبکه راهای جنگلی با استفاده از فن آوری سامانه اطلاعات جغرافیایی در جنگل خیرود کنار نوشهر. رساله دوره دکتری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس. ۱۱۴ص.
۲. عبدی، ا.، ۱۳۸۴. طراحی شبکه جاده با حداقل هزینه ساخت با استفاده از GIS. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران. ۸۳ص.
۳. ساریخانی، ن.، ۱۳۸۰. جزوه درسی برنامه ریزی شبکه جاده های جنگلی، مقطع کارشناسی ارشد، دانشگاه منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۱۰۰ صفحه.
۴. فیروزان، ا. ح.، ۱۳۸۵. طراحی شبکه های جاده های جنگلی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، هماهنگ با شیوه ی جنگل شناسی تک گزینی در سری دو شاندرمن. پایان نامه دکتری جنگل داری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، دانشکده ی منابع طبیعی. ۱۴۹ص.
۵. گودرزی، م.، ۱۳۷۸. بررسی گزینه های مختلف به منظور تکمیل شبکه جاده جنگلی موجود در بخش نم خانه در جنگل خیرود کنار. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران. ۱۱۰ص.
6. Dudhani, S. and Sinha, A. K., 2003. GIS database management for planning of Hydrel Power Generation, 4pp.
7. Malczewski, J., 1999. GIS and Multicriteria decision analysis, Jhon Wiley & Sons, Inc, New York, 392 pp.
8. Musa, A. K. A. and Mohamed, A. N., 2002. Alignment and location forest road network by best – path modeling method Malaysian Center for Remote Sensing. <http://www.gisdevelopment.net/aars/acrs/for/092.pdf>