

جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۶۸، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۹/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۲/۳

ص ۳۸۳-۳۹۴

به کارگیری فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) در طراحی شبکه جاده

جنگلی بر اساس جنگل‌داری چندمنظوره

- ❖ پریسا مقدسی؛ کارشناس ارشد مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
- ❖ سید عطااله حسینی؛ دانشیار گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
- ❖ اصغر فلاح؛ دانشیار گروه علوم جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

چکیده

جنگل‌ها، به منزله منبعی تجدیدشونده، نقشی مؤثر و مفید در فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی جامعه دارند. شبکه جاده‌های جنگلی، به مثابه زیربنای تقسیمات جنگل، به واحدهای برنامه‌ریزی (پارسل)، در تهیه طرح‌های جنگل‌داری، مدیریت، بهره‌برداری، خروج چوب، و حفاظت از جنگل کمک می‌کند. هدف این مطالعه طراحی شبکه جاده جنگلی بر اساس جنگل‌داری چندمنظوره با استفاده از مدل تحلیل شبکه‌ای در سری ۱ جنگل آموزشی و پژوهشی دارابکلاست. برای این منظور، ابتدا معیارها و گزینه‌های مؤثر در طراحی شبکه جاده جنگلی در منطقه تعیین و سپس شبکه‌ای بین معیارها طراحی شد. در مرحله بعد، با استفاده از دیدگاه‌های کارشناسی و روش ANP وزن نهایی گزینه‌های مؤثر در طراحی شبکه جاده جنگلی تعیین و نقشه‌های مورد نیاز جهت ارزیابی تهیه شد. سپس، با استفاده از تکنیک ترکیب خطی وزنی (WLC) نقشه نهایی پتانسیل منطقه برای طراحی جاده تهیه و در نهایت با استفاده از نرم‌افزار Pegger شبکه جاده جنگلی طراحی شد. مقایسه جاده موجود و جاده پیشنهادی با استفاده از سی نقطه در محل این دو جاده و آزمون مربع کای انجام شد. نتایج این آزمون نشان داد نقشه قابلیت طبقات پنج‌گانه برای عبور جاده در سطح ۹۵ درصد اختلاف معنادار دارد. در مجموع، یافته‌های این تحقیق نشان داد به دلیل هم‌پیوندی میان معیارها، برای طراحی جاده جنگلی، به‌کارگیری مدل ANP به سبب توجه به ساختار شبکه‌ای در این مدل کارایی بالایی دارد.

واژگان کلیدی: ترکیب خطی وزنی، دارابکلا، فرایند تحلیل شبکه، Pegger.

مقدمه

جاده‌های جنگلی، مانند راه‌ها و جاده‌های دیگر، وظایف مختلفی بر عهده دارند. نقش و تأثیر این نوع شبکه جاده‌ای بی‌شک انکارناپذیر است. بر همین اساس، به منزله اساسی‌ترین رکن برنامه‌ریزی و مدیریت، بزرگ‌ترین سهم سرمایه‌گذاری در عرصه‌های جنگلی را به خود اختصاص می‌دهند [۱]. طراحی و ساخت جاده‌های جنگلی برای مدیریت بهره‌برداری منطقی از جنگل ضروری است. مدیریتی که هم‌اکنون بر بیشتر مناطق جنگلی شمال کشور حاکم است مبتنی بر بهره‌برداری از چوب است. بنابراین، لازم است شبکه جاده جنگلی طوری طراحی و ساخته شود که بیشترین سود را برای مدیریت جنگل در بر داشته باشد [۲]. در طراحی جاده‌های جنگلی، علاوه بر حمل و نقل چوب، باید حفاظت از تنوع زیستی، حفظ پایگاه‌های زیستی گونه‌های در معرض خطر، حفظ ماهیت نواحی حفاظتی، شکارگاه، ماهی‌گیری، تفریحگاه‌های محلی، و نیازهای اقتصادی و اجتماعی را مد نظر قرار داد [۱]. مدیریت چندمنظوره جنگل‌ها شامل در نظر گرفتن مسائل اکوتوریسم، اکولوژی، مسائل اقتصادی و اجتماعی جنگل‌نشینان، و ... است و علاوه بر تولید چوب به اهداف متعددی در برنامه‌ریزی توجه می‌کند. امروزه، برنامه‌ریزی جنگل با نگاه جدی به مفهوم مدیریت پایدار انجام می‌گیرد؛ یعنی منابع و اراضی جنگلی باید به گونه‌ای مدیریت شوند که از جنبه اکولوژیک همیشه زنده و پایدار باشند و بتوانند نیازهای اجتماعی، اقتصادی، اکولوژیک، و فرهنگی نسل‌های فعلی و آینده را پاسخ دهند. برای پاسخگویی به این نیازهای متنوع و متضاد، مدیریت

چندمنظوره جنگل‌ها اجتناب‌ناپذیر است [۳]. از نظر تئوری می‌توان گزینه‌های شبکه جاده‌ای بی‌شماری طراحی کرد. انتخاب گزینه شبکه جاده در طرح جنگل‌داری چندمنظوره بر اساس اصل حداکثر پوشش با حداقل طول جاده باعث کاهش هزینه‌های بهره‌برداری و توجه به تولید بیولوژیکی جنگل می‌شود. در نتیجه، موقعیت اقتصادی و پایداری طرح را تضمین می‌کند. عرصه جنگل محیطی ناهمگن است و همین موضوع حجم داده‌های مورد نیاز برای طراحی شبکه را بالا می‌برد. بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی^۱ (GIS) تحلیل منطقه را از جنبه‌های مختلف با سرعت و دقت بهینه امکان‌پذیر می‌سازد؛ کاری که در روش‌های دستی به‌آسانی امکان‌پذیر نیست [۴]. روش ترکیب خطی وزن‌دار رایج‌ترین تکنیک در تحلیل ارزیابی و تصمیم‌گیری چندمعیاری است. هدف از تحلیل چندمعیاری انتخاب بهترین گزینه (در اینجا بهترین مکان یا پیکسل) بر مبنای رتبه‌بندی آن‌ها از طریق ارزیابی چندمعیاره است. تحلیلگر یا تصمیم‌گیرنده مستقیم بر مبنای اهمیت نسبی هر معیار وزن‌هایی به معیارها می‌دهد. درباره WLC (جایی که فاکتورها به طور کامل جایگزین هم می‌شوند) فاکتورهای با مطلوبیت بالا در یک موقعیت می‌توانند جای فاکتورهای با وزن پایین در همان موقعیت را پر کنند. علاوه بر مسئله انتخاب مقیاس جهت تهیه نقشه‌های فازی، باید نوع تابع فازی نیز بررسی و تابع مناسب‌تر برای معیار مورد نظر انتخاب شود. از توابع مشهور می‌توان به تابع

1. Geographic information system

استفاده کرده است [۹-۱۲]. آریامنش و همکاران مطالعه‌ای را با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی برای طراحی جاده با رعایت اصول زیست‌محیطی و استانداردهای مهم فنی انجام دادند [۱۳]. نتایج این تحقیق نشان داد جاده موجود و جاده طراحی شده در سطح ۹۵ درصد تفاوت معنادار دارند. عزیزی و نجفی برای تعیین مکان‌های مناسب به منظور عبور جاده از نظریه مجموعه‌های فازی استفاده کردند [۱۴]. در این تحقیق که در جنگل‌های لیره‌سر تنکابن صورت گرفت ایشان اعلام کردند روش فازی این مزیت را دارد که طراحان جاده جنگلی را قادر می‌سازد دامنه‌ای از طبقات را برای عبور جاده مطلوب در نظر بگیرند. کورتیلا و همکاران او در فنلاند مطالعه‌ای با نام «استفاده از روش فرایند سلسله‌مراتبی (AHP) و روش تحلیل (SWOT) و ترکیب دو روش و کارکردشان در مناطق جنگلی» انجام دادند [۱۵]. آن‌ها ترکیب دو روش را ANP و آن را روشی کارا در مناطق جنگلی و طبیعی معرفی کردند. سعیدی و نجفی برای تعیین اولویت خروج دام از جنگل و ساماندهی جنگل‌نشینان در سری باباکوه حوضه آبخیز دوی گیلان از فرایند تحلیل شبکه‌ای استفاده و کارایی مطلوب این شیوه را تأیید کردند [۱۶].

طراحی شبکه جاده جنگلی بر اساس جنگل‌داری چندمنظوره به مجموعه‌ای از معیارها و گزینه‌ها نیاز دارد. تکنیک‌های زیادی برای ارزیابی معیارها و گزینه‌ها وجود دارد. تکنیک‌های مختلف تصمیم‌گیری چندمعیاره برای این منظور بسیار مناسب‌اند. هدف این مطالعه طراحی شبکه جاده جنگلی بر اساس جنگل‌داری چندمنظوره با استفاده از تحلیل شبکه‌ای

سیگموئید^۱، خطی^۲، و جی-شکل^۳ اشاره کرد. در فرایند طراحی شبکه جاده جنگلی به طور معمول از مدل‌های ریاضی و فرایند تحلیلی سلسله‌مراتبی^۴ استفاده می‌شود. این روش بسیار منعطف، قوی، و ساده است و برای تصمیم‌گیری در شرایطی که معیارهای تصمیم‌گیری متضاد انتخاب بین گزینه‌ها را با مشکل مواجه می‌کند استفاده می‌شود [۵]. با وجود مزایای بسیار و سادگی روش AHP، ساختار سلسله‌مراتبی امکان حل بعضی مسائل دنیای واقعی را نمی‌دهد و در بعضی موارد، که معیارهای هم‌سطح مستقل از هم نیستند و بین آن‌ها وابستگی وجود دارد، روش دقیقی نیست [۶]. ساعتی برای رفع این مشکل روش فرایند تحلیل شبکه‌ای^۵ (ANP) را پیشنهاد داد که از ساختاری شبکه‌ای برخوردار است و قادر است با وجود پیچیدگی بیشتر نسبت به روش AHP نقاط ضعف روش سلسله‌مراتبی را رفع کند. روش ANP را می‌توان کامل‌ترین روش تصمیم‌گیری چندمعیاره نامید که تاکنون ارائه شده است [۷]. برخلاف فرایند سلسله‌مراتبی (AHP)، که ارتباط عناصر تشکیل‌دهنده مدل یک‌طرفه است، در فرایند تحلیل شبکه‌ای یک عنصر از مدل بر عنصر یا عناصر دیگر و حتی بر خود اثرگذار است و ممکن است از دیگر عناصر نیز تأثیر بپذیرد. به عبارت دیگر، مسئله از حالت خطی خارج می‌شود و در قالب غیر خطی یا شبکه‌ای نمود می‌یابد [۸]. در زمینه طراحی جاده تاکنون مطالعات زیادی در کشور صورت گرفته که از روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) برای وزن‌دهی

1. Sigmodial
2. Linear
3. j- shape
4. Analytical Hierarchy Process
5. Analytical Network Process

در سری یک جنگل آموزشی و پژوهشی دارابکلاست.

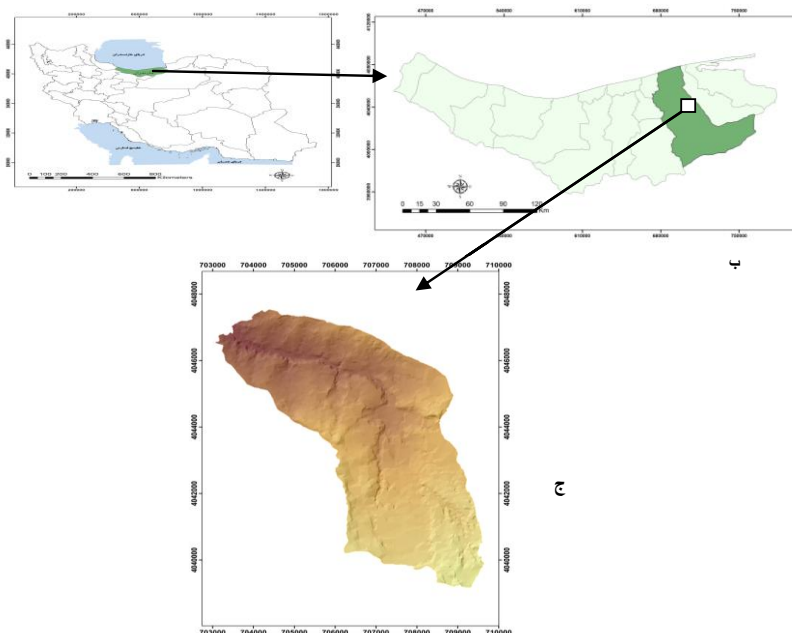
مواد و روش‌ها

منطقه مطالعه شده

منطقه مطالعه شده، با نام سری ۱ جنگل آموزشی و پژوهشی دارابکلا، در شهرستان ساری واقع است (شکل ۱). این سری چشم‌اندازها و مناظری زیبا، نظیر چشمه و آبشار و تیپ انجیلی و محصولات

فرعی، مانند تمشک و قارچ، دارد. بیشتر عرصه این سری تپه‌ماهوری است و فقط در قسمت‌های محدود شیب زیاد دارد.

در این مطالعه از داده‌ها و نقشه‌های متعددی استفاده شد که در جدول ۱ می‌آید. داده‌ها، ابتدا، از نظر سیستم مختصات جغرافیایی و مقیاس یکسان‌سازی شد. سپس، داده‌های مورد نظر در قالب رستری و اندازه سلول ۱۰ متر تهیه شد.



شکل ۱. موقعیت منطقه مطالعه شده در کشور ایران (الف)، استان مازندران (ب)، منطقه مطالعه شده (ج)

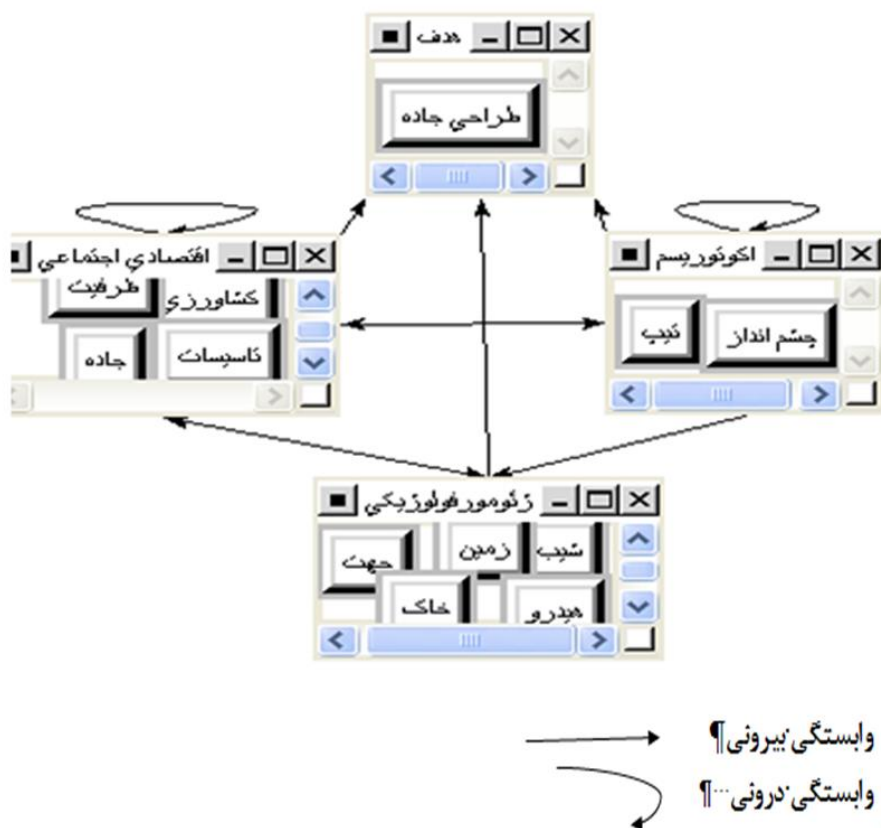
جدول ۱. نقشه‌های استفاده شده

ردیف	نقشه‌ها	ردیف	نقشه‌ها	ردیف
۱	نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰	۶	تصویر سنجنده SPOT-HRG	
۲	نقشه تیپ تهیه شده به کمک تصویر ماهواره SPOT-HRG	۷	نقشه تأسیسات و چشم‌انداز تهیه شده به کمک عملیات میدانی	
۳	نقشه زمین‌های کشاورزی استخراج شده از تصویر ماهواره‌ای	۸	نقشه شبکه آبراه‌ها استخراج شده از نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰	
۴	مدل رقومی ارتفاع با دقت ۱۰ متر	۹	نقشه خاک‌شناسی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰	
۵	نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰	۱۰	نقشه موجودی جنگل با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰	

روش تحقیق

در این مطالعه، با توجه به نظر کارشناسان، عوامل تأثیرگذار در طراحی شبکه جاده جنگلی شناسایی شد. سپس، مسئله به ساختار شبکه‌ای تبدیل و روابط بین خوشه‌ها و گزینه‌ها مشخص شد. در این تحقیق خوشه‌های اصلی را عوامل اقتصادی-اجتماعی، ژئومورفولوژیکی، و اکوتوریسم تشکیل می‌دهند. درون هر خوشه مجموعه‌ای از معیارها وجود دارد که گره شبکه در نظر گرفته می‌شود. معیارها، علاوه بر اینکه درون هر گره دارای رابطه‌اند، با گره‌های درون سایر خوشه‌ها نیز ممکن است رابطه داشته باشند. در این مطالعه، معیار اقتصادی-اجتماعی شامل زمین

کشاورزی، تأسیسات، ظرفیت، و جاده موجود است. همچنین، معیار اکوتوریسم شامل چشم‌انداز و تیپ جنگل و عوامل ژئومورفولوژی شامل شیب دامنه، جهت دامنه، زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، و هیدرولوژی است. عناصر درون یک خوشه ممکن است با یک یا همه عناصر خوشه‌های دیگر ارتباط داشته باشند. این ارتباط وابستگی بیرونی نام دارد و با پیکان نشان داده می‌شود. همچنین ممکن است عناصر درون یک خوشه بین خودشان دارای ارتباط متقابل باشند؛ که وابستگی درونی نامیده می‌شود و با کمان نشان داده می‌شود (شکل ۲).



شکل ۲. مدل طراحی شده برای روش تحلیل شبکه

روش وزن‌دهی

به‌دست‌آمده هر یک از پرسشنامه‌ها میانگین گرفته شد و اولویت و وزن نهایی گزینه‌ها مشخص شد.

تحلیل‌های مکانی

در این مطالعه، به منظور تحلیل فضایی و ارزیابی چندمعیاری، از نرم‌افزار Idrisi و قالب رستری استفاده شد. سپس، معیارها و متغیرهایی برای طراحی شبکه جاده در نظر گرفته شد. برای استانداردسازی ارزش‌ها و یکسان‌سازی مقیاس‌ها در لایه‌های نقشه از روش فازی و برای وزن‌دهی از فرایند تحلیل شبکه‌ای استفاده شد. در تحلیل نهایی ارزیابی چندمعیاری از تکنیک ترکیب خطی وزن‌دار WLC استفاده شد. معیارهایی که در این پژوهش در نظر گرفته شد عبارت‌اند از شیب دامنه، جهت دامنه، شبکه آبراهه‌ها، تیپ جنگل، زمین کشاورزی، چشم‌انداز، تأسیسات پایه، خاک‌شناسی، زمین‌شناسی، جاده موجود، و موجودی جنگل.

بعد از تهیه نقشه معیارها، برای همسان‌سازی مقیاس‌های اندازه‌گیری و تبدیل آن‌ها به واحدهای قابل مقایسه از فرایند استانداردسازی معیارها استفاده شد.

تلفیق لایه‌ها با استفاده از فرایند ارزیابی

چندمعیاره

پس از استانداردسازی نقشه‌های معیار نوبت ارزیابی از طریق ترکیب لایه‌های مختلف اطلاعاتی است. برای این منظور، از روش ترکیب خطی وزن‌داده‌شده (WLC) استفاده شد. به منظور انجام‌دادن فرایند ارزیابی با این روش، ابتدا مطابق رابطه ۱ هر یک از فاکتورها (عوامل) در وزن خود ضرب می‌شوند. با جمع نتایج نقشه تناسب منطقه برای کاربری مورد نظر به دست می‌آید.

پس از اینکه معیارهای ارزیابی به مقیاس‌های قابل مقایسه و استاندارد تبدیل شد باید وزن و اهمیت نسبی هر یک از آن‌ها در زمینه هدف مورد نظر تعیین شود. هفده پرسشنامه بین متخصصان توزیع شد (سیزده نفر به طور کامل به پرسش‌ها جواب دادند) و آن‌ها میزان اهمیت و وابستگی بین خوشه‌ها و گزینه‌ها را تعیین کردند. در این مطالعه تعیین وزن و اولویت گزینه‌ها با استفاده از روش ANP در پنج مرحله صورت گرفت:

گام اول: بعد از تعیین خوشه‌ها و گزینه‌ها، خوشه‌ها با مقیاس عددی ۱ تا ۹ امتیاز گرفتند (محاسبه W_1)؛

گام دوم: به کمک مقیاس عددی ۱ تا ۹ امتیازی، وابستگی داخلی بین خوشه‌ها با در نظر گرفتن سایر معیارها تعیین شد (محاسبه W_2).

گام سوم: اولویت وابستگی‌ها مشخص شد، یعنی $W_{factor} = W_2 \times W_1$

گام چهارم: همانند مرحله قبل ولی این بار برای گزینه‌ها با مقیاس عددی ۱ تا ۹ عددی گزینه‌های موجود در هر کدام از خوشه‌ها که امتیازدهی شده بودند در ماتریس درجه اهمیت کلی آنها ضرب شد و ماتریس W_3 تشکیل شد؛

گام پنجم: تقدم نهایی هر یک از گزینه‌ها ($W_{subfactor}$) با ضرب ماتریس W_3 در ماتریس W_{factor} تعیین شد.

در هر یک از این مقایسه‌ها، با محاسبه نرخ ناسازگاری، می‌توان سازگاری مقایسات را بررسی کرد. نرخ ناسازگاری در هر قضاوت باید کمتر از ۰/۱ باشد تا قضاوت‌ها پذیرفتنی باشند. پس از تعیین وزن نهایی هر یک از گزینه‌ها، در مرحله آخر، از وزن‌های

برای جاده‌سازی با توجه به نقشه توان ثبت شد. سپس، در نرم‌افزار Statistica با استفاده از آزمون مربع کای معنادار بودن اختلاف دو جاده بررسی شد.

یافته‌ها و بحث

پس از تشکیل شبکه مسئله مورد بررسی و تعیین وابستگی‌های بیرونی و داخلی خوشه‌ها (شکل ۲) با استفاده از قضاوت‌های ترجیحی کارشناسان وزن لایه‌های مؤثر بر طراحی شبکه جاده جنگلی تعیین شد. به این صورت که پرسشنامه‌هایی بین کارشناسان توزیع شد و کارشناسان قضاوت‌ها ترجیحی خود را در زمینه میزان اهمیت هر یک از خوشه‌ها و گزینه‌ها بیان کردند. سپس، با استفاده از روش ANP وزن هر یک از خوشه‌ها و گزینه‌ها در هر یک از پرسشنامه‌های متخصصان محاسبه شد (به دلیل تعداد زیاد محاسبات از ارائه همه آن‌ها خودداری می‌شود و فقط نتایج نهایی می‌آید.) (جدول ۲).

$$S = \sum W_i X_i H_j \quad (1)$$

S مطلوبیت، W_i وزن عامل i ، X_i ارزش فازی عامل i ، c_j امتیاز معیار محدود j ، Π نمایه حاصل ضرب است.

مقایسه جاده پیشنهادی و جاده موجود

بعد از طراحی انجام شده واریانت پیشنهادی با روش درصد پوشش بررسی و تجزیه و تحلیل شد. در این روش، پس از تعیین مرز چوب‌کشی، اقدام به ترسیم آن در اطراف جاده طراحی شده می‌شود و سپس درصد پوشش داده شده و سطوح بدون پوشش یا دسترسی و همچنین مناطق با هم‌پوشانی یا پوشش مشترک ارزیابی می‌شود [۱۷].

آزمون آماری شبکه جاده موجود و جاده

پیشنهادی

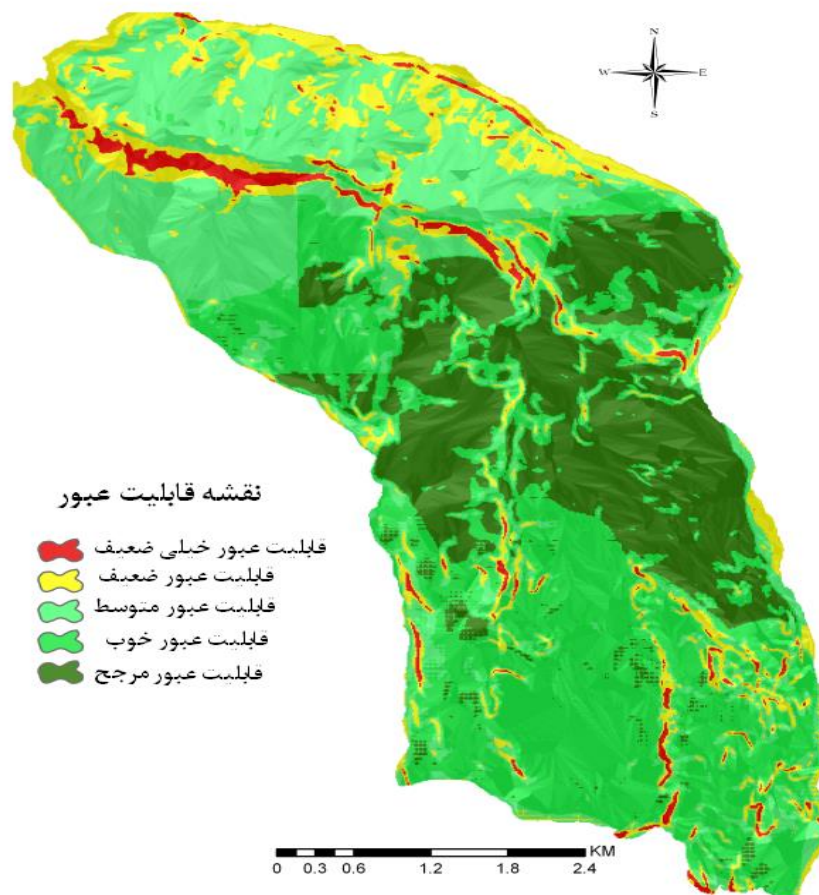
برای انجام دادن این آزمون سی نقطه در طول مسیر هر یک از جاده‌ها انتخاب و ارزش هر یک از نقاط

جدول ۲. خوشه‌ها، گزینه‌ها، وزن نهایی، و نحوه طبقه‌بندی لایه‌های مورد استفاده در این مطالعه

خوشه‌ها	وزن	گزینه‌ها	وزن
		درصد شیب	۰٫۰۵
		جهت	۰٫۰۱
ژئومورفولوژیکی	۰٫۲۲۴۲۱	خاک‌شناسی	۰٫۰۳۹
		زمین‌شناسی	۰٫۰۲۱
		هیدرولوژی	۰٫۱۲
		فاصله از جاده	۰٫۲۹
اقتصادی-اجتماعی	۰٫۶۹۶۶۷۲	تأسیسات پایه	۰٫۲۰
		فاصله از زمین کشاورزی	۰٫۱۴
		ظرفیت	۰٫۰۸
		چشم‌انداز	۰٫۰۳
اکوتوریسم	۰٫۰۷۹۱۱۸	تیپ توده	۰٫۰۲

۳۲ هکتار کمترین مساحت را دارند. در جدول ۳ مساحت هر یک از مناطق برای عبور جاده می‌آید. سپس به کمک نرم‌افزار Pegger و در محیط نرم‌افزار Arc Viwe جاده طراحی شد (شکل ۴).

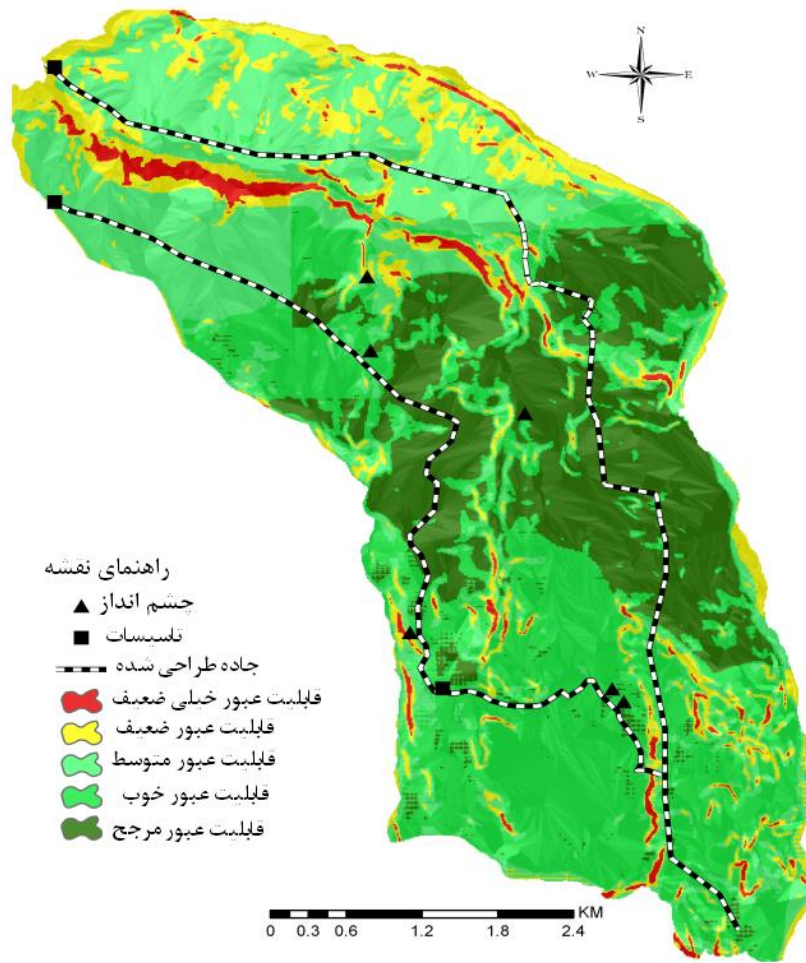
پس از وزن‌دهی لایه‌های موجود، نقشه قابلیت عبور جاده جنگلی تهیه شد (شکل ۳). نتایج نشان داد مناطق با قابلیت عبور خوب با ۱۳۰۰ هکتار بیشترین مساحت و مناطق با قابلیت عبور خیلی بد با مساحت



شکل ۳. نقشه قابلیت مناطق برای عبور جاده جنگلی

جدول ۳. مساحت مناطق برای عبور جاده

مساحت (درصد)	مساحت زون (هکتار)	قابلیت عبور
۱٫۲	۳۲	مناطق با قابلیت عبور خیلی بد
۴	۱۰۰	مناطق با قابلیت عبور بد
۱۶٫۸	۴۳۴	مناطق با قابلیت عبور متوسط
۵۰	۱۳۰۰	مناطق با قابلیت عبور خوب
۲۸	۷۴۶	مناطق با قابلیت عبور مرجح



شکل ۴. جاده طراحی شده بر اساس جنگل‌داری چندمنظوره و تحلیل شبکه‌ای

بهتری دارد. نتایج در جدول ۴ می‌آید.
نتایج آزمون مربع کای (جدول ۵) نشان می‌دهد
جاده طراحی شده از لحاظ عبور از نقاط مناسب‌تر به
طور معنادار وضعیت بهتری دارد ($p = 0.013$).

**مقایسه وضعیت جاده موجود با جاده
پیشنهادی به کمک روش درصد پوشش**
طبق نتایج، جاده پیشنهادی با ۸۲ درصد پوشش
نسبت به جاده موجود با ۶۸ درصد پوشش وضعیت

جدول ۴. مقایسه جاده موجود و جاده پیشنهادی

نوع جاده	طول جاده (km)	تراکم (m/ha)	درصد پوشش (%)
جاده موجود	۲۱,۷۲۴	۸,۳	۶۸٪
جاده پیشنهادی	۲۰,۴۷۰	۷,۸	۸۲٪

جدول ۵. نتایج آزمون مربع کای برای مقایسه دو جاده

وضعیت منطقه	جاده موجود	جاده طراحی شده	O - E	(O-E) ²
مناسب	۱۶	۲۲	-۶	۱,۶۳۶۳۶۴
نامناسب	۱۴	۸	۶	۴,۵
کل	۳۰	۳۰	۰	۶,۱۳۶۳۶۴

Chi-Square = 6,136364 df = 1 p = 0,013243

نتیجه گیری

مدیریت علمی جنگل‌های دارابکلا از سال ۱۳۴۵ به شیوه پناهی و دانگ ثابت آغاز شد. همچنین به نظر می‌رسد جاده‌های موجود در جنگل دارابکلا به صورت دیدگاه تک‌بعدی بهره‌برداری و بر اساس شیوه پناهی طراحی شده‌اند. هدف این مطالعه طراحی جاده بر اساس جنگل‌داری چندمنظوره با استفاده از روش وزن‌دهی ANP است. در این مطالعه از GIS نیز استفاده شد. نتایج این پژوهش مانند سایر مطالعاتی که در این زمینه انجام شده است [۹-۱۲] قابلیت‌های بالای GIS را در طراحی جاده تأیید کرد. برای تعیین میزان تأثیر هر یک از یازده عامل بررسی شده در این تحقیق در طراحی مسیر جاده جنگلی کارشناسان بررسی‌های لازم را انجام دادند تا میزان تأثیر هر یک از این عوامل در تولید نقشه قابلیت عبور مشخص شود. در این مطالعه، مطابق نظر کارشناسان، از بین خوشه‌های موجود عوامل اقتصادی و اجتماعی بیشترین وزن را دارند. این نتایج با یافته‌های مجنونیان و همکاران او هم‌سوست. ایشان اعلام کردند احداث و نگهداری جاده‌های جنگلی به علت هزینه‌های سنگین و نیز آثار منفی بر محیط زیست و حیات وحش از نظر اقتصادی و زیست محیطی و افکار عمومی حساسیت بالایی دارد

[۲]. در این مطالعه از بین عوامل ژئومورفولوژیکی بیشترین وزن مربوط به لایه هیدرولوژیکی داده بود و لایه شیب نسبت به لایه هیدرولوژیکی وزن کمتری داشت. دلیل این موضوع این است که اکثر عرصه سری ۱ جنگل دارابکلا تپه‌ماهوری است و مناطق با شیب زیاد در این منطقه بسیار کم است. گویانکه در اکثر مطالعات شیب منطقه بیشترین وزن را دارد [۱۰-۱۲]. مقدار نسبت توافق به دست آمده در این مطالعه کمتر از ۰/۱ است که پذیرفتنی است. جاده طراحی شده در این پژوهش نسبت به جاده موجود طول کمتر و درصد پوشش بیشتر دارد. دلیل بالاتر بودن درصد پوشش جاده طراحی شده نسبت به جاده موجود این است که قسمت زیادی از طول جاده موجود در خارج از سری طراحی شده است و از طرفی انتهای هر یک از شاخه‌های جاده موجود به مرز سری متصل می‌شود. متصل بودن انتهای هر یک از شاخه‌ها، خود، عامل افزایش طول و سطح پوشش کاذب است که یکی از عوامل تخریب جنگل نیز هست؛ زیرا برای دسترسی به مناطق نزدیک به مرز می‌توان از مسیرهای درجه سه استفاده کرد و از نفوذ مسیر درجه دو به علت خاکبرداری و هزینه بیشتر آن، که موجب تخریب نابه‌جا می‌شود، جلوگیری کرد. بنابراین، اجرای این روش، با اجرای

چندمعیاره استفاده شد. این روش امکان استانداردسازی معیارها را در ساختاری پیوسته فراهم می‌آورد و بدین ترتیب اطلاعات مهم را درباره درجه مطلوبیت حفظ می‌کند. ضمن آنکه امکان اختصاص وزن‌های متفاوت را به فاکتورها نیز می‌دهد. در مجموع نتایج این مطالعه نشان داد استفاده از روش‌های تحلیل شبکه‌ای، ترکیب خطی وزن‌دار، و GIS می‌تواند برای طراحی شبکه جاده جنگلی مفید باشد.

مسیر هادی مناسب‌تر، باعث حذف پوشش مشترک و ایجاد حداکثر پوشش برای جاده می‌شود [۱۳]. مطابق شکل ۴، جاده طراحی شده، علاوه بر اینکه از تأسیسات موجود در سری عبور می‌کند، می‌تواند از مناطق زیادی با چشم‌انداز زیبا و آبشار و چشمه‌های موجود در سری نیز عبور کند. در نتیجه، می‌توان گفت جاده طراحی شده می‌تواند تا حد زیادی یکی از اهداف جنگل‌داری چندمنظوره، یعنی اکوتوریسم، را پوشش دهد. در این مطالعه علاوه بر روش ANP از روش WLC برای تحلیل ارزیابی و تصمیم‌گیری

References

- [1]. Sarikhani, N. (1999). Characteristics of Forest Road Construction, Management and Programming Organization Publication, pp: 175.
- [2]. Majnonian, B., Darvish Safat, A. A., and Abdi, E. (2010). Evaluating of estimation of cut and fill Operations using GIS and field measurement (Case study: Kheiroud forest – Chelir District). Watershed Management Research Journal, 87: 64-69.
- [3]. Amani, M. (2000). National Forestry Program (National Action) - a program regional forestry planning - under the overall direction of north of sustainable forest management. Forest and Rangeland, 37: 20-31.
- [4]. Alizadeh. S. M., Majnounian. B., and Darvishsefat, A. A. (2009). Possibility of designing and evaluation of forest road network variants using GIS and field investigations (Case study: Kheiroud forest - Chelir District). Journal of Forest and Wood Products, 63(4): 399-408.
- [5]. Saaty, T. L. (1994). How to make a decision: the analytic hierarchy process. Interfaces, 6(24): 19-43.
- [6]. Yuksel, I. and Dagdeviren, M. (2007). Using the analytic network process (ANP) in a SWOT analysis – A case study for a textile ifrm. Inform. tion Sciences, 177: 3364-3382.
- [7]. Razmi, J., Amalnik, M. S., and Hashemi, M. (2008). Selection of supplier by fuzzy analytical network process. Journal of Technical Faculty, 7(42): 935-946.
- [8]. Saaty, T. L. (2001). Decision making with dependence and feedback: Analytic Network Process, RWS Publisher, Pittsburg, PA.
- [9]. Hosseini, B. (2004). Determining the appropriate method to predict primarily forestry and mountain routes using GIS, 98.
- [10]. Abdi, E. (2005). Planning of forest road networks with low cost using GIS. M.Sc thesis. Faculty of natural resources. University of Tehran. 83.
- [11]. Mostafa, M. (2007). Forest road planning for multipurpose forest management plan. Msc thesis, Department of Forestry University of Gorgan. 69.
- [12]. Soleymanpour, M. (2010). Existing road network and the most appropriate design investigated forest roads network using GIS in Forest plan One District Kalardasht, 108.
- [13]. Ariamanesh, M., Naghdi, R., and Djefrodi, H. (2010). Forest road network design and application of GIS in technical and environmental standards of forest road construction. National Conference of Spatial Information Systems, 10: 417-426.
- [14]. Azizi, Z. and Najafi, A. (2011). Fuzzy classification in forest area for road design (Case study: Lirehsar forest, Tonekabon). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 19(1): 42-54.
- [15]. Kurttila, M., Pesonen, M., Kangas, J., and Kajanus, M. (2000). Utilizing the analytic hierarchy process (AHP) in SWOT analysis: A hybrid method and its application to a forest-certification case. Forest Policy and Economics, 1 (1), 41-52.
- [16]. Saeidi, H. R. and Najafi, A. (2011). Application of analytic network process (ANP) to determine priority of livestock movement out of forest and forest settlers reorganization (case study: Babakouh district; Guilan). Iranian Journal of Forest, 2(4): 309-321.
- [17]. Lotfalian, M. and Parsakhoo, A. (2012). Forest Road Network Planning. Aeazh Publications. 168.