سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی (سال نهم / شماره اول) بهار ۱۳۹۷
نمایه شده در سایت: پایگاه استنادی علوم جهان اسلام، جهاد دانشگاهی، مگ ایران، نورمگز
آدرس وب سایت : http://girs.iaubushehr.ac.ir

طراحی شبکه جاده جنگلی به‌منظور توسعه گردشگری در منطقه حفاظت‌شده ارسباران با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی

منیژه طالبی[۱]، باریس مجنونیان [۲*]، مجید مخدوم[۲]، احسان عبدی[۳]، محمود امید[٤]

۱. دانشجوی دکتری مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
۲. استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
۳. دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
٤. استاد دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران

چکیده

مسیرهای دسترسی از نیازهای اساسی جهت دست‌یابی به مناطق تفرجی و برنامه‌ریزی گردشگری هستند. هدف از این تحقیق، طراحی و ارزیابی شبکه جاده جنگلی به‌منظور انتخاب شبکه جاده بهینه جهت توسعه گردشگری در منطقه حفاظت‌شده ارسباران است. بدین منظور مناطق مستعد تفرجی با استفاده از روش سیستمی مخدوم و شبکه عصبی پرسپترون چندلایه (MLP) ارزیابی و شناسایی شدند. برای تهیه نقشه شایستگی عبور جاده، معیارهای مؤثر بر طراحی جاده با روش منطق فازی استانداردشده و با توجه به اهمیت نسبی حاصل از فرایند تحلیل سلسله مراتبی تلفیق شدند. سپس گزینه‌های شبکه جاده جهت دسترسی به مناطق تفرجی در محیط GIS طراحی و از جهات فنی، محیط‌زیستی و اجتماعی- اقتصادی ارزیابی گردید. نتایج ارزیابی مناطق مستعد گردشگری نشان داد، بخش‌هایی از منطقه دارای توان برای تفرج متمرکز طبقه ۲ (۰/۱۷٪) و تفرج گسترده طبقه ۲ (۱۰/۰۹٪) می‌باشد. با توجه به نتایج وزن‌دهی معیارها، معیار شیب با مقدار ۰/۲۸۹ و معیار ارتفاع با مقدار ۰/۰۳۳ به ترتیب بیشترین و کمترین وزن را به خود اختصاص دادند. در کل ١٤ گزینه شبکه جاده طراحی شدند و بر اساس ارزیابی نهایی گزینه ۷ با تراکم ۳/۳٤ متر در هکتار، قابلیت دسترسی (سخت) ٦٤/٦٨ درصد و با حداقل هزینه و اثرات محیط‌زیستی به‌عنوان گزینه بهینه انتخاب شد. بنابراین با در نظر گرفتن هزینه و اثرات محیط‌زیستی و با به‌کارگیری قابلیت‌های GIS می‌توان به طراحی اصولی شبکه جاده و درنتیجه توسعه جاده‌های دسترسی موجود به‌منظور توسعه گردشگری در منطقه پرداخت.

مشخصات مقاله

پیشینه مقاله:
دریافت: ٢٤ شهریور ١٣٩٦
پذیرش: ۹ اردیبهشت ۱۳۹۷
دسترسی اینترنتی: ۱ خرداد ۱۳۹۷

واژه‌های کلیدی:
ارزیابی مناطق تفرجی
شبکه دسترسی
توسعه گردشگری
سیستم اطلاعات جغرافیایی
منطقه حفاظت‌شده ارسباران

* پست الکترونیکی مسئول مکاتبات: bmajnoni@ut.ac.ir

مقدمه

در بسیاری از مناطق جهان، زیبایی‌های طبیعی و جذابیت‌های محیط‌زیستی علت اولیه واصلی برای جذب گردشگران و توسعه گردشگری هستند. از پیامدهای مثبت توسعه گردشگری در این زمینه می‌توان به افزایش گرایش‌های زیبایی‌شناختی و بهره‌مندی معنوی از شگفتی‌های جهان طبیعت اشاره کرد و بخشی از درآمدهای گردشگری را به حفاظت از این جذابیت‌های طبیعی اختصاص داد (۱). درواقع اکوتوریسم به‌عنوان یک‌راه حل جهت کمک به حفاظت منابع محیط‌زیستی و فرهنگی، ایجاد فرصت اقتصادی برای جوامع محلی و افزایش آگاهی‌های محیط‌زیستی شناخته می‌شود و رویشگاه‌های گردشگری پایدار را به وجود می‌آورد. مناطق جنگلی از مکان‌های مهم برای حفاظت سیستم‌های محیط‌زیستی و منابع‌طبیعی و همچنین ارائه فرصت‌های تفریحی و گردشگری برای مردم هستند (۲۷). لذا تفرج جنگلی می‌تواند برای مدیریت جنگل‌ها جهت کاهش عوامل تخریب و حفاظت پایدار آن‌ها در نظر گرفته شود (۲۸). منطقه حفاظت‌شده ارسباران نیز با جاذبه‌های طبیعی و انسانی خود جز مناطق توریستی به شمار می‌رود. ازاین‌رو، مدیریت جنگل در اینجا باید دیگر عملکردهای جنگل ازجمله اکوتوریسم را نسبت به تولید چوب در اولویت قرار دهد. جهت توسعه گردشگری در یک منطقه شناسایی و مکان‌یابی مناطق مستعد برای توسعه فعالیت‌های گردشگری از مهم‌ترین موضوعات برنامه‌ریزان گردشگری بوده و از گسترده‌ترین و معروف‌ترین کاربردهای سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) است (٦). بااین‌وجود، برای رسیدن به توسعه پایدار، داشتن برنامه‌ریزی با تکیه‌بر ارزیابی همه‌جانبه محیط طبیعی ازجمله ارزیابی توان اکولوژیک امری ضروری است (٢٤). در این رابطه تجزیه‌وتحلیل سیستمی مخدوم (۱۸)، فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANNs) از روش‌هایی هستند که می‌توانند به کار گرفته شوند. شبکه‌های عصبی مصنوعی به‌عنوان یک سیستم هوشمند باقابلیت یادگیری و تعمیم اطلاعات می‌توانند برای مدل‌سازی در زمینه‌های مختلف از قبیل ارزیابی و شناسایی مناطق تفرجی استفاده شوند. این شبکه‌ها از عناصر عملیاتی ساده‌ای به نام نرون ساخته می‌شوند که به‌صورت موازی در کنار هم عمل می‌کنند و از سیستم‌های عصبی زیستی الهام گرفته‌شده‌اند (۱۷). درواقع شبکه‌های عصبی الگوریتم‌های رایانه‌ای هستند که می‌توانند روابط مهم مابین تعداد زیادی پارامتر خطی و غیرخطی را از یک بانک داده استخراج نموده و همچنین قادر هستند این دانش را به‌منظور پیشگویی یا طبقه‌بندی یک مورد جدید همانند یک سیستم خبره بکار ببندند (۵). یکی از متداول‌ترین و کارآمدترین شبکه‌های عصبی جهت استفاده در مدل‌سازی و مدیریت منابع‌طبیعی، شبکه پیشرو پرسپترون چندلایه (MLP) است که از یک‌لایه ورودی، یک یا چندلایه پنهان و یک‌لایه خروجی تشکیل یافته است. در شبکه‌های عصبی پیشرو از الگوریتم پس انتشار خطا (BP) برای آموزش شبکه استفاده می‌شود و هدف از آموزش حداقل کردن خطای کلی مشاهده‌شده در لایه خروجی است (۳۷). بنابراین این شبکه‌ها با هوشمندی و انعطاف‌پذیری جایگاه چشم‌گیری برای خود بازکرده‌اند و قابلیت مدل‌سازی، تخمین و پیش‌بینی دارند (۲۵). از طرفی جهت دست‌یابی و استفاده از مکان‌های مستعد تفرجی، مسیرهای دسترسی اهمیت پیدا می‌کنند. بنابراین بهره‌وری از کارکردهای جنگل به‌ویژه فعالیت‌های تفرجی تنها به‌واسطه یک شبکه جاده مناسب می‌تواند مقدور گردد (٤ و ۳۳). برای دسترسی و بهره‌وری از مناطق حفاظت‌شده جنگلی بایستی این مسئله را مدنظر قرارداد که ارتباط بین برنامه‌ریزی پایدار و دسترسی در مناطق حفاظت‌شده بسیار قوی است و به‌منظور کاهش پیامدهای منفی بر پایداری منطقه حفاظت‌شده، بایستی سیاست دسترسی با توجه به پیامدهای اجتماعی، اقتصادی و محیط‌زیستی اعمال شود (۳۰). مدیریت درست منابع‌طبیعی راه‌حل بی‌نظیری برای دستیابی به توسعه پایدار است. در این راستا یک شبکه جاده خوب سازمان‌یافته برای مدیریت پایدار منابع جنگلی بسیار مهم است (۳۲). لذا زیرساخت‌ها به‌ویژه مسیرهای دسترسی در برنامه‌ریزی گردشگری جنگل نقش بسیار تعیین‌کننده‌ای را ایفا می‌کنند و

در تقاضای تفرجی یک منطقه حائز اهمیت می‌باشند. با طراحی مناسب و منطبق بر اصول فنی شبکه جاده می‌توان کارایی شبکه را افزایش و درعین‌حال هزینه‌های ساخت و اثرات محیط‌زیستی آن را کاهش داد (١٦). برای طراحی شبکه جاده به روش سنتی از تکنیک گام پرگار با پیروی از خطوط توپوگرافی بر روی نقشه توپوگرافی کاغذی استفاده می‌گردد. روش‌های نوین طراحی با استفاده از امکانات سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) در مقایسه با روش‌های سنتی قابلیت تحلیل حجم بالایی از اطلاعات به‌صورت لایه‌های مختلف رقومی را با سرعت و دقت بالایی داشته و درنتیجه می‌تواند کیفیت، سرعت، هزینه و دقت طراحی را بهبود بخشد (١١ و ١٦). لذا اخیراً مدیریت توأم اطلاعات با توجه به عوامل مهم مؤثر در طراحی جاده و ارزیابی سریع جاده‌ها با استفاده از قابلیت‌های GIS امکان‌پذیر شده است (٢٩).

در سال‌های اخیر مدل‌سازی‌های موفقی به کمک شبکه‌های عصبی مصنوعی در مباحث مختلف منابع‌طبیعی و علوم جنگل انجام‌گرفته است، ولی درزمینهٔ کاربرد شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی مناطق گردشگری کمتر پرداخته‌شده است. در این رابطه ژنگ و همکاران (٣٨) به ارزیابی تناسب اکوتوریسم منطقه‌ای بر اساس GIS و شبکه عصبی مصنوعی در ایالت ژجیانگ چین پرداختند. همچنین درزمینهٔ کاربرد این روش هوشمند در رابطه با جاده جنگلی، پیرو و همکاران (٢) به مدل‌سازی عرض عملیات خاکی جاده‌های جنگلی و عباسیان و همکاران (١٤) به طراحی مسیر جاده جنگلی بر اساس مدل‌سازی و پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از شبکه عصبی پرداختند. در رابطه با برنامه‌ریزی شبکه جاده در منطقه جنگلی مطالعات متعددی انجام‌گرفته و در این مطالعات عمدتاً از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) و AHP بهره گرفته‌شده است. به‌طوری‌که در مطالعات انجام‌گرفته عمدتاً برداشت چوب مدنظر قرارگرفته و به نقش چندمنظوره جنگل به‌ویژه کارکرد گردشگری جنگل کمتر پرداخته‌شده است. سپهوند (٩) به بررسی قابلیت‌های افتتاحی گزینه‌های مختلف به‌منظور تکمیل شبکه جاده بخش پاتم جنگل خیرود در یک جنگلداری چندمنظوره پرداخت. وی ابتدا مناطق مناسب برای تفرج متمرکز را شناسایی و سپس جاده‌های لازم را برای افتتاح مناطق تفرجی طراحی نمود. مصطفی و همکاران (٢٠) در پژوهشی به بررسی وضعیت جاده‌های جنگلی موجود و طراحی شبکه جاده حوزه آرمرده بانه در استان کردستان بر اساس طرح جنگلداری چندمنظوره پرداختند. در این مطالعه لایه‌های شیب، جهت، تیپ و فاصله از مناطق مسکونی و تفریحی به‌عنوان مهم‌ترین عوامل مؤثر در طراحی مسیر جاده با استفاده از AHP وزن‌دهی شدند. سپس در محیط GIS با توجه به نقشه قابلیت مناطق برای عبور جاده، طراحی مسیرهای جاده با درجه ١ تا ٣ در سه مرحله انجام گرفت. شاهسوند بغدادی و همکاران (١١) در مطالعه‌ای در بخش بهاربن جنگل خیرود شبکه جاده‌ای را با در نظر گرفتن معیارهای زیست‌محیطی، فنی و اقتصادی با استفاده از قابلیت‌های GIS و AHP طراحی کردند. در این مطالعه ٦ گزینه شبکه جاده طراحی شد و به‌منظور ارزیابی زیست‌محیطی گزینه‌ها از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و برای تلفیق مشخصه‌ها و محدودیت‌ها از روش ارزیابی چندمعیاری (MCE) استفاده گردید. درنهایت به‌منظور مقایسه فنی گزینه‌ها با یکدیگر و با شبکه جاده موجود روش‌های بکموند و زگبادن استفاده شد. جوانمرد (٣) در مطالعه خود به طراحی شبکه جاده جنگلی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و GIS پرداخت. لذا از روش AHP و روش وزن‌دهی خطی (WLC) برای تهیه نقشه شایستگی عبور جاده بخش پاتم جنگل خیرود استفاده کرد و سپس با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (پرسپترون چندلایه و شعاع مبنا) میزان مطلوبیت جاده‌سازی پنج بخش جنگل را برآورد کرد. درنهایت با استفاده از Pegger دو شبکه جاده طراحی و با شبکه جاده موجود مقایسه کرد. مقدسی و همکاران (٢٢) در طراحی شبکه جاده جنگلی بر اساس جنگل‌داری چندمنظوره در جنگل دارابکلا از فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) جهت وزن‌دهی معیارها و گزینه‌ها و از تکنیک WLC جهت تهیه نقشه پتانسیل برای طراحی جاده بهره گرفتند. طبق نتایج مطالعه نقشه قابلیت برای عبور جاده موجود

و جاده پیشنهادی در سطح ۹۵ درصد اختلاف معناداری را نشان داد. صالحی و همکاران (۱۲) با استفاده از روش MCE و GIS، وضعیت کنونی جاده پارک جنگلی یاسوج را ازنظر چشم‌انداز و معیارهای فنی ارزیابی کردند. طبق نتایج مطالعه تنها ۲۵ درصد از طول جاده موجود، در منطقه‌ای باارزش چشم‌اندازی درجه‌یک واقع‌شده بود و بخشی از جاده در منطقه‌ای حساس به فرسایش قرارگرفته بود. گوموس و همکاران (۳۳) به طراحی جاده جنگلی با توجه به اثرات محیط‌زیستی در جنگل‌های ترکیه پرداختند. درنهایت شبکه جاده طراحی‌شده با شبکه جاده موجود به لحاظ قابلیت افتتاحی و اثرات محیط‌زیستی مورد مقایسه قرار گرفت. کالی سکان (۲۹) در مطالعه خود با استفاده از GIS و بر اساس آنالیز تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDA) و RoadEng به طراحی شبکه جاده جنگلی پرداخت. لذا با همپوشانی نقشه‌های وزن‌دار، نقشه توان جنگل برای ساخت جاده در سه‌طبقه باقابلیت زیاد، متوسط و کم تهیه گردید. درنهایت شبکه جاده طراحی‌شده با نقشه توان طراحی جاده تلفیق و بر اساس معیارهای بکموند ارزیابی شد. هیبرنیک و پوتوکنیک (۳۵) در مطالعه خود ٤ گزینه جاده جنگلی را با توجه به شرایط زمین و خصوصیات فنی جاده‌های جنگلی طراحی کردند. جاده‌های طراحی‌شده ازلحاظ فنی، اقتصادی (کاهش هزینه‌های چوبکشی) و نقش چندمنظوره جنگل با توجه به نقشه شایستگی تهیه‌شده برای ساخت جاده موردبررسی قرار گرفتند. بای و همکاران (٢٦) در مطالعه‌ای در چین به مدل‌سازی یکپارچه برنامه‌ریزی گردشگری و طراحی شبکه حمل‌ونقل پرداختند و یک مدل بهینه‌سازی برای تعیین مکان‌های مناسب جهت سرمایه‌گذاری گردشگری و گسترش ظرفیت بزرگراه پیشنهاد دادند. انیوچا و همکاران (٣٦) تأثیر زیر ساختار حمل‌ونقل جاده را بر توسعه توریسم در نیجریه بررسی کردند. طبق نتایج مطالعه، زیر ساختار جاده‌ای یک مکان خاصی برای توسعه باز کرد و درنتیجه باعث افزایش درآمد، حمل‌ونقل و افزایش رشد گردشگری در منطقه شد. دراگان و کوکان (۳۱) به بررسی محدودیت‌های شبکه جاده تأثیرگذار بر توسعه گردشگری در پارک ملی Apuseni پرداختند. به‌طوری‌که جاده‌ها ازلحاظ دسترسی به رویشگاه‌ها، ارتباط به مسیرهای گردشگری و دوام موردبررسی قرار گرفتند و هدف تشخیص جهت‌های اصلی برای بهبود زیرساخت‌های جاده در منطقه بود. درنهایت مسیرهایی جهت دسترسی به منطقه Padis (معروف‌ترین منطقه در پارک) و ارتباط بین رویشگاه‌های بخش مرکزی کوهستان Trascau ارائه دادند.

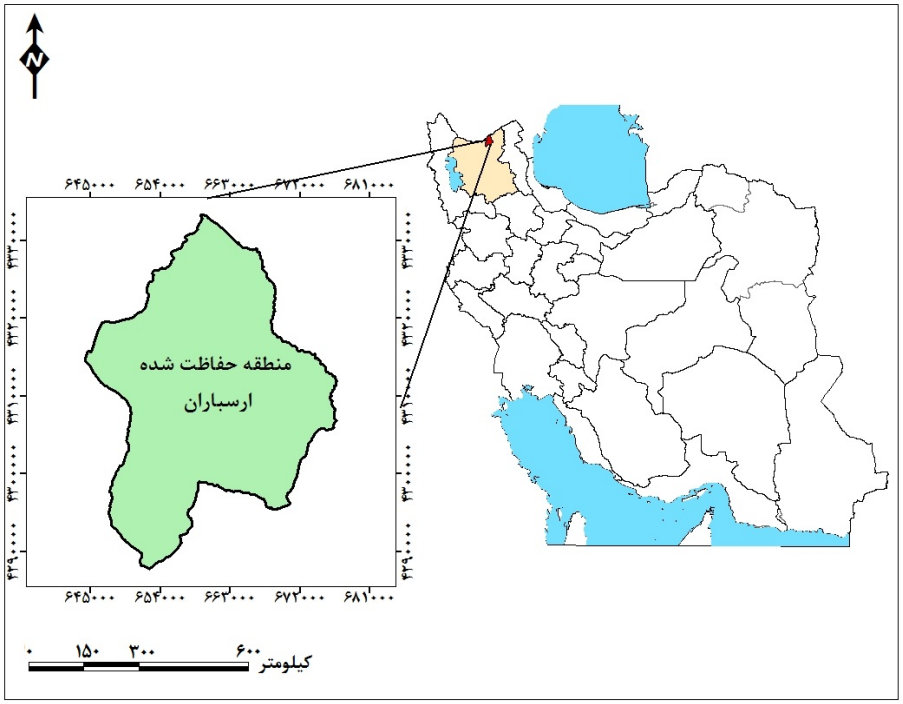
برای استفاده تفرجی از منطقه، ابتدا بایستی توان اکولوژیکی منطقه برای تفرج در جهت برنامه‌ریزی و مدیریت توریسم شناسایی و ارزیابی شود. بنابراین استفاده از روش هوشمند مبتنی بر شبکه‌های عصبی مصنوعی برای ارزیابی و پیش‌بینی مناطق گردشگری با صرف زمان کمتر و دقت قابل‌قبول می‌تواند استفاده شود. در مرحله بعد توسعه و تکمیل زیرساخت‌های دسترسی در جهت توسعه توریسم و جذب گردشگران امری لازم و ضروری است. لذا هدف از مطالعه حاضر طراحی شبکه جاده و ارائه شبکه دسترسی بهینه به‌منظور تصحیح و تکمیل جاده‌های موجود جهت برنامه‌ریزی گردشگری در منطقه است.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ موردمطالعه

منطقه ارسباران در شمال غرب کشور و شمال آذربایجان شرقی قرار دارد. این منطقه در استان آذربایجان شرقی به ناحیه‌ای فراتر از محدوده حوزه آبخیز ارسباران شمالی اطلاق می‌شود. در وضعیت کنونی جنگل‌های ارسباران به‌طور کامل در محدوده مطالعات ناحیه ارسباران شمالی واقع‌شده است و در قالب ١٤٣ واحد جنگلی طبقه‌بندی‌شده است (۲۳). بارندگی سالانه در این منطقه حدود ۳۰۰ تا ٦٠٠ میلی‌متر است، از طرفی تعداد روزهای مه خیز این منطقه زیاد است و نقش عمده‌ای در بیلان آب جنگل دارد (۷). متوسط درجه حرارت سالیانه ناحیه رویشی ارسباران در ارتفاعات پایین حدود ١٤ درجه سانتی‌گراد و در ارتفاعات بالا تا ۵ درجه سانتی‌گراد کاهش می‌یابد (۲۳). عمده گونه‌های چوبی این منطقه شامل

ممرز، افرا، بلوط، گیلاس وحشی، ملج، ون، سیب، انجیر، عرعر، گردو، فندق، ارس و بنه است. اردوج، درخت پر و بلوط سفید از دیگرگونه‌های چوبی هستند که منحصراً در این منطقه انتشار دارند. از گونه‌های درختچه‌ای نیز می‌توان بادامچه، داغداغان، زغال‌اخته، انار جنگلی، محلب، قره‌قاط و زرشک را نام برد. آمیختگی پهن برگان و سوزنی‌برگان در بعضی از مناطق جنگلی ارسباران موجب به وجود آمدن جایگاه منحصربه‌فردی برای این جنگل‌ها شده است (۷). منطقه حفاظت‌شده ارسباران در محدوده بین '۴۰ °۳۸ تا '۰۹ °۳۹ عرض شمالی و '۴۲ °۴۶ تا '۰۳ °۴۷ طول شرقی با مساحت حدوداً ۸۰ هزار هکتار قرارگرفته است (۷ و ۱۰) (شکل ۱). این منطقه در محدوده شهرستان کلیبر واقع‌شده است که از شمال به رودخانه ارس، از شرق به رودخانه کلیبر، از غرب به رودخانه ایلگنه و از جنوب به کوه‌های سایگرام، توپخانه و قره موت منتهی می‌شود (۱۰ و ۲۳) و به دلیل برخورداری از اکوسیستم‌های طبیعی باارزش و تنوع گونه‌های جانوری و گیاهی در فهرست اندوختگاه‌های زیست‌سپهر یونسکو قرارگرفته است. منطقه حفاظت‌شده ارسباران و در حالت کلی منطقه جنگلی ارسباران با توجه به این‌که یک منطقه حفاظتی است و عملاً برای تولید چوب استفاده نمی‌شود، بنابراین جاده‌های دسترسی موجود در این منطقه بیشتر جنبه دسترسی، ارتباطی و حفاظتی دارند و از نوع خاکی، شوسه و آسفالته می‌باشند. جاده‌های از نوع خاکی که جاده‌های روستایی جنگلی و مشابه با استانداردهای ساخت جاده‌های جنگلی درجه‌دو شمال کشور هستند (۱۳)، عمدتاً برای دسترسی به روستاها استفاده می‌شوند. جاده‌های آسفالته و شوسه منطقه نیز به‌عنوان جاده‌های عمومی برای دسترسی به شهرها و مناطق مسکونی بزرگ‌تر و ارتباط این مناطق به جاده‌های عمومی اصلی بکار گرفته می‌شوند. به‌طورکلی می‌توان گفت جاده‌های منطقه ارسباران با اهداف چندمنظوره و زیر نظر سازمان محیط‌زیست و منابع‌طبیعی مربوطه ساخته‌شده‌اند (۱۳).



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان و کشور

روش تحقیق

لایه‌های تشکیل‌دهنده شکل زمین (نقشه شیب، جهت و ارتفاع منطقه) از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ مستخرج از نقشه‌های رقومی DGN 3D سازمان نقشه‌برداری تهیه و طبقه‌بندی شدند. سایر لایه‌های اطلاعاتی موردنیاز از قبیل سنگ‌بستر، کاربری اراضی، تیپ پوشش‌گیاهی، رودخانه، روستاهای موجود از سازمان جنگل‌ها تهیه شدند. همچنین معیارهای منابع آبی، جاده‌ها و روستاهای موجود از نقشه‌های DGN تهیه‌شده استخراج و نقشه‌های رودخانه، جاده و روستای تهیه‌شده از سازمان جنگل‌ها برای منطقه ارسباران با توجه به این نقشه‌ها تکمیل شدند. صحت نقشه‌های روستا و جاده موجود با استفاده از Google earth کنترل و اصلاح گردیدند. بدین ترتیب نقشه‌های موردنیاز از قبیل نقشه تراکم پوشش‌گیاهی از نقشه کاربری اراضی تهیه‌شده استخراج گردید. با توجه به عدم وجود نقشه بافت خاک برای منطقه، این نقشه با استفاده از لایه سنگ‌بستر و مطابق با روش مخدوم (۱۸) تهیه و با لایه بافت خاک مربوط به رده خاک موجود برای منطقه ادغام گردید و درنهایت نقشه بافت خاک برای منطقه تهیه گردید. بنابراین از نقشه رده خاک و همچنین نقشه اقلیم و حساسیت به فرسایش تهیه‌شده توسط سازمان جنگل‌ها استفاده گردید.

ارزیابی توان اکولوژیکی و شناسایی مکان‌های مستعد اکوتوریسم

در این مطالعه از روش تجزیه‌وتحلیل سیستمی مخدوم (۱۸) و شبکه عصبی مصنوعی برای ارزیابی توان منطقه، و از نقشه مکان‌های مستعد اکوتوریسم تهیه‌شده به‌عنوان نقاط اجباری مثبت برای طراحی شبکه جاده استفاده شد. درروش تجزیه‌وتحلیل سیستمی ابتدا منابع اکولوژیکی منطقه شناسایی شدند و نقشه‌های این منابع تهیه و طبقه‌بندی گردیدند، سپس با در نظر گرفتن منابع شناسایی‌شده، یک مدل ویژه برای منطقه با توجه به مدل کلی اکوتوریسم مخدوم (۱۸) تهیه گردید. در مرحله بعد نقشه‌های منابع اکولوژیکی شامل شیب، جهت، ارتفاع، بافت خاک، تیپ و تراکم پوشش‌گیاهی در نرم‌افزار ArcGIS تلفیق و روی هم‌گذاری شدند و یگان‌های محیط‌زیستی منطقه ایجاد شدند. علاوه بر منابع اکولوژیکی پایدار، منابع اکولوژیکی ناپایدار نیز در ارزیابی توان اکولوژیکی نقش دارند. لذا با توجه به این‌که این منابع نمی‌توانند در مرحله روی هم‌گذاری و تهیه نقشه واحدهای محیط‌زیستی استفاده شوند، ازاین‌رو اطلاعات این منابع موجود از قبیل اقلیم و منابع آبی و همچنین اطلاعات معیار حساسیت به فرسایش در جدول واحدهای محیط‌زیستی وارد گردیدند. درنهایت ارزیابی توان اکولوژیک منطقه با لحاظ کردن مدل طراحی‌شده برای کاربری موردنظر انجام گرفت. براین اساس نقشه توان کاربری اکوتوریسم با استفاده از روش سیستمی جهت تهیه نمونه‌های آموزشی برای شبکه عصبی مصنوعی تهیه گردید. به‌طورکلی شبکه‌های عصبی مصنوعی برای مسائل مختلف پیش‌بینی، تخمین تابع، خوشه‌بندی و طبقه‌بندی به کار گرفته می‌شوند. در مطالعه حاضر جهت تهیه نقشه مناطق دارای توان اکوتوریسم از مسئله طبقه‌بندی استفاده گردید. داده‌های اطلاعاتی مؤثر در ارزیابی و مورداستفاده درروش سیستمی به‌عنوان ورودی‌های شبکه و نقشه پهنه‌های دارای توان اکوتوریسم به‌دست‌آمده به‌عنوان خروجی جهت آموزش به شبکه عصبی پرسپترون چندلایه (MLP) وارد شدند تا مدل‌سازی بر روی آن‌ها انجام گیرد. قبل از ورود داده‌ها به شبکه ابتدا داده‌ها در دامنه صفر و یک استانداردسازی شدند. در مرحله بعد با انتخاب بهترین مدل، کل داده‌ها به‌منظور پیش‌بینی مناطق مناسب توریسم به شبکه وارد شدند. درنهایت خروجی‌های برآورد شده توسط شبکه جهت تهیه نقشه مناطق دارای توان گردشگری به نرم‌افزار ArcGIS وارد شدند.

تهیه نقشه شایستگی عبور جاده

در این مرحله از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) و فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) برای تهیه نقشه قابلیت عبور جاده استفاده شد. لذا پس از شناسایی معیارها و تهیه نقشه‌های اطلاعاتی، نقشه‌های تهیه‌شده قبل از

ترکیب جهت یکسان‌سازی، با روش منطق فازی استانداردسازی شدند. در این رابطه از توابع تعریفی کاربر (User defined) استفاده شد و معیارهای شیب، جهت، ارتفاع، حساسیت به فرسایش، تراکم پوشش‌گیاهی، سنگ‌بستر، بافت خاک، فاصله از رودخانه و فاصله از شبکه جاده موجود در محدوده اعداد ۰ (نامطلوب) و ۱ (مطلوب) و با توجه به طبقه‌بندی معیارهای اکولوژیکی برای مدل‌سازی (۱۹) در محیط IDRISI فازی و استانداردسازی شدند. سپس با توجه به این‌که معیارها و لایه‌های مؤثر ارزش متفاوتی دارند، لذا معیارها با استفاده از روش مقایسه زوجی فرایند تحلیل سلسله مراتبی در نرم‌افزار Expert choice وزن دهی شدند. پس از تهیه و وزن دهی لایه‌های اطلاعاتی، ادغام لایه‌ها با استفاده از روش ترکیب وزن دهی خطی (WLC) در محیط ArcGIS انجام گردید که باروی هم‌گذاری نقشه‌ها خروجی نهایی به‌صورت نقشه شایستگی برای جاده‌سازی به‌دست آمد. در روش ترکیب وزن‌دهی خطی هر مشخصه در وزن خود ضرب می‌شود و سپس همه آن‌ها با هم جمع می‌شوند تا یک نقشه شایستگی را شکل دهند.

طراحی و ارزیابی شبکه‌های جاده

طراحی گزینه‌ها در محیط GIS

برای دسترسی در جهت توسعه گردشگری در منطقه موردمطالعه، شبکه‌های جاده با مدنظر قرار دادن مناطق مستعد توریسم به‌عنوان نقاط اجباری مثبت با استفاده از PEGGER در محیط ArcView بر روی نقشه توپوگرافی منطقه طراحی شدند. همچنین به‌منظور کاهش هزینه‌های جاده‌سازی و اثرات محیط‌زیستی، طراحی جاده با توجه به میزان مطلوبیت قسمت‌های مختلف نقشه شایستگی عبور جاده صورت پذیرفت. درنهایت شبکه‌های جاده طراحی‌شده در محیط Arcview جهت ارزیابی و مقایسه به محیط ArcGIS منتقل شدند.

ارزیابی گزینه‌های طراحی‌شده

در این تحقیق، ارزیابی گزینه‌ها از جهات مختلف فنی، محیط‌زیستی و اجتماعی- اقتصادی انجام گرفت.

ارزیابی فنی طراحی مسیر

در این ارزیابی از روش بکموند استفاده شد و معیارهای بکموند از قبیل تراکم (RD)، حداکثر فاصله دسترسی (RS/۲)، درصد قابلیت دسترسی (OP%) و درنهایت رقم بکموند (RD/OP%) (۲۱) هرکدام از گزینه‌ها محاسبه شدند. در کل درصد قابلیت دسترسی در سه حالت دسترسی سخت (RS/۲)، دسترسی متوسط (RS/٤) و دسترسی آسان (RS/۸) محاسبه گردید.

ارزیابی اجتماعی- اقتصادی و شایستگی‌های محیط‌زیستی

ارزیابی چندمعیاری (MCE) در این روش ارزش واحد طول شبکه‌های جاده در ArcGIS محاسبه شدند. لذا ابتدا باروی هم‌گذاری هر گزینه شبکه جاده با نقشه شایستگی عبور جاده، مجموع ارزش سلول‌های هر شبکه جاده از نقشه مطلوبیت استخراج شدند. سپس ارزش کل هر گزینه شبکه جاده به طول آن تقسیم و ارزش واحد طول هر گزینه محاسبه گردید. با توجه به این مسئله در نقشه نهایی قابلیت عبور جاده ارزش‌های بالاتر با توجه به استانداردسازی نقشه‌ها مطلوبیت بیشتری را نشان می‌دهند. لذا ارزش واحد طول بیشتر ارجحیت شبکه طراحی‌شده را نشان می‌دهد.

برآورد هزینه عملیات خاکی هزینه عملیات خاکی می‌تواند با توجه به حجم خاک‌برداری و خاک‌ریزی تعیین شود. در این رابطه شبکه‌های جاده با نقشه طبقه‌بندی شیب ادغام و تعداد پیکسل عبوری گزینه‌ها از هرکدام از کلاسه شیب استخراج و با توجه به پروفیل نرمال دامنه، سطح متوسط عملیات خاکی هر کلاسه محاسبه شد. بنابراین با توجه به سطح متوسط عملیات خاکی و تعداد و اندازه پیکسل (۱۰ متر)، تخمینی از حجم عملیات خاکی هر کلاسه به مترمکعب به‌دست آمد. سپس با ضرب کردن حجم عملیات خاکی

برآورده شده هر کلاسه در هزینه هر مترمکعب خاک‌برداری استخراجی از فهرست بهاء رشته آبخیزداری و منابع‌طبیعی (۸) برای زمین‌های مختلف (نرم، سخت و سنگی) تخمینی از هزینه عملیات خاکی هر کلاسه به‌دست آمد و درنهایت با محاسبه مجموع هزینه همه کلاسه‌ها، تخمینی از هزینه عملیات خاکی هر گزینه به‌دست آمد. درنهایت هزینه هر گزینه به طول آن تقسیم و هزینه در واحد طول هر گزینه محاسبه شد.

محاسبه دسترسی گزینه‌ها به مناطق تفرجی در این مورد شبکه‌های طراحی‌شده، با نقشه پتانسیل کاربری اکوتوریسم ادغام و با توجه به تعداد پیکسل‌های عبور جاده از طبقات مختلف تفرجی درصد دسترسی شبکه‌ها به مناطق مستعد گردشگری محاسبه شدند.

محاسبه پوشش روستاها توسط گزینه‌ها در این ارزیابی تعداد روستاهای پوشش داده‌شده توسط هر شبکه جاده به طول جاده تقسیم شدند و درصد پوشش روستا در واحد طول هر گزینه حساب شد.

با توجه به ارزیابی‌های انجام‌گرفته، ارزیابی کلی انجام گرفت. به‌طوری‌که ابتدا گزینه‌های دارای رتبه‌های بهتر با توجه به ارزیابی‌های اقتصادی و محیط‌زیستی از قبیل ارزیابی چندمعیاری و هزینه عملیات خاکی به‌عنوان معیارهای مهم‌تر برای ساخت شبکه جاده انتخاب شدند. سپس گزینه‌های انتخاب‌شده (دارای رتبه‌های اول تا سوم در هر دو ارزیابی) بر اساس ارزیابی‌های فنی طراحی مسیر و اجتماعی رتبه‌بندی شدند. بنابراین گزینه‌های انتخاب‌شده با توجه به ارزیابی‌های روش بکموند، دسترسی به مناطق تفرجی و پوشش روستاها به ترتیب رتبه‌بندی و گزینه بهتر رتبه کمتری به خود اختصاص داد و درنهایت بر اساس مجموع رتبه‌های به‌دست‌آمده از ارزیابی‌های انجام‌گرفته، گزینه‌ای با مجموع رتبه کمتر به‌عنوان اولویت اول و بهترین گزینه انتخاب گردید.

نتایج

ارزیابی توان اکولوژیکی و شناسایی مکان‌های مستعد گردشگری

نتایج این مرحله نشان داد، منطقه دارای توان برای تفرج متمرکز طبقه ۲ و تفرج گسترده طبقه ۲ بر اساس مدل اکوتوریسم مخدوم می‌باشد و بهترین مدل انتخابی شبکه عصبی مصنوعی توانست با دقت کلی ۹۸٪ کلاس‌های مختلف اکوتوریسم را طبقه‌بندی کند. درنهایت نقشه مناطق دارای توان اکوتوریسم با استفاده از خروجی‌های برآورد شده توسط شبکه عصبی در نرم‌افزار ArcGIS تهیه گردید (شکل ۲) که مساحت و درصد مناطق تفرجی برآورد شده در جدول ۱ آورده شده است.

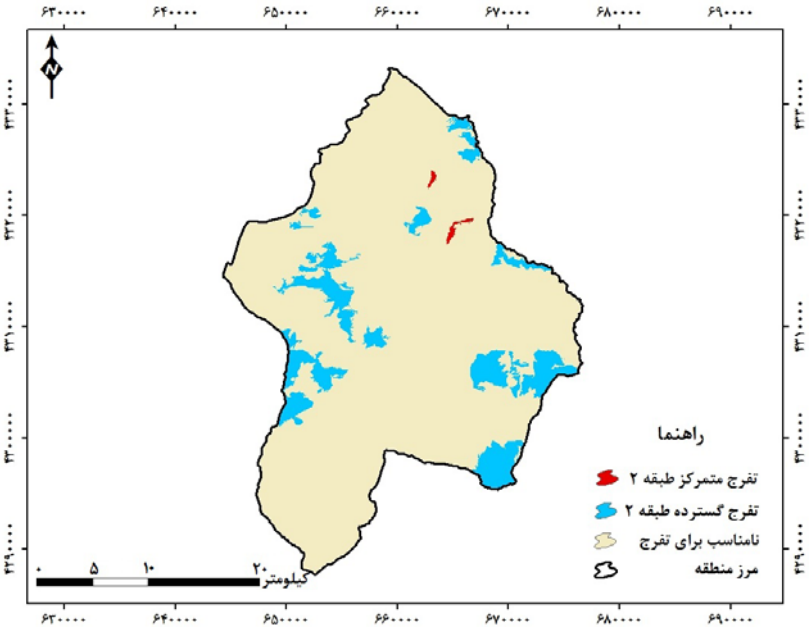
جدول۱. مساحت و درصد مناطق تفرجی برآورد شده با شبکه عصبی

کلاس	طبقه تفرجی	مساحت (هکتار)	درصد از سطح منطقه
۱	نامناسب برای تفرج	۷۱۹۶۳/۹۸	۸۹/۷٤
۲	تفرج گسترده طبقه ۲	۸۰۹۱/۵۳	۱۰/۰۹
۳	تفرج متمرکز طبقه ۲	۱۳۷/۳٤	۰/۱۷
	جمع	۸۰۱۹۲/۸۵	۱۰۰

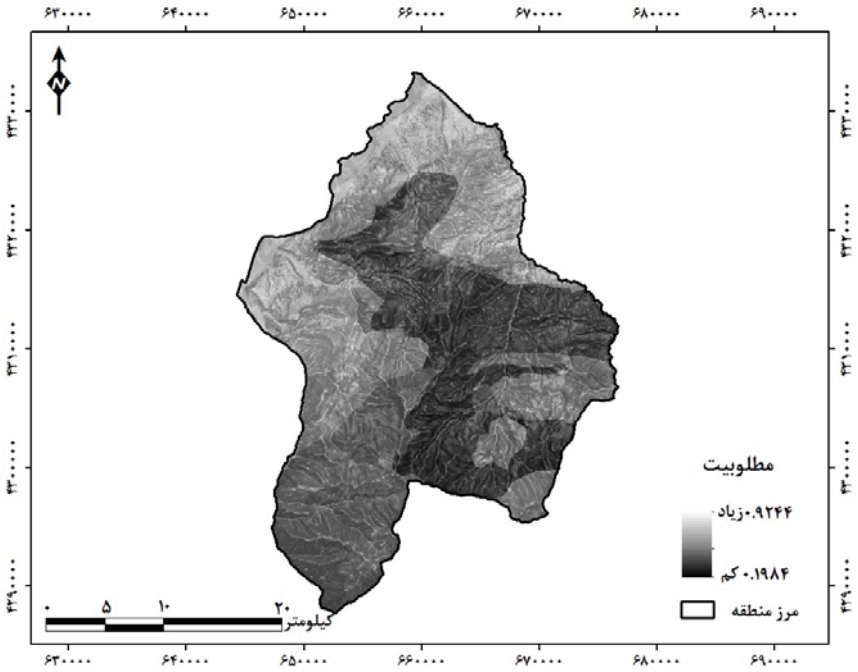
تهیه نقشه شایستگی عبور جاده

برای تهیه نقشه شایستگی ابتدا ارزش‌های معیارهای مورداستفاده با استفاده از روش منطق فازی استانداردسازی شدند تا به واحدهای قابل مقایسه و در تناسب باهم تبدیل شوند، سپس معیارها با استفاده از AHP وزن‌دهی شدند. طبق نتایج به‌دست‌آمده، معیار شیب بیشترین و معیار ارتفاع کمترین وزن را به خود اختصاص دادند (جدول ۲).

در مرحله بعد پس از وزن‌دهی، معیارها با استفاده از روش ترکیب وزن‌دهی خطی در ArcGIS تلفیق شدند و نقشه شایستگی عبور جاده به‌دست آمد که در شکل ۳ قابل‌مشاهده است.



شکل۲. نقشه توان اکوتوریسم تهیه‌شده با استفاده از شبکه عصبی



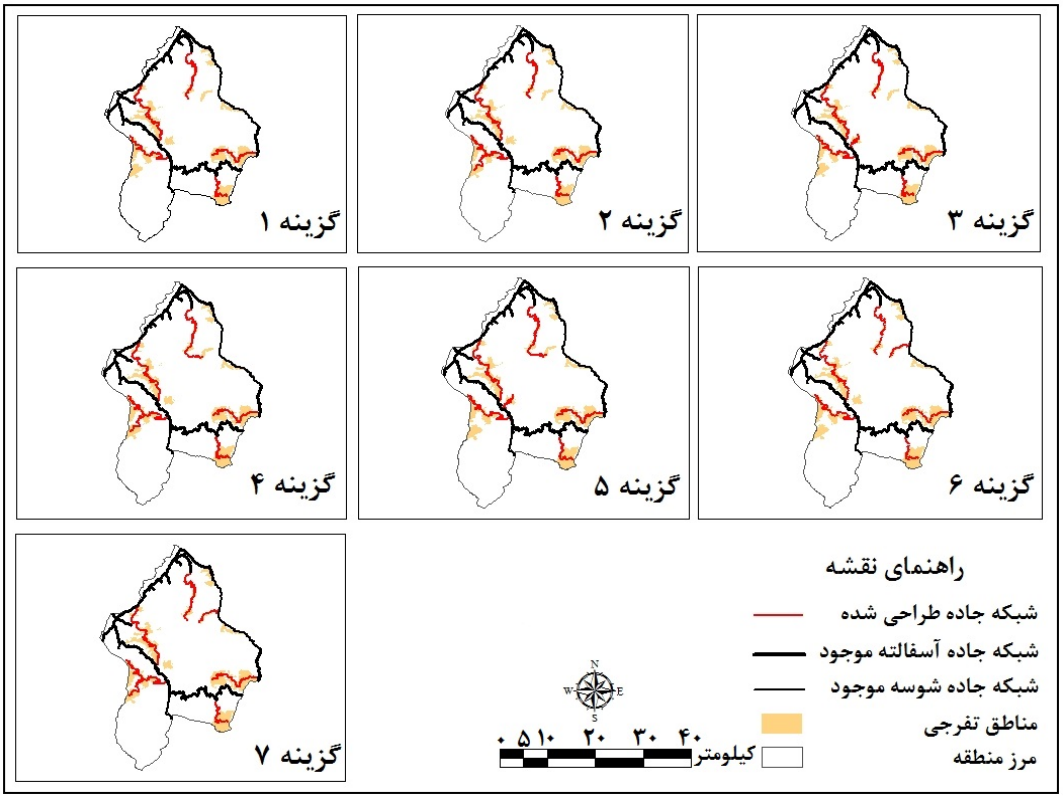
شکل۳. نقشه شایستگی عبور جاده

جدول ۲. اهمیت نسبی معیارهای نقشه قابلیت عبور جاده به‌دست‌آمده با AHP

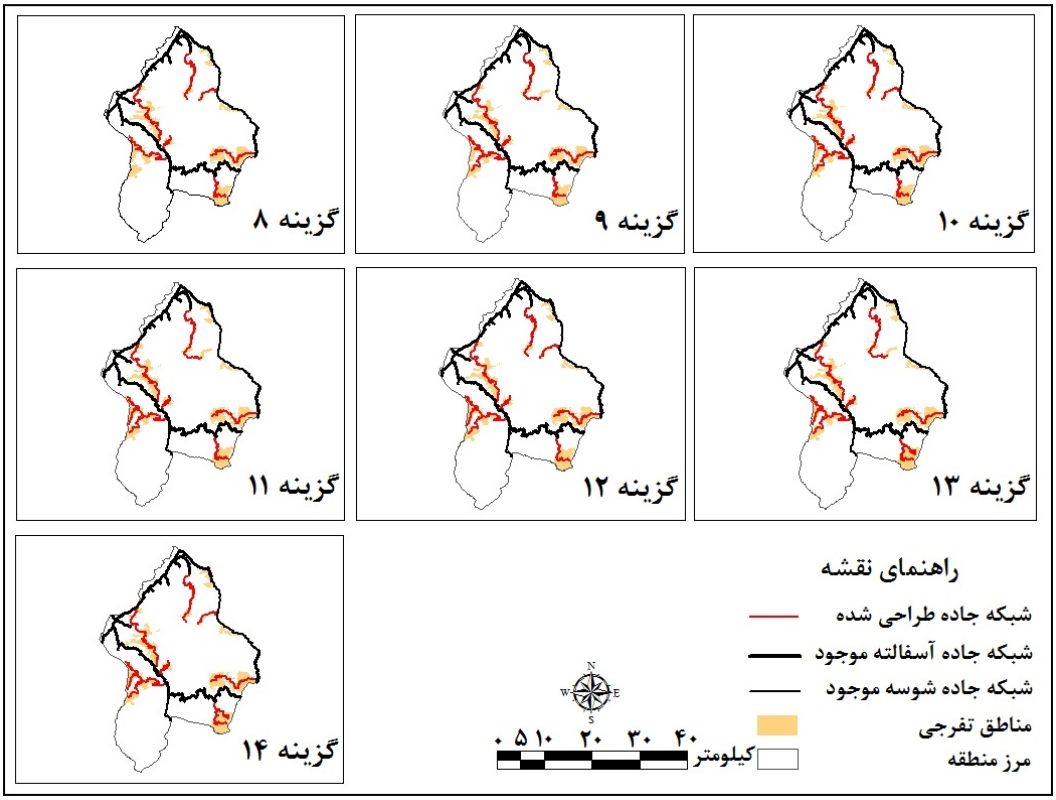
معیار	وزن نهایی
شیب	۰/۲۸۹
حساسیت به فرسایش	۰/۱۵۵
سنگ‌شناسی	۰/۱٤٤
بافت خاک	۰/۱۲۳
فاصله از رودخانه	۰/۰۹۸
تراکم پوشش‌گیاهی	۰/۰۵۸
جهت	۰/۰۵
فاصله از جاده موجود	۰/۰۵

طراحی گزینه‌ها

در کل با توجه به معیارهای فنی در طراحی شبکه جاده جنگلی و نقشه قابلیت عبور جاده و با در نظر گرفتن نقاط اجباری مثبت، شبکه‌های جاده با هدف دسترسی به مناطق تفرجی طراحی شدند. در کل ۱٤ گزینه شبکه جاده با استفاده از نرم‌افزار ضمیمه Pegger طراحی شدند که در شکل ٤ به‌صورت کلی نشان داده‌شده‌اند.



شکل۴. گزینه‌های طراحی‌شده



ادامه شکل۴. گزینه‌های طراحی‌شده

ارزیابی گزینه‌های طراحی شده

ارزیابی فنی طراحی مسیر

نتایج این ارزیابی نشان داد، حداقل طول و تراکم در گزینه‌های طراحی شده مربوط به گزینه ۱ و حداکثر این مقادیر مربوط به گزینه ١٤ است. حداقل درصد قابلیت دسترسی برای دسترسی آسان و متوسط مربوط به گزینه ۳ و حداکثر آن برای دسترسی آسان مربوط به گزینه ۱۲ و برای دسترسی متوسط مربوط به گزینه ۷ است. حداقل این مقدار برای مدل بکموند (دسترسی سخت) مربوط به گزینه ۱ و حداکثر آن مربوط به گزینه ۱۰ است. در مورد رقم بکموند که کوچک‌تر بودن آن ازلحاظ فنی مطلوب‌تر است، کمترین مقدار این معیار مربوط به گزینه ۱ است. درواقع این گزینه نسبت به بقیه گزینه‌ها با طول کمتری، دسترسی بیشتری را ایجاد می‌کند (جدول ۳).

ارزیابی اجتماعی- اقتصادی و شایستگی‌های محیط‌زیستی

ارزیابی چندمعیاری

در این ارزیابی گزینه ۷ با دارا بودن ارزش واحد طول ۷۲/۲٦، به‌عنوان گزینه با حداقل هزینه و اثرات محیط‌زیستی و گزینه ۱۳ با مقدار ۷۱/۷۳، از جهت هزینه و اثرات محیط‌زیستی گزینه نامطلوب است (جدول ٤).

برآورد هزینه عملیات خاکی

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، گزینه ۱۰ با هزینه برآوردی ۳٦۳۸٤۲٤۲ ریال در هر کیلومتر دارای حداقل هزینه عملیات خاکی و گزینه ۱۳ با هزینه ٤۰۷۱۰٥٦۲ ریال در هر کیلومتر دارای حداکثر هزینه عملیات خاکی است (جدول ٥).

جدول۳. طول و تراکم و قابلیت دسترسی شبکه‌های جاده طراحی‌شده

واریانت‌ها	مجموع ارزش استخراج‌شده	طول کل جاده (Km)	ارزش واحد طول
گزینه ۱	۱۸۰۹۵/۸٤	۲۵۱/۹۳	۷۱/۸۳
گزینه ۲	۱۸۷۲۳/۱۸	۲٦۰/۲۵	۷۱/۹٤
گزینه ۳	۱۸۷۲۹/۵۵	۲٦۱/۰۲	۷۱/۷٦
گزینه ٤	۱۹۱۱۵/۵۳	۲٦۵/۰٤	۷۲/۱۲
گزینه ۵	۱۹۱۲۱/۸۹	۲٦۵/۸۱	۷۱/۹٤
گزینه ٦	۱۸۷۳٦/۱۱	۲۵۹/٦۵	۷۲/۱٦
گزینه ۷	۱۹۳٦۳/٤۵	۲٦۷/۹۷	۷۲/۲٦
گزینه ۸	۱۹۳٦۹/۸۱	۲٦۸/۷٤	۷۲/۰۸
گزینه ۹	۱۹۷٤۹/۲۳	۲۷٤/۱٤	۷۲/۰٤
گزینه ۱۰	۱۹۹۹۷/۱٦	۲۷۷/۰۷	۷۲/۱۷
گزینه ۱۱	۱۹۹٦٦/۵۹	۲۷۷/٤۱	۷۱/۹۸
گزینه ۱۲	۲۰۲۱۵/۸٦	۲۸۰/۳٤	۷۲/۱۱
گزینه ۱۳	۲۰۳٦۳/۵۹	۲۸۳/۸۹	۷۱/۷۳
گزینه ۱٤	۲۰٦۱۲/۸۵	۲۸٦/۸۲	۷۱/۸۷

برآورد هزینه عملیات خاکی

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، گزینه ۱۰ با هزینه برآوردی ۳٦۳۸٤۲٤۲ ریال در هر کیلومتر دارای حداقل هزینه عملیات خاکی و گزینه ۱۳ با هزینه ٤۰۷۱۰۵٦۲ ریال در هر کیلومتر دارای حداکثر هزینه عملیات خاکی است (جدول ٤).

ارزیابی اجتماعی- اقتصادی و شایستگی‌های محیط‌زیستی

ارزیابی چندمعیاری

در این ارزیابی گزینه ۷ با دارا بودن ارزش واحد طول ۷۲/۲٦، به‌عنوان گزینه با حداقل هزینه و اثرات محیط‌زیستی و گزینه ۱۳ با مقدار ۷۱/۷۳، از جهت هزینه و اثرات محیط‌زیستی گزینه نامطلوب است (جدول ۵).

جدول۵. هزینه عملیات خاکی شبکه‌های جاده طراحی‌شده

واریانت‌ها	طول شبکه جاده (Km)	هزینه (ریال)	هزینه واحد طول (Km/ریال)
گزینه ۱	۱۰۲/۳۲	۳۹٦۳۹۹٦۸۵۸	۳۸۷٤۱۱۷۳
گزینه ۲	۱۱۰/٦٤	٤۲۵۳۱٤۲۲۸٤	۳۸٤٤۱۲۷۲
گزینه ۳	۱۱۱/٤۱	٤۲٦۷۰۲۷۸٦٦	۳۸۳۰۰۲۲۳
گزینه ٤	۱۱۵/٤۳	٤۳۳۲۰٦۳۵۹۲	۳۷۵۲۹۷۸۹
گزینه ۵	۱۱٦/۲	٤۳٤۵۹٤۹۱۷٤	۳۷٤۰۰۵۹۵
گزینه ٦	۱۱۰/۰٤	٤۰٦۷۲٤٤۳٤٤	۳٦۹٦۱۵۰۸
گزینه ۷	۱۱۸/۳٦	٤۳۵٦۳۸۹۷۷۰	۳٦۸۰٦۲٦۷
گزینه ۸	۱۱۹/۱۳	٤۳۷۰۲۷۵۳۵۲	۳٦٦۸٤۹۲۷
گزینه ۹	۱۲٤/۵۳	٤٦۳۵۰۹٤٦۰۰	۳۷۲۲۰۷۰۷
گزینه ۱۰	۱۲۷/٤٦	٤٦۳۷۵۳۵٤۳٦	۳٦۳۸٤۲٤۲
گزینه ۱۱	۱۲۷/۸	٤۹٦۳۹٤۳۰۷۸	۳۸۸٤۱٤۹۵
گزینه ۱۲	۱۳۰/۷۳	٤۹۸۸۹۲۷۳۳٤	۳۸۱٦۲۰٦۹
گزینه ۱۳	۱۳٤/۲۸	۵٤٦٦٦۱٤۲۰٤	٤۰۷۱۰۵٦۲
گزینه ۱٤	۱۳۷/۲۱	۵٤۹۱۵۹۸٤٦۰	٤۰۰۲۳۳۱۱

جدول۴. ارزیابی شبکه‌های جاده طراحی‌شده بر روی نقشه شایستگی عبور جاده

واریانت‌ها	طول کل جاده (Km)	تراکم کل (m/ha)	فاصله بین جاده‌ها (m)RS	فاصله دسترسی از هر طرف جاده			قابلیت دسترسی جاده			رقم بکموند (RD/OP%)
				آسان (m)RS/۸	متوسط (m)RS/٤	سخت (m)RS/۲	آسان (٪)	متوسط (٪)	سخت (٪)	
گزینه ۱	۲۵۱/۹۳	۳/۱٤	٤٤٥۹	٥٥۷	۱۱۱٥	۲۲۳۰	۲٤/۹٥	٤۲/٤۳	٦۳/۱٦	۰/۰٤۹۷
گزینه ۲	۲٦۰/۲٥	۳/۲٤	٤۳۲۱	٥٤۰	۱۰۸۰	۲۱٦۱	۲٥/۱٤	٤۲/۸۷	٦٤/۰۳	۰/۰٥۰٦
گزینه ۳	۲٦۱/۰۲	۳/۲٥	٤۳۰۸	٥۳۹	۱۰۷۷	۲۱٥٤	۲٤/۸٦	٤۲/۳۱	٦۳/۱۷	۰/۰٥۱٤
گزینه ٤	۲٦٥/۰٤	۳/۳	٤۲٤۲	٥۳۰	۱۰٦۱	۲۱۲۱	۲٥/۲۳	٤۳/۲٥	٦٤/۷٥	۰/۰٥۰۹
گزینه ٥	۲٦٥/۸۱	۳/۳۱	٤۲۳۰	٥۲۹	۱۰٥۸	۲۱۱٥	۲٤/۹٦	٤۲/٦۹	٦۳/۹۱	۰/۰٥۱۷
گزینه ٦	۲٥۹/٦٥	۳/۲٤	٤۳۲۱	٥٤۰	۱۰۸۰	۲۱٦۱	۲٥/۰۸	٤۲/۹۳	٦۳/۷٥	۰/۰٥۰۸
گزینه ۷	۲٦۷/۹۷	۳/۳٤	٤۱۹۲	٥۲٤	۱۰٤۸	۲۰۹٦	۲٥/۲٦	٤۳/۳۷	٦٤/٦۸	۰/۰٥۱٦
گزینه ۸	۲٦۸/۷٤	۳/۳٥	٤۱۷۹	٥۲۲	۱۰٤٥	۲۰۹۰	۲٤/۹٦	٤۲/۸۲	٦۳/۸٥	۰/۰٥۲٤
گزینه ۹	۲۷٤/۱٤	۳/٤۲	٤۰۹٤	٥۱۲	۱۰۲٤	۲۰٤۷	۲٥/۰۸	٤۳/۰٤	٦٤/۷٤	۰/۰٥۲۸
گزینه ۱۰	۲۷۷/۰۷	۳/٤٥	٤۰٥۸	٥۰۷	۱۰۱٥	۲۰۲۹	۲٥/۱٤	٤۳/۲٥	٦٤/۷۸	۰/۰٥۳۲
گزینه ۱۱	۲۷۷/٤۱	۳/٤٦	٤۰٤٦	٥۰٦	۱۰۱۲	۲۰۲۳	۲٥/۲۱	٤۲/۹۲	٦٤/۳۸	۰/۰٥۳۷
گزینه ۱۲	۲۸۰/۳٤	۳/٤۹	٤۰۱۱	٥۰۱	۱۰۰۳	۲۰۰٦	۲٥/۲۷	٤۳/۱۳	٦٤/٤٤	۰/۰٥٤۱
گزینه ۱۳	۲۸۳/۸۹	۳/٥٤	۳۹٥٥	٤۹٤	۹۸۹	۱۹۷۸	۲٥/۱۸	٤۲/۷٤	٦۳/۹۸	۰/۰٥٥۳
گزینه ۱٤	۲۸٦/۸۲	۳/٥۸	۳۹۱۱	٤۸۹	۹۷۸	۱۹٥٦	۲٥/۲۲	٤۲/۸۸	٦۳/۹۹	۰/۰٥٥۹

محاسبه دسترسی گزینه‌ها به مناطق تفرجی

طبق نتایج به‌دست‌آمده، گزینه ۱٤ با عبور ۲۷/۸٥٪ از مناطق تفرجی، دسترسی بیشتری به مناطق تفرجی و گزینه ۱ با عبور ۲۳/۹۸٪ از مناطق تفرجی دسترسی کمتری به این مناطق ایجاد کرده است (جدول ٦).

جدول۶. درصد دسترسی شبکه‌های جاده طراحی‌شده به مناطق تفرجی

واریانت‌ها	طبقات تفرجی			مجموع درصد مناطق تفرجی
	تفرج متمرکز طبقه ۲	تفرج گسترده طبقه ۲	نامناسب برای تفرج	
گزینه ۱	۰/۸	۲۳/۱۸	۷٦/۰۲	۲۳/۹۸
گزینه ۲	۰/۷۸	۲٤	۷٥/۲۲	۲٤/۷۸
گزینه ۳	۰/۷۸	۲٤/٥٦	۷٤/٦٦	۲٥/۳٤
گزینه ٤	۰/۹٥	۲۳/٥٦	۷٥/٤۹	۲٤/٥۱
گزینه ٥	۰/۹٤	۲٤/۱۱	۷٤/۹٥	۲٥/۰٥
گزینه ٦	۲/۱۱	۲۲/٤۹	۷٥/٤	۲٤/٦
گزینه ۷	۲/۰٤	۲۳/۳۱	۷٤/٦٥	۲٥/۳٥
گزینه ۸	۲/۰٤	۲۳/۸٥	۷٤/۱۱	۲٥/۸۹
گزینه ۹	۰/۹۲	۲٤/۸٦	۷٤/۲۲	۲٥/۷۸
گزینه ۱۰	۱/۹۷	۲٤/٦۱	۷۳/٤۲	۲٦/٥۸
گزینه ۱۱	۰/۹	۲٥/٦٥	۷۳/٤٥	۲٦/٥٥
گزینه ۱۲	۱/۹٥	۲٥/۳۹	۷۲/٦٦	۲۷/۳٤
گزینه ۱۳	۰/۸۸	۲٦/۲۱	۷۲/۹۱	۲۷/۰۹
گزینه ۱٤	۱/۹۱	۲٥/۹٤	۷۲/۱٥	۲۷/۸٥

محاسبه پوشش روستاها توسط گزینه‌ها

در این ارزیابی، گزینه ٤ با درصد پوشش ۱۳/۵۸٪ روستاهای بیشتری و گزینه ١٤ با درصد پوشش ۱۲/۵۵٪ روستاهای کمتری را در هر کیلومتر پوشش داده است (جدول ۷).

جدول۷. روستاهای پوشش داده‌شده توسط شبکه‌های جاده طراحی‌شده

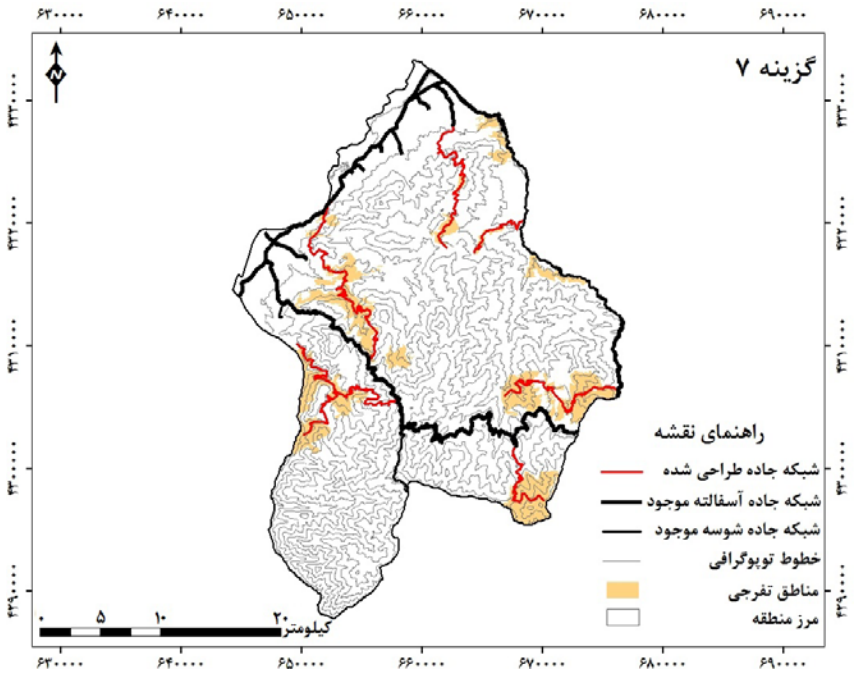
واریانت‌ها	تعداد روستا	طول کل جاده (Km)	پوشش روستا در واحد طول (٪)
گزینه ۱	٣٤	٢٥١/٩٣	١٣/٥
گزینه ۲	٣٥	٢٦٠/٢٥	١٣/٤٥
گزینه ۳	٣٥	٢٦١/٠٢	١٣/٤١
گزینه ٤	٣٦	٢٦٥/٠٤	١٣/٥٨
گزینه ٥	٣٦	٢٦٥/٨١	١٣/٥٤
گزینه ٦	٣٤	٢٥٩/٦٥	١٣/٠٩
گزینه ۷	٣٥	٢٦٧/٩٧	١٣/٠٦
گزینه ۸	٣٥	٢٦٨/٧٤	١٣/٠٢
گزینه ۹	٣٧	٢٧٤/١٤	١٣/٥
گزینه ۱۰	٣٦	٢٧٧/٠٧	١٢/٩٩
گزینه ۱۱	٣٧	٢٧٧/٤١	١٣/٣٤
گزینه ۱۲	٣٦	٢٨٠/٣٤	١٢/٨٤
گزینه ۱۳	٣٧	٢٨٣/٨٩	١٣/٠٣
گزینه ١٤	٣٦	٢٨٦/٨٢	١٢/٥٥

ارزیابی نهایی گزینه‌ها

گزینه‌ها با توجه به ارزیابی‌های انجام‌گرفته رتبه‌بندی شدند، به‌طوری‌که رتبه‌های کمتر نشان‌دهنده مطلوبیت بهتر می‌باشند. بنابراین با توجه به ارزیابی چندمعیاری و هزینه عملیات خاکی، گزینه‌های ٦، ۷، ۸ و ۱۰ به‌عنوان گزینه‌های دارای رتبه‌های برتر (رتبه‌های اول تا سوم) انتخاب شدند. نتایج حاصل از ارزیابی فنی طراحی مسیر (روش بکموند) نشان داد، رقم بکموند در گزینه‌های ٦، ۷، ۸ و ۱۰ به ترتیب ۰/۰۵۰۸، ۰/۰۵۱٦، ۰/۰۵۲٤ و ۰/۰۵۳۲ و درصد قابلیت دسترسی (مدل بکموند) این گزینه‌ها به ترتیب، ٦٣/٧٥٪، ٦٤/٦٨٪، ٦٣/٨٥٪ و ٦٤/٧٨٪ است. بنابراین با توجه به رقم بکموند از بین این چهار گزینه، گزینه ٦ به‌عنوان گزینه بهینه اول انتخاب شد و گزینه‌های دیگر در رده‌های بعدی قرار گرفتند. با توجه به نتایج محاسبه دسترسی گزینه‌ها به مناطق تفرجی، گزینه‌های ۱۰، ۸، ۷ و ٦ به ترتیب با درصد عبور ٢٦/٥٨٪، ٢٥/٨٩٪، ٢٥/٣٥٪ و ٢٤/٦٪ به‌عنوان گزینه بهینه اول، دوم، سوم و چهارم انتخاب شدند. در ارزیابی پوشش روستاها توسط گزینه‌ها، گزینه‌های ٦، ۷، ۸ و ۱۰ به ترتیب دارای درصد پوشش ۱۳/۰۹٪، ۱۳/۰٦٪، ۱۳/۰۲٪ و ۱۲/۹۹٪ هستند. لذا گزینه ٦ با درصد پوشش روستای بیشتر، مطلوب‌ترین گزینه است. با توجه به مجموع رتبه‌های حاصل از ارزیابی‌ها، به ترتیب گزینه ۷ رتبه اول، گزینه ۱۰ رتبه دوم و گزینه ٦ رتبه سوم را کسب کردند. جدول ۸ خلاصه نتایج ارزیابی نهایی گزینه‌ها را نشان می‌دهد و در شکل ٥ گزینه بهینه پیشنهادی (گزینه ۷) قابل‌مشاهده است.

جدول۸. رتبه گزینه‌ها در ارزیابی‌های مختلف

واریانت‌ها	ارزیابی چندمعیاری	هزینه عملیات خاکی	روش بکموند	دسترسی به مناطق تفرجی	پوشش روستا	مجموع رتبه‌ها	اولویت واریانت‌ها
گزینه ٦	٣	٤	١	٤	١	١٣	سوم
گزینه ٧	١	٣	٢	٣	٢	١١	اول
گزینه ٨	٤	٢	٣	٢	٣	١٤	چهارم
گزینه ١٠	٢	١	٤	١	٤	١٢	دوم



شکل۵. شبکه جاده پیشنهادی

بحث و نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر در مدل‌سازی پهنه‌های دارای توان گردشگری، شبکه عصبی مصنوعی توانست با دقت بالایی (۹۸ درصد) مناطق تفرجی منطقه را پیش‌بینی و طبقه‌بندی کند. بنابراین با توجه به شکل ۲ بخش بیشتری از منطقه فاقد توان برای تفرج است و تنها ۱۰/۲٦ درصد منطقه دارای توان گردشگری است، که می‌بایستی برنامه‌ریزی گردشگری با توجه به حفاظتی بودن منطقه برای این مناطق مستعد انجام گیرد. با توجه به این مسئله شبکه‌های جاده (شکل ٤) به‌منظور ایجاد دسترسی به مناطق دارای توان تفرجی و درنتیجه توسعه گردشگری در مناطق مستعد طراحی شدند. سپس گزینه‌های طراحی‌شده جهت انتخاب گزینه بهینه به روش‌های فنی و اجتماعی- اقتصادی و شایستگی‌های محیطزیستی مطابق با مطالعات انجام‌گرفته ارزیابی شدند. در پژوهش‌های پیشین انجام‌گرفته در رابطه با طراحی شبکه جاده به‌منظور تولید چوب، عبدی (۱۵) در مطالعه خود از ارزیابی اقتصادی و فنی بهره گرفت، حیاتی و همکاران (۳٤) و جوانمرد (۳) از ارزیابی چندمعیاره محیطزیستی و هزینه و شاهسوند بغدادی و همکاران (۱۱) از ارزیابی محیطزیستی و فنی جهت مقایسه گزینه‌ها استفاده کردند. کالی سکان (۲۹) در مطالعه خود جاده

طراحی‌شده را با معیارهای بکموند ارزیابی نمود. گوموس و همکاران (۳۳) جاده طراحی‌شده و موجود را به لحاظ قابلیت افتتاحی و اثرات محیط‌زیستی مقایسه کردند. همچنین هیبرنیک و پوتوکنیک (۳۵) در تحقیقی جاده‌های طراحی‌شده را ازلحاظ فنی، اقتصادی (کاهش هزینه چوبکشی) و نقش چندمنظوره جنگل بررسی کردند. ازنظر ارزیابی تفرجی، صالحی و همکاران (۱۲) با استفاده از ارزیابی چندمعیاری وضعیت کنونی جاده پارک جنگلی را ازنظر چشم‌انداز و معیارهای فنی از قبیل شیب، جهت، ارتفاع، پوشش‌گیاهی و حساسیت به فرسایش ارزیابی کردند. در مطالعه حاضر ارزیابی شبکه جاده‌های جنگلی طراحی‌شده باهدف دسترسی و گردشگری در منطقه با توجه به روش‌های مورداستفاده برای ارزیابی شبکه‌های جاده انجام گرفت. با توجه به نتایج روش بکموند (جدول ۳) مشاهده شد که در کل با بالا رفتن تراکم، فاصله بین جاده‌ها کاهش می‌یابد، درنتیجه میزان دسترسی در بین گزینه‌ها تغییر چندانی نمی‌کند و در تراکم‌های بالاتر به دلیل انشعاب جاده‌ها و ایجاد پوشش مشترک میزان قابلیت دسترسی کاهش می‌یابد. از طرفی با توجه به این‌که با افزایش تراکم، میزان پوشش مشترک یا پوشش مرده نیز افزایش می‌یابد، درنتیجه در کل با افزایش تراکم رقم بکموند نیز افزایش پیدا می‌کند و مطلوبیت و کیفیت شبکه کاهش می‌یابد. لذا نتایج به‌دست‌آمده از ارزیابی فنی طراحی مسیر با نتایج مطالعه عبدی (۱۵) و شاهسوند بغدادی و همکاران (۱۱) همخوانی دارد. در ارزیابی فنی روش بکموند، رقم بکموند به‌عنوان یک اصل اساسی در ارزیابی در نظر گرفته می‌شود، این رقم درواقع کیفیت شبکه‌بندی را نشان می‌دهد، به‌طوری‌که هرچقدر این رقم کمتر باشد شبکه کیفیت بهتری دارد یعنی ازنظر تئوری شبکه با حداقل طول، حداکثر دسترسی را به منطقه ایجاد می‌کند. در ارزیابی چندمعیاری، گزینه‌ها بیشتر ازلحاظ اقتصادی و اثرات محیط‌زیستی ارزیابی شدند. بنابراین معیارهای شیب، ارتفاع و سنگ‌شناسی با تأثیر غیرمستقیم بر هزینه و معیارهای حساسیت به فرسایش، بافت خاک، جهت دامنه و فاصله از رودخانه ازنظر تأثیرات محیط‌زیستی موردتوجه قرار گرفتند. ازنظر تراکم پوشش‌گیاهی، در مطالعه حاضر مناطق دارای تراکم پوشش بیشتر برای عبور جاده با ارجحیت بیشتری در نظر گرفته شد. همچنین به‌منظور ایجاد شبکه‌بندی باکیفیت‌تر رعایت فاصله مناسب (۲۵۰ متر) از جاده موجود موردتوجه قرار گرفت. بنابراین با توجه به این ارزیابی، گزینه باارزش بیشتر (دارای مجموع ارزش پیکسل بیشتر) گزینه‌ای است که هزینه و اثرات محیط‌زیستی کمتری دارد و مطلوب‌تر است. ارزیابی بر اساس هزینه عملیات خاکی یک روش ارزیابی برآوردی است که محاسبات در این روش برمبنای شیب عرضی دامنه انجام می‌گیرد. به‌طوری‌که در محیط GIS با به‌دست‌آوردن میزان عبور مسیرها از کلاسه‌های شیب عرضی دامنه و برآورد حجم عملیات خاکی با توجه به پروفیل نرمال دامنه (عدد قرمز صفر) برآوردی از هزینه عملیات خاکی به دست می‌آید. با توجه به این‌که در طراحی و ساخت شبکه جاده مسائل اقتصادی-محیط‌زیستی بااهمیت بیشتری در نظر گرفته می‌شوند. از طرفی در طراحی شبکه جاده‌های جنگلی اصول و نکات فنی نیز نقش بسیار مهمی دارند که بایستی در نظر گرفته شوند. بنابراین ابتدا گزینه‌ها بر اساس ارزیابی اقتصادی و محیط‌زیستی چندمعیاری و هزینه عملیات خاکی، ارزیابی و انتخاب شدند و سپس گزینه‌ها با توجه به هدف دسترسی ازلحاظ فنی و با توجه به مسائل اجتماعی بررسی و ارزیابی شدند. درنهایت با توجه به مجموع رتبه‌های حاصل از ارزیابی‌ها، گزینه ۷ با تراکم ۳/۳٤ متر در هکتار، قابلیت دسترسی (سخت) ٦٤/٦٨ درصد، هزینه عملیات خاکی ۳٦۸۰٦۲٦۷ ریال برای هر کیلومتر جاده طراحی‌شده و با بیشترین ارزش واحد طول و درنتیجه حداقل هزینه و اثرات محیط‌زیستی به‌عنوان گزینه بهینه انتخاب شد. این روند ارزیابی مطابق بامطالعه عبدی (۱۵) و شاهسوند بغدادی و همکاران (۱۱) برای ارزیابی گزینه‌ها استفاده شد. به‌طوری‌که در مطالعه عبدی (۱۵) بر اساس ارزیابی اقتصادی و در مطالعه شاهسوند بغدادی و همکاران (۱۱) بر اساس ارزیابی محیط‌زیستی ابتدا گزینه‌ها ارزیابی و گزینه‌های دارای رتبه‌های برتر انتخاب شدند و درنهایت در هر دو مطالعه گزینه‌های انتخابی با توجه به روش‌های فنی (بکموند و زگبادن و غیره)

رتبه‌بندی شدند. در مطالعات پیشین موردبحث، طراحی و ارزیابی شبکه جاده‌ها بیشتر باهدف چوبکشی و تولید چوب بوده است. ولی باگذشت زمان و مطرح‌شدن دیگر کارکردهای جنگل و استفاده چندمنظوره از مناطق جنگلی و همچنین رشد سریع گردشگری طبیعت، مطالعه حاضر به این مبحث توجه ویژه‌ای داشته و در یک منطقه حفاظت‌شده جنگلی دارای پتانسیل گردشگری و فاقد توان تولید چوب، طراحی و ارزیابی شبکه‌های جاده را جهت ایجاد دسترسی و توسعه گردشگری و همچنین بهبود وضعیت حفاظتی منطقه موردتوجه قرارداد. تا در مرحله بعدی جاده‌های موجود مطابق با شبکه جاده پیشنهادی برای منطقه تصحیح و در جهت توسعه گردشگری بکار گرفته شوند. تا بدین ترتیب هزینه ساخت و تعمیر و نگهداری و همچنین تخریب محیط‌زیستی در اثر ساخت جاده جدید کاهش یابد.

با توجه به مطالب ذکرشده می‌توان نتیجه گرفت، برنامه‌ریزی گردشگری همواره نیازمند توسعه زیرساخت‌های اقتصادی به‌ویژه مسیرهای دسترسی است، تا بدین ترتیب مناطق گردشگری در دسترس گردشگران قرار گیرد. بنابراین ایجاد دسترسی به مناطق دارای توان تفرجی و ارتباط این مناطق معیارهایی هستند که در مرحله طراحی مسیرهای دسترسی در منطقه موردمطالعه در نظر گرفته می‌شوند. طراحی و ارزیابی شبکه‌های جاده با استفاده از روش پرکاربرد تصمیم‌گیری و ارزیابی چندمعیاره در محیط GIS با دقت بالاتر و با صرف زمان کمتر می‌تواند انجام گیرد. بنابراین با استفاده از قابلیت‌های GIS و با در نظر گرفتن مسائل اقتصادی، محیط‌زیستی و فنی می‌توان به طراحی اصولی شبکه جاده پرداخت، تا در مرحله بعدی شبکه نامنظم جاده موجود با توجه به شبکه جاده طراحی‌شده جهت رسیدن به هدف دسترسی و کاهش هزینه‌های جاده‌سازی و اثرات محیط‌زیستی اصلاح و بکار گرفته شود. در کل برنامه‌ریزی گردشگری در منطقه حفاظتی ارسباران برای مدیریت و حفاظت این جنگل‌ها می‌تواند با طراحی شبکه جاده در جهت توسعه و تکمیل جاده‌های موجود به‌منظور دسترسی به مناطق تفرجی و توسعه گردشگری در منطقه انجام گیرد.

منابع مورد استفاده

۱. آریاپور، ع.، م. حدیدی، ا. کرمی، گ. خردمند و م. گودرزی. ۱۳۹۶. مدل‌سازی بومگردی در تفرج گسترده با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: منطقه ونایی بروجرد). سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی، ۸(۱): ۱۱۵-۱۳۵.

۲. پیرو، ص.، ا. نجفی و س. ج. علوی. ۱۳۹۳. مدل‌سازی عرض عملیات خاکی جاده‌های جنگلی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون خطی چندگانه. نشریه توسعه پایدار جنگل، ۱(۳): ۲۸۵-۲۹۶.

۳. جوانمرد، م. ۱۳۹٤. طراحی شبکه جاده جنگلی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و GIS. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع‌طبیعی، دانشگاه تهران. ۸۰ صفحه.

٤. خلیلی، م. ا.، س. ع. حسینی، م. ر. پورمجیدیان و ا. فلاح. ۱۳۸۹. اثر احداث جاده جنگلی بر توسعه روستاهای جنگلی (مطالعه موردی: سری ۲ بخش ٦ طرح جنگلداری نکا-ظالم‌رود). مجله پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، ۱۷(۳): ۱۹-۳٦.

۵. راکعی، ب.، م. خامه‌چیان، پ. عبدالملکی و پ. گیاهچی. ۱۳۸٦. کاربرد سیستم شبکهٔ عصبی مصنوعی در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش، مطالعه موردی: ناحیه سفیدار گله در استان سمنان. مجله علوم دانشگاه تهران، ۳۳(۱): ۵۷-٦٤.

٦. رفیعیان، ا.، س. ع. ا. میر راضی، ن. عبدالعلی پور و ا. گلابی. ۱۳۹۳. انتخاب مناطق مستعد طبیعت‌گردی پناهگاه حیات‌وحش کیامکی به روش تصمیم‌گیری چندمعیاره. سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۵(٤): ۹۵-۱۰۸.

۷. زبردست، ل.، ح. ر. جعفری، ض. بادهیان و م. عاشق معلا. ۱۳۸۹. ارزیابی روند تغییرات پوشش اراضی منطقه حفاظت‌شده ارسباران در فاصله زمانی ۲۰۰۲، ۲۰۰٦ و ۲۰۰۸ میلادی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای. پژوهش‌های محیط‌زیست، ۱(۱): ۲۳-۳۳.

۸. سازمان برنامه‌وبودجه کشور. ۱۳۹٦. فهرست‌بهای واحد پایه رشته آبخیزداری و منابع‌طبیعی. ۱۲۷ صفحه.

۹. سپهوند، ا. ۱۳۸۲. بررسی قابلیت‌های افتتاحی گزینه‌های

مختلف به‌منظور تکمیل شبکه جاده‌های سری پاتم در یک جنگلداری چندمنظوره. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع‌طبیعی، دانشگاه تهران. ۱٤۲ صفحه.

۱۰. سرهنگ‌زاده، ج. و م. مخدوم. ۱۳۸۱. آمایش سرزمین منطقه حفاظت‌شده ارسباران. محیط‌شناسی، ۲۸(۳۰): ۳۱-٤۲.

۱۱. شاهسوند بغدادی، ن.، م. پیرباوقار و ه. سبحانی. ۱۳۹۰. طراحی شبکه جاده جنگلی با رعایت مسائل زیست‌محیطی، فنی و اقتصادی با استفاده از GIS و AHP (مطالعه موردی: بخش بهاربن جنگل خیرود). فصلنامهٔ علمی-پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۹(۳): ۳۸۰-۳۹۵.

۱۲. صالحی، ع.، س. راهبری سی‌سخت و ش. جهانگیریان. ۱۳۹٤. ارزیابی وضعیت طراحی جاده‌های پارک جنگلی یاسوج ازنظر استفاده از چشم‌انداز طبیعی. مجله جنگل ایران، ۷(۳): ۳۷۷-۳۸۸.

۱۳. طالبی، م.، ب. مجنونیان، ا. عبدی و م. ر. الهیان. ۱۳۹٤. بررسی کمی و کیفی استانداردهای ساخت جاده‌های جنگلی منطقه ارسباران. نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، ۲۲(۲): ۱۹-۳٤.

۱٤. عباسیان، ع.، ر. نقدی و ا. قجر. ۱۳۹٦. طراحی مسیر جاده جنگلی بر اساس نتایج مدل شبکه عصبی مصنوعی حساسیت به زمین‌لغزش (مطالعه موردی حوضه آبخیز کجور). جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع‌طبیعی ایران، ۷۰(۳): ٤۹۹-۵۰۸.

۱۵. عبدی، ا. ۱۳۸٤. طراحی شبکه جاده جنگلی با حداقل هزینه ساخت با استفاده از GIS (مطالعه موردی: بخش نم‌خانه). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع‌طبیعی، دانشگاه تهران. ۸٤ صفحه.

۱٦. علیزاده، س. م.، ب. مجنونیان و ع. ا. درویش‌صفت. ۱۳۸۹. امکان‌سنجی طراحی و ارزیابی گزینه‌های مختلف شبکه جاده با بهره‌گیری از GIS و بررسی‌های میدانی (بررسی موردی: بخش چلیر- جنگل خیرود). نشریه جنگل و فرآورده‌های چوب، ٦۳(٤): ۳۹۹-٤۰۸.

۱۷. کیا، س. م. ۱۳۹٤. شبکه‌های عصبی در MATLAB. چاپ چهارم، انتشارات دانشگاهی کیان. ٤۰۸ صفحه.

۱۸. مخدوم، م. ۱۳۸۹. شالوده آمایش سرزمین. چاپ نهم، انتشارات دانشگاه تهران. ۲۸۹ صفحه.

۱۹. مخدوم، م.، ع. ا. درویش صفت، ه. جعفرزاده و م. عبدالرضا. ۱۳۸۰. ارزیابی و برنامه‌ریزی محیط‌زیست با سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS). چاپ اول، موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران. ۳۰٤ صفحه.

۲۰. مصطفی، م.، ن. رأفت نیا، ش. شتابی و ه. غضنفری. ۱۳۸۹. طراحی شبکه جاده‌های حوزه طرح جنگل‌داری چندمنظوره آرمرده بانه با استفاده از GIS. مجله پژوهش‌های علوم و فنون چوب و جنگل، ۱۷(۱): ۱۲۹-۱۳۳.

۲۱. معاونت نظارت راهبردی امور نظام فنی. ۱۳۹۰. راهنمای طرح، اجرا و بهره‌برداری راه‌های جنگلی. نشریه شماره ۱۳۱. ۱۵۹ صفحه.

۲۲. مقدسی، پ.، س. ع. حسینی و ا. فلاح. ۱۳۹٤. به‌کارگیری فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) در طراحی شبکهٔ جادهٔ جنگلی بر اساس جنگل‌داری چندمنظوره. جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع طبیعی ایران، ٦۸(۲): ۳۸۳-۳۹٤.

۲۳. مهندسین مشاور جامع ایران. ۱۳۷۵. مطالعات توجیهی مدیریت منابع‌طبیعی تجدیدشونده حوزه آبخیز ارسباران شمالی. گزارش شماره ۸ جنگل و بیشه‌زار. ۱۲۰ صفحه.

۲٤. نقدی، ف.، س. م. حسینی و ش. صدر. ۱۳۹۳. ارزیابی توان اکولوژیک اراضی با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و فرایند تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: اراضی حاشیه شهر تبریز). سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۵(۳): ۵۷- ٦۵.

۲۵. وفاخواه، م. و ه. سعیدیان. ۱۳۹۳. پیش‌بینی رواناب و رسوب به کمک شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون چندمنظوره در مارن‌های آغاجاری. مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران، ٦۷(۳): ٤۸۷-٤۹۹.

26. Bai Y, Kou X, An S, Ouyang Y, Wang J, Zhu X. 2014. Integrated Planning of Tourism Investment and Transportation Network Design. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, (2467): 91-100.
27. Bhuiyan MAH, Siwar C, Ismail SM, Islam R. 2011. Ecotourism development in recreational forest areas. American Journal of Applied Sciences, 8(11): 1116-1121.
28. Borzoei B, Maleknia R, Zeinivand H. 2014. Ecological Capability Evaluation of Taf Traditional-Property for Intensive Recreation based on MCDM. TI Journals (Agriculture Science Developments), 3(2): 175-182.
29. Çalışkan E. 2013. Planning of forest road network

and analysis in mountainous area. Life science journal, 10(2): 2456-2465.
30. Clius M, Teleucă A, David O, Moroşanu A. 2012. Trail accessibility as a tool for sustainable management of protected areas: case study Ceahlău National Park, Romania. Procedia Environmental Sciences, 14: 267-278.
31. Dragan M, Cocean G. 2015. Constraints on Tourism Development Caused by the Road Network in the Apuseni Mountains. Romanian Review of Regional Studies, 11(2): 85-94.
32. Enache A, Stampfer K, Ciobanu V, Brânzea O, Duta C. 2011. Forest road network planning with state of the art tools in a private forest district from lower Austria. Bulletin of the Transilvania University of Brasov Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering Series II, 4(2): 33-40.
33. Gumus S, Acar HH, Toksoy D. 2008. Functional forest road network planning by consideration of environmental impact assessment for wood harvesting. Environmental monitoring and assessment, 142(1-3): 109-116.
34. Hayati E, Majnounian B, Abdi E, Sessions J, Makhdoum M. 2013. An expert-based approach to forest road network planning by combining Delphi and spatial multi-criteria evaluation. Environmental monitoring and assessment, 185(2): 1767-1776.
35. Hribernik B, Potočnik I. 2013. Forest Opening in Multipurpose Private Forest-Case Study. Nova mehanizacija šumarstva: Časopis za teoriju i praksu šumarskoga inženjerstva, 34(1): 29-37.
36. Onyeocha OUA, Nnaji L, Anyanwu LA, Ajoku ST, Opoola A, Faith YE, Maduakolam CC. 2015. The impact of road transportation infrastructure on tourism development in Nigeria. Pearl Journal of Management, Social Science and Humanities, 1(2): 48-55.
37. Safi Y, Bouroumi A. 2013. Prediction of forest fires using artificial neural networks. Applied Mathematical Sciences, 7(6): 271-286.
38. Zheng X, Sun M, Chen Y, Wang X. 2006. Evaluation of regional ecotourism suitability based on GIS and artificial neural network model: A case study of Zhejiang Province, China. Chinese Journal of Ecology, 25(11): 1435-1441.

RS & GIS for Natural Resources
(Vol. 9/ Issue 1) spring 2018
Indexed by ISC, SID, Magiran and Noormags
http://girs.iaubushehr.ac.ir

Forest road network designing for tourism development in Arasbaran protected area using GIS

M. Talebi [1], B. Majnounian [2*], M. Makhdoum [2], E. Abdi [3], M. Omid [4]

1. PhD. Student of Forest Engineering, College of Natural Resources, University of Tehran
2. Prof. College of Natural Resources, University of Tehran
3. Assoc. Prof. College of Natural Resources, University of Tehran
4. Prof. College of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran

ARTICLE INFO

Article history:
Received 15 November 2017
Accepted 29 April 2018
Available online 22 May 2018

Keywords:
Recreational areas evaluation
Access network
Tourism development
Geographic information system
Arasbaran protected area

ABSTRACT

Access routes are the basic requirements to access recreational areas and tourism planning. The purpose of this study is designing and evaluating of forest road network in order to select the optimal road network for tourism development in Arasbaran protected area. For this purpose, recreational suitable areas were evaluated and identified using Makhdoum systemic methods and Multilayer perceptron (MLP) neural network. In order to prepare the road passing suitability map, effective criteria for road designing have been standardized with the fuzzy logic method and combined according to the relative importance obtained from the analytical hierarchy process. Then, the road network options were designed for access to recreational areas in the GIS environment and evaluated in terms of technical, environmental and socioeconomic. The results of the tourism suitable area assessment showed sections of the region have a capability for intensive recreation class 2 (0.17%), and extensive recreation class 2 (10.09%). According to the weighting results by criteria, slope criterion with a value 0.289 and height criterion with a value 0.033 have the highest and the lowest weight, respectively. Overall, 14 road network variants were designed and based on the final evaluation, variant 7 was selected as the optimal option with density 3.34 m/ha, accessibility (hard) 64.68% and minimum cost and environmental impacts. Therefore, taking into account the cost and environmental impacts and using GIS capabilities, it is possible principle design of the road network, and as a result the development of existing access roads in order to develop tourism in the area.

* Corresponding author e-mail address: bmajnoni@ut.ac.ir