



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گزن

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل

جلد بیست و چهارم، شماره سوم، ۱۳۹۶

<http://jwfst.gau.ac.ir>

## طراحی مسیرهای چوبکشی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و تحلیل سلسه‌مراتبی (AHP): (پژوهش موردی: سری یک جنگل دارابکلا)

\*سایما رمضان‌پورآذر<sup>۱</sup>، حسن اکبری<sup>۲</sup> و مجید لطفعلیان<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران،

<sup>۲</sup> استادیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران،

<sup>۳</sup> دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۸/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۶/۱۲

### چکیده

**سابقه و هدف:** مسیرهای چوبکشی تکمیل‌کننده شبکه حمل‌ونقل چوب محسوب می‌شوند و ارتباط تنگاتنگی با وضعیت شبکه جاده، شیوه‌های جنگل‌شناسی، روش‌های بهره‌برداری، وضعیت توپوگرافی، شیب، قابلیت‌های مکانیکی خاک و عوامل دیگر دارند. هدف از این تحقیق طراحی مسیرهای چوبکشی در پارسل‌های ۲۲ و ۲۳ جنگل دارابکلا با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی به‌همراه AHP به‌منظور عبور مسیرهای طرح‌شده از مناطق پایدار و دسترسی مناسب به سطح جنگل می‌باشد.

**مواد و روش‌ها:** بدین منظور نقشه‌های شیب، موجودی در هکتار، تراکم آبراهه، مناطق غیرقابل عبور (بیرون‌زدگی سنگی و زادآوری)، خاکشناسی، جهت دامنه، زمین‌شناسی، تیپ جنگل، و ارتفاع از سطح دریا که از عوامل مهم در طراحی شبکه ریزبافت می‌باشند در این مطالعه به‌عنوان لایه‌های اطلاعاتی موردبررسی قرار گرفت و مسیرهای طراحی‌شده مورد ارزیابی قرار گرفتند.

**یافته‌ها:** تجزیه و تحلیل وزن لایه‌های مختلف نسبت به هم بر اساس نظر کارشناسان، نشان داد که شیب با وزن نسبی ۰/۳۰۱ دارای بیشترین امتیاز و ارتفاع با وزن نسبی ۰/۰۲۹ دارای کمترین امتیاز می‌باشد و نسبت ناسازگاری ۰/۰۸ می‌باشد. درنهایت برای منطقه مورد مطالعه دو واریانت طراحی شد واریانت اول با طول ۲۹۵۷/۵۱ متر دارای تراکم طولی ۲۵/۰۶ متر در هکتار و واریانت دوم با طول ۳۸۵۳/۸۵ متر دارای تراکم طولی ۳۲/۶۶ متر در هکتار می‌باشد. بررسی وضعیت عبور واریانت‌های مختلف مسیر از نقشه قابلیت عبور اراضی منطقه مورد مطالعه نشان داد که در واریانت اول ۸۳/۵۴ درصد و در واریانت دوم ۸۴/۸۱ درصد از طول مسیر چوبکشی از مناطق بسیار مناسب و مناسب و ۱۶/۴۶ درصد از طول واریانت اول و ۱۵/۲۷ درصد از طول واریانت دوم از مناطق نامناسب و بسیار نامناسب عبور کرده است. مقایسه واریانت‌های طراحی‌شده با استفاده از روش نزدیک‌ترین مسیر نیز نشان داد متوسط فاصله هر گره تا مسیر برای واریانت اول ۶۴/۷۷ و برای واریانت دوم ۴۵/۵۶ متر می‌باشد.

\*مسئول مکاتبه: [s.ramazanpoureazar@gmail.com](mailto:s.ramazanpoureazar@gmail.com)

**نتیجه‌گیری:** نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که با در نظر گرفتن فواصل چوبکشی ۱۴۰ متر و با در نظر داشتن حداکثر شیب طولی مسیر چوبکشی، مثبت ۲۵ درصد در چوبکشی رو به بالا و منفی ۳۵ درصد در چوبکشی رو به پایین، واریانت دوم به دلیل درصد عبور بیشتر (۸۴/۸۱) از مناطق بسیار مناسب و مناسب و درصد عبور کمتر (۱۵/۲۷) از مناطق نامناسب و بسیار نامناسب و با ۴۸/۴۷ درصد پوشش، نسبت به واریانت اول ارجحیت دارد. نتایج حاصل از ارزیابی نزدیک‌ترین مسیر نیز نشان داد واریانت دوم به‌علت اینکه متوسط فاصله هر گره تا مسیر آن کمتر است بهترین توزیع را در سطح داشته است.

**واژه‌های کلیدی:** شیب طولی، فواصل چوبکشی، مسیر چوبکشی، نزدیک‌ترین مسیر، وزن نسبی

### مقدمه

بودن جنگل‌ها و شرایط خاص توپوگرافی شمال کشور، درصد بالایی از چوب‌های قطع‌شده به روش چوبکشی زمینی توسط ماشین‌های اسکیدر از جنگل خارج می‌شود. به همین دلیل طراحی مسیرهای چوبکشی و مدیریت شبکه ریزبافت در جنگل‌های شمال کشور امری ضروری و حیاتی است.

این تحقیق در راستای تکمیل کارهای محققان گذشته باهدف طراحی مسیرهای چوبکشی با استفاده از GIS در تلفیق با روش AHP جهت عبور مسیرهای طرح‌شده از مناطق پایدار و در نتیجه تخریب کم زیست‌محیطی انجام‌شده است. نجفی و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعه خود تحت عنوان طراحی و ارزیابی واریانت‌های شبکه راه‌های جنگلی و مسیرهای چوبکشی در جنگل‌های ایران باهدف شرح متدهایی جهت ارزیابی انواع شبکه جاده جنگلی، با استفاده از شبکه سیستماتیک ۱۵۰ در ۲۰۰ متر در فواصل مساوی، در هر نقطه از شبکه شرایط زمین و توده جمع‌آوری‌شده و به‌وسیله گروه متخصص GIS آنالیز شده است. درنهایت نقشه پتانسیل جنگل برای ساخت جاده و ظرفیت جنگل برای بهره‌برداری آماده کرده‌اند. با توجه به ارزش چوبکشی از هر نقطه عرضی برای سه نوع ماشین‌کشنده (دو اسکیدر و یک تراکتور کشاورزی)، تعدادی شبکه طراحی شده است. درنهایت با استفاده از برنامه‌ریزی خطی یک شبکه پذیرفته‌شده که علاوه بر کاهش تأثیرات زیست‌محیطی،

جاده‌های جنگلی برای دسترسی به جنگل و حمل‌ونقل محصولات جنگلی در سطح ملی و بین‌المللی موردنیاز هستند و از این دیدگاه عموماً در درآمد کشور نقش ایفا می‌کنند (۱۸). مسیرهای چوبکشی تکمیل‌کننده شبکه حمل‌ونقل چوب محسوب می‌شوند. لازم است قبل از طراحی و ساخت مسیرهای چوبکشی، ارزیابی دقیقی بر روی گزینه‌های مختلف طراحی صورت گیرد تا مهم‌ترین تراکمی را که در آن حداقل مسیرهای چوبکشی و هزینه‌های حمل‌ونقل اولیه وجود داشته باشد، تعیین گردد (۷). روش‌های نوین طراحی با استفاده از GIS، قابلیت تحلیل حجم زیادی از اطلاعات را به‌صورت لایه‌های مختلف رقومی با سرعت و دقت زیادی فراهم می‌نماید و در نتیجه می‌تواند کیفیت، سرعت، هزینه و دقت طراحی را بهبود بخشد (۱). از سوی دیگر در کنار بهره‌گیری از محیط GIS، استفاده از روش AHP به‌دلیل امکان واردسازی نظرات متخصصان در روند تصمیم‌گیری و ارزیابی و همچنین توانایی آن برای استفاده در مواردی که امکان کمی نمودن اطلاعات دشوار است، می‌تواند در بهینه‌سازی طراحی شبکه ریزبافت جنگلی تأثیر فراوانی داشته باشد که سبب افزایش دقت مطالعه و کسب نتایج صحیح‌تری می‌شود. در ایران با توجه به کوهستانی

نشانه‌گذاری شده، به یافتن مسیرهای چوبکشی جهت استخراج درختان نشانه‌گذاری شده از محل قطع درخت تا دیو با استفاده از GIS بر اساس سیستم تصمیم‌گیری پشتیبانی (DSS) و تحلیل شبکه، پرداختند. وزن‌دهی به معیارها را با استفاده از سیستم تحلیل سلسله مراتبی و تحلیل‌های لازم را به‌وسیله ابزارهای مکانی در محیط GIS انجام دادند. در نهایت عنوان داشتند که در مجموع تکنیک DSS امکان دستیابی به درختان نشانه‌گذاری شده را با کاهش طول مسیرها، افزایش داده است (۱۷).

طراحی کم طول مسیرهای چوبکشی مشکلاتی مانند عدم امکان دسترسی به تمام‌تنه‌ها و بینه‌ها، افزایش وینچینگ و خروج اسکیدرها از مسیرهای چوبکشی و آسیب به عرصه جنگل را در پی خواهد داشت. از طرفی دیگر طراحی زیاد طول مسیرهای چوبکشی سبب تخریب طبیعت و افزایش هزینه‌های جاده‌سازی را منجر می‌شود. برای رفع چنین مشکلاتی از ابزارها و روش‌های پیشرفته من جمله سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش AHP می‌توان بهره گرفت. هدف از تحقیق حاضر طراحی مسیرهای چوبکشی در پارسل‌های ۲۲ و ۲۳ جنگل دارابکلا با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی به‌همراه AHP به‌منظور عبور مسیرهای طرح‌شده از مناطق پایدار و دسترسی مناسب به سطح جنگل می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

**منطقه مورد مطالعه:** جنگل سری یک دارابکلا (جنگل آموزشی پژوهشی دانشکده منابع طبیعی ساری- حوضه آبخیز ۷۴) در ۱۵ کیلومتری شهرستان ساری و بین ۳۶ درجه و ۳۲ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۳۳ دقیقه عرض شمالی و ۵۲ درجه و ۱۴ دقیقه تا ۵۲ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی در ارتفاع پایین‌بند تا میان‌بند حاشیه شمالی رشته‌کوه‌های البرز قرار دارد و حداقل ارتفاع از سطح دریا ۱۶۰ متر و حداکثر آن ۸۶۰ متر

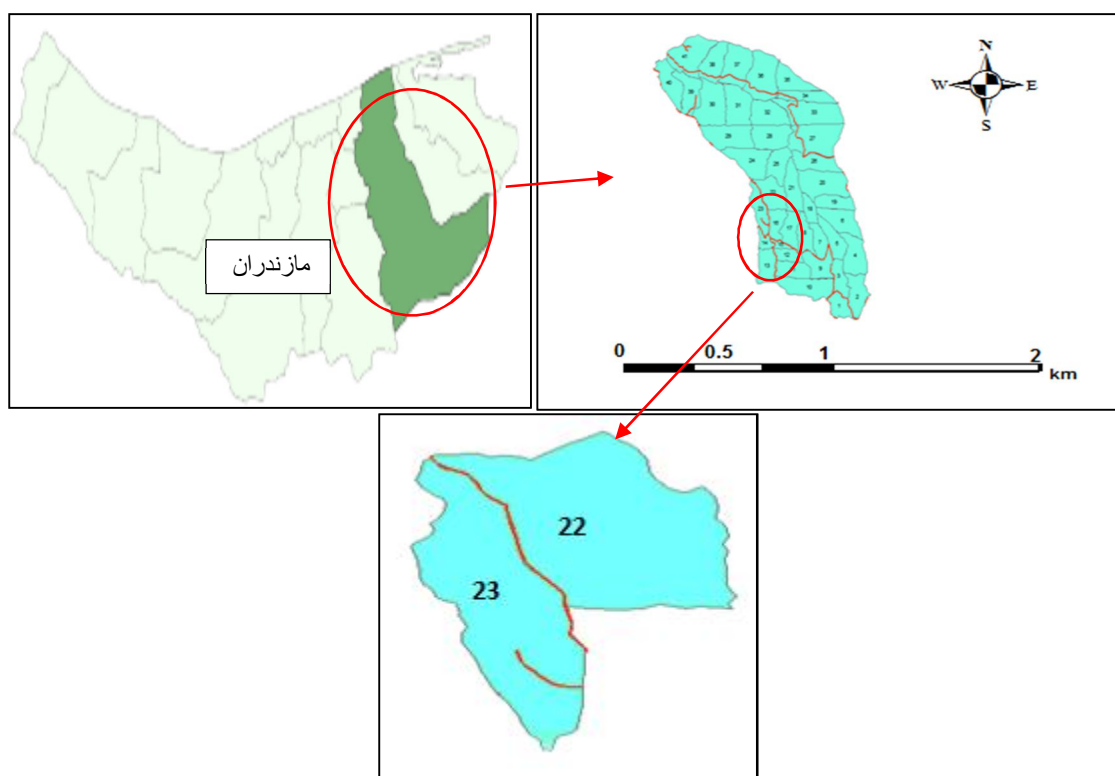
هزینه شبکه جاده و مسیر چوبکشی نیز کمتر شده است (۱۵).

کوشکی (۲۰۱۰) به بررسی انواع مسیرهای چوبکشی موجود با توجه به جدول محصول و همچنین طراحی مسیرهای چوبکشی در جنگل دکتر بهرام‌نیا پرداخت. پس از شناسایی مسیرهای چوبکشی ماشین‌رو و مالرو موجود نسبت به پیشنهاد مسیرهای جدید چوبکشی با توجه به لایه‌های اطلاعاتی حجم برداشت، نوع محصول، مناطق قابل بهره‌برداری، شیب، عوارض، خاک و شبکه آبراهه‌ها در محیط GIS اقدام نمود. نتایج یافته‌های ایشان نشان داد که مسیرهای طراحی‌شده با این روش، کارکرد اقتصادی بهتری داشت زیرا خروج چوب بر روی این مسیرها با سرعت بیشتری انجام می‌گرفت و همچنین دسترسی به محصولات نیز تسهیل شد. در نتیجه آسیب به خاک و توده باقیمانده نیز کاهش پیدا کرد (۱۱). آبکار (۲۰۱۳) طی مطالعه‌ای تحت عنوان طراحی شبکه ریزبافت جنگلی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) (مطالعه موردی، نکا چوب) با توجه به عوامل مؤثر در طراحی مسیر چوبکشی یعنی شیب، خاک، زمین‌شناسی، موجودی در هکتار، آبراهه، جهت، تیپ جنگل، درختان مهم و ارتفاع، سعی شده تا کارایی GIS و AHP در تهیه نقشه کاربری برای شبکه ریزبافت بررسی شود. در نهایت مشخصات مسیرهای طراحی‌شده با مسیر موجود با استفاده از روش نزدیک‌ترین مسیر مقایسه گردید. جهت مقایسه آماری بین مناسب‌ترین واریانت و مسیر موجود، از آزمون مربع کای استفاده گردید. نتایج آزمون مربع کای نشان داد که مسیر طراحی‌شده از لحاظ عبور مسیر از مناطق مناسب‌تر، به‌طور معنی‌داری (در سطح ۹۵ درصد) بهتر از مسیر موجود است (۲).

پارساخو و همکاران (۲۰۱۷) طی تحقیق خود تحت عنوان سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری برای یافتن مسیرهای چوبکشی جهت استخراج درختان

به دلیل ضخامت و گسترش مارن از پایداری و نفوذپذیری ضعیفی برخوردارند و فرم Lm3 که بر روی نهشته‌های مارنی میوسن واقع است و بیشترین گسترش را داشته و از نفوذپذیری و پایداری متوسط تا ضعیفی برخوردار است؛ و این دو پارسل دارای سه نوع فرم خاکشناسی می‌باشد. فرم ۲.۱.۲ که از تیپ خاک قهوه‌ای جنگلی با pH قلیایی متشکل از سنگ‌های آهکی و مارن با شیب متوسط و کمی زیاد است. فرم ۲.۱.۳ که از تیپ خاک قهوه‌ای شسته شده با افق کلسیک، متشکل از سنگ‌های آهکی و آهک مارنی همراه با آهک ماسه‌ای با شیب کم گاهی تا متوسط تشکیل شده است و در نهایت دارای فرم خاکشناسی ۲.۱.۴ با تیپ خاک قهوه‌ای شسته شده، ارتفاعات نسبتاً بلند تا کوتاه متشکل از سنگ‌های آهکی و آهک ماسه‌ای گاهی مارن با شیب کم تا متوسط می‌باشد.

می‌باشد. میانگین دمای سالانه ۱۶/۳ درجه سلسیوس و میانگین بارندگی سالانه ۷۲۴ میلی‌متر می‌باشد. بیشتر این سری دارای شیب نسبتاً پایین دارای جهت شمالی می‌باشد. پوشش گیاهی منطقه عمدتاً از تیپ درختی شامل تیپ‌های راش، ممرز، انجیلی، کلهو، بلوط، گیلاس وحشی و ملج می‌باشد و دارای محصولات فرعی از جمله تمشک و قارچ می‌باشد. مدیریت علمی جنگل‌های دارابکلا از سال ۱۳۴۵ به شیوه پناهی و دانگ ثابت آغاز شد. همچنین به‌نظر می‌رسد جاده‌های موجود در جنگل دارابکلا به‌صورت دیدگاه تک‌بعدی بهره‌برداری و بر اساس شیوه پناهی طراحی شده‌اند. امروزه شیوه بهره‌برداری از این جنگل‌ها به‌صورت تک‌گزینی می‌باشد. منطقه مورد مطالعه در این پژوهش، پارسل‌های ۲۲ و ۲۳ با مجموع مساحت ۱۱۸ هکتار می‌باشد (شکل ۱). این پارسل‌ها متشکل از دو نوع فرم زمین‌شناسی Lm2 که



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی سری ۱ دارابکلا، پارسل‌های ۲۲ و ۲۳.

Figure 1. Geographical location of Districts 1, Darabkola, parcels No. 22 and 23.

### روش انجام پژوهش

در این تحقیق باهدف تعیین مناطق مناسب برای طراحی مسیرهای چوبکشی، نقشه‌های شیب، جهت، زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، ارتفاع از سطح دریا، موجودی در هکتار، تیپ جنگل، تراکم آبراهه و مناطق غیرقابل عبور (بیرون‌زدگی سنگی و آبراهه) به‌عنوان لایه‌های اطلاعاتی مورد استفاده قرار گرفت (جدول

۱). برای وزن‌دهی به مشخصه‌ها، پرسش‌نامه‌ای طراحی و پس از بیان هدف و کلیات این تکنیک به متخصصان در طراحی شبکه ریزافت و جاده‌سازی جنگل ارسال شد تا نقطه‌نظرهای خود را در اولویت‌بندی مشخصه‌های تأثیرگذار در طراحی مسیر ارائه نمایند.

جدول ۱- نقشه‌های استفاده شده.

Table 1. Used maps.

نقشه‌ها Maps	ردیف Row	نقشه‌ها Maps	ردیف Row
نقشه موجودی در هکتار با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ Volume per h map whit 1:25000 scale	6	نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ topography map whit 1:25000 scale	1
نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ Geology map whit 1:25000 scale	7	مدل رقومی ارتفاع با فاصله خطوط میزان ۱۰ متر Dem whit 10m line space	2
نقشه خاکشناسی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ Soil map whit 1:25000 scale	8	نقشه شیب استخراج‌شده از نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ slope map extracted from topography map whit 1:25000 scale	3
نقشه تراکم آبراهه استخراج‌شده از نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ و عملیات میدانی Hydrology map extracted from topography map whit 1:25000 scale and field operation	9	نقشه جهت جغرافیایی استخراج‌شده از نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ aspect map extracted topography map whit 1:25000 scale from	4
نقشه مناطق غیرقابل عبور (بیرون‌زدگی سنگی و زادآوری) به کمک عملیات میدانی Impassable areas map by field operation	10	نقشه تیپ گیاهی جنگل با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ Forest type map whit 1:25000 scale	5

تهیه نقشه‌های لازم جهت ایجاد نقشه قابلیت عبور اراضی: در این مطالعه، با توجه به نظر کارشناسان، عوامل مؤثر در طراحی مسیرهای چوبکشی شناسایی شد. برای وزن‌دهی به مشخصه‌ها، پرسش‌نامه‌ای طراحی و پس از بیان هدف و تشریح اصول و کلیات این تکنیک بین متخصصان آگاه در طراحی شبکه ریزافت و متخصصین جاده‌سازی جنگل علمی و آموزشی ارسال شد تا نقطه‌نظرهای خود را در اولویت‌بندی مشخصه‌های تأثیرگذار در طراحی مسیر ارائه نمایند. وزن‌دهی در نرم‌افزار Expert choice

انجام‌شده است که یک ابزار قوی برای تصمیم‌گیری چندمعیاره بر اساس روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی می‌باشد که اولین بار توسط توماس ال ساتی (Saaty) یکی از پایه‌گذاران Expert choice مطرح شد.

پس از تهیه مدل رقومی ارتفاع (DEM) از نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ منطقه، با در نظر داشتن این اصل که امکان چوبکشی برای اسکیدرهای چرخ لاستیکی تا ۳۵ درصد در شیب‌های سرپایین و تا ۲۵ درصد در شیب‌های سربالا وجود دارد و بولدورهای که

خاک‌ها و مناطق با زهکشی ضعیف و محل تجمع آب تهیه گردید (۱۲). نقشه تیپ جنگل با استخراج اطلاعات مربوط از کتابچه طرح در ۷ طبقه بارنگ‌های مختلف تهیه شد. مناطق حفاظتی حمایتی نیز در این لایه آورده شده است. وضعیت رودخانه‌ها و آبراهه‌های موجود در منطقه از عوامل مؤثر بر طراحی شبکه ریزبافت می‌باشد. جهت تهیه نقشه هیدرولوژی منطقه از نقشه ۱:۲۵۰۰۰ استفاده گردید و همچنین با جنگل‌گردشی و با استفاده از GPS مسیر سایر آبراهه‌ها مشخص گردیده و درنهایت آبراهه‌های منطقه به دست آمدند. مناطق غیرقابل عبور از جمله بیرون‌زدگی‌های سنگی با جنگل‌گردشی و توسط GPS برداشت گردیده و به‌عنوان لایه نقاط غیرقابل عبور جهت طراحی مسیرهای چوبکشی مورد استفاده قرار گرفته است همچنین زادآوری‌های منطقه نیز با GPS برداشت شده و به این لایه اضافه گردیده است.

**تهیه نقشه قابلیت عبور اراضی و طراحی مسیرهای چوبکشی:** درنهایت نقشه‌های تهیه‌شده در محیط Arc GIS ۱۰/۱ بر اساس وزن آن‌ها، روی هم گذاری و لایه‌ای به نام نقشه قابلیت عبور اراضی با چهار طبقه بسیار مناسب، مناسب، نامناسب و بسیار نامناسب در منطقه مورد مطالعه جهت مسیریابی تهیه گردید. بدین گونه که برای هرکدام از لایه‌ها ابتدا ضریب‌های مربوطه تعریف و سپس ضریب‌های استخراج‌شده از روش تحلیل سلسله مراتبی با نرم‌افزار Expert choice بر روی لایه اعمال شد در این مرحله توان‌های منطقه برای طراحی مسیر مشخص گردید و سپس با استفاده از برنامه جانبی PEGGER، در نرم‌افزار ARC VIEW مسیرهایی برای منطقه مورد مطالعه طراحی گردید که درنهایت بهترین مسیر

متعلقات مورد نیاز به آن‌ها وصل شده و کار چوبکشی را انجام می‌دهند در شیب‌های رو به پایین تا ۴۵ درصد و در شیب‌های رو به بالا تا ۳۵ درصد امکان چوبکشی دارند (۱۲)، نقشه شیب مورد نیاز برای طراحی شبکه ریزبافت در چهار طبقه بارنگ‌های مختلف به منظور راهنمای عبور مسیر چوبکشی در پارسل‌های مورد مطالعه، شیب به ۴ کلاسه ۰-۲۵ درصد، ۲۵-۳۵، ۳۵-۵۵ و بیشتر از ۵۵ درصد تقسیم‌بندی گردید. نقشه جهات جغرافیایی نیز با استفاده از مدل رقومی ارتفاع (DEM) چهار جهت اصلی و جهات فرعی با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS ۱۰/۱ برای تشخیص آسان جهت دامنه‌ها و همچنین استفاده از این پدیده در تهیه نقشه قابلیت عبور اراضی به دلیل ارتباط معنی‌دار بین توزیع فراوانی ناپایداری دامنه‌ای و جهت شیب دامنه، تهیه شد (۱۳). با استفاده از کتابچه طرح، نقشه موجودی در هکتار در سه طبقه کمتر از ۲۵۰، ۲۵۰-۳۰۰ و بیشتر از ۳۰۰ مترمکعب در هکتار تهیه گردید. اهمیت تراکم توده زمانی افزایش می‌یابد که قطع درختان به شیوه تک‌گزینی صورت گرفته باشد. هر چه تراکم توده افزایش یابد، امکان طراحی مسیرهای چوبکشی محدود گردیده و مسیرهای ایجادشده دارای پیچ‌وخم فراوان و مشکلات اسکیدینگ خواهند بود (۱۲). با توجه به این‌که مشخصات خاصی از عوامل زمین‌شناسی در پایداری شیب دامنه‌ها، بستر جاده‌ها و مسیرهای چوبکشی اثر قابل‌ملاحظه‌ای دارند، اطلاعات مربوط به وضعیت بستر زمین با استفاده از اطلاعات مربوط در کتابچه طرح به دست آمد و نقشه زمین‌شناسی تهیه گردید (۱۳). نقشه خاک‌شناسی منطقه با استخراج اطلاعات مربوط به آن از کتابچه طرح و به کمک نرم‌افزار ۱۰/۱ Arc GIS در سه طبقه بر اساس اطلاعات مندرج در کتابچه طرح به دلیل اطلاع از وضعیت زهکشی

پرداخته شد بدین صورت که مناطق هم پوشانی نیز محاسبه گردید (۱۳).

$$Y = \frac{\sum D_i}{n} \quad \text{رابطه ۱}$$

### نتایج و بحث

تجزیه و تحلیل وزن لایه‌های مختلف نسبت به هم بر اساس نظر کارشناسان، نشان داد که شیب با وزن نسبی ۰/۳۰۱ دارای بیشترین امتیاز و ارتفاع با وزن نسبی ۰/۰۲۹ دارای کمترین امتیاز می‌باشد. نسبت ناسازگاری قابل قبول می‌بایست کمتر از ۰/۱ باشد که در اینجا ۰/۰۸ می‌باشد (جدول ۲). در تحقیقاتی که توسط محققان دیگر (ایمانی و همکاران، ۲۰۱۲؛ کوشکی و همکاران، ۲۰۱۲) صورت گرفته است این معیارها به‌عنوان معیارهای مؤثر در طراحی مسیر در نظر گرفته شده است (۹، ۱۰). همچنین نتایج این پژوهش مانند سایر مطالعاتی که در این رابطه انجام شده است (عبدی، ۲۰۰۵؛ بغدادی و همکاران، ۲۰۱۱؛ کلاتر و همکاران، ۲۰۰۶) این فرضیه را به اثبات می‌رساند که GIS و AHP قابلیت‌های زیادی در طراحی جاده و شبکه ریزبافت دارند (۱، ۳، ۵).

چوبکشی نسبت به سایر مسیرهای طراحی شده مشخص گردید.

ارزیابی مسیرهای چوبکشی طراحی شده: طول مسیرهای عبور کرده از مناطق مختلف به دست آمده و درصد هر یک محاسبه گردید. سپس این مسیرها از جهت عبور از مناطق مختلف مورد ارزیابی قرار گرفتند. در این مرحله واریانت‌های طراحی شده با یکدیگر با استفاده از روش نزدیک‌ترین مسیر (روش شبکه نقاط تصادفی سیستماتیک) مقایسه شده و مناسب‌ترین واریانت طراحی شده انتخاب شد. در این روش شبکه نقاط سامانمند به‌طور تصادفی بر روی مسیرهای طراحی شده قرار داده می‌شود. هر یک از این نقاط به‌عنوان یک هدف در جنگل بوده و آنگاه امکان دسترسی مسیر به آن‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای این کار مجموع نزدیک‌ترین فاصله نقاط تا مسیر محاسبه گردید و عدد به دست آمده بر تعداد نقاط تقسیم گردید (رابطه ۱). برای محاسبه درصد پوشش برای هر واریانت بافرهای ۱۴۰ متری (مسافت وینچینگ) برای مسیرها با نرم‌افزار GIS زده شد و سپس به ارزیابی درصد پوشش ایجاد شده

جدول ۲- وزن نهایی معیارها.

Table 1. Final weights of criteria.

ارتفاع از سطح دریا Altitude	تپه جنگل Forest type	زمین‌شناسی Geology	جهت Aspect	خاکشناسی Soil	مناطق غیرقابل عبور Impassable areas	آبراهه Hydrology	موجودی Volume	شیب Slope	معیارها Effective factors
0.029	0.044	0.048	0.060	0.077	0.097	0.147	0.197	0.301	وزن Relative weight

تهیه شده است. در طراحی مسیر سعی شده که مسیرها از این آبراهه‌ها عبور نکنند. برای مناطق غیرقابل عبور نیز بافرهای ۲۰ متری تهیه گردید و تا حد ممکن سعی شده است مسیرهای چوبکشی از این نقاط عبور داده نشود.

توزیع فراوانی شیب، جهت جغرافیایی، موجودی در هکتار درختان، وضعیت زمین‌شناسی، وضعیت خاکشناسی، تپه جنگل به شرح جداول ۳ تا ۸ نشان داده شده است. منطقه دارای چند آبراهه کوچک می‌باشد که برای هر یک از آن‌ها بافرهای ۲۰ متری

جدول ۳- توزیع فراوانی شیب.

Table 3. Slope frequently distribution.

>55	35-55	25-35	0-25	کلاسه شیب Slope classes
0	6	27.74	66.28	درصد Percent

جدول ۴- توزیع فراوانی جهت جغرافیایی.

Table 4. Aspect frequently distribution.

مسطح Flat	شرق East	جنوب شرق Southeast	غرب west	شمال غرب Northwest	شمال شرقی Northeast	شمال North	جهت جغرافیایی Aspect
13.48	3.85	0.38	2.69	5.97	36.99	36.60	درصد PERCENT

جدول ۵- توزیع فراوانی موجودی در هکتار.

Table 5. Volume per h frequently distribution.

<250	250-300	>300	موجودی در هکتار منطقه Volume per ha
0	44	66	درصد Percent

جدول ۶- توزیع فراوانی تیپ جنگل.

Table 6. Forest type frequently distribution.

راش - انجیلی Beach ironwood	ممرز Hornbeam	ممرز - انجیلی Hornbeam ironwood	انجیلی - کلهو Ironwood Diospyros lotus	انجیلی - ممرز Ironwood hornbeam	حفاظتی حمایتی Conservation zone	آمیخته تولیدی Mixed productive	ممرز - راش Hornbeam beach	تیپ جنگل Forest type
31.87	14.99	15.49	7.27	9.27	16.87	1.94	2.27	درصد percent

جدول ۷- توزیع فراوانی زمین شناسی.

Table 7. Geology frequently distribution.

LM3	LM2	زمین شناسی Geology
2.56	97.44	درصد Percent

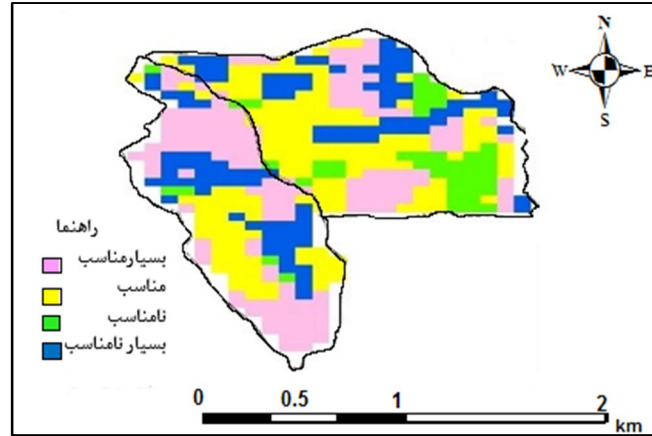
جدول ۸- توزیع فراوانی خاکشناسی.

Table 8. Soil frequently distribution.

2.1.4	2.1.3	2.1.2	خاکشناسی Soil
15.86	71	13.13	درصد Percent



نقشه قابلیت عبور اراضی منطقه مورد مطالعه: نقشه  
 مناسب، نامناسب و بسیار نامناسب جهت در منطقه  
 قابلیت عبور اراضی با چهار طبقه بسیار مناسب،  
 مورد مطالعه جهت مسیریابی تهیه گردید (شکل ۲).

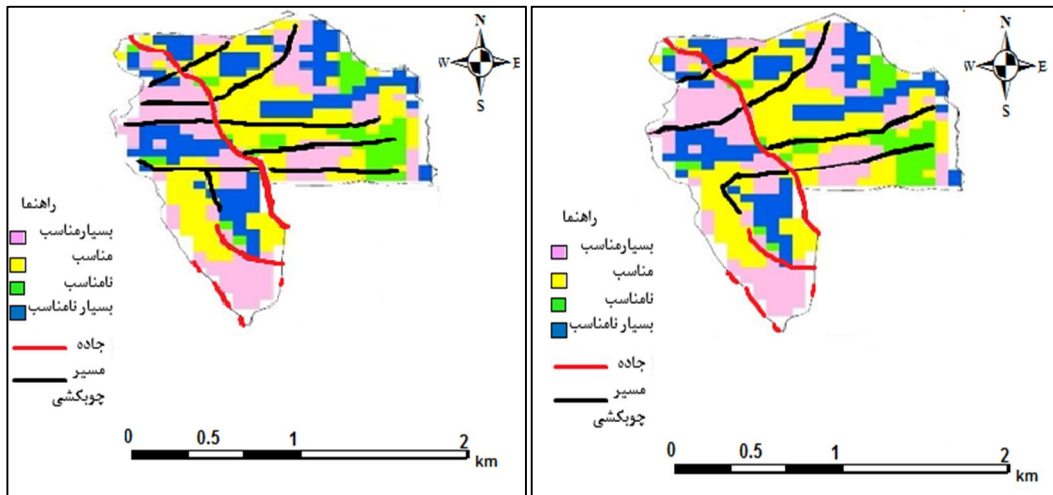


شکل ۲- نقشه قابلیت عبور اراضی منطقه مورد مطالعه.

Figure 2. Passage capability map.

حاضر واریانت‌های مختلف با روش درصد پوشش  
 نیز مورد ارزیابی قرار گرفتند، بدین منظور فواصل  
 چوبکشی ۱۴۰ متری برای واریانت‌های طراحی شده  
 مورد استفاده قرار گرفت. (جدول ۹).

ارزیابی واریانت‌های مختلف طراحی شده از نظر  
 تراکم مسیر (متر در هکتار) و طول مسیر، درصد  
 پوشش هر مسیر: در این مطالعه واریانت‌های  
 طراحی شده یکسان و برابر نمی‌باشند، لذا در تحقیق



ب

الف

شکل ۳- الف) واریانت اول ب) واریانت دوم.  
 Figure 3. a. first variant, b. second variant.

جدول ۹- تراکم (متر در هکتار) واریانت‌های مختلف.

Table 9. Evaluating the different designed variants in terms of path density (m/ha) and length and cover percentage.

درصد پوشش cover percentage	تراکم طولی (m/ha) Density (m/ha)	طول مسیر (m) Length (m)	گزینه variants
32.18	25.06	2957.51	واریانت اول First variant
48.47	32.66	3853.85	واریانت دوم Second variant

نامناسب و بسیار نامناسب عبور کرده است. نتایج مطالعات حسینی و همکاران (۲۰۰۸)، محمدی سمانی و همکاران (۲۰۱۰)، حسینی (۲۰۱۱) و گوموس و همکاران (۲۰۰۷) در رابطه با طراحی جاده‌های جنگلی و مسیرهای چوبکشی در تلفیق GIS و AHP نشان داد که درصد عبور مسیر طراحی شده از مناطق با توان بالا نسبت به مسیر موجود بیشتر است و هر چه عبور از مناطق پایدارتر و پرهیز از عبور از مناطق ناپایدار می‌تواند به‌عنوان واریانت بهینه برای منطقه مذکور باشد که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد (۶، ۷، ۱۴، ۸).

وضعیت عبور واریانت‌های مختلف مسیر از نقشه قابلیت عبور اراضی منطقه مورد مطالعه: وضعیت میزان عبور واریانت‌های طرح شده در مناطق مختلف به‌گونه‌ای است که همگی به‌اندازه یکسان از مناطق بسیار مناسب، مناسب، نامناسب و بسیار نامناسب عبور نمودند. نتایج حاصل از ارزیابی واریانت‌های طراحی شده بر روی نقشه قابلیت عبور اراضی در جدول ۱۰ آورده شده است. این بررسی نشان می‌دهد که در واریانت اول ۸۳/۵۴ درصد و در واریانت دوم ۸۴/۸۱ درصد از طول مسیر چوبکشی از مناطق بسیار مناسب و مناسب و ۱۶/۴۶ درصد از طول واریانت اول و ۱۵/۲۷ درصد از طول واریانت دوم از مناطق

جدول ۱۰- وضعیت عبور واریانت‌های مختلف مسیر از نقشه قابلیت عبور اراضی.

Table 10. Situation of different variants passes through passage capability map of the study area.

واریانت دوم Second variant	واریانت اول First variant	درصد عبور pass percent	توان طبقات class Capacitance
39	44.5		بسیار مناسب very proper
45.81	38.04		مناسب proper
11.03	11.28		نامناسب poor
4.24	5.18		بسیار نامناسب Very poor

(روش شبکه نقاط تصادفی سیستماتیک برای انتخاب نقاط هدف) استفاده گردید. فاصله یکی از مهم‌ترین فاکتورهای تعیین‌کننده جهت برآورد هزینه و زمان است. هدف هر شبکه از راه‌های جنگلی و مسیرهای

مقایسه واریانت‌های طراحی شده با استفاده از روش نزدیک‌ترین مسیر: به‌منظور مقایسه واریانت‌ها با یکدیگر، انتخاب مناسب‌ترین واریانت از بین واریانت‌های طراحی شده از روش نزدیک‌ترین مسیر

هر گره تا مسیر آن کمتر است و بهترین توزیع را در سطح سری داشته است نسبت به واریانت اول ارجحیت دارد. پنتک (۲۰۰۵)، در مطالعات خود به دلیل برخی اشکالات در روش باکم وند، از روش نزدیک‌ترین مسیر (شبکه نقاط تصادفی سیستماتیک) استفاده کرده است (۱۶).

چوبکشی کم کردن فاصله دسترسی به نقاط هدف در جنگل می‌باشد؛ بنابراین هر شبکه‌ای از راه‌های جنگلی که ضمن ایجاد دسترسی به عرصه‌ی جنگلی، کمترین مجموع فاصله تا نقاط هدف را داشته باشد، وضعیت بهتری از نظر توزیع شبکه راه‌ها به وجود آورده و بنابراین گزینه مناسب‌تری خواهد بود. با توجه به جدول ۱۱ واریانت دوم به علت این که متوسط فاصله

جدول ۱۱- محاسبه متوسط فاصله هر گره تا مسیر برای هر واریانت.

Table 11. Calculating the average distance of each node to the path for each variant.

متوسط فاصله هر گره تا مسیر برای هر واریانت (m)	طول مسیر (m)	گزینه
Average distance between each node to its path	Length (m)	Variants
64.77	2957.51	واریانت اول First variant
45.56	3853.83	واریانت دوم Second variant

به دلیل امکان واردسازی نظرات متخصصان در روند تصمیم‌گیری و ارزیابی و همچنین توانایی آن برای استفاده در مواردی که امکان کمی نمودن اطلاعات دشوار است، می‌تواند در بهینه‌سازی طراحی شبکه ریزبافت جنگلی تأثیر فراوانی داشته باشد که سبب افزایش دقت مطالعه و کسب نتایج صحیح‌تری می‌شود. در نتیجه می‌تواند کیفیت، سرعت، هزینه و دقت طراحی را بهبود بخشد. مسیرهای چوبکشی قابل مشاهده، کنترل و مدیریت بوده و می‌توان برای آن اقدامات حفاظتی لازم را در نظر گرفت. در این تحقیق به دلیل این که واریانت‌های طراحی شده باهم برابر نمی‌باشند لذا سعی گردید از روش درصد پوشش برای بررسی واریانت مختلف استفاده گردد. اگر منابع موجود در مورد درصد پوشش جاده‌های جنگلی را برای مسیرهای چوبکشی در نظر بگیریم هیچ‌کدام از واریانت‌های طراحی شده به لحاظ این که درصد پوشش آن‌ها کمتر از ۶۰ درصد می‌باشد، پوشش‌دهی

### نتیجه‌گیری کلی

هدف طراحی مسیر چوبکشی در جنگل، پوشش نقاط مختلف جنگل جهت عملیات بهره‌برداری می‌باشد. در واقع باید سعی نمود با طراحی مسیرهای مناسب حداکثر مساحت ممکن را جهت بهره‌برداری پوشش داد. این تحقیق باهدف روی هم گذاری لایه‌های مؤثر در طراحی مسیرهای چوبکشی توسط نرم‌افزار سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) در تلفیق با تحلیل سلسله مراتبی (AHP) انجام شد تا محدودیت بسیار کمی برای تلفیق نقشه‌های مختلف وجود داشته باشد و بتوان مشخصه‌های بیشتری را در ارزیابی دخالت داد که این ویژگی‌ها موجب افزایش دقت کار و ساده‌تر شدن مراحل ارزیابی شد. روش‌های نوین طراحی با استفاده از GIS، قابلیت تحلیل حجم زیادی از اطلاعات را به صورت لایه‌های مختلف رقمی با سرعت فراهم آورده است و در کنار بهره‌گیری از محیط GIS، استفاده از روش AHP

گرفته شود. با نگاه کلی به عملکرد کلیه واریانت‌ها از نقاط مختلف دیده می‌شود که واریانت دوم عملکرد بسیار بهتری را از جهت عبور بیشتر از مناطق مناسب‌تر و بسیار مناسب‌تر و عبور کمتر از مناطق نامناسب نسبت به واریانت اول داشته است. در مجموع نتایج این تحقیق نشان داد استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی با GIS می‌تواند برای طراحی مسیرهای چوبکشی مفید باشد.

در این راستا پیشنهاد می‌شود جهت حفاظت مسیرهای چوبکشی اقداماتی در مرحله طراحی از قبیل بررسی‌های میدانی و بهره‌گیری از الگوریتم‌ها و منطق فازی در جهت بهینه‌سازی طراحی شبکه ریزبافت جنگلی صورت گیرد.

آن‌ها قابل قبول نمی‌باشد؛ اما دلیل پوشش‌دهی کم این مسیرها، شرایط نامناسب منطقه مورد مطالعه به لحاظ شیب می‌باشد که به دلیل بالا بودن بیش از حد شیب در بعضی مناطق، اجازه طراحی بیشتر مسیر را نمی‌داد، بنابراین در مناطقی که طراحی مسیر صورت نگرفته است باید خروج چوب به وسیله حیوانات انجام شود. همچنین در این مطالعه جهت مقایسه دو واریانت طراحی شده از لحاظ تراکم از روش نزدیک‌ترین مسیر برای ارزیابی واریانت‌ها استفاده شد، زیرا تراکم طولی یک مسیر نمی‌تواند به تنهایی معیار مناسبی جهت تجزیه و تحلیل کارایی یک مسیر معرفی شود و فاکتورهایی دیگر همچون مقدار توان پوششی یک مسیر که می‌تواند برای محیط جنگلی داشته باشد و توزیع آن به اندازه کافی در عرصه نیز باید در نظر

#### منابع

1. Abdi, A. 2005. Planning of Forest Road Network at Low cost using GIS in Kheirod kenar Forest. M.Sc. Thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, 84p (in Persian)
2. Abkar, O. 2014. Forest skid road network planning using Geographic Information System (GIS) (case study: nekachoob). Master's thesis. Sari Agricultural Science and Natural Resources University. 85p.
3. Baghdadi, N., Pirbavegar, M., and Sobhani, H. 2011. Forest road network planning based on environmental, technical and economical considerations using GIS and AHP (Case study: Baharbon district in Kheyroud forest). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 19(3): 380- 395.
4. Calishkan, E. 2013. Planning of Forest Road Network and Analysis in Mountainous Area. Life Science Journal. 10(2): 10p.
5. Coulter, E., Sessions, J., and M., Wing. 2006. Scheduling Forest Road Maintenance using the Analytic Hierarchy and Heuristics'. Silva Fennica, 40(1): 143-160.
6. Gomus, S., Acar, H., and Turksoy. 2007. Functional forest network planning by consideration of Environment Impact assessment for Wood Harvesting. Environment Assee, 142(1-3): 109-116.
7. Hosseini, S.A., Sarikhani, N., Soleimani, K., Jalali, S.GH., and Hosseini, S.M. 2008. An Investigation of Effective Factors in Forest Road Selection Using GIS (A Case Study in Nowshahr-Mazandaran Province). Journal of Natural Resources Iran, 57(1): 59-75.
8. Hosseini, S. 2011. Analytical Hierarchy (AHP) in optimal Road toward the Forest land (case study: dolakakhil). MSc. Thesis, Faculty of Natural Resources, university of sari, 113p (in Persian)
9. Imani, P., Najafi, A., and Gajar, A. 2012. Planning of Forest Road and GIS shortest path algorithm. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 20(3): 460-471.
10. Kooshki, M., Hayati, E., Rafatnia, N., and Ahmadi, MT. 2012. Using GIS to evaluate and design skid trails for forest products. Taiwan J for Sci, 27(1): 117-124.

11. Koshki, M. 2010. Survey and planning of forest skid road network in series one of Dr. Bahramnia forestry. Master's thesis. Gorgan agricultural science and Natural Resources University. Faculty of forestry and wood technology. 51p.
12. Lotfalian, M. 2011. Wood Transportation. Aeeizh, Tehran, 342p.
13. Lotfalian, M., and Parsakho, A. 2013. Forest road network planinig. Aeeizh, Tehran. 203p.
14. Mohammadi Samani, K., Hosseini, S.A., Lotfalian, A., and Najafi, A. 2010. Planing Road network in mountain Forest using GIS and Analytic Hierarchical Process (AHP). Caspian J. Env. Sci, 8(2): 151-162.
15. Najafi, A., Sobhani, H., Saeed, A., Makhdom, M., and Marvi Mohajer, M. 2008. Planning and Assessment of Alternative Forest Road and Skidding Networks. Croat. J. for. Eng. 29(1): 63-73.
16. Pentek, T. 2005. Analysis of an Existing forest Road network Croation. Journal of forest Engineering, 26(1): 39-50.
17. Parsakhoo, A., Mostafa, M., Shataee, Sh., and Lotfalian, M. 2017. Decision support system to find a skid trail network for extracting marked trees. JOURNAL OF FOREST SCIENCE, 63(2): 62-69.
18. Sarikhani, O., and Majnonian, B. 1994. Guide to the design and implementation of Forest Roads. Issue 131. Press the PBO. 192p.



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Wood & Forest Science and Technology*, Vol. 24 (3), 2017  
<http://jwfst.gau.ac.ir>

## **Forest Skid Roads Planning using Geographic Information System (GIS) and Analytic hierarchy process (AHP): (Case Study: Darabkola forest)**

**\*S. Ramazanpourazar<sup>1</sup>, H. Akbari<sup>2</sup> and M. Lotfalian<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>M.Sc. of Forest Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran, <sup>2</sup>Assistant Prof., Forestry Group, Faculty of Natural Resources, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran, <sup>3</sup>Associate Prof., Forestry Group, Faculty of Natural Resources, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran

Received: 11/02/2016; Accepted: 09/03/2017

### **Abstract**

**Background and objectives:** Skid trails are considered as a completion of wood transport network and are closely related to the condition of road network, silviculture practices, logging methods, topography, slope, soil mechanical capabilities and other factors. The purpose of this study was to design skid trails in parcels No. 22 and 23 in Darabkola forest using GIS with AHP in order to cross paths on sustainable areas and a convenient access to the forest area.

**Materials and methods:** For this purpose, maps of slope, inventories per hectare, stream density, inaccessible areas (outcrop and regeneration), pedology, aspect, geology, forest type, and altitude, which are important factors in designing of skid road network, were used as layers of information and Evaluation of designed skid trails.

**Results:** The results of AHP showed that slope with a relative weight of 0.301 and altitude a relative weight of 0.029 had the most and least effects on designing of skid road network; the acceptable incompatibility was 0.08 in this case. Finally, two variants were designed for the study area. The first variant had a length of 2957.51 m and a density of 25.06 m/ha; the second variant had a length of 3853.85 m and a density of 32.66 m/ha. The situation of variants passes through different areas showed that 83.54% and 84.81% of the length of the skid trail was passed from very proper and proper areas in the first and second variants, respectively; 16.46% and 15.27% was passed from poor and very poor areas in the first and second variants, respectively. Compare designed variants using the nearest route showed that the average distance of each node to the track for the first variant was 64.77 meter and for the second variant was 45.56 meter.

**Conclusion:** The results of this study showed that by considering the skidding distance of 140 m and with a maximum longitudinal slope of the skid trail (+25% upward and -35% downward) the second variant was preferred due to the more passing percentage (84.81) on proper and very proper areas and lesser passing percentage (15.2) on poor and very poor areas and a cover percentage of 48.47% than the first variant with a passing percentage of 83.54% on proper and very proper areas and 16.46% on poor and very poor areas and a cover percentage of 32.18%. The evaluation results of the nearest path showed that the second variant had the best distribution because the average distance between each node to its path was lower.

**Keywords:** Longitudinal slope, Skidding distances, Skid trail, Nearest path, Relative weight

---

\*Corresponding author: s.ramazanpourezar@gmail.com