ارزیابی گزینه‌های شبکه جاده جنگلی از نظر هزینه ساخت به روش چند معیاری در محیط GIS (مطالعه موردی: بخش نم‌خانه جنگل خیرود کنار)

احسان عبدی، باریس مجنونیان* و علی اصغر درویش صفت[۱]

(تاریخ دریافت: ۸۴/۱۱/۱۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۴/۱۰)

چکیده

عملیات جاده‌سازی در جنگل با اختصاص حجم بالایی از سرمایه به خود یکی از مهم‌ترین فاکتورهای هزینه، در مدیریت جنگل می‌باشد بنابراین ارزیابی گزینه‌های مختلف شبکه جاده جنگلی و تعیین مناسب‌ترین گزینه می‌تواند کمک مؤثری در کاهش هزینه‌های جاده سازی باشد. تحقیق حاضر تلاشی در این جهت بوده که با استفاده از روش ارزیابی چند معیاری، به ارزیابی گزینه‌های شبکه جاده با در نظر گرفتن هزینه ساخت پرداخته است. روش کار به این صورت است که ابتدا برای تهیه نقشه شایستگی و مقایسه هزینه، مشخصه‌های شیب عرضی دامنه، جهت جغرافیایی و نوع خاک منطقه انتخاب شدند. پس از وارد کردن نظرهای متخصصین در فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، وزن هر یک از مشخصه‌ها به‌دست آمد. سپس نقشه‌های مشخصه‌ها با توجه به اهمیت‌شان به روش ارزیابی چند معیاری تلفیق و نقشه شایستگی تهیه گردید. با استخراج مجموع ارزش‌های هر شبکه جاده از نقشه شایستگی، هزینه واحد طول هر گزینه شبکه جاده به‌دست آمد و در نهایت با مقایسه هزینه‌ها مناسب‌ترین گزینه مشخص گردید. نتایج وزن دهی مشخصه‌ها نشان داد که شیب عرضی دامنه دارای بیشترین وزن بوده و قابلیت نفوذپذیری خاک و جهت جغرافیایی دامنه به ترتیب در رده‌های بعدی قرار گرفتند. هم‌چنین در بین گزینه‌های مورد مطالعه گزینه هفت با کمترین ارزش دارای بیشترین مطلوبیت و گزینه هشت با بیشترین ارزش دارای کمترین مطلوبیت بودند. به‌طور کلی از نتایج این تحقیق می‌توان استنتاج کرد که وزن دهی مشخصه‌ها بر اساس روش AHP و امکان در نظر گرفتن معیارهای کمّی و کیفی متعدد، روش مناسبی به‌نظر می‌رسد. هم‌چنین از آنجایی که امکان ترکیب و تلفیق مشخصه‌های مختلف با استفاده از روند ارزیابی چند معیاری در محیط GIS نسبت به انجام این کار به‌صورت دستی، علاوه بر صرف هزینه و زمان کمتر، دقت بیشتری دارد بنابراین پیشنهاد می‌شود برای انجام چنین مطالعاتی از این روش استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی شبکه جاده، ارزیابی چند معیاری، نقشه شایستگی، تحلیل سلسله مراتبی، GIS

مقدمه

طراحی و ساخت شبکه جاده جنگلی با اختصاص حجم بالایی از سرمایه‌گذاری به خود، به‌عنوان یکی از فاکتورهای مهم هزینه در مدیریت جنگل مطرح می‌باشد. بنابراین ارزیابی گزینه‌های مختلف شبکه جاده جنگلی و تعیین مناسب‌ترین گزینه می‌تواند کمک مؤثری در کاهش هزینه‌های جاده سازی باشد. به‌منظور ارزیابی اقتصادی گزینه‌های(Variants) مختلف شبکه جاده در محیط GIS، باید هزینه‌ها به‌صورت نقشه درآیند تا بتوان بر

۱. به ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیاران جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

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

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.22.2]

مبنای آن هزینه گزینه‌ها را استخراج و مقایسه نمود، ضمن آن‌که به‌دلیل تأثیر مشخصه‌های(Factors) کمّی و کیفی مختلف در هزینه ساخت جاده‌های جنگلی، ارزیابی آنها نوعی ارزیابی چندمعیاری(Multi Criteria Evaluation) (MCE) است. فرایند تصمیم‌گیری چندمعیاری (Multi Criteria Decision Making) نیز با دو مشکل روبه‌رو است: فقدان استاندارد برای اندازه‌گیری معیارهای کیفی و هم‌چنین نبود واحدی برای تبدیل معیارهای کمّی و کیفی به یکدیگر(۹). در این مطالعه به‌منظور ارزیابی این گزینه‌ها با در نظر گرفتن ملاحظات اقتصادی و بر اساس نقش چند مشخصه که اطلاعات کافی از آنها در دسترس بود، از روش ارزیابی چند معیاری استفاده گردید. ارزیابی چندمعیاری روشی برای مقایسه اهمیت مشخصه‌های مختلف نسبت به هم و تلفیق داده‌ها بنابر اهمیت شان در تصمیم‌گیری است(۱۲).

در این مطالعه به‌منظور ارزیابی هزینه‌های ساخت، از سه مشخصه شیب عرضی دامنه، جهت جغرافیایی دامنه و مناسب بودن خاک از لحاظ زه‌کشی، بهره گرفته شد. البته قابل ذکر است که مشخصه‌های دیگری مانند ویژگی مکانیک خاک و یا نوع سنگ مادری نیز در هزینه‌ها و روند ساخت جاده جنگلی تأثیرگذار هستند ولی به‌دلیل این‌که نقشه‌های موجود این مشخصه‌ها، از دقت کافی برخوردار نبود و ممکن بود تأثیر منفی بر صحت نتایج تحقیق داشته باشند، این مشخصه‌ها از روند مطالعه کنار گذاشته شدند. هزینه‌های روسازی برای تمام گزینه‌ها یکسان در نظر گرفته شده و هزینه‌های عملیات خاکی و تأسیسات زه‌کشی مطرح است. چنانچه همه مشخصه‌ها با ارزش یکسان در تصمیم‌گیری دخالت داده شوند، نتایج به‌دست آمده می‌تواند بسیار گمراه کننده باشد(۱و۷) و با واقعیت هم‌خوانی نداشته باشد. چه بسا میزان اهمیت و دخالت سه مشخصه شیب، جهت و خاک در هزینه با هم برابر نباشد، بنابراین جهت دست‌یابی به هدف، به هر کدام از این مشخصه‌ها باید وزنی متناسب با اهمیت شان تعلق گیرد. فن‌های زیادی به‌منظور وزن دهی وجود دارند ولی یکی از رایج‌ترین آنها مقایسه‌های زوجی(Pair-wise Comparison) است (۱، ۴، ۷ و ۹) که به وسیله ساعتی در سال ۱۹۷۷ به‌عنوان یک روش تصمیم‌گیری تحت عنوان تحلیل سلسله مراتبی(Analytical Hierarchy Process) ابداع گردید(۹) که یکی از فن‌های کارآمد در تصمیم‌گیری چندمعیاری می‌باشد. این تحلیل، لحاظ کردن معیارهای مختلف کمّی و کیفی در مسأله را میسر و نیز مقیاسی برای اندازه‌گیری معیارهای کیفی ارائه می‌نماید(۹).

فرایند تحلیل سلسله مراتبی یکی از سیستم‌های طراحی شده جامع برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است(۹). در واقع سلسله مراتبی یک نمایش گرافیکی از مسأله واقعی می‌باشد که در رأس آن هدف کلی و در سطح‌های دیگر به ترتیب معیارها و گزینه‌ها قرار دارند. در فرایند تحلیل سلسله مراتبی عناصر هر سطح نسبت به عنصر مربوط به خود در سطح بالاتر، به‌صورت زوجی مقایسه شده و وزن آنها محاسبه می‌گردد، که این وزن‌ها را وزن نسبی گویند. در رابطه با یک مشخصه خاص هم، کلاسه‌های مختلف آن ممکن است دارای مطلوبیت‌های متفاوتی باشند. برای مثال شیب کمتر هزینه کمتری برای ساخت جاده و در نتیجه مطلوبیت بیشتری نسبت به شیب‌های بیشتر خواهد داشت. بنابراین کلاسه‌های داخلی مشخصه‌ها نیز باید ارزش‌گذاری گردند تا نتایج تجزیه و تحلیل‌ها دقیق‌تر باشد. نکته مهم این‌که دامنه ارزش‌های مورد استفاده برای تمام مشخصه‌ها باید یکسان باشد(۱).

در این پژوهش هدف، انتخاب مسیر با حداقل هزینه ساخت و معیارهای انتخاب شامل مشخصه‌های شیب، جهت و وضعیت خاک است. بنابراین ابتدا باید وزن مشخصه‌ها تعیین می‌گردیدکه به این منظور رویکرد تصمیم‌گیری گروهی در چارچوب فرایند تحلیل سلسله مراتبی انتخاب گردید. به‌طور کلی قضاوت در مورد مشخصه‌ها امری فنی بوده و دارای پیچیدگی خاصی می‌باشد. بدین منظور برای اجتناب از خطاهای شخصی یا سلیقه‌ای در تصمیم‌گیری می‌توان از نظرات گروهی متخصصین استفاده نمود(۴). از مزایای مهم فرایند تحلیل سلسله مراتبی در تصمیم‌گیری گروهی این است که به گونه‌ای تصمیم‌های تمام اعضای گروه را با همدیگر ترکیب می‌کند که

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.22.2]

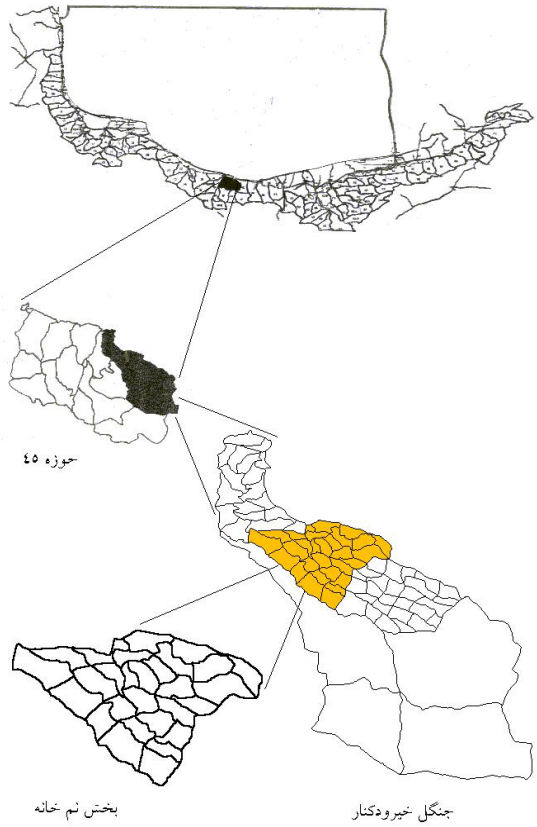
تصمیم بهینه در بر گیرنده آرای همه اعضا باشد(۶).

در سال‌های اخیر در مطالعات بسیاری از این فن استفاده شده از جمله :

- احمدی مطالعه‌ای با هدف ارائه روشی برای تعیین مسیر بهینه جاده به‌صورت خودکار با در نظر گرفتن جنبه‌های زیست محیطی انجام داد. در این مطالعه به‌منظور تلفیق مشخصه‌های تأثیرگذار از روش ارزیابی چندمعیاری و برای تعیین اهمیت مشخصه‌ها از روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده گردید. سپس با استفاده از مسیریابی خودکار، پنج مسیر طراحی و با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی، مسیر بهینه مشخص شد. نتایج حاصله قابلیت GIS را در مسیریابی با حداقل هزینه زیست محیطی نشان می‌دهد(۱).
- ستوده (۱۳۸۱) نیز مطالعه‌ای با هدف مسیریابی راه آهن با استفاده از GIS با رعایت اصول زیست محیطی انجام داد. ابتدا مشخصه‌های تأثیرگذار بر مسیریابی راه آهن شناسایی و سپس به‌منظور تعیین اهمیت و وزن نسبی مشخصه‌ها، روش مقایسه دو به دو در فرایند تحلیل سلسله مراتبی به کار رفت. سپس با بهره‌گیری از مسیریابی خودکار شش مسیر طراحی و در نهایت با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی مسیر بهینه شناسایی گردید. در پایان نتیجه‌گیری شد که مسیرهای طراحی شده به شیوه خودکار از لحاظ زیست محیطی از مسیرهای طراحی شده با روش‌های رایج مناسب‌تر می‌باشند(۴).
- عزیزی و همکاران شاخص‌های مؤثر در انتخاب محل استقرار واحدهای تخته چندلا و روکش را با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی تعیین نمودند. بدین ترتیب که ابتدا شاخص‌های تأثیرگذار شناسایی و سپس با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و در چارچوب تصمیم‌گیری گروهی وزن‌دهی گردیدند(۶).
- احمدی و همکاران پهنه بندی خطر حرکت‌های توده‌ای را با استفاده از دو روش رگرسیون و تحلیل سلسله مراتبی انجام دادند. در پایان نتیجه‌گیری شد که به‌منظور پهنه‌بندی روش تحلیل سلسله مراتبی نسبت به روش رگرسیونی از دقت بیشتری برخوردار است(۲).
- فاتحی مطالعه‌ای به‌منظور بررسی الگوی مناسب سازماندهی مکانی جنگل در زاگرس شمالی انجام داد. به‌منظور دست‌یابی به هدف، رویکرد تصمیم‌گیری گروهی در چارچوب فرایند تحلیل سلسله مراتبی انتخاب گردید. ابتدا مشخصه‌های مؤثر شناسایی و وزن دهی شدند و سپس گزینه بهینه مشخص گردید. در پایان نتیجه‌گیری شده که AHP یک روش منطقی جهت مقایسه گزینه‌ها و انتخاب بهترین گزینه با در نظر گرفتن تمامی معیارهای تأثیرگذار می‌باشد و چارچوب مناسبی را جهت تصمیم‌گیری گروهی ایجاد می‌کند(۷).
- فلاح شمسی مطالعه‌ای با هدف استفاده از تحلیل‌های مکانی در تعیین محل استقرار هر یک از کاربری‌های منطقه با توجه به مقدار تخصیص یافته به هر یک از آنها انجام داد. در این مطالعه به‌منظور ارائه نتایج برنامه‌ریزی خطی در قالب نقشه از GIS استفاده شد. نقشه نهایی که اطلاعات نقشه‌های موضوعی در آن خلاصه شده است در این مطالعه نقشه تناسب نامیده شده است. به‌منظور محاسبه وزن (اهمیت نسبی) هر یک از نقشه‌های موضوعی از AHP استفاده شد. در پایان بیان می‌شود که مدل برنامه ریزی خطی و تلفیق آن با GIS می‌تواند به‌عنوان یک روش مناسب برنامه ریزی در تحلیل‌های اقتصادی و مکانی مورد استفاده قرار گیرد(۸).
- دین به یافتن مسیرهای بهینه اقتصادی شبکه جاده جنگلی در ایالت کلرادو کشور آمریکا پرداخت. در این مطالعه روش یافتن مکان بهینه برای گرفتن انشعاب از یک جاده موجود یا طراحی شده، با استفاده از روش مسیریابی خودکار مورد بحث قرار گرفته است. این محقق برای محاسبه هزینه‌ها از چهار مشخصه نوع خاک، شیب، جهت جغرافیایی دامنه و وضعیت آبراهه‌ها استفاده کرد(۱۱).
- هانگ و همکاران برای مسیریابی جاده با حداقل ریسک

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.22.2]



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

امنیتی از مشخصه‌های اجتماعی - اقتصادی، میزان خطر، میزان ترافیک و امکان کمک رسانی در مواقع ضروری استفاده نمودند. در این تحقیق با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی مشخصه‌ها وزن دهی و در روند ارزیابی چند معیاری وارد شدند. در پایان نقشه شایستگی ایجاد و بر مبنای آن مسیریابی انجام شد(۱۳).

- مورتی با انجام مطالعه‌ای در یکی از ایالت‌های هندوستان مسیرهایی با حداقل هزینه برای خروج محصولات جنگلی را با استفاده از سنجش از دور و GIS طراحی کرد. در این مطالعه رودخانه نیز به‌عنوان گزینه‌ای برای حمل و نقل در نظر گرفته شد. در نهایت با تهیه نقشه اصطکاک(Friction Map) و اعمال توابع هزینه(Cost) و مسیریاب(Pathway) مسیر بهینه اقتصادی حاصل شد که قسمتی از آن نیز از داخل رودخانه عبور می‌کرد(۱۴).
- کالتر و همکاران در مطالعه خود از AHP به‌منظور مشخص کردن اولویت‌های تعمیر و نگه‌داری جاده و نیز تعیین مزایای حاصل از تکمیل تعمیر یا ارتقای یک پروژه استفاده کردند. AHP به‌منظور سازمان دهی ساسله مراتبی مساله مورد استفاده قرار گرفت. در پایان نتیجه‌گیری شد که AHP یک چارچوب مناسب برای اندازه‌گیری کمی مزایای زیست محیطی و استفاده از آنها در در الگوریتم‌های مدل‌سازی و برنامه‌ریزی است(۱۰).

با عنایت به موارد فوق، تحقیق حاضر در نظر دارد تا با ارائه روشی جهت ارزیابی گزینه‌های شبکه جاده با استفاده از GIS بهترین مسیر از لحاظ هزینه‌های ساخت را تعیین نماید.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه بخش نم‌خانه از جنگل آموزشی و پژوهشی خیرودکنار واقع در حوزه آبخیز ۴۵ از جنگل‌های شمال در ۱۰ کیلومتری شرق شهرستان نوشهر می‌باشد(شکل ۱). مساحت این بخش ۱۰۸۳ هکتار و بدون در نظر گرفتن پنج پارسل

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.22.2]

جدول۱. طول و تراکم گزینه‌های طراحی شده

گزینه	طول جاده (متر)	تراکم (متر در هکتار)
۱	۱۰۲۳۲	۱۲/۹۸
۲	۱۱۹۲۳	۱۵/۱۲
۳	۱۴۱۲۹	۱۷/۹۲
۴	۱۶۷۷۱	۲۱/۲۷
۵	۱۶۷۹۹	۲۱/۳۱
۶	۱۷۱۹۴	۲۱/۸۱
۷	۱۷۹۵۴	۲۲/۷۷
۸	۱۸۴۵۲	۲۳/۴۰
۹	۱۹۳۰۶	۲۴/۴۹
۱۰	۱۹۵۹۱	۲۴/۸۵
۱۱	۱۷۵۰۴	۲۲/۲۰
۱۲	۱۹۸۸۳	۲۵/۲۲

حمایتی۷۸۸ هکتار است. سنگ مادر بخش نم‌خانه آهکی و در بعضی نقاط از طبقه‌های سفت شکاف دار و طبقه‌های نرم که به طور متناوب روی هم قرار گرفته‌اند پوشیده شده است. میزان نزولات در این بخش بین ۱۶۰۰-۱۳۰۰ میلی‌متر می‌باشد. خاک‌های بخش نم‌خانه اغلب روی سنگ مادر آهکی و به ندرت روی شیست و مارن آهکی قرار دارند.

روش تحقیق

اولین مرحله در این پژوهش طراحی گزینه‌های شبکه جاده بود. در این رابطه نرم افزار ضمیمه‌ای به نام PEGGER که برای محیط ArcView تهیه شده است، به‌منظور اجرای فن گام پرگار(Divider Setting Method) به‌صورت رقومی به کار رفت. سپس با استفاده از لایه خطوط توپوگرافی استخراج شده از نقشه DGN (DesiGN file) سه بعدی و با توجه به محدوده مجاز شیب طولی در طراحی جاده جنگلی، اقدام به طراحی ۱۲ گزینه شبکه جاده در بخش نم‌خانه شد که مشخصات آنها در جدول ۱ آمده است. همان‌طور که در جدول ملاحظه می‌گردد به تدریج بر طول و تراکم گزینه‌ها افزوده شده است.

مشخصه‌ها

الف) شیب

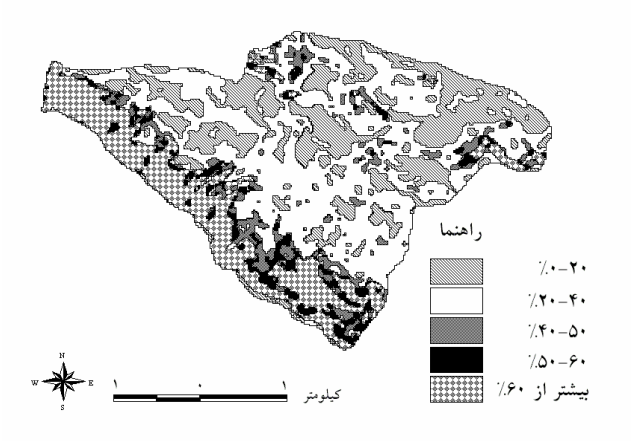
برای تعیین کلاسه‌های شیب، سطح عملیات خاکی در شیب‌های مختلف دامنه با فرض اینکه ترانشه سمت خاکبرداری دارای شیب ۱:۱ و ترانشه خاکریزی دارای شیب ۲:۳ باشد، محاسبه گردید. با رسم منحنی سطح کل عملیات خاکی در شیب‌های مختلف دامنه، ۵ کلاسه شیب در نظر گرفته شد و نقشه شیب به همین تعداد کلاسه تقسیم گردید که در شکل ۲ آمده است.

ب) جهت

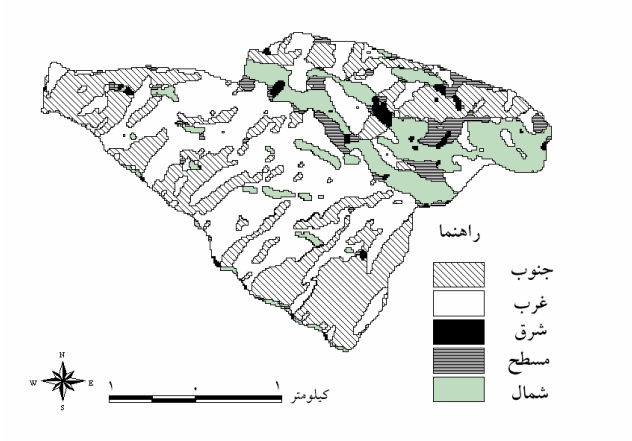
در این پژوهش ۴ جهت اصلی جغرافیایی (شمال، شرق، جنوب، غرب) در نظر گرفته شد. لازم به ذکر است که بخش‌هایی از منطقه که دارای شیب کمتر از ۱۰٪ بودند به‌عنوان مناطق مسطح (بدون جهت) در نظر گرفته شدند(شکل۳).

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

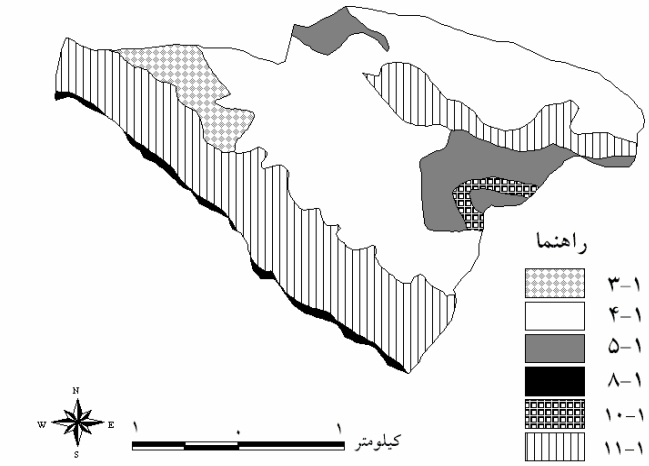
[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.22.2]



شکل۲. نقشه کلاسه‌های شیب منطقه مورد مطالعه



شکل۳. نقشه کلاسه‌های جهت منطقه مورد مطالعه



شکل۴. نقشه کلاسه‌های خاک‌شناسی منطقه مورد مطالعه

پ) خاک

نقشه کلاسه‌های خاک در شکل ۴ و ویژگی‌های هر یک از کلاسه‌ها در جدول ۲ ارائه شده است.

ارزش‌گذاری کلاسه‌های داخلی هر یک از مشخصه‌ها

ارزش‌گذاری کلاسه‌های داخلی مشخصه‌ها با نظر کارشناس ساخت جاده جنگلی به‌صورت زیر انجام گرفت.

الف) ارزش‌گذاری کلاسه‌های مشخصه شیب

ارزش‌گذاری کلاسه‌های داخلی شیب به این صورت انجام گرفت (جدول ۳).

ب) ارزش‌گذاری کلاسه‌های مشخصه جهت

ارزش‌گذاری کلاسه‌های داخلی جهت به این صورت انجام گرفت (جدول ۴).

پ) ارزش‌گذاری کلاسه‌های مشخصه خاک

بر اساس نتایج مطالعات خاک منطقه از لحاظ قابلیت زه‌کشی، شش طبقه خاک مشخص شد(۵) که ارزش‌گذاری آنها به‌صورت جدول(۵) انجام گرفت.

تعیین وزن مشخصه‌ها

برای بهره‌گیری از نقطه نظرهای متخصصین مختلف به‌منظور

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.22.2]

جدول۲. کلاسه‌های خاک‌شناسی بخش نم‌خانه (اقتباس از سرمدیان و جعفری ۱۳۸۰)

کد واحد خاک	بافت خاک	نفوذپذیری	عمق خاک	شیب	پستی و بلندی	فرسایش
۳-۱	سطحی سنگین	آهسته	خیلی عمیق	۱۰-۲۰٪	زیاد	بدون فرسایش
۴-۱	سطحی سنگین تا خیلی سنگین	آهسته	عمیق	۵-۲۵٪	زیاد	بدون فرسایش
۵-۱	سطحی سنگین	آهسته	عمیق	۳-۱۰٪	کم تا زیاد	بدون فرسایش
۸-۱	سطحی متوسط	متوسط تا آهسته	متوسط	>۷٪	زیاد	فرسایش آبی کم
۱۰-۱	سطحی سنگین	آهسته	کم عمق	۱۲-۲۵٪	زیاد	فرسایش آبی کم
۱۱-۱	سطحی سنگین	آهسته	عمیق	۴۰-۷۰٪	زیاد	فرسایش آبی کم

جدول۳. مطلوبیت کلاسه‌های شیب

درصد شیب	رتبه بر اساس مطلوبیت
۰-۲۰	۱
۲۰-۴۰	۲
۴۰-۵۰	۳
۵۰-۶۰	۴
>۶۰	۵

جدول۴. مطلوبیت کلاسه‌های جهت

جهت جغرافیایی	رتبه بر اساس مطلوبیت
جنوب	۱
غرب	۲
شرق	۳
مسطح	۴
شمال	۵

جدول۵. مطلوبیت کلاسه‌های خاک

کلاسه خاک	رتبه بر اساس مطلوبیت
۸-۱	۱
۱۰-۱	۲
۱۱-۱	۳
۳-۱	۳
۴-۱	۳
۵-۱	۳

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.22.2]

جدول۶. مقادیر ترجیح‌ها برای مقایسه‌های زوجی (اقتباس از قدسی پور ۱۳۷۹)

ترجیح‌ها (قضاوت شفاهی)	مقدار عددی
کاملا مرجح یا کاملا مهم‌تر یا کاملا مطلوبتر	۹
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی	۷
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت قوی	۵
کمی مرجح یا کمی مهم‌تر یا کمی مطلوب‌تر	۳
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان	۱
ترجیهات بین فواصل فوق	۲و۴و۶و۸

جدول۷. جدول قضاوت‌های زوجی مقایسه‌ها

نوع خاک منطقه	جهت جغرافیایی دامنه	شیب عرضی دامنه	
ب	الف	۱	شیب عرضی دامنه
ج	۱	----------	جهت جغرافیایی دامنه
۱	----------	----------	نوع خاک منطقه

الف: قضاوت اهمیت شیب نسبت به جهت

ب: قضاوت اهمیت شیب نسبت به نوع خاک

ج: قضاوت اهمیت جهت نسبت به نوع خاک

وزن دهی مشخصه‌ها، پرسش‌نامه‌ای طراحی و پس از بیان هدف و تشریح اصول و کلیات این تکنیک بین استادهای جاده‌سازی جنگل دانشکده‌های منابع طبیعی توزیع و از آنها درخواست گردید که نقطه نظرهای خود را در رابطه با اهمیت سه مشخصه شیب عرضی دامنه، جهت جغرافیایی دامنه و خاک منطقه در هزینه ساخت جاده به‌صورت مقایسه‌های زوجی با توجه به جدول ۶ در جدول ۷ منظور نمایند.

نحوه تجزیه و تحلیل داده‌ها

پس از جمع‌آوری پرسش‌نامه‌ها، اطلاعات آنها وارد محیط نرم‌افزار Expert Choice (EC) شد و ضریب ناسازگاری هر پرسش‌نامه محاسبه گردید. ساعتی پیشنهاد نموده که اگر ضریب ناسازگاری تصمیم بیشتر از ۰/۱ باشد، بهتر است تصمیم گیرنده در قضاوت‌های خود تجدیدنظر کند که در تمامی پرسش‌نامه‌های دریافت شده در این پژوهش ضریب ناسازگاری کوچک‌تر از ۰/۱ بود. اکزل و ساعتی ثابت کرده‌اند که میانگین هندسی، بهترین روش برای تلفیق قضاوت‌ها در فرایند تحلیل سلسله مراتبی گروهی است (۱و۹) از این رو در این مطالعه نیز میانگین هندسی قضاوت‌ها محاسبه و وارد ماتریس در نرم افزار EC شدند و وزن‌های سه مشخصه شیب، جهت و خاک محاسبه گردید(شکل ۵). سپس به‌منظور تلفیق مشخصه‌ها با توجه به اهمیت شان از روش ارزیابی چند معیاری در نرم افزار IDRISI استفاده و با معرفی مشخصه‌ها و وزن هر یک، در نهایت نقشه شایستگی(Suitability map) حاصل شد. به این ترتیب که هر مشخصه در وزن خود ضرب و سپس نتایج با هم جمع می‌شوند و نقشه شایستگی را به وجود می‌آورند(۱۲). با استخراج مجموع ارزش‌های هر گزینه شبکه جاده از نقشه شایستگی، هزینه گزینه‌ها حاصل و از تقسیم هزینه کل هر گزینه به طول آن، هزینه واحد طول هر گزینه شبکه جاده محاسبه گردید. به‌دلیل این که ارزش‌گذاری داخلی نقشه‌ها بر

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.22.2]

ماتریس حاصل از میانگین هندسی نظرات مختلف

	جهت	نوع خاک
شیب	۴/۶	۳/۶
جهت		۱

عنوان	تعریف
هدف	ارایه مسیر با حداقل هزینه
شیب	شیب عرضی دامنه
جهت	جهت جغرافیایی دامنه
خاک	نوع خاک منطقه



شکل۵. وزن‌های محاسبه شده برای هر مشخصه

اساس مطلوبیت انجام شده یعنی ارزش پایین مطلوبیت بیشتری دارد (هزینه کمتر) در نتیجه در نقشه نهایی شایستگی نیز ارزش‌های پایین‌تر هزینه کمتری خواهند داشت.

نتایج

میانگین هندسی هر یک از قضاوت‌های زوجی در قسمت اول شکل ۵ آورده شده است. به‌عنوان مثال عدد ۴/۶ نمایانگر این است که میانگین هندسی قضاوت کارشناسان در مورد اهمیت شیب نسبت به جهت ۴/۶ برابر است. در قسمت آخر شکل ۵ هم وزن نهایی محاسبه شده برای هر مشخصه آمده است. بر این اساس شیب بیشترین وزن را به خود اختصاص داده (۰/۶۷۰) و بعد از آن نوع خاک (۰/۱۷۲) و در رده آخر جهت جغرافیایی دامنه (۰/۱۵۸) قرار دارد. شایان ذکر است که با توجه به ضریب ناسازگاری ۰/۰۱ که کوچک‌تر از ۰/۱ است نیازی به تجدید نظر در قضاوت‌ها نمی‌باشد.

نتایج برسی گزینه‌ها نشان داد که گزینه هفت با داشتن کمترین ارزش (۸۵ /۷۱۹)، دارای حداقل هزینه بر مبنای واحد طول و در نتیجه بیشترین میزان مطلوبیت و نیز گزینه هشت با دارا بودن بیشترین ارزش(۸۹/۹۰۸) دارای حداکثر هزینه بر مبنای واحد طول و در نتیجه کمترین مطلوبیت بود. نتایج حاصل از ارزیابی چند معیاری در جدول ۸ مشاهده می‌گردد.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج وزن‌دهی مشخصه‌ها نشان داد که شیب، بیشترین وزن، بعد خاک و در رده آخر جهت جغرافیایی قرار دارد. وزن شیب نسبت به جهت حدود ۴/۲۸ برابر و نسبت به خاک ۳/۸۹ برابر محاسبه شد. بنابراین می‌توان استنتاج نمود که اهمیت شیب در طراحی شبکه جاده جنگلی نسبت به دو فاکتور فوق بیشتر می‌باشد و تغییرات درصد شیب با شدت بیشتری نسبت به تغییرات دو مشخصه دیگر در روند هزینه‌ها تأثیر دارد بنابراین باید در مرحله طراحی به دقت مورد توجه قرار گیرد. در همین راستا احمدی ۱۳۸۱ نیز در بین مشخصه‌های فوق، مشخصه شیب را مهم‌تر ارزیابی کرد. در تحقیق حاضر گزینه هفتم دارای کمترین ارزش (بیشترین مطلوبیت) و گزینه هشتم دارای بیشترین ارزش (کمترین مطلوبیت) هستند. علت کمتر بودن ارزش گزینه هفت را می‌توان در عبور درصد بیشتری از طول شبکه جاده از شیب‌های عرضی پایین‌تر و جهات جغرافیایی آفتاب گیرتر و خاک‌های با زه‌کشی مناسب‌تر دانست و در مورد گزینه هشتم عکس این

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.22.2]

جدول۸. ارزیابی گزینه‌ها با استفاده از روش ارزیابی چند معیاری

گزینه	ارزش استخراج شده	طول جاده به km	ارزش واحد طول
۱	۸۸۴	۱۰/۲۳۲	۸۶/۳۹۵
۲	۱۰۵۷	۱۱/۹۲۳	۸۸/۶۵۲
۳	۱۲۳۰	۱۴/۱۲۹	۸۷/۰۵۴
۴	۱۴۶۸	۱۶/۷۷۱	۸۷/۵۳۲
۵	۱۴۵۷	۱۶/۷۹۹	۸۶/۷۳۱
۶	۱۴۷۵	۱۷/۱۹۴	۸۵/۷۸۵
۷	۱۵۳۹	۱۷/۹۵۴	۸۵/۷۱۹
۸	۱۶۵۹	۱۸/۴۵۲	۸۹/۹۰۸
۹	۱۷۲۷	۱۹/۳۰۶	۸۹/۴۵۴
۱۰	۱۷۵۵	۱۹/۵۹۱	۸۹/۵۸۱
۱۱	۱۵۰۶	۱۷/۵۰۴	۸۶/۰۳۷
۱۲	۱۷۷۷	۱۹/۸۸۳	۸۹/۳۷۲

مطلب صادق می‌باشد.

به‌دلیل امکان به‌کارگیری معیارهای کمّی و کیفی متعدد در فرایند تحلیل سلسله مراتبی، تعیین وزن مشخصه‌ها بر اساس این روش مناسب به‌نظر می‌رسد. در این راستا احمدی، ستوده، عزیزی و همکاران، احمدی و همکاران وهانگ و همکاران نیز روش مقایسه دو به دو در فرایند تحلیل سلسله مراتبی را به کار برده و آن را روش مناسبی به‌منظور وزن دهی می‌دانند. هم‌چنین در این مطالعه رویکرد تصمیم‌گیری گروهی مورد استفاده قرار گرفت و نتایج مطلوبی ارائه داد. احمدی، ستوده، عزیزی و همکاران، فاتحی، فلاح شمسی وهانگ و همکاران نیز این روش را چارچوب مناسبی برای تصمیم‌گیری گروهی دانسته‌اند. فلاح شمسی تنها مشکل این فرایند را در این می‌داند که تعیین وزن مشخصه‌ها به‌نظر کارشناسان وابسته بوده که این امر به دانش و اطلاعات تعدادی کارشناس متکی است. بنابراین انتخاب صحیح کارشناسان یکی از موارد مهم و تأثیرگذار در نتایج خواهد بود. استفاده از روند ارزیابی چندمعیاری در محیط GIS امکان ترکیب و تلفیق مشخصه‌های مختلف و با اهمیت‌های متفاوت را فراهم می‌اورد که انجام این کار به‌صورت دستی نه تنها بسیار دشوار است بلکه زمان زیادی را نیز به خود اختصاص می‌دهد. فلاح شمسی عنوان می‌کند که تلفیق اطلاعات موضوعی در GIS معمولا به روش‌های دیگر بسیار دشوار و بدون برخورداری از یک ذهن خلاق عملا غیر ممکن است. ستوده و احمدی نیز در مطالعات خود برای مسیریابی راه آهن و جاده با حداقل هزینه زیست محیطی وهانگ و همکاران برای مسیریابی جاده با حداقل ریسک امنیتی از روند ارزیابی چند معیاری استفاده کرده و نتایج را موفقیت‌امیز گزارش کرده‌اند.

شایان ذکر است که نتایج این گونه پژوهش‌ها ارتباط مستقیمی با دقت داده‌های مکانی موجود از مناطق مورد مطالعه دارد. لذا تهیه اطلاعات و نقشه‌های موضوعی با دقت بالا برای جنگل‌های شمال ضرورت دارد تا بتوان با استفاده از آنها و روش‌های نوین طراحی و ارزیابی به نتایج دلخواه دست یافت، که خود می‌تواند به‌عنوان زیر بنای حفاظت، احیا و توسعه جنگل‌ها تلقی گردد. در پایان قابل ذکر است که گر چه نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل در محیط GIS فرایند طراحی و ارزیابی را تسهیل و به طراح کمک می‌کنند ولی نتایج نهایی و قطعی به‌منظور تصمیم‌گیری بعد از کنترل کردن زمینی در طبیعت حاصل خواهد شد.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.22.2]

منابع مورد استفاده

۱. احمدی، ه. ۱۳۸۱. مسیریابی بر اساس اصول زیست محیطی با استفاده از GIS. پایان نامه کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

۲. احمدی، ح.، ا. اسمعلی، س. فیض نیا و م. شریعت جعفری. ۱۳۸۲. پهنه‌بندی خطر حرکت‌های توده‌ای با استفاده از دو روش رگرسیون و تحلیل سلسله مراتبی. مجله منابع طبیعی ایران ۵۶(۴): ۳۳۶-۳۲۳

۳. حسینی، س. ع.، ن. ساریخانی، ک. سلیمانی، س. غ. جلالی و س. م. حسینی. ۱۳۸۳. بررسی عوامل مؤثر در مسیریابی جاده‌های جنگلی با استفاده از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی، مجله منابع طبیعی ایران۵۷ (۱):۷۴-۵۹.

۴. ستوده، ا. ۱۳۸۱. رعایت اصول زیست محیطی در مسیریابی راه آهن با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی. پایان نامه کارشناسی ارشد مدیریت محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران.

۵. سرمدیان، ف. و م. جعفری. ۱۳۸۰. بررسی خاک‌های جنگلی ایستگاه تحقیقاتی آموزشی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، مجله منابع طبیعی ایران ۵۴(۲): ۱۱۰-۱.

۶. عزیزی، م.، س. امیری و م. فائزی پور. ۱۳۸۱. تعیین شاخص‌های مؤثر در انتخاب محل استقرار واحدهای تخته چندلا و روکش با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی. مجله منابع طبیعی ایران ۵۵ (۴):۵۵۷-۵۴۳.

۷. فاتحی، پ. ۱۳۸۳. بررسی الگوی مناسب سازماندهی مکانی جنگل در زاگرس شمالی. پایان نامه کارشناسی ارشد جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

۸. فلاح شمسی، س. ر. ۱۳۸۳. ارزیابی اقتصادی کاربری‌های مختلف در حوزه آبخیز کلیبر وسطی با استفاده از برنامه‌ریزی خطی و GIS. رساله دکتری جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

۹. قدسی‌پور، س. ح. ۱۳۷۹. *مباحثی در تصمیم‌گیری چندمعیاره فرایند تحلیل سلسه مراتبی*. چاپ سوم، انتشارات دانشگاه امیرکبیر، تهران.

10. Coulter, E., J. Sessions and M. Wing. 2006. Scheduling forest road maintenance using the analytic hierarchy process and heuristics. J. Silva Fennica 40(1): 143-160.
11. Dean, D. J. 1997. Finding optimal routes for networks of harvest site access roads using GIS-based techniques. Can. J. For. Res. 27:11-22.
12. Estman, J. R. 1995. IDRISI for windows. version 1.0, User guide, Clark Univ, USA.
13. Huang, B., C. R. Long and Y. S. Liew. 2003. GIS-AHP model for HAZMAT routing with security considerations. 6th international conference on ITS (ITSC2003), China.
14. Murthy, A. R. 2003. Selection of least cost paths for extraction of forest produce using Remote Sensing and GIS. Map India Conference.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.22.2]