علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره نوزدهم، شماره چهار، زمستان ۹۶

تحلیل سلسله مراتبی(AHP) توان اراضی جهت مسیریابی مناسب جاده‌جنگلی با توجه به ملاحظات زیست محیطی (مطالعه موردی: سری دلاکخیل)

ساره حسینی[۱]

سید عطاالله حسینی[*۲]

at.Hosseini@ut.ac.ir

مجید لطفعلیان[۳]

آیدین پارساخو[۴]

تاریخ دریافت: ۹۴/۱/۲۶ تاریخ پذیرش:۹۴/۷/۲۹

چکیده

زمینه و هدف: شبکه جاده‌های جنگلی در طرح‌های جنگلداری، به عنوان تأسیسات زیربنایی در مدیریت، حفاظت و احیای جنگل‌ها نقش اساسی دارد. تحقیق حاضر جهت بررسی کارایی تکنیک GIS و AHP در تهیه نقشه اراضی مناسب جهت مسیریابی جاده جنگلی در سری دلاکخیل اداره کل منابع طبیعی شهرستان ساری با مساحتی معادل ۱۶۵۷هکتار صورت گرفت.

روش بررسی: در این تحقیق جهت یافتن روشی مناسب برای مسیریابی بهینه جاده‌های جنگلی و یافتن واریانتی بهینه از نظر زیست محیطی از سیستم اطلاعات جغرافیایی و تکنیک تحلیل سلسله مراتبی استفاده گردید. از اینرو نخست پرسشنامه‌ای جهت تعیین و اولویت‌بندی عوامل مؤثر در طراحی جاده یعنی شیب، جهت، تیپ خاک، زمین‌شناسی، موجودی در هکتار درختان، وضعیت آبراهه، گونه-های حفاظتی و چشم‌انداز تنظیم و سپس نقطه نظرات متخصصان طراحی مسیر جاده جنگلی در مورد تعیین اهمیت نسبی عوامل جمع-آوری و با استفاده از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی در نرم‌افزار Expert Choise، به روش مقایسه دو به دو، وزن‌دهی شدند. سپس بر اساس وزن مشخصه‌ها، نقشه‌های عوامل فوق با هم تلفیق شده و نقشه قابلیت عبور اراضی در چهار طبقه با عناوین توان بسیار نامناسب، نامناسب، مناسب و بسیار مناسب تهیه شد. سپس طراحی جاده بر روی نقشه قابلیت عبور اراضی و با استفاده از روش گام‌پرگار در نرم‌افزار Arc GIS9.3انجام پذیرفت. در نهایت مشخصات شبکه جاده‌های طراحی شده با شبکه جادهٔ موجود با روش‌های باکموند، درصد پوشش و نزدیک ترین مسیر برای انتخاب مناسبترین واریانت مقایسه گردید.

۱- دانش آموخته دوره دکتری جنگلداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۲- استاد، گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل دانشگاه تهران [*](مسوول مکاتبات)

۳- دانشیار، گروه مهندسی جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۴- استادیار، گروه جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

یافته‌ها: تجزیه و تحلیل عوامل موثر در طراحی جاده بر اساس نظر متخصصین طراحی و ساخت جاده‌های جنگلی، نشان داد که معیار شیب با وزن نسبی ۰/۲۵۴ دارای بیشترین امتیاز و چشم‌انداز با وزن نسبی ۰/۰۵۲ دارای کمترین امتیاز می‌باشند.

بحث و نتیجه گیری: نتایج مقایسه شبکه موجود با پنج واریانت جدید از نظر زیست‌محیطی نشان داد که واریانت دوم بهترین عملکرد را از نظر عبور از مناطق بسیار مناسب (۱۹/۰۷ درصد) و نامناسب (۵/۲۱ درصد) نسبت به جاده موجود با عبور ۶/۴۰ درصدی از مناطق بسیار مناسب و ۳۵/۹۷ درصدی از مناطق نامناسب داشت. واریانت دوم با ۷۲/۶۲ درصد پوشش در قیاس با سایر واریانتها و جاده موجود عملکرد مناسب و قابل قبولی از نظر زیست محیطی داشت و در کلیه موارد مورد بررسی به عنوان واریانت بهتر انتخاب گردید. نتایج آزمون مقایسه بین مناسب‌ترین واریانت و شبکه جاده موجود با استفاده از آزمون مربع‌کای نشان داد که در سطح ۹۵ درصد این دو شبکه دارای تفاوت معنی‌داری می‌باشند ($p=۰/۰۱۸$).

واژه‌های کلیدی: طراحی بهینه شبکه جاده جنگلی، تحلیل سلسله مراتبی، نقشه قابلیت عبور اراضی، روش باکموند، سری دلاکخیل

J.Env. Sci. Tech., Vol 19, No.4, Winter, 2018

Analytical Hierarchy Process of Land Potentiality for the Forest Roads Optimizing Path Tracing in terms of enviromental

(Case Study; Seri Dallak Kheil)

Sareh Hosseini[1]
S. Ata ollah Hosseini*[2]
at.Hosseini@ut.ac.ir
Majid Lotfalian[3]
Aidin Parsakhoo[4]

Admission Date: October 21, 2015 Date Received: April 15, 2015

Abstract

Background and Objective : Forest roads network in forestry plans have main and basic role in the forest management, conservation and recovery. In this research the ability of GIS and AHP in production of road-use map in Dallak kheil forest of Sari with an area of 1521.89 hectare (without villages in study area) was investigated.

Method: In this study, for finding a suitable method for optimal routing forest roads and finding environmentally optimal variant of GIS and AHP technique was used. According to effective factors on road planning such as slope, slop direction, soil, geology, stock growth per hectare, hydrology, landscape and conserved species, a questionnaire was provided and then the idea of the experts about forest road planning and relative importance of factors was collected. The factors were weighted in Expert choice (EC) software via pair wise method.Then based on weights, the maps of mentioned factors were overlaid and land capability map with four classes of most unsuitable, unsuitable, suitable and most suitable was produced. Different variants of forest road were designed on land capability map using Arc GIS 9.3 software and divider method. Finally, the status of designed road network and existing road was compared using Backmund and nearest route method.

Findings: Analysis of effective factors in the design based on the road design profesionals and forest roads, showed that standard slope with 0.254 relative weight, have the highest points and the outlook with relative weight 0.052 has the lowest points.

Discussion and Conclusions:The result of the comparsion betwwen the existing network with five new variants in terms of environmental considerations indicated that the second variant is the best variant due to the passing of the most sutibel areas (19.7%) and unsutibel (21.5%) in compared to the existing road and other variants. Also The second variant whit 62/72 cover persentage in compared to other variants and existing roads in terms of environmental performance were selected as variants better. The Chi square test was used to compare the most suitable variant with existing road. Results showed that the designed road network was significantly better than that of existing road, regarding pass from suitable area.

Keywords: Optimal planning forest road network, Analytical hierarchy process, land capability map, Backmond method, Dallak kheil forest

1- Ph. D. Graduated of Forestry, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
2- Professor, Forestry and Forest economics Dept. University of Tehran* (Corresponding Author)
3- Associate Professor, Department of Forestry, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
4- Assistant Professor, Gorgan Agricultural Sciences and Natural Resources University

مقدمه

امروزه اهمیت جنگل‌ها بخاطر تنوع بیولوژیکی، محصولات فرعی (غیر چوبی)، ارزش‌های فرهنگی و خدمات زیست محیطی در سراسر جهان شناخته شده است، اهمیت جنگل فقط در تولید چوب نیست، جنگل‌ها و مراتع کشور دارای ۱۸ وظیفه مهم هستند که تولید چوب یکی از وظایف آن می‌باشد (۱و ۲). جهت بهره‌برداری از خدمات و چوب تولید شده در جنگل و همچنین تأمین سایر اهداف در بهره‌وری از جنگل به شبکه‌ای از جاده‌های جنگلی نیاز می‌باشد که علاوه بر پوشش مناسب، بتوان درختان قطع شده را با کمترین هزینه‌های تمام شده و آسیب به محیط زیست خارج نمود. طراحی شبکه جاده‌های جنگلی از امور مهم مهندسان است که بهینه‌سازی شبکه جاده جنگلی از بخش‌های مهم طرح جنگلداری است (۳ و۴). طراحی و ساخت شبکه جاده جنگلی همواره جزء گرانترین، سخترین و زمان‌برترین فعالیت‌ها در جنگل‌داری بوده است (۵ و ۶). علاوه بر آن امکان موفقیت و سود آوری طرح‌های عملیاتی مدیریت جنگل بوسیله شبکه جاده جنگلی تحت تأثیر می‌باشد (۷). در طراحی جاده جنگلی، هدف اصلی، طراحی و مکان‌یابی جاده‌ها به روش بهینه می‌باشد. در واقع هدف از طراحی و ساخت جاده علاوه بر توجه به پوشش منطقه جنگلی توسط شبکه جاده و رعایت اصول زیست محیطی، مقرون به صرفه بودن هزینه‌های ساخت جاده نیز مورد توجه می‌باشد. از اینرو طراحی بهینه جاده راهنمایی برای مکان‌یابی جاده و اهداف اقتصادی می‌باشد. بنابراین طراحی جاده‌ها از لحاظ اینکه جاده در چه نقطه‌ای قرار گرفته و توزیع آن به چه گونه‌ای باشد بسیار مهم است (۸). زیرا علاوه برکمبود آن، طراحی و ساخت نادرست آن نیز برای جنگل خطرناک است (۹). از سوی دیگر اگر جاده‌های جنگلی بخوبی طراحی و توزیع شوند کمترین تخریب و صدمه به توده جنگلی و رویشگاه را در بر خواهد داشت و جنگل از نقطه نظر مدیریت بهینه در مطلوب‌ترین شرایط خود قرار خواهد گرفت (۱۰). جهت رسیدن به اهداف فوق استفاده صحیح از داده‌ها و نرم افزارهای مختلف مهم بنظر می‌رسد. لذا در سال‌های اخیر طراحی جاده‌های جنگلی با استفاده از نرم افزارهای قوی و با دقت بیشتری انجام می‌شود (۱۱). یکی از مهم ترین ابزاری که امروزه در مدیریت طرح‌های جنگلداری کمک شایانی کرده و در سال‌های اخیر پیشرفت شایانی نیز داشته است سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) می‌باشد. امروزه طراحان جاده‌های جنگلی با استفاده از مدل‌های دیجیتالی (DEM) در محیط GIS برای مناطق کوهستانی و مناطقی که شیب زیادی دارند براحتی با صرف هزینه و زمان کمتری جاده طراحی می‌کنند (۱۲). بکارگیری فن‌آوری سامانه اطلاعات جغرافیای در مدیریت و طراحی زمین سبب می‌شود طراحی به گونه‌ای صورت بگیرد که نوع مسیر طراحی شده در هر منطقه مطابقت بیشتری با شرایط اکولوژیکی حاکم بر آن داشته باشد (۱۳). با اینکه GIS ابزار قدرتمندی است اما بکارگیری این ابزار به تنهایی، نمی‌تواند به هر کدام از معیارهای شرکت کننده در آنالیز جهت ایجاد ارجحیت نسبی فائق آید. برای حل این مشکل یکی از بهترین روش‌ها تلفیق GIS با AHP می‌باشد. فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) یکی از معروف‌ترین فنون تصمیم‌گیری چند معیاره است که اولین بار توسط ساعتی در سال۱۹۸۰ابداع گردید. در تکنیک AHP اطلاعات در قالب نظر متخصصان و ترجیحات موضوعی با هم تلفیق شده و امکان ارزیابی معیارهای کمی وکیفی به صورت جداگانه و توأم فراهم شده است (۱۴). در بررسی سوابق تحقیق در این زمینه میتوان به اجمال به موارد زیر اشاره نمود:

در مطالعه‌ای تحت عنوان طراحی شبکه جاده‌های حوزه طرح جنگلداری چند منظوره آرمرده بانه با استفاده ازGIS، لایه‌های شیب، جهت، تیپ درختان و فاصله از مناطق مسکونی و تفرجی به عنوان مهم ترین معیارهای موثر در طراحی مسیر جاده با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی ذکر شدند (۱۵). همچنین در زمینه اهمیت کاربرد GIS در برنامه‌ریزی شبکه‌ی جاده‌های جنگلی سری دو شفارود بیان شد که جاده‌ی طراحی شده با استفا ده از امکانات GIS با داشتن تراکم بهینه، از لحاظ فنی و پارامترهای زیست محیطی از جاده‌ی موجود مناسبتر است (۱۶). همچنین در مطالعه‌ای به منظور تشخیص اولویت‌های تعمیر و نگهداری جاده و تعیین مزایای حاصل از تکمیل یا ارتقای یک پروژه در ناحیه جنگلی این نتیجه حاصل شد که

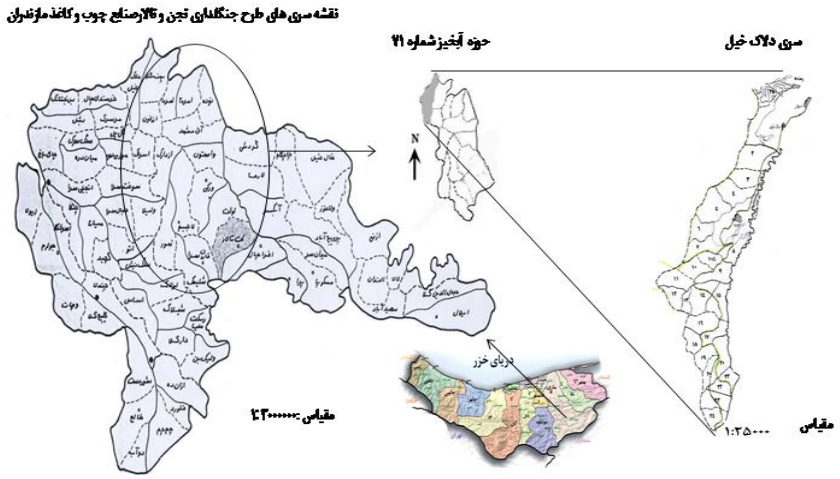
AHP چارچوب مناسبی برای اندازه‌گیری کمی مزایای زیست محیطی و استفاده از آنها در الگوریتم‌های مدل‌سازی و برنامه-ریزی است (۱۷). بطوریکه در منطقه کاتوک در جنگل‌های ترکیه با استفاده ازGIS، محققان به این نتیجه رسیدند که ۹۲/۲ درصد از طول مسیر جاده طراحی شده با استفاده از GIS از مناطقی با کمترین نقاط منفی عبور کرده است (۱۸). بطوریکه در مناطق لغزشی قدیمی و تثبیت شده جنگل‌های کشور لهستان، اثرات زمین لغزش را در افزایش تنوع گونه‌ای جنگل‌های منطقه مهمتر از فاکتورهایی از قبیل جنس سنگ بستر، ارتفاع از سطح دریا، توپوگرافی و اقلیم خرد ذکر نمودند (۱۹).

با توجه به مطالعات انجام شده در داخل و خارج کشور، در این تحقیق سعی می‌شود که با استفاده از تکنیک AHP و اضافه نمودن لایه‌های مورد بررسی در GIS، به تهیه نقشه توان منطقه مورد مطالعه جهت طراحی و احداث جاده جنگلی پرداخته و در نهایت با تعیین نقاط مثبت و منفی اجباری (اراضی مناسب)، بتوان گامی موثر در جهت بهبود فرآیند مسیریابی در جاده‌های جنگلی و انتخاب مناسب‌ترین واریانت با استفاده از روش باکموند، درصدپوشش و نزدیک ترین مسیر (شبکهٔ نقاط تصادفی سیستماتیک) برداشت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه و داده‌ها

جنگل‌های سری دلاکخیل در حوزه آبخیز ۷۱ و در حدود ۵ کیلومتری شرکت صنایع چوب وکاغذ مازندران قرار دارد که از شمال به جنگل‌های افراتخت و زمین‌های مزروعی، از جنوب به سری گل‌پل، از مشرق به سری‌های پهنه‌کلا و ارزفون و از غرب به سری‌های خرمندی‌چال و مرسرک محدود می‌شود (شکل۱). این سری بین "۳۰،´۰۰،°۵۳ تا"۳۰،´۰۴،°۵۳ طول شرقی و "۰۸،´۲۱،°۳۶تا"۱۵،´۲۷،°۳۶ عرض شمالی نسبت به نصف النهار گرینویچ قرار دارد. سری دلاک‌خیل با ۱۶۵۷ هکتار با ۲۴ قطعه در تقسیم‌بندی جنگل‌های شمالی البرز در دامنه‌های ارتفاعی حد پایین و میان‌بند قرار دارد (۲۰).



شکل۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

Fgure 1. Geographical position of the sudy area

در مطالعه حاضر نقشه‌های توپوگرافی، موجودی در هکتار، زمین‌شناسی، خاک‌شناسی و شبکه راه‌ها با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰ و گزارشات موجود در اداره کل منابع طبیعی استان مازندران (ساری) جهت تکمیل اطلاعات جمع‌آوری شد. به منظور تهیه، اصلاح و طبقه‌بندی نقشه‌ها و ارزیابی اراضی مناسب منطقه مورد مطالعه، وضعیت شبکه جاده موجود و تعیین شبکه جاده مناسب از نرم افزارهای Arcviwe وArc Gis9.3 بهره گرفته شد. آنالیزهای مربوط به فرایند تحلیل سلسله مراتبی در نرم-

افزارExpert choice به اجرا در آمد و با استفاده از این نرم-افزار، وزن‌های مورد نیاز و نرخ سازگاری استخراج شد. در این تحقیق با هدف ارزیابی شبکه جاده موجود و تعیین شبکه جاده مناسب، نقشه‌های شیب دامنه، جهت، نقشه‌های زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، توپوگرافی و موجودی در هکتار به عنوان لایه‌های اطلاعاتی مورد استفاده قرار گرفت. برای وزن‌دهی به مشخصه‌ها، پرسش‌نامه‌ای طراحی و پس از بیان هدف و تشریح اصول و کلیات این تکنیک بین متخصصان آگاه و خبره در طراحی مسیر جاده‌های جنگلی و متخصصین جاده‌سازی جنگل در مراکز اجرایی، علمی و آموزشی ارسال شد تا نقطه نظرهای خود در اولویت‌بندی مشخصه‌های تأثیرگذار در طراحی مسیر ارایه نمایند. وزن‌دهی مشخصه‌ها طبق جدول زیر بوده است (جدول۱).

جدول۱- مقیاس رتبه‌دهی(قدسی‌پور، ۱۳۸۸)

Table 1. Rating scale (Qodsipour, 2009)

ترجیحات (اهمیت)	رتبه	ترجیحات (اهمیت)	رتبه
کاملاً مرجح یا مهم‌تر یا کاملاً مطلوبتر	۹	کمی مرجح یا کمی مهم‌تر و یا کمی مطلوب‌تر	۳
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی	۷	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان	۱
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت قوی	۵	ترجیحات بین فواصل فوق	۲،۴،۶،۸

پس از جمع‌آوری پرسش‌نامه‌ها، وزن نسبی معیارها به روش میانگین حسابی تعیین و بدین ترتیب مؤثرترین معیارها در مکان‌یابی مسیر عبور جاده‌های جنگلی به کمک نرم‌افزار Expert choice و به روش مقایسه زوجی مشخص گردید. در این مطالعه به علت فقدان نقشه (لایه) معیار چشم‌انداز و گونه-های حفاظتی، این معیارها در مراحل بعدی این پژوهش حذف و وزن آنها با در نظر گرفتن یک ضریب به نسبت مساوی بین سایر معیارها تقسیم گردید. سپس نقشه‌های معیارهای موردنظر در محیط GIS رقومی و پس از رقومی‌سازی، به عنوان نقشه-های موثر در طراحی مسیر جاده جنگلی مورد تجزیه و تحلیل، طبقه‌بندی و ارزشگذاری گردیدند.

در نهایت، لایه‌های ارزشگذاری شده در محیط Arc GIS9.3 براساس وزن آنها روی هم‌گذاری و لایه‌ای به نام کاربری جاده‌سازی در جنگل یا همان نقشه قابلیت عبور اراضی جهت عبور جاده منطقه مورد مطالعه جهت مسیریابی تهیه گردید. در این مرحله توان اراضی سری دلاکخیل برای طراحی شبکه جاده جنگلی مشخص شد. با توجه به نقشه قابلیت عبور اراضی جهت عبور جاده در منطقه مورد پژوهش، با استفاده از روش گام پرگار با رعایت اصول لگاریتمی محدوده شیب مجاز طولی جاده‌های جنگلی (نشریه ۱۴۸) در محیط نرم‌افزار GIS، واریانت‌های مختلفی برای منطقه مورد مطالعه طراحی و در نهایت بهترین واریانت از نظر زیست محیطی انتخاب گردید.

از شاخص‌های مهم برای ارزیابی واریانت‌ها، مقایسه آنها از نظر کارایی تراکم طولی است، برای این منظور این واریانت‌ها به تفکیک با یکدیگر و با شبکه جاده موجود با استفاده از روش باکموند و روش درصد پوشش، روش نزدیک ترین مسیر و از لحاظ درصد عبور از مناطق با توان مختلف اراضی جهت عبور مسیر مقایسه شدند. پس از انتخاب بهترین واریانت طراحی شده با استفاده از تکنیک AHP و GIS، عملکرد این تکنیک با واقعیت زمینی مورد مقایسه قرار گرفت. جهت انجام این کار ۳۸ نقطه به طور کاملاً تصادفی روی مناسب‌ترین واریانت طراحی شده انتخاب و سپس با استفاده از GPS موقعیت این نقاط در سری مورد مطالعه مشخص و شرایط آنها از نقطه نظر عبور جاده جنگلی از مناطق مختلف مورد بررسی قرار داده شد. در نهایت جهت مقایسه آماری بین مناسب‌ترین واریانت و شبکه جاده موجود بر اساس عبور مسیر از مناطق مثبت و منفی طراحی شده در سری مورد مطالعه از آزمون مربع کای استفاده شد. برای انجام این آزمون ابتدا در مسیر جاده موجود و

مناسب‌ترین واریانت، بر روی نقشه توان اراضی در فواصل سیستماتیک یک سانتی‌متری تعداد۳۰ نقطه برداشت گردید. اعداد برداشت شده، شامل وضعیت نقاط (نقاط مثبت و منفی در طراحی جاده جنگلی) در آن منطقه (از لحاظ لایه‌های مورد بررسی) می‌باشد. وضعیت نقاط در دو طبقه مناسب و نامناسب تقسیم‌بندی شدند. سپس نتایج این برداشت از نظر میزان عبور مسیر از طبقات با توان بسیار مناسب، مناسب، نامناسب و بسیار نامناسب در نرم افزار SPSS16.0 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نتایج

در این پژوهش شش معیار شامل شیب، جهت، خاکشناسی، زمین شناسی، موجودی در هکتار و آبراهه جهت طراحی شبکه جاده جنگلی در نظر گرفته شد. ارزش هر یک از طبقات نقشه مورد نیاز در تهیه نقشه قابلیت عبور اراضی در جدول ۲ ارایه شده است. ارزش‌گذاری کلاسه‌های داخلی مشخصه‌ها با نظر کارشناسان ساخت جاده جنگلی طبق جدول۳ انجام پذیرفت. و نهایتاً نقشه مورد نظر در چهار طبقه بسیار نامناسب، مناطق نامناسب، مناسب و بسیار مناسب جهت جاده‌سازی تهیه شد (شکل ۲).

جدول۲- وضعیت ارزش‌گذاری درونی شش نقشه مورد بررسی

Table 2.Status of internal valuating of six studied maps

شیب(درصد)	ارزش	جهت جغرافیایی	ارزش	زمین شناسی*	ارزش	خاکشناسی*	ارزش	موجودی در هکتار	ارزش
<۱۰	۹	جنوب	۹	C.Q[1]	۹	۱,۵,۲	۹	۲۰۰-۳۵۰	۹
۱۰-۲۵	۸	غرب	۷	C.M	۷	۲,۵,۲	۶	۱۰۰-۲۰۰	۷
۲۵-۶۰	۶	شرق	۵	CPcm	۱	۱,۵,۳	۳	<۱۰۰	۱
۶۰-۸۰	۴	شمال	۳			۲,۵,۴	۱		
>۸۰	۱								

$C.Q_t$ (نهشته‌های کوارترنری): عمدتا رخنمون‌های آن در حواشی دره‌ها، خصوصا رودخانه سالاردره دیده می‌شود، شامل آبرفت‌های عهد حاضر، آبراهه جوان، تراس‌ها و مخروط افکنه‌های جوان می باشد.

C.M (نهشته‌های الیگومیوسن): این نهشته متشکل ازمارن، ماسه سنگ، ماسه سنگ آهک ماسه ای، کنگلومرا است که به طور کلی ژیپس نیز در آن دیده می‌شود. این سازند بسیار حساس به فرسایش است.

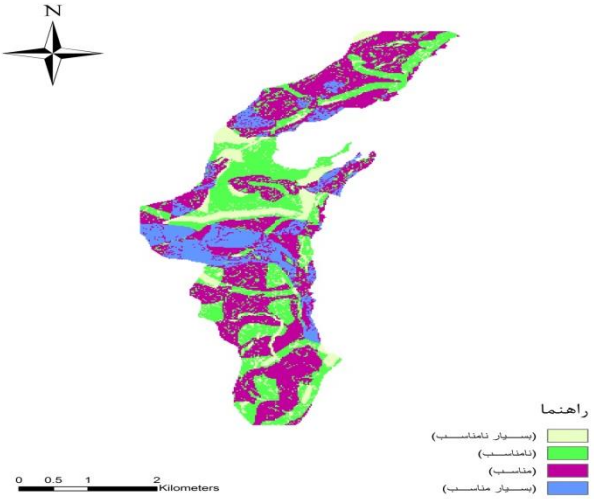
C.PCM(نهشته‌های پلیوسن): محدوده اندکی را در این سری به خود اختصاص داده است واز طبقات کنگلومرائی با میان لایه‌های مارن سیلتی و مارن الوان قرمز تیره یا سبز تشکیل یافته است.

زیر واحداراضی ۱,۵,۲: این زیر واحد تکامل نیافته راندزین تیپیک و منشا سنگ‌های مادری آن آهکی، آهک ماسه‌ای بوده وشیب کمی زیاد تا زیاد می‌باشد، بیرون‌زدگی سنگی به مقدار متوسط تا زیاد دیده شده، عمق خاک به حداکثر۴۵cm-۴۰ می‌رسد.

زیرواحد اراضی ۱,۵,۳: این زیر واحد قهوه‌ای جنگلی با PHقلیایی می‌باشد، شیب متوسط تا کمی زیاد و بیرون‌زدگی سنگی به مقدار کم وجود دارد در عمق ۷۰cmبه پایین به اندازه آنها افزوده می گردد.

زیر واحد اراضی ۲,۵,۲: این زیر واحد قهوه ای شسته شده با افق کلسیک می‌باشد در عمق ۸۰cm به پایین تشگیل گردیدمشاهده می شود، بطوریکه PHتا عمق ۸۰cm اسیدی ضعیف تا خنثی و در عمق زیرین قلیایی است.

زیر واحد اراضی۲,۵,۴: این زیر وا حد قهوه‌ای شسته شده با پسدوگلی می‌باشد که به شدت نسبت به هیدرومورف موقت در فصول بارندگی حساس است. بافت خاک سنگی clay تا بسیار سنگین silty clay، نفوذ پذیری آب متوسط تا ضعیف می‌باشد



شکل۲- نقشه قابلیت عبور اراضی(کاربری جاده‌سازی)

Figure 3. Map of land capability for passage

جدول۳- فراوانی نسبی هر یک از طبقات نقشه‌های شش‌گانه تهیه نقشه قابلیت اراضی

Table 3. Relative frequency of each classes of of six factors for preparing the map of land capability for passage

شیب	درصد	جهت جغرافیایی	درصد	زمین شناسی	درصد	خاک شناسی	درصد	موجودی‌در هکتار	درصد
<۱۰	۱۱/۱۶	جنوب	۵/۶	C.Q	۱۰	۱،۵،۲	۵/۷۱	۲۰۰-۳۵۰	۲۹/۳۵
۱۰-۲۵	۴۵/۴۳	غرب	۲۵	C.M	۸۷/۵	۲،۵،۲	۴۶/۷۷	۱۰۰-۲۰۰	۲۳/۳۳
۲۵-۶۰	۳۹/۶۲	شرق	۴۲	CP_{cm}	۲/۵	۱،۵،۳	۳۰/۲۵	<۱۰۰	۴۷/۳۲
۶۰-۸۰	۰/۶۸	شمال	۲۷/۴			۲،۵،۴	۲۷/۱۷		
>۸۰	۰/۱۴								

با توجه به خطی بودن لایه رودخانه بنابراین به صورت معمول ارزشگذاری نمی‌شود. در واقع، با بررسی رودخانه و آبراهه‌های منطقه و بررسی شیب اطراف و انواع مختلف آنها، جهت استفاده در نقشه قابلیت عبور اراضی (کاربری جاده‌سازی) بافری برای همگی آنها تعریف شد. در منطقه مورد بررسی رودخانه‌هایی که بزرگ‌تر می‌باشند (درجه۱) علاوه بر اینکه اغلب دارای شیب بیشتری از هر دو طرف رودخانه نسبت به درجات پایین‌تر بودند، هزینه ساخت و نگهداری جاده در این مناطق نیز متعاقباً بیشتر خواهد بود، بنابراین بافری برای آنها تعیین شد (جدول۴).

جدول۴- ارزش درونی برای رودخانه‌ها و آبراهه‌ها در منطقه مورد مطالعه

Table 4. Internal value for river and streams in study area

رودخانه (آبراهه)	محدودیت (بافر به متر)	ارزش
درجه۱ (رودخانه اصلی)	۰-۸۰	۱
	> ۸۰	۹
درجه۲ (رودخانه کوچک)	۰-۶۰	۳
	> ۶۰	۹
درجه ۳ (آبراهه بزرگ)	۰-۴۰	۵

	> ۴۰	۹
درجه۴ (آبراهه کوچک)	۰-۲۰	۷
	> ۲۰	۹

میانگین هندسی هریک از قضاوت‌های زوجی در قسمت اول جدول ۵ آورده شده است. به عنوان مثال عدد ۶ نماینگر این است که میانگین هندسی قضاوت کارشناسان در مورد اهمیت شیب نسبت به جهت ۶ برابر است (جدول ۵). در قسمت شکل۴ هم وزن نهایی محاسبه شده برای هر مشخصه آمده است. بر این اساس بیشترین وزن را شیب به خود اختصاص داده (۰/۲۵۴) بعد از آن جهت جغرافیایی (۰/۱۰۴) و در رده آخر چشم انداز (۰/۰۵۲) قرار دارد. شایان ذکر است که با توجه به ضریب ناسازگاری ۰/۰۸که کوچکتر از۰/۱ است نیازی به تجدید نظر در قضاوت‌ها نمی‌باشد (شکل۳).

جدول۵- مقایسه زوجی و وزن معیارها نسبت به هدف

Table 5. Pairwise comparison and criteria weight relation to purpose

معیارها	شیب	جهت	زمین شناسی	خاکشناسی	تراکم آبراهه	موجودی در هکتار	چشم-انداز	گونه‌های حفاظتی
شیب		۶	۱	۱	۴	۴	۵	۲
جهت			۱	۱	۲	۱	۲	۱
زمین شناسی				۲	۴	۴	۴	۳
خاک					۴	۳	۳	۳
تراکم آبراهه						۲	۲	۲
موجودی درهکتار							۲	۳
چشم‌انداز								۲
گونه‌های حفاظتی								

شکل۳- وزن نهایی و الویت‌بندی معیار ها

Figure 3. Final weigth and criteria priorities

وضعیت عبور واریانت‌های مختلف جاده از نقشه قابلیت عبور اراضی منطقه مورد مطالعه

وضعیت میزان عبور واریانت‌های مختلف در مناطق مختلف به گونه‌ای است که همگی به اندازه یکسان از مناطق بسیار نامناسب عبور ننمودند. نتایج حاصل از ارزیابی شبکه جاده موجود و واریانت‌های طراحی شده بر روی نقشه قابلیت عبور اراضی در جداول ۶ آورده شده است. همانطور که در جدول۶ ملاحظه می‌شود درصد عبور طول جاده موجود بر روی منطقه با توان مناسب نسبت به واریانت‌های طراحی شده کمتر و میزان درصد عبور طول جاده موجود بر روی منطقه با توان نامناسب نسبت به واریانت‌های طراحی شده بیشتر می‌باشد.

جدول۶- وضعیت عبور جاده موجود و واریانت‌های مختلف جاده روی نقشه قابلیت عبور اراضی منطقه مورد مطالعه

Table 6. thestatus of existing road [assage and different variants from the map of land capability for passage

طبقات توان	جاده موجود	واریانت اول	واریانت دوم	واریانت سوم	واریانت چهارم	واریانت پنجم
بسیار نامناسب	۱۳/۴۸	۱۰	۵/۲۱	۳/۱۰	۳/۱۰	۲/۶۸
نامناسب	۳۵/۹۷	۲۶/۱۵	۲۶/۱۸	۲۴/۱۷	۲۶/۱۴	۲۶/۲۳
مناسب	۴۴/۱۷	۴۵/۶۷	۴۹/۵۴	۵۶/۷۳	۵۶/۹۰	۵۸/۳۹
بسیارمناسب	۶/۴۰	۱۷/۲۰	۱۹/۰۷	۱۶	۱۳/۸۶	۱۲/۷۰

مشخصات شبکه جاده جنگلی موجود و طراحی شده با روش بکموند:

نتایج حاصل ارزیابی شبکه جاده جنگلی موجود با استفاده روش بکموند نشان داد طول کل مسیرهای جاده موجود در سری دلاکخیل ۱۹/۷۳کیلومتر با تراکم طولی ۱۲/۹۶متر در هکتار، سطح قابل پوشش با این طول جاده نیز ۶۰/۳۰ درصد و متوسط فاصله چوبکشی آن ۱۹۲/۷۷متر بوده است (جدول۶). در این بررسی طول و تراکم طولی واریانت‌های طراحی شده (شکل ۶) نسبت به جاده موجود سری دلاکخیل کمتر و سطح قابل پوشش و متوسط فاصله چوبکشی بیشتر برآورد شد (جدول۷).

جدول ۷- وضعیت واریانت‌های طراحی شده و جاده موجود با روش بکموند

Table 7. The status of designed variants and existing road using Backmund method

واریانت‌ها	طول جاده (کیلومتر)	تراکم طولی (متر در هکتار)	فاصله چوبکشی (متر)	متوسط چوبکشی (متر)	درصد شبکه بندی
جاده موجود	۱۹/۷۳	۱۲/۹۶	۳۸۵/۵۵	۱۹۲/۷۷	۶۰/۳۰
واریانت اول	۱۲/۵۹	۸/۲۷	۶۰۴/۳۲	۳۰۲/۱۶	۸۵/۰۹
واریانت دوم	۱۴/۹۳	۹/۸۱	۵۰۹/۴۷	۲۵۴/۷۳	۹۵/۱۹
واریانت سوم	۱۰/۵۶	۶/۹۴	۷۲۰	۳۶۰	۹۷
واریانت چهارم	۹/۲۵	۶/۰۷	۸۲۲/۳۹	۴۱۱/۱۹	۹۷/۹۰
واریانت پنجم	۸/۳۶	۵/۴۹	۹۰۹/۳۲	۴۵۴/۶۶	۹۹/۲۰

مقایسه واریانت‌های طراحی شده و شبکه جاده موجود با استفاده روش درصد پوشش

در تحقیق حاضر واریانت‌های مختلف با روش درصد پوشش نیز مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج این ارزیابی نشان داد که واریانت دوم با طول ۱۴/۹۳کیلومتر و با تراکم طولی۹/۸۱ متر در هکتار با فاصله چوبکشی برابر با جاده موجود (۳۸۵/۵۵متر) قابلیت پوشش۷۲/۶۲ درصد از منطقه را داشته است (جدول۸).

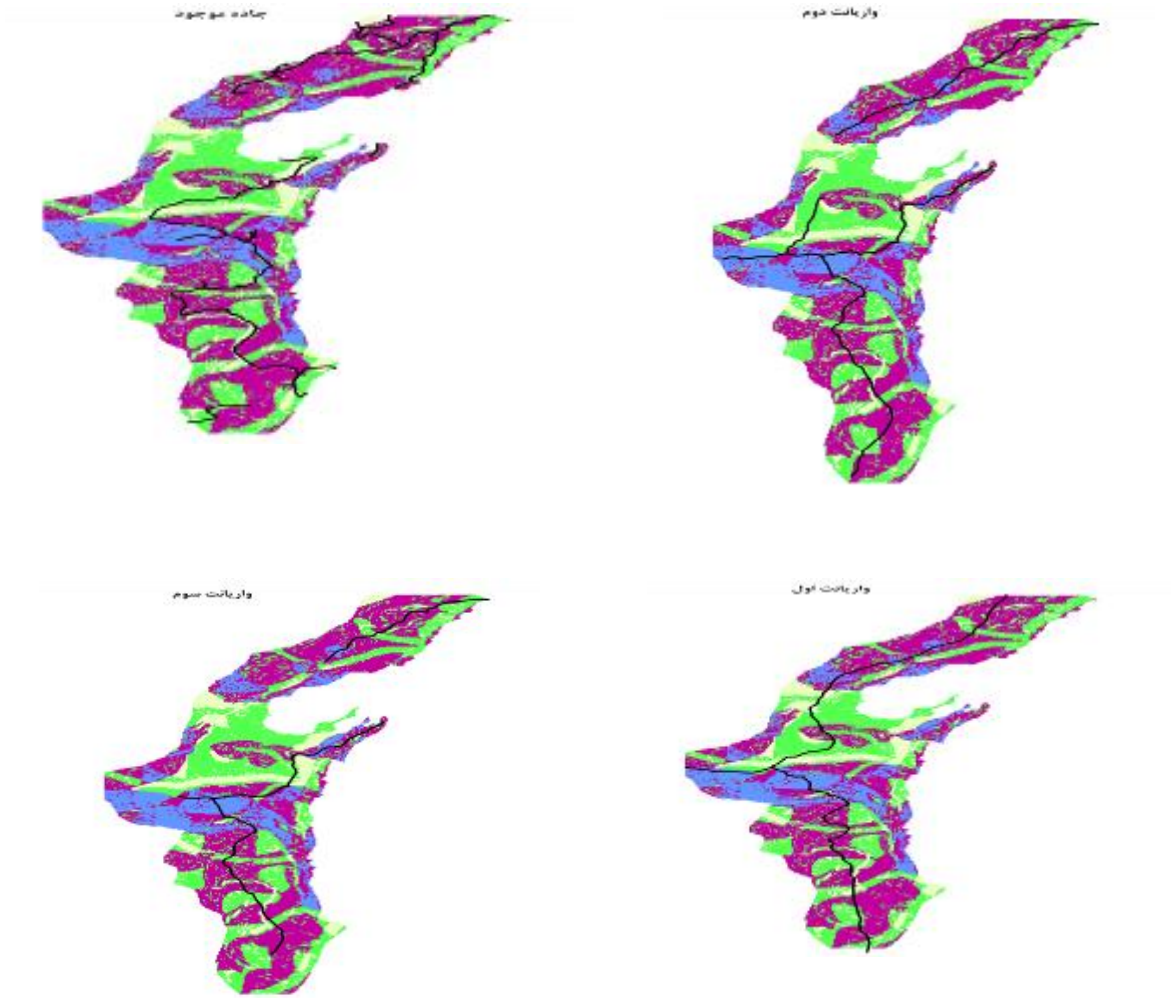
جدول۸- وضعیت واریانت‌های طراحی شده با روش درصد پوشش

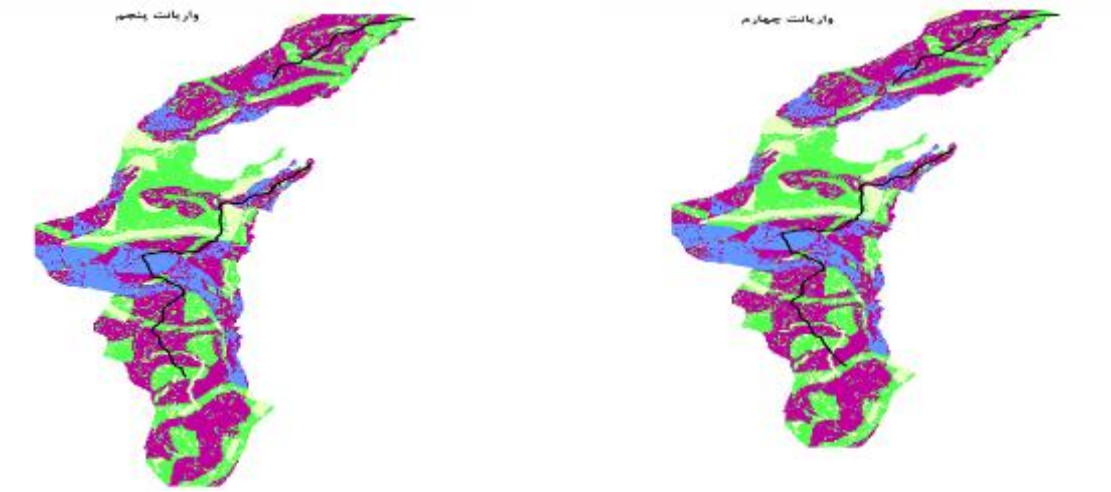
Table 8. The status of designed variants usinf openness percentage

گزینه	طول (کیلومتر)	درصد پوشش	گزینه	طول (کیلومتر)	درصد پوشش	گزینه	طول (کیلومتر)	درصد پوشش
جاده موجود	۱۹/۷۳	۶۰/۳۰	واریانت دوم	۱۴/۹۳	۷۲/۶۲	واریانت چهارم	۹/۲۵	۵۱/۰۴
واریانت اول	۱۲/۵۹	۶۱/۲۲	واریانت‌سوم	۱۰/۵۶	۵۳/۷۳	واریانت پنجم	۸/۳۶	۴۶/۶۸

مقایسه واریانت‌های مختلف طراحی شده با استفاده روش نزدیک ترین مسیر

در این روش هدف تعیین گزینه مناسب شبکه جاده با بهترین توزیع سطحی مد نظر بوده است. برای این کار مجموع نزدیک ترین فاصله نقاط تا جاده محاسبه می‌شود. اگر عدد بدست آمده بر تعداد نقاط تقسیم گردد، فاصله متوسط هر نقطه تا جاده بدست می‌آید. لذا طبق توضیحات ارایه شده در مورد این روش، واریانت دوم به علت اینکه متوسط فاصله هر نقطه تا جاده آن کمتر است و بهترین توزیع را سطح سری داشته به عنوان مناسبترین واریانت انتخاب گردید. در روش نزدیک‌ترین مسیر برای آنالیز توزیع سطحی، متوسط فاصله هر نقطه تا جاده برای واریانت‌های اول، دوم، سوم، چهارم و پنجم به ترتیب ۳۶۸/۹، ۳۱۴/۶، ۴۷۶/۴، ۵۶۳/۴ و ۶۴۱/۴ متر بدست آمد (شکل ۴).





شکل۴- توزیع واریانت‌های طراحی شده بر روی نقشه قابلیت عبور اراضی (کاربری جاده‌سازی)

Figure 4. Distribution of the designed variants on map of land capability for passage (road construction usage)

تجزیه و تحلیل شرایط زمینی با شرایط طراحی شده توسط تکنیکAHP

نتایج حاصل جهت تجزیه تحلیل شرایط زمینی با شرایط طراحی شده توسط تکنیکAHP و مقایسه عملکرد این تکنیک با واقعیت زمینی، نشان داد که ۲۶ نقطه از ۳۸ نقطه انتخاب شده روی نقشه قابلیت عبور اراضی (کاربری جاده‌سازی) به عبارتی ۶۸/۴۳ درصد نقاط انتخاب شده روی این نقشه با طبیعت سری مورد مطالعه انطباق دارد و ۱۲نقطه از۳۸ نقطه انتخاب شده روی نقشه قابلیت عبور اراضی (کاربری جاده‌سازی) به عبارتی ۳۱/۵۷ درصد نقاط انتخاب شده روی نقشه مذکور با طبیعت منطقه مورد مطالعه انطباق ندارد.

مقایسه آماری بین مناسب‌ترین واریانت و شبکه جاده موجود

مقایسه آماری بین مناسب‌ترین واریانت (واریانت دوم) و شبکه جاده موجود مناطق مثبت و منفی مسیرهای طراحی شده در سری با استفاده از آزمون مربع کای نشان می‌دهد که شبکه جاده طراحی شده از لحاظ عبور مسیر از مناطق مناسب، به طور معنی‌داری از نظر آماری بهتر از شبکه جاده موجود است (جدول ۹). مقایسه این دو شبکه در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار می‌باشد (p=۰/۰۱۸).

جدول۹- مقایسه شرایط ۳۰ نقطه روی نقشه قابلیت عبور اراضی براساس نتایج آزمون کای اسکور

Table 9. Comparison of the status of 30 points on map of land capability for passage based on q-square test

وضعیت منطقه	جاده موجود	جاده طراحی شده	درجه آزادی(df)	معنی‌داری
مناسب	۱۳	۲۲		
نامناسب	۱۷	۸	۱	۰/۰۱۸
کل	۳۰	۳۰		

بحث و نتیجه‌گیری

در بررسی حاضر هشت معیار شیب، جهت جغرافیایی، زمین-شناسی، خاکشناسی، موجودی در هکتار و نقشه هیدروگرافی، گونه حفاظتی و چشم‌انداز در نظر گرفته شد (جدول ۵). در تحقیقات دیگری که توسط محققان مختلف صورت گرفته است این معیارها به عنوان معیارهای موثر در طراحی مسیر در نظر گرفته شده است (۲۱، ۲۲، ۲۳ و ۲۴). نتایج حاصل از وزن‌دهی

معیارهای موثر در طراحی شبکه جاده جنگلی منطقه مورد مطالعه با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی و پرسشنامه‌ها در محیط نرم افزار Expert choice نشان داد معیار شیب با وزن نسبی۰/۲۵۴، زمین شناسی با وزن نسبی ۰/۲۱۵، خاکشناسی با وزن نسبی ۰/۱۶۹، جهت با وزن نسبی ۰/۱۰۴، موجودی در هکتار ۰/۰۷۶، هیدروگرافی با وزن نسبی ۰/۰۷۴ با وزن بیشتر و معیارهایی چون گونه حفاظتی با وزن نسبی ۰/۰۵۷ و چشم‌انداز با وزن نسبی ۰/۰۵۲ با وزن کمتری در طراحی شبکه جاده جنگلی نقش دارند (شکل۴). نتیجه محاسبه نرخ سازگاری نشان داد که نرخ سازگاری این قضاوت‌ها کمتر از ۰/۱ است. هرگاه نرخ سازگاری کمتر از ۰/۱ باشد می‌توان ادعا کرد که سازگاری قضاوت‌ها مراعات شده و وزن‌های بدست آمده قابل اعتماد است (۲۵). در نتایج این پژوهش چهار معیار شیب، زمین‌شناسی، خاکشناسی و جهت جغرافیایی به ترتیب جزء معیارهای بسیار مهمتر طبقه‌بندی شدند. چنانچه مطالعه‌ای که در جنگل‌های استان گیلان با استفاده از این روش نیز نتایج مشابهی نشان داد(۲۶). البته این در حالی است که در مطالعات سایر محققان معیارهای شیب، خاکشناسی و زمین‌شناسی به ترتیب بیشترین تاثیر را در طراحی شبکه جاده جنگلی دارند (۱۵، ۲۷ و ۲۸). نتایج این تحقیق با مطالعات فوق از نظر اولویت‌بندی معیارهای موثر در طراحی مسیر مشابه می‌باشد. محققان دیگر در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که از بین بردن جنگل‌ها و احداث جاده‌ها و هر اقدام دیگری که در سطوح شیب‌دار بدون آگاهی از دینامیک محیط انجام شود، همگی از عوامل ناپایداری دامنه‌ها و عامل وقوع لغزش به شمار می‌روند و از آنجایی که جاده‌سازی تغییر شیب در دامنه است، لذا در کنار توجه به سازند به فاصله از گسل و ویژگی مکانیکی خاک، شیب و تیپ درختی موجود برای تعیین نقاط اجباری مثبت و منفی توجه ویژه‌ای کرده و از پروژه جاده‌سازی در شیب‌های بالای ۵۰ درصد بدون عملیات مکانیکی خودداری شود (۲۹، ۳۰ و ۳۱). با توجه به شکل (۶) مشخص می‌گردد که واریانت دوم با عبور بیشتر از مناطق بسیار مناسب، عملکرد بهتر و مناسبتری را نسبت به چهار ورایانت و جاده موجود داشته است. البته باید به این نکته توجه نمود که عملکرد این واریانت از لحاظ توزیع و سطح پوشش در عرصه در ارتباط با سایرین بهتر بوده است. نتایج مطالعه ۱۶ در رابطه با طراحی جاده‌های جنگلی در محیط GIS با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد (جدول۶). در این پژوهش جهت مقایسه کارایی تراکم واریانت-های مختلف و قیاس آنها با جاده موجود از روش باکموند استفاده گردید. طبق نتایج بدست آمده از این روش، طول و تراکم طولی واریانت‌های طراحی شده نسبت به جاده موجود سری دلاکخیل، کمتر و سطح قابل پوشش و متوسط فاصله چوبکشی بیشتر برآورد شد (جدول۷). این نتایج در راستای مطالعات (۳۲،۳۳، ۳۴ و ۳۵) می‌باشد.

در این مطالعه سعی گردید از روش درصد پوشش برای بررسی واریانت‌های مختلف استفاده گردد. نتایج حاصل از بررسی واریانت‌های مختلف و شبکه جاده موجود با استفاده از روش درصد پوشش نشان داد، جاده موجود با ۱۹/۷۳کیلومتر جاده و متوسط فاصله چوبکشی ۳۸۵/۵۵ متر، ۶۰/۳۰ درصد و واریانت اول ۶۱/۲۲ درصد منطقه را تحت پوشش خود قرار دادند. از آنجایکه که درصد پوشش ایجاد شده توسط جاده موجود و واریانت اول بین ۶۰ تا ۷۰ درصد می‌باشد، این میزان قابل قبول بوده ولی از نظر پوشش سطحی عالی نیستند. برای واریانت دوم با همین متوسط فاصله چوبکشی ولی با طول جاده کمتر ۱۴/۹۳کیلومتر، قابلیت پوشش به ۷۲/۶۲ درصد رسید یعنی با کاهش ۳۴/۸۹ درصد از طول جاده، ۱۲/۳۲ درصد افزایش پوشش وجود داشته است. چون این میزان پوشش بین ۷۰ تا ۸۵ درصد می‌باشد، این شبکه از نظر پوشش سطحی عالی است. واریانت سوم، چهارم و پنجم، میزان پوشش ایجاد شده توسط آن‌ها کمتر از ۶۰ درصد می‌باشد، این واریانت‌های طراحی شده از لحاظ پوشش‌دهی غیرقابل قبول می‌باشند، چرا که دسترسی به جنگل توسط آن‌ها ناکافی بوده و به اندازه کافی در عرصه توزیع نشده‌اند و سطوح بدون پوشش آن‌ها بسیار زیاد خواهد بود و برای دسترسی به بعضی از مناطق نیاز به مسیر چوبکشی با طول نسبتا زیاد است. لذا از لحاظ کارایی نامناسب می‌باشند (جدول۸). در ارزیابی واریانت‌ها مطابق این روش، واریانت دوم

عملکرد تا حدودی مناسب نسبت به واریانت‌های دیگر داشته و حداکثر پوشش و توزیع شبکه در تمام سطح سری توسط واریانت دوم بوده و عملکرد مناسبتری را نسبت به چهار واریانت دیگر داشته است. نتایج این بخش از تحقیق با مطالعات ۳۲ و ۳۳ مطابقت دارد. در پژوهش حاضر جهت مقایسه واریانت‌ها از لحاظ کارایی تراکم علاوه بر روش باکموند از روش نزدیک ترین مسیر برای ارزیابی واریانت‌ها استفاده شد، زیرا تراکم طولی یک جاده نمی‌تواند به تنهایی معیار مناسبی جهت تجزیه تحلیل کارایی یک جاده معرفی شود و فاکتورهایی دیگر همچون هزینه ساخت جاده و مقدار توان پوششی یک جاده (۳۶ و ۱۶) و آثار زیست محیطی جاده بر محیط جنگلی و توزیع به اندازه کافی آن در عرصه نیز باید در نظر گرفته شود. با این دیدگاه، می‌توان گفت واریانت دوم با تراکم طولی کمتر، سعی بر پوشش بیشتری در قیاس با سایر واریانت‌ها داشته و در نتیجه عملکرد مناسب-تری را دارد (شکل۶ و جدول۹). همچنین در مطالعات (۳۷، ۳۸ و ۳۹) بدلیل برخی اشکالات در روش باکموند، برای افزایش اطمینان در مطالعه خود از روش نزدیک ترین مسیر(شبکه نقاط تصادفی سیستماتیک) استفاده کرده‌اند که نتایج مطالعات آن‌ها با نتایج این پژوهش همخوانی لازم را دارد.

نتایج حاصل جهت تجزیه تحلیل شرایط زمینی با شرایط طراحی شده توسط تکنیکAHP و مقایسه عملکرد این تکنیک با واقعیت زمینی، نشان داد که ۶۸/۴۳ درصد نقاط انتخاب شده روی نقشه قابلیت عبور اراضی (شکل۷) با طبیعت سری مورد مطالعه انطباق و۳۱/۵۷ درصد نقاط انتخاب شده با طبیعت منطقه مورد مطالعه انطباق ندارد. نتایج پژوهش‌های ۴۰ و ۴۱ نیز موید مطالب فوق می‌باشد. بررسی نتایج حاصل از این مقایسه با استفاده از آزمون مربع کای نشان داد که تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد بین واقیعت و نقشه قابلیت عبور اراضی(کاربری جاده‌سازی) وجود دارد (جدول ۱۰ و ۱۱). این نتیجه نمایانگر دقت نسبتا خوب نقشه تهیه شده به روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی نسبت به واقیعت زمینی است. طبق این نتایج می‌توان اولویت را به روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی داد. زیرا در این روش علاوه بر در نظر گرفتن معیارهای موثر در طراحی شبکه جاده جنگلی، فاکتورهای منفی محیط زیستی در طراحی مسیر نیز در نظر گرفته می‌شود.

Reference

1. Yakhkeshi, A.2002. Cognition and Improvement of Environment. Scientific and applied High Educational Institute of Jihad. 445. (In Persian)
2. Gumus, S. 2001. Constitution of the forest road evaluation form for Turkish forestry. African Journal of Biotechnology.Vol. 8 (20)، 5389-5394.
3. Ghaffarian , M.R. 2002. Efficiency of Production and Damage on Soil and Regeneration in Traditional Loggging. MSc. Thesis of Forestry. University of Tehran. 109. (In Persian)
4. Akay, A. Erdas, O. Reis, M. Yuksel, A. 2008. Estinating Sediment Yield forms a Forest Road Network by using a Sediment Predictin Model and GIS Techniques. Journal of Building and Environment 43, 678-615.
5. Najafi, A., Sobhani, H., Saeed, A., Makhdum, M and Mohajer, M. M. 2008. Planning and assessment and skidding networks. Croatian Journal of Forest Engineering. (29) 1, 63-73.
6. Murray، T. A. 1998. Rout planning for harvest site access. Canadian Journal of Forest Research. 28 (7), 1084-1087. DOI: 10.1139/cjfr-28-7-1084.
7. Kirby, M., Hager, W and Wong. W. 1986. Simultaneous planning of woodland management and transportation alternatives. TIMS Stud. Manage. 21, 371-387.
8. Tan, J. 1999. Locating forest roads by a spatial and heuristic procedure using microcomputers. Journal of Forest Engineering. 10 (2), 91-100.
9. Lotfalian, M. Koch, Y, Sarikhani, N. 2008. Effective Factors Determination

Optimal Density of Forest Road Network, Asian Journal of Scientific Research, (4): 470-475.
10. Zekibaskent, E. and Keles S. 2005. Spatial forest planning: A review Ecological modeling, volume 188, issues 2-4, 145- 173.
11. Sarikhani, N. 1999. Guidance of Forest Road Network Project. Plan and Budget Organization. No. 148. 200. (In Persian)
12. Newnham, R. M. 1995. Roadplan: a Tool for Designing Forest Road Netwoks. Journal of Forest Engineering. 6 (2). 17-26.
13. Berhe, D. 1992. Experies with the use of Ageographical Information System to Develop Coast- Effective Ecologycall- Southland- useep lanning, using Etupia as an Example, Forest Wissenschaftlichf. Journal of Zentral Blatt, 111(1):1-33.
14. Saaty, T, L. 1977. A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. J. Mathemat. Psych, 15:234-281.
15. Mostafa, M., Rafatnia. N., Shataeei. S., and Ghazanfari. H. 2001. Forest Road Network Planning of multipurpose forestry in Armardeh Bane Using GIS. Forest and Wood Science and Technology Journal. 7(1). 129-133. (In Persian)
16. Babapour, R., Naghdi. R., and Salehi. A. 2001. Importance of GIS using in Forest Road Planning (Case Study, Shafarud). Prociding of Geographical Information System Conference. 10. (In Persian)
17. Coulter, E., J. Sessions and M. Wing. 2006. Scheduling Forest Road Maintenance Using Of Analytic Hierarchy Process and Heuristics. J. Silva Fennica 40(1): 143-160.
18. Gomus, S. H. Acar, H and Tuksoy, D. 2006. Functional Forest Road Network Planning by Consideration of Environmental Impact assessment for Wood Harvesting. Environ Monit Assess. DOI10.1007/s10661-007-9912- y.
19. Alexandrowicz, z., Margielewski, W., 2010. Impact of mass movements on geo- and biodiversity in the polish Outer (Flysch) Carpathians. Geomorphology, 123: 290-304.
20. Anonymus, 2003. Dalak-Kheil Forestry Management Booklet. Natural Resources Office of Mazandaran Province. Wood and Paper Company. 270. (In Persian)
21. Sundberg, U. 1985. Distribution of the Costs of Joints Forest Road According to Crosswise and Lengthwise Road Function. Studia Forestalia Suecica .30: 11pp.
22. Heralt, L. 2002. Using the Roading System to Design an Optimum Forest Road Variant Aimed at the Minimization of Negative Impacts on the Natural Environment. Journal of Forest Science 48:2002(8): 361-365.
23. Malchepheski, J. Chapmon, T. Flegel, c. Walters, D.Healy, M, A.2003. GIS-Multicriteria Evaluation with Ordered Weighted Averaging (OWA): Case Study of Developing Watershed Management strategies. Environment and Planning, A35 (10):1769-1784.
24. Musa, M.K. A. and Mohamed, A.N. 2001. Alignment Locating Forest Road Network by Best-Path Modeling Method. The Malaysian Center for Remote Sensing (MACRES): 7p.

25. Ghodsipour, H. 2003. Some Discussion about Multi Criteria of Decision Making, Analytical Hierarchy Process. Amirkabir University Publication. 7th Ed. 220. (In Persian)
26. Babapour. R. and Naghdi. R. 2009. GIS using in Forest Road Planning (case Study, Shafaroud). Geographical Information System Conference. Tehran. 663-668(In Persian).
27. Dai, F, C. Lee, C, F. and Zhang, X, H. 2001. GIS- Based geo- Environment Evaluation for Urban Land- use Planning: Case Study. Engineering Geology, 61:257-271.
28. Parsakhoo, A and Hosseini, A., Lotfalian, M and jalilvand, H.2010. Influence of Hillside Gradient on Forest Road Cross Section Components in a Loamy Clay Soil. American Journal of Applied Sciences, 6 (6): 1212-1216.
29. Hosseini, S., Hosseini, S.A., Lotfalian, M and Parsakhoo, A., 2011. Assessment of factors affecting forest road routing and landslide occurrence in north of Iran. International journal of science and nature. Vol 2(2): 220-224.
30. Dean, D. J. 1997. Finding Optimal Routes for Networks of Harvest Site Access Road Using GIS-Based Techniques. Canadian Journal of Forest Research. 27:11-22.
31. Moradmand, A and S.A, Hosseini. 2008. Application of GIS in planning forest roads. Journal of the Science Environment Technology, (In persion), 263-274.
32. Badraghi, N. 2008. Forest Road Network Planning based on Site Charectristics (Case Study, Vaston). MSc. Thesis. Mazandaran University. 58. (In Persian)
33. Tibor, p.p. Dragutin, p, lgor, D, pavol, and Nevecerel H.2005. Analysis of an Existing Forest Road Network. Creation journal of Forest Engineering26 (1):39-50.
34. Rezaee, J. 1990. Investigation of Optimal Forest Road using Intensive Utilization Method. MSc.Thesis. Gorgan University of Agriculture and Natural Resources. 96. (In Persian)
35. Lotfalian, M. 1997. Investigation of Effective Factors on Forest Road Density (Sangdeh Forestry – Mazandaran Province). PhD. Thesis. University of Tehran. 129. (In Persian)
36. Akay, A. (2006). The Costs of Construction and Maintenance of a Forest Road are generally the Largest Cost Components in Producing Timber for Industrial uses. Sadhana. Vol. 31، Part 5، 621–633.
37. Pentek, T. 2005. Analysis of an Existing Forest Road Network Croatian Journal of Forest Engineering. 26(1): 39-50.
38. Audery, M.M. 2001. Development of Environmental Routing Strategies for the Management of Forest Access Raods using GIS and GPS Ph.D. Thesis National University of Ireland, Dublin, 105.
39. Akay, A.E. Karas, I.R., 2004. Using High-Resolution Digital Elevation Model for Computer-Aided Forest Road Design. Geo-Imagery Bridging Continents، Istanbul Turkey، the International Society for Photogrammetry and Remote Sensing. 6pp.

40. Demir, M. 2007. Impacts, management and Functional Planning Criterion of Forest Road Network System in Turkey. Transportation Research Part A, Policy and Practice, 41:1. 56-68.
41. Aryamanesh, M., Maghdi, R., and Maskani Jafrudi, H. 2000. Forest Road Network Planning and GIS using in Technical and Environmental Standardizing of forest Road Construction. Geographical Information System Conference. Tehran.10 (In Persian)