



## ارزیابی اثرات محیط زیستی، اجتماعی و اقتصادی جاده جنگلی دوهزار تنکابن با استفاده از ماتریس ارزیابی ژئوسایبرنتیکی

ابراهیم عباسی<sup>۱</sup>، سید عطاله حسینی<sup>۲\*</sup>، احسان عبدی<sup>۳</sup> و اکبر نجفی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری مهندسی جنگل، گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج  
<sup>۲</sup> استاد، گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج  
<sup>۳</sup> دانشیار، گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج  
<sup>۴</sup> دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۴/۱۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۶/۱۵)

### چکیده

جاده‌سازی در جنگل از فعالیت‌هایی است که سبب تغییر و دگرگونی زیادی در گونه‌های گیاهی و جانوری بوم‌سازگان جنگل می‌شود و نیز به دلیل کاربرد فراوان در مدیریت عرصه، از مهم‌ترین پروژه‌هایی است که باید پیامدهای آن ارزیابی شود. هدف این تحقیق ارزیابی اثرات محیط زیستی، اجتماعی و اقتصادی جاده جنگلی دوهزار تنکابن مازندران در سه مرحله قبل، حین و بعد از ساخت جاده است. در این تحقیق از روش ماتریس ارزیابی ژئوسایبرنتیکی (GAM) استفاده شد. در GAM پارامترهای انتخابی یا تعیین شده معیار ارزیابی با توجه به سه بُعد محیط زیستی، اجتماعی و اقتصادی بررسی شدند. نتایج حاکی از آن بود که نمره ژئوسایبرنتیکی کل برای هر سه مرحله ساخت جاده تقریباً مشابه بوده است (قبل از ساخت جاده:  $-۱۳/۳۳$  - حین ساخت جاده:  $-۸۰/۷۸$  و بعد از ساخت جاده:  $-۳۶/۴۷$ ) که نشان می‌دهد ساخت جاده دوهزار به خصوص در حین ساخت تأثیرات منفی بر محیط زیست داشته، اما خدمات اجتماعی و اقتصادی آن به خصوص بعد از ساخت، سبب شده که نمره ژئوسایبرنتیکی کل در این محدوده ثابت باقی بماند. با اجرای روش ارزیابی GAM، ابزاری مناسب برای اطمینان یافتن از اجرای مناسب پروژه یا توقف آن به دست می‌آید که می‌توان آن را روشی برای تعیین، پیش‌بینی و تفسیر آثار محیط زیستی، اجتماعی و اقتصادی پروژه جاده‌سازی بر کل محیط زیست منطقه دانست.

**واژه‌های کلیدی:** دوره زمانی ساخت جاده، جنگل هیرکانی، معیارهای ارزیابی، مدیریت جنگل.

### مقدمه

جاده‌ها، تأثیرات محیط زیستی احداث و توزیع آنها در جنگل و نحوه ارزیابی آن است. از این‌رو باید مسیرهای جاده با توجه به ویژگی‌های محیط زیستی مناطق و رعایت اصول آن طراحی شده و تأثیرات محیط زیستی آنها بررسی شود (Akay et al., 2018; Deljouei et al., 2018; Nenu, 2019).

جاده‌های جنگلی از زیرساخت‌های مدیریت مناطق جنگلی به‌شمار می‌آیند. از مهم‌ترین امکانات و پایه‌های اساسی مدیریت جنگل، پیش‌بینی و ایجاد شبکه‌ای از جاده‌های جنگلی با تراکم کافی است که هماهنگ با طرح و برنامه‌های کلی باشد. مسئله بسیار مهم درباره

کاهش تأثیرات منفی اکولوژیکی جاده سازی در جنگل شود. (Nematollahi et al. (2017) با کاربرد شاخص مکانی آشفستگی جاده‌ای در ارزیابی اثرهای اکولوژیکی جاده‌ها در مقیاس سیمای سرزمین در پناهگاه حیات وحش عباس آباد اصفهان به این نتیجه رسیدند که ۱۲ درصد پناهگاه و بخش وسیعی از زیستگاه‌های مطلوب یوزپلنگ آسیایی تحت تأثیر شبکه جاده‌ها قرار گرفته‌اند که هشدار برای این گونه به شدت در معرض خطر است. (Akay et al. (2018) به ارزیابی ریسک در زمان طراحی و ساخت جاده‌های جنگلی با روش فازی AHP در کشور ترکیه پرداختند و به این نتیجه رسیدند که روش فازی AHP قابلیت مناسبی در ارزیابی ریسک جاده‌های جنگلی در زمان طراحی و ساخت جاده دارد. براساس پژوهش‌ها، پروژه‌های مختلف عمرانی اثرهای متفاوتی بر عرصه‌های جنگلی دارند و از این رو به‌کارگیری روش‌های جدید برای بررسی تأثیر فعالیت‌های انسانی ضروری است.

بررسی اثرهای محیط زیستی حاصل از نحوه ساخت و بهره‌برداری جاده‌های جنگلی به روش‌های مختلفی امکان پذیر است که جدیدترین آنها ماتریس ارزیابی ژئوسایبرنتیکی (GAM)<sup>۲</sup> است. ماتریس GAM، ابزاری جدید برای ارزیابی پایداری است که نخستین بار توسط فلیپس در سال ۲۰۱۶ میلادی معرفی شد (Phillips & Whiting, 2016). ماتریس GAM مربوط به مدیریت رابطه بین محیط زیست و انسان در طول زمان است. هدف این ماتریس، اطمینان یافتن از این است که آیا انسان‌ها قادر به ادامه زندگی در زمین در همه مقیاس‌های زمانی و مکانی هستند یا خیر که این موضوع، مستلزم استفاده عاقلانه و مؤثر از منابع و خدمات است. دستیابی به این امر، مستلزم توسعه رابطه و همکاری در همه مقیاس‌های زمانی و مکانی بین محیط زیست و جامعه انسانی است (Schellnhuber & Kropp, 1998; Phillips, 2016). این ماتریس از پنج الگوی اساسی

تاکنون پژوهش‌های مختلفی درباره اثر جاده‌ها، آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها بر محیط اطراف اجرا شده است. برای نمونه، (Tavakoli & Sabet Raftar (2004 آثار توسعه جاده کنارگذر از محدوده تالاب انزلی را با به‌کارگیری روش ماتریس ساده ارزیابی کردند و به این نتیجه رسیدند که این جاده نمی‌بایست از این مسیر ساخته می‌شد. (Malakouti (2005 اثرهای مثبت و منفی اجرای طرح آزادراه امامزاده‌هاشم-انزلی را به دو روش چکلیست Adhoc و روی هم‌گذاری ارزیابی کرد و نتیجه گرفت که پهنه‌های اراضی کشاورزی و باغی آسیب پذیرترین پهنه‌ها در مرحله اجرای پروژه به‌شمار می‌آیند. (Jaafari et al. (2011 پیامدهای مثبت و منفی پروژه ساخت جاده جنگل آموزشی و پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس بر محیط زیست پیرامون را با استفاده از ماتریس پاستاکیا<sup>۱</sup> ارزیابی کردند و دریافتند که این پروژه در مجموع دارای ۳۹ اثر منفی در مقابل ۱۳ اثر مثبت بر محیط‌های مختلف است. (Ghazimirsaeed & Monavari (2014 محاسبه شدت و اهمیت تأثیرات بزرگراه تهران-پردیس بر پارک ملی خجیر در مقایسه با تعریض جاده موجود تهران-رودهن از روش ماتریس پاستاکیا استفاده کردند و دریافتند که احداث بزرگراه جدید تهران-پردیس در مقایسه با تعریض جاده موجود، پیامدهای منفی کمتر و اثرهای مثبت بیشتری دارد. (Amini et al. (2014 مدلی چندمعیاره را با استفاده از روش ماتریس سریع، روش TOPSIS و ANP برای ارزیابی اثرهای محیط زیستی جاده‌های آسفالت در کمربندی شرقی همدان معرفی کردند که هر سه روش، گزینه «الف» در این پژوهش را مسیر مناسب برای احداث جاده معرفی کردند. (Parsakhoo et al. (2015 در مقاله مروری به بررسی راهکارهای کاهش اثرهای محیط زیستی جاده‌های جنگلی پرداختند. (Igonova et al. (2016 جاده‌ها در اسلوواکی را بررسی کردند و در نتایج خود مقیاسی را برای معیارهای ارزیابی اثرهای محیط زیستی جاده‌ها پیشنهاد دادند که می‌تواند سبب

1. Pastakia matrix

2. Geocybernetic Assessment Matrix

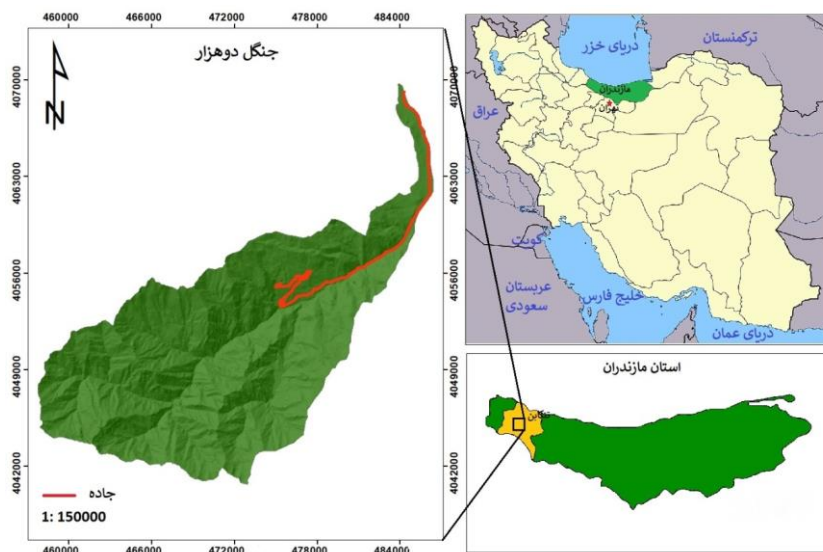
می توان نمره های ژئوسایبرنتیکی را در مراحل قبل، حین و بعد از ساخت جاده با هم مقایسه و روند تغییرات آنها را از گذشته تا کنون بررسی کرد.

### مواد و روش ها

#### منطقه پژوهش

این پژوهش در جنگل های دوهزار از توابع بخش خرم آباد شهرستان تنکابن استان مازندران در حوزه آبخیز ۳۳ انجام گرفت (شکل ۱). میانگین بارش سالانه در منطقه تحقیق، ۱۲۲۴ میلی متر است. ابتدای جاده دوهزار تنکابن در محدوده طول جغرافیایی "۲۵' ۵۰° ۵۰° و عرض جغرافیایی "۲۸' ۴۴° ۳۶° و انتهای جاده در محدوده طول جغرافیایی "۲۸' ۴۳° ۵۰° و عرض جغرافیایی "۳۶' ۳۸' ۳۶° قرار دارد. طول جاده اصلی دوهزار، طول جاده های جنگلی و طول جاده بین شهری آن به ترتیب ۳۰/۴۷، ۸/۹۷ و ۲۲/۵۷ کیلومتر است. در منطقه دوهزار تا پیش از سال ۱۳۵۵ خورشیدی، جاده ماشین رو عمومی (شوسه) وجود نداشت. در سال ۱۳۵۵، وزارت راه و ترابری دولت وقت، اقدام به ساخت جاده ماشین رو عمومی کرد (Mashayekhi, 2002).

توسعه پایدار (استانداردسازی، بهینه سازی، حالت بدبینانه، خوشبینانه و ثبات) تشکیل شده است (Phillips, 2020). ماتریس GAM قادر به انتخاب گزینه های بالقوه یک پروژه و ارزیابی آنها، توسعه سیاست ها و چارچوب های قانونی (آیین نامه ها، دستورها، قوانین و غیره)، مدیریت ابزارها و شاخص هاست (Phillips, 2016). در این ماتریس چه وابستگی باشد و چه نباشد، الگوها به صورت فردی ارزیابی می شوند، هدف گذاری با استفاده از تعیین الگوهای حاضر یا آشکار با توجه به هر یک از پارامترها اعمال می شود. در GAM پارامترهای انتخابی یا تعیین شده معیار ارزیابی با توجه به سه بعد پایداری: محیط زیست، اجتماعی و اقتصادی است (Phillips & Whiting, 2016). با توجه به کارکردهای مختلف شبکه جاده در جنگل های استان مازندران، این تحقیق به دنبال بررسی اثرات مراحل مختلف ساخت و بهره برداری جاده دوهزار تنکابن است. در این مطالعه سه مرحله برای پروژه جاده در نظر گرفته شده است که عبارت اند از: ۱. مرحله قبل از ساخت جاده؛ ۲. مرحله حین ساخت جاده؛ ۳. مرحله بعد از ساخت جاده (مرحله بهره برداری جاده). با به دست آمدن نمره های ژئوسایبرنتیکی عوامل محیط زیستی، اقتصادی، اجتماعی و کل، با استفاده از روش GAM،



شکل ۱- نقشه منطقه در جنگل دوهزار

## شیوه اجرای پژوهش

و ناظر مشکلات ناشی از احداث جاده‌ها بوده‌اند، استفاده شد. فعالیت‌های پروژه عبارت‌اند از: تجهیز کارگاه، استخدام، تعمیر، نگهداری، قطع درخت، پاک‌تراشی، حمل ریشه و تنه درختان، حمل مصالح، انفجار، خاک‌برداری، خاک‌ریزی، ویریه کردن، تردد کارکنان، تردد ماشین‌آلات، تسطیح، آماده‌سازی زمین، سم‌پاشی، آلودگی صوتی، تغییر مسیر آب، تغییر کاربری اراضی و کنترل آفات. در این پژوهش برای تکمیل پرسشنامه‌ها از دوازده کارشناس بازنشسته اداره کل منابع طبیعی ساری و نوشهر که محل خدمتشان در منطقه دوهزار بود و دارای اطلاعات فنی مناسب از وضعیت منطقه در زمان قبل از ساخت جاده بودند، بهره گرفته شد.

- عوامل<sup>۲</sup> منطقه قبل از اجرای طرح

الف) عوامل محیط زیستی: کیفیت هوا، کیفیت صدا، فرسایش خاک، خصوصیات خاک، زهکشی، شکل زمین، لغزش و رانش، کیفیت آب سطحی، کیفیت آب زیرزمینی، چشمه‌ها، شیب، جهت، ارتفاع، اکوسیستم آبی، اکوسیستم خشکی، گونه‌های گیاهی، گونه‌های جانوری، جمعیت جانوران، مهاجرت جانوران، زیستگاه جانوران، رویشگاه گیاهان، تراکم گیاهان، گونه‌های در خطر انقراض، میکوریز، الگوهای رفتاری جانوران، تنوع گونه‌ای و محل تولید مثل جانوران.

ب) عوامل اجتماعی: رفاه، بهداشت، مسکن، جمعیت، مهاجرت، سطح سواد، شکار، آثار تاریخی، سلامت فیزیکی، آسایش روانی، تفریح، زیبایی منظر، ایمنی و امنیت و کیفیت زندگی.

ج) عوامل اقتصادی: حمل‌ونقل، کاربری اراضی، سطح درآمد، کشاورزی، قیمت مستغلات، اشتغال و بیکاری (Falahatkar et al., 2010).

برای اجرای این تحقیق از روش ماتریس GAM استفاده شد. برخلاف ماتریس ارزیابی سریع اثرات (RIAM)<sup>۱</sup> که فقط اثرات محیط زیستی ارزیابی می‌شود (Rawal et al., 2019)، در GAM پارامترهای انتخابی یا تعیین شده معیار ارزیابی با توجه به سه بعد پایداری شامل ابعاد محیط زیستی، اجتماعی و اقتصادی ارزیابی می‌شود (Phillips & Whiting, 2016)؛ بنابراین، سه نمره ژئوسایبرنتیکی (GS) برای هر پارامتر به دست می‌آید که عبارت‌اند از نمره ژئوسایبرنتیکی محیط زیستی ((GS)E)، نمره ژئوسایبرنتیکی اجتماعی ((GS)S) و نمره ژئوسایبرنتیکی اقتصادی ((GS)Ec). این نمره‌ها منعکس‌کننده نقاط قوت یا ضعف هر یک از ابعاد محیط زیستی، اجتماعی و اقتصادی با توجه به سهم هر پارامتر است (Phillips, 2016). هدف‌گذاری در GAM با توجه به حضور یا نبود الگوها در هر پارامتر تعیین می‌شود؛ بنابراین، GAM یک روش چک لیستی ساده است که حضور یا نبود الگوها در هر پارامتر تعیین‌کننده است (Phillips, 2020). معیارهای ارزیابی در GAM به دو گروه شامل معیارهای گروه A و معیارهای گروه B تقسیم می‌شوند (Phillips & Whiting, 2016؛ جدول ۱). معیارهای A نشان‌دهنده بزرگی اثر هستند و قادرند به طور مستقل بر امتیاز نهایی تأثیرگذارند. معیارهای B نشان‌دهنده ارزش موقعیت هستند و به تنهایی قادر به تغییر امتیاز نهایی نیستند (Phillips, 2020). در نهایت نمره‌های ژئوسایبرنتیکی محیط زیستی، اجتماعی و اقتصادی به دست می‌آید. در پروژه ساخت جاده، فعالیت‌هایی انجام می‌گیرد و عوامل محیط زیستی تحت تأثیر این فعالیت‌ها قرار می‌گیرند. برای هر یک از عوامل محیط زیستی منطقه، در سه دوره زمانی شامل قبل، در هنگام و بعد از اجرای طرح، یک نمره ژئوسایبرنتیکی منظور می‌شود. برای مشخص کردن این تأثیرها و فعالیت‌ها به روش علمی و صحیح، از دیدگاه‌های کارشناسان متخصص که شاهد

1. Rapid Impact Assessment Matrix  
2. Factors

جدول ۱- معیارهای ارزیابی GAM (Phillips &amp; Whiting, 2016)

گروه	معیارها	مقیاس	توصیف
A1	اهمیت اثر	۳	زیاد
		۲	متوسط
		۱	کم
A2	دامنه انطباق	۳	انطباق با درجه قوی
		۲	انطباق با درجه متوسط
		۱	انطباق با درجه خیلی کم
A3	ماهیت اثر	+۳	بزرگ مثبت
		+۲	متوسط مثبت
		+۱	کم مثبت
		۰	بدون اثر
		-۱	کم منفی
		-۲	متوسط منفی
		-۳	بزرگ منفی
B1	اثر مکانی	۵	بین‌المللی تا ملی
		۴	ملی تا منطقه‌ای
		۳	منطقه‌ای تا محلی
		۲	محلی
B2	اثر زمانی	۴	بلندمدت (بیشتر از ۱۰ سال)
		۳	میان‌مدت (۶ تا ۱۰ سال)
		۲	کوتاه‌مدت (۰ تا ۵ سال)
		۱	بدون اثر

در جهت شیب در دامنه‌های شیب دار، اثر پاک تراشی بر اکوسیستم خشکی، اثر کاربرد علف کش بر زیستگاه گیاهان، اثر کاربرد علف کش بر زیستگاه جانوران، اثر علف کش بر تراکم گیاهان، اثر انفجار بر زیستگاه جانوران، اثر زیرسازی و روسازی بر زیستگاه جانوران، اثر پل سازی بر اکوسیستم آبی، تأثیر بر درختان، تأثیر بر حیات وحش.

(ب) عوامل اجتماعی: ایجاد سروصدا برای جوامع محلی، اثر استخدام بر مشارکت عمومی، اثر استخدام بر تراکم جمعیت.

(ج) عوامل اقتصادی: تأثیر نیروی انسانی بر درآمد

#### - عوامل منطقه حین اجرای طرح

(الف) عوامل محیط زیستی: اثر خاک‌برداری بر ایجاد صدا، اثر خاک‌برداری بر فرسایش، اثر عملیات خاکی بر زهکشی، اثر عملیات خاکی بر توپوگرافی، اثر عملیات خاکی بر آلودگی هوا، اثر عملیات خاکی بر تولید صدا، اثر عملیات خاکی بر کیفیت آب سطحی، اثر استفاده از علف کش بر کیفیت آب سطحی، اثر بارگیری مصالح بر ایجاد سروصدا، اثر رنگ کاری بر کیفیت آب سطحی، اثر ساخت شانه راه بر فرسایش خاک، اثر کوبیدن بر فرسایش خاک، ایجاد فرسایش رودخانه ای، تخریب اراضی حاشیه جاده، ایجاد لغزش

۳). این فرایند برای هر سه بعد پایداری شامل ابعاد محیط زیستی، اجتماعی و اقتصادی انجام گرفت (Phillips & Whiting, 2016).

$$A(T) = A1 \times A2 \times A3 \quad \text{رابطه ۱}$$

$$B(T) = B1 + B2 \quad \text{رابطه ۲}$$

$$GS(x) = AT \times BT \quad \text{رابطه ۳}$$

در گروه A از جدول ۱، معیار A1 بیانگر اهمیت اثر، A2 نشان دهنده دامنه انطباق اثر و A3 ماهیت اثر است. در گروه B از جدول ۱، معیار B1 نشان دهنده اثر مکانی و B2 اثر زمانی است. در نهایت، AT نمره گروه A و BT نمره گروه B و GS(x) نمره ژئوسایبرنتیکی مؤلفه‌های محیط زیستی، اجتماعی و اقتصادی است. منظور از اهمیت اثر این است که هر اثر از لحاظ معیارهای تحت بررسی تا چه حد ارزشمند است. دامنه انطباق نشانگر محیط (یا شعاع) تحت تأثیر است. این محیط می‌تواند شعاع‌های کم یا زیاد را بر حسب نوع فعالیت‌ها شامل شود. برای تعیین دامنه اثر، به طور معمول سه محدوده را با عناوین محدوده اجرای پروژه، محدوده تأثیر مستقیم و محدوده تأثیر غیرمستقیم در نظر می‌گیرند. منظور از ماهیت اثر، مثبت، منفی یا خنثی بودن اثر است (Phillips, 2016). مقدار پارامتر GS برای مؤلفه‌های محیط زیستی، اجتماعی و اقتصادی در محدوده  $GS(x) \leq +243$  قرار می‌گیرد (Phillips, 2016). امتیاز GAM، به دست آوردن نمره GS(A) است. GS(A) برای هر پارامتر، منعکس‌کننده فعالیت‌های جامعه انسانی متشکل از GS(S) و GS(Ec) است. دلیل تعیین GS(A) کل در تئوری GAM، ماهیت و سطحی از همکاری و رابطه بین محیط زیست و فعالیت‌های اجتماع انسانی است (رابطه ۴). محدوده ارزش به دست آمده GS(A) بین  $GS(A) \leq +243$  است.

منطقه، هزینه تغییر کاربری، هزینه جاده سازی، اثر عملیات ساختمانی بر گردشگری (Jaafari et al., 2011).

#### عوامل منطقه بعد از اجرای طرح

الف) عوامل محیط زیستی: اثر تردد ماشین آلات بر هوا، اثر تردد ماشین آلات بر صدا، اثر تردد ماشین آلات بر ریزاقلیم، اثر تردد ماشین آلات بر رسوب گذاری، اثر تردد ماشین آلات بر فرسایش خاک، اثر تردد ماشین آلات بر کیفیت آب سطحی، اثر حمل پسماند بر اکوسیستم خشکی، اثر حمل پسماند بر اکوسیستم آبی، اثر تردد ماشین آلات بر اکوسیستم خشکی، اثر تردد ماشین آلات بر اکوسیستم آبی، اثر جاده بر زمین منظر، اثر تردد ماشین آلات بر زیستگاه گیاهان.

ب) عوامل اجتماعی: اثر جاده بر توسعه طرح‌های جنگلداری، اثر جاده بر افزایش حفاظت از جنگل، اثر جاده بر افزایش خدمات به روستاهای بالادست، اثر جاده بر جمعیت منطقه، اثر جاده بر گردشگری منطقه.

ج) عوامل اقتصادی: استخدام نیروی انسانی، کاهش قیمت تمام شده چوب آلات، حمل کالا به روستاهای بالادست، گسترش گردشگری (Jaafari et al., 2011).

پس از جمع آوری پرسشنامه‌ها و تجزیه و تحلیل اطلاعات، نمره ژئوسایبرنتیکی اجتماعی، اقتصادی و محیط زیستی به شرح زیر محاسبه شد:

نمره ژئوسایبرنتیکی (GS) برای هر پارامتر ارزیابی نسبت به GS(S)، GS(E) و GS(Ec) با استفاده از مجموعه‌ای ساده از فرمول‌های ریاضی به دست آمد. در مورد GAM سه گروه معیار A و دو گروه معیار B وجود دارد. برای به دست آوردن وزن یا نمره هر مؤلفه، معیارهای گروه A در هم ضرب شدند (رابطه ۱). در حالی که معیارهای گروه B برای اطمینان از تأثیر نداشتن نمره GS نهایی با هم جمع شدند (رابطه ۲)؛ در نهایت نمره معیارهای A و B برای به دست آوردن نمره ژئوسایبرنتیکی در هم ضرب شدند (رابطه ۳).

مشخص کردن ماهیت پایداری و ناپایداری رخ داده است (جدول ۲).  $GS(T)$  (نمره ژئوسایبرنتیکی کل) شامل مجموع  $GS(E)$  (نمره ژئوسایبرنتیکی محیط زیستی) و  $GS(A)$  است که همان طور که در بالا ذکر شد (رابطه ۴)،  $GS(A)$  میانگین  $GS(S)$  و  $GS(Ec)$  است.

$$GS(T) = GS(E) + GS(A) \quad \text{رابطه ۵}$$

$$GS(A) = \frac{GS(S) + GS(Ec)}{2} \quad \text{رابطه ۴}$$

در رابطه ۴،  $GS(A)$  میانگین نمره‌های ژئوسایبرنتیکی ابعاد اقتصادی و اجتماعی،  $GS(S)$  نمره ژئوسایبرنتیکی اجتماعی و  $GS(Ec)$  نمره ژئوسایبرنتیکی اقتصادی است. گام نهایی در ماتریس GAM تعیین  $GS(T)$  (نمره ژئوسایبرنتیکی کل) و

جدول ۲- الف) محدوده باند برای  $GS(S)$ ،  $GS(E)$ ،  $GS(Ec)$  و ب) محدوده باند برای  $GS(T)$  (Phillips & Whiting, 2016)

نمره GS	محدوده باند GS	توصیف محدوده باند GS		
+۱۸۳ تا +۲۴۳	+VS	پایداری خیلی قوی	الف	
+۱۸۲ تا +۱۲۲	+S	پایداری قوی		
+۶۱ تا +۱۲۱	+W	پایداری ضعیف		
+۱ تا +۶۰	+VW	پایداری خیلی ضعیف		
۰ تا -۶۰	-VW	ناپایداری خیلی ضعیف		
-۶۱ تا -۱۲۰	-W	ناپایداری ضعیف		
-۱۲۱ تا -۱۸۲	-S	ناپایداری قوی		
-۱۸۳ تا -۲۴۳	-VS	ناپایداری خیلی قوی		
+۳۶۵ تا +۴۸۶	+VS	پایداری خیلی قوی		ب
+۲۴۳ تا +۳۶۴	+S	پایداری قوی		
+۱۲۲ تا +۲۴۲	+W	پایداری ضعیف		
+۱ تا +۱۲۱	+VW	پایداری خیلی ضعیف		
۰ تا -۱۲۱	-VW	ناپایداری خیلی ضعیف		
-۱۲۲ تا -۲۴۲	-W	ناپایداری ضعیف		
-۲۴۳ تا -۳۶۴	-S	ناپایداری قوی		
-۳۶۵ تا -۴۸۶	-VS	ناپایداری خیلی قوی		

(جدول ۳).

جدول ۴ نمره‌های ژئوسایبرنتیکی حین ساخت جاده را نشان می‌دهد. کمترین نمره مربوط به عوامل اثر عملیات خاکی بر زهکشی، اثر پاک تراشی بر اکوسیستم خشکی، اثر زیرسازی و روسازی بر زیستگاه جانوران، تأثیر بر درختان و حیات وحش، و بیشترین نمره مربوط به تأثیر نیروی انسانی بر درآمد منطقه است (جدول ۴). تعداد عوامل محیط زیستی،

### نتایج

جدول ۳ نمره‌های ژئوسایبرنتیکی قبل از ساخت جاده را نشان می‌دهد. از میان نمره‌های ژئوسایبرنتیکی، کمترین نمره مربوط به عامل جمعیت جانوران است که نشان می‌دهد جمعیت جانوران بیشتر از عوامل دیگر تحت تأثیر منفی فعالیت‌های انسانی قرار گرفته است. تعداد عوامل محیط زیستی، اجتماعی، اقتصادی و کل به ترتیب ۸، ۶، ۱ و ۱۵ است

اجتماعی، اقتصادی و کل به ترتیب ۱۸، ۳، ۴ و ۲۵ است (جدول ۴).

جدول ۳- نمره‌های ژئوسایبرنتیکی قبل از ساخت جاده دوهزار تنکابن

عوامل	محیط زیست					اجتماعی					اقتصادی							
	(GS)E	B2	B1	A3	A2	A1	(GS)S	B2	B1	A3	A2	A1	(GS)Ec	B2	B1	A3	A2	A1
کیفیت هوا	-۱۴	۴	۳	-۱	۲	۱	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
فرسایش خاک	-۲۸	۴	۳	-۲	۲	۱	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
خصوصیات خاک	-۱۴	۴	۳	-۲	۱	۱	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
گونه‌های گیاهی	-۲۴	۴	۲	-۲	۲	۱	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
گونه‌های جانوری	-۲۸	۴	۳	-۱	۲	۲	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
جمعیت جانوران	-۵۶	۴	۳	-۲	۲	۲	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
تراکم گیاهان	-۱۶	۲	۲	-۲	۲	۱	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
گونه‌های درخطر	-۴۸	۴	۲	-۲	۲	۲	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
انقراض رفاه	.	.	.	.	.	.	+۷	۴	۳	+۱	۱	۱	.	.	.	.	.	.
بهداشت	.	.	.	.	.	.	+۷	۴	۳	+۱	۱	۱	.	.	.	.	.	.
مسکن	.	.	.	.	.	.	+۷	۴	۳	+۱	۱	۱	.	.	.	.	.	.
سطح سواد	.	.	.	.	.	.	+۷	۴	۳	+۱	۱	۱	.	.	.	.	.	.
سلامت فیزیکی	.	.	.	.	.	.	+۷	۴	۳	+۱	۱	۱	.	.	.	.	.	.
کیفیت زندگی	.	.	.	.	.	.	+۷	۴	۳	+۱	۱	۱	.	.	.	.	.	.
کشاورزی	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+۱۴	۴	۳	+۱	۲	۱

جدول ۴- نمره‌های ژئوسایبرنتیکی حین ساخت جاده دوهزار تنکابن

عوامل	محیط زیست					اجتماعی					اقتصادی							
	(GS)E	B2	B1	A3	A2	A1	(GS)S	B2	B1	A3	A2	A1	(GS)Ec	B2	B1	A3	A2	A1
اثر خاکبرداری بر ایجاد صدا	-۱۳۵	۲	۳	-۳	۳	۳	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
اثر خاکبرداری بر فرسایش	-۱۳۵	۲	۳	-۳	۳	۳	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
اثر عملیات خاکی بر زهکشی	-۱۸۹	۴	۳	-۳	۳	۳	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
اثر عملیات خاکی بر توپوگرافی	-۵۶	۴	۳	-۲	۲	۲	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
اثر عملیات خاکی بر آلودگی هوا	-۲۸	۴	۳	-۲	۲	۱	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
اثر عملیات خاکی بر تولید صدا	-۱۳۵	۲	۳	-۳	۳	۳	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
اثر عملیات خاکی بر کیفیت آب سطحی	-۹۰	۲	۳	-۳	۳	۲	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.



ادامه جدول ۴

عوامل	محیط زیست						اجتماعی					اقتصادی						
	(GS)E	B2	B1	A3	A2	A1	(GS)S	B2	B1	A3	A2	A1	(GS)Ec	B2	B1	A3	A2	A1
اثر بارگیری																		
مصالح بر ایجاد سروصدا																		
اثر ساخت شانه راه بر فرسایش خاک																		
اثر کوبیدن بر فرسایش خاک																		
تخریب اراضی حاشیه جاده																		
ایجاد لغزش در جهت شیب در دامنه های شیب دار																		
اثر پاک تراشی بر اکوسیستم خشکی																		
اثر انفجار بر زیستگاه جانوران																		
اثر زیرسازی و روسازی بر زیستگاه جانوران																		
اثر پل سازی بر اکوسیستم آبی																		
تأثیر بر درختان																		
تأثیر بر حیات وحش																		
ایجاد سروصدا برای جوامع محلی																		
اثر استخدام بر مشارکت عمومی																		
اثر استخدام بر تراکم جمعیت																		
تأثیر نیروی انسانی بر درآمد منطقه																		
هزینه تغییر کاربری																		
هزینه جاده سازی																		
اثر عملیات ساختمانی بر گردشگری																		

تردد ماشین آلات بر هوا و بیشترین نمره مربوط به کاهش قیمت تمام شده چوب آلات است (جدول ۵).

جدول ۵ نمره های ژئوسایبرنتیکی بعد از ساخت جاده را نشان می دهد. کمترین نمره مربوط به اثر

تعداد عوامل محیط زیستی، اجتماعی، اقتصادی و کل به ترتیب ۱۲، ۵، ۴ و ۲۰ است (جدول ۵).

جدول ۵- نمره‌های ژئوسایبرنتیکی بعد از ساخت جاده دوهزار تنکابن

عوامل	محیط زیست					اجتماعی					اقتصادی							
	A1	A2	A3	B1	B2	(GS)E	A1	A2	A3	B1	B2	(GS)S	A1	A2	A3	B1	B2	(GS)Ec
اثر تردد ماشین‌آلات بر هوا	۳	۳	-۳	۵	۴	-۲۴۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اثر تردد ماشین‌آلات بر صدا	۳	۳	-۳	۳	۴	-۱۸۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اثر تردد ماشین‌آلات بر ریزاقلیم	۳	۳	-۳	۳	۴	-۱۸۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اثر تردد ماشین‌آلات بر رسوب‌گذاری	۱	۱	-۱	۳	۴	-۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اثر تردد ماشین‌آلات بر فرسایش خاک	۱	۱	-۱	۳	۴	-۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اثر تردد ماشین‌آلات بر کیفیت آب سطحی	۱	۲	-۱	۳	۴	-۱۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اثر حمل پسماند بر اکوسیستم خشکی	۳	۳	-۳	۴	۴	-۲۱۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اثر حمل پسماند بر اکوسیستم آبی	۳	۲	-۳	۴	۴	-۱۴۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اثر تردد ماشین‌آلات بر اکوسیستم خشکی	۳	۳	-۳	۴	۴	-۲۱۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اثر تردد ماشین‌آلات بر اکوسیستم آبی	۲	۲	-۲	۴	۴	-۶۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اثر جاده بر زمین منظر	۲	۳	-۲	۳	۴	-۸۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اثر تردد ماشین‌آلات بر زیستگاه گیاهان	۳	۳	-۳	۳	۴	-۱۸۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اثر جاده بر توسعه طرح‌های جنگلداری	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳	۳	+۳	۴	۳	+۱۸۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اثر جاده بر افزایش حفاظت از جنگل	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳	۳	+۳	۴	۳	+۱۸۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰

ادامه جدول ۵

عوامل	محیط زیست						اجتماعی					اقتصادی						
	(GS)E	B2	B1	A3	A2	A1	(GS)S	B2	B1	A3	A2	A1	(GS)Ec	B2	B1	A3	A2	A1
اثر جاده بر افزایش خدمات به روستاهای بالادست	۰	۰	۰	۰	۰	۰	+۱۸۹	۴	۳	+۳	۳	۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اثر جاده بر جمعیت منطقه	۰	۰	۰	۰	۰	۰	+۱۲۶	۴	۳	+۳	۳	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اثر جاده بر گردشگری منطقه	۰	۰	۰	۰	۰	۰	+۱۸۹	۴	۳	+۳	۳	۳	+۱۸۹	۴	۳	+۳	۳	۳
استخدام نیروی انسانی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	+۱۸۹	۴	۳	+۳	۳	۳
کاهش قیمت تمام شده	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	+۲۱۶	۴	۴	+۳	۳	۳
چوب آلات حمل کالا به روستاهای بالادست	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	+۱۸۹	۴	۳	+۳	۳	۳

جدول ۶ نمره های ژئوسایبرنتیکی کل و محدوده آن قبل از ساخت جاده را نشان می دهد. کمترین نمره ژئوسایبرنتیکی کل مربوط به جمعیت جانوران است. میانگین GS(S)، GS(A)، GS(E)، GS(T) و GS (Ec) به ترتیب ۱۳/۳۳، ۱۵/۲، ۱/۸۶، ۲/۸ و ۰/۹۳ است (جدول ۶).

جدول ۶- نمره های ژئوسایبرنتیکی کل و محدوده ی آنها در زمان قبل از ساخت جاده دوهزار تنکابن

عوامل	GS(T)	GS range	GS(E)	GS(A)	GS(S)	GS(Ec)
کیفیت هوا	-۱۴	-۷۷	-۱۴	۰	۰	۰
فرسایش خاک	-۲۸	-۷۷	-۲۸	۰	۰	۰
خصوصیات خاک	-۱۴	-۷۷	-۱۴	۰	۰	۰
گونه های گیاهی	-۲۴	-۷۷	-۲۴	۰	۰	۰
گونه های جانوری	-۲۸	-۷۷	-۲۸	۰	۰	۰
جمعیت جانوران	-۵۶	-۷۷	-۵۶	۰	۰	۰
تراکم گیاهان	-۱۶	-۷۷	-۱۶	۰	۰	۰
گونه های درخطر انقراض	-۴۸	-۷۷	-۴۸	۰	۰	۰
رفاه	۳/۵	+۷۷	۰	۳/۵	۷	۰
بهداشت	۳/۵	+۷۷	۰	۳/۵	۷	۰
مسکن	۳/۵	+۷۷	۰	۳/۵	۷	۰
سطح سواد	۳/۵	+۷۷	۰	۳/۵	۷	۰
سلامت فیزیکی	۳/۵	+۷۷	۰	۳/۵	۷	۰
کیفیت زندگی	۳/۵	+۷۷	۰	۳/۵	۷	۰
کشاورزی	۷	+۷۷	۰	۷	۰	۱۴
میانگین	-۱۳/۳۳	-۷۷	-۱۵/۲	۱/۸۶	۲/۸	۰/۹۳

ژئوسایبرنتیکی کل مربوط به تأثیر نیروی انسانی بر درآمد منطقه است (جدول ۷). میانگین GS(T)، GS(E)، GS(A)، GS(S) و GS(Ec) به ترتیب ۸۰/۷۸-، ۸۱/۱۲-، ۰/۳۴، ۱/۲۸ و ۰/۶- است (جدول ۷).

جدول ۷ نمره‌های ژئوسایبرنتیکی کل و محدوده آن حین ساخت جاده را نشان می‌دهد. کمترین نمره ژئوسایبرنتیکی کل مربوط به عوامل اثر عملیات خاکی بر زهکشی، اثر پاک تراشی بر اکوسیستم خشکی، اثر زیرسازی و روسازی بر زیستگاه جانوران، تأثیر بر درختان و تأثیر بر حیات وحش است. بیشترین نمره

جدول ۷- نمره‌های ژئوسایبرنتیکی کل و محدوده آنها در زمان حین ساخت جاده دوهزار تنکابن

نمره‌های حین ساخت جاده دوهزار						عوامل
GS(Ec)	GS(S)	GS(A)	GS(E)	GS range	GS(T)	
.	.	.	-۱۳۵	-W	-۱۳۵	اثر خاک‌برداری بر ایجاد صدا
.	.	.	-۱۳۵	-W	-۱۳۵	اثر خاک‌برداری بر فرسایش
.	.	.	-۱۸۹	-W	-۱۸۹	اثر عملیات خاکی بر زهکشی
.	.	.	-۵۶	-VW	-۵۶	اثر عملیات خاکی بر توپوگرافی
.	.	.	-۲۸	-VW	-۲۸	اثر عملیات خاکی بر آلودگی هوا
.	.	.	-۱۳۵	-W	-۱۳۵	اثر عملیات خاکی بر تولید صدا
.	.	.	-۹۰	-VW	-۹۰	اثر عملیات خاکی بر کیفیت آب سطحی
.	.	.	-۳۲	-VW	-۳۲	اثر بارگیری مصالح بر ایجاد سروصدا
.	.	.	-۶۰	-VW	-۶۰	اثر ساخت شانه راه بر فرسایش خاک
.	.	.	-۱۶	-VW	-۱۶	اثر کوبیدن بر فرسایش خاک
.	.	.	-۷۲	-VW	-۷۲	تخریب اراضی حاشیه جاده
.	.	.	-۱۰۸	-VW	-۱۰۸	ایجاد لغزش در جهت شیب در دامنه‌های شیب‌دار
.	.	.	-۱۸۹	-W	-۱۸۹	اثر پاک‌تراشی بر اکوسیستم خشکی
.	.	.	-۱۰۸	-VW	-۱۰۸	اثر انفجار بر زیستگاه جانوران
.	.	.	-۱۸۹	-W	-۱۸۹	اثر زیرسازی و روسازی بر زیستگاه جانوران
.	.	.	-۱۰۸	-VW	-۱۰۸	اثر پل‌سازی بر اکوسیستم آبی
.	.	.	-۱۸۹	-W	-۱۸۹	تأثیر بر درختان
.	.	.	-۱۸۹	-W	-۱۸۹	تأثیر بر حیات وحش
.	-۴۸	-۲۴	.	-VW	-۲۴	ایجاد سروصدا برای جوامع محلی
.	۶۰	۳۰	.	+VW	۳۰	اثر استخدام بر مشارکت عمومی
.	۲۰	۱۰	.	+VW	۱۰	اثر استخدام بر تراکم جمعیت
۱۳۵	.	۶۷/۵	.	+VW	۶۷/۵	تأثیر نیروی انسانی بر درآمد منطقه
-۳۰	.	-۱۵	.	-VW	-۱۵	هزینه تغییر کاربری
-۹۰	.	-۴۵	.	-VW	-۴۵	هزینه جاده‌سازی
-۳۰	.	-۱۵	.	-VW	-۱۵	اثر عملیات ساختمانی بر گردشگری
-۰/۶	۱/۲۸	۰/۳۴	-۸۱/۱۲	-VW	-۸۰/۷۸	میانگین

مربوط به اثر جاده بر گردشگری منطقه است (جدول ۸). میانگین GS(T)، GS(E)، GS(A)، GS(S) و GS(Ec) به ترتیب -۳۶/۴۷، -۷۸/۱، -۴۱/۶۲، -۴۴/۱ و ۳۹/۱۵ است (جدول ۸).

جدول ۸ نمره های ژئوسایبرنتیکی کل و محدوده آن در زمان بعد از ساخت جاده را نشان می دهد. کمترین نمره ژئوسایبرنتیکی کل مربوط به اثر تردد ماشین آلات بر هوا و بیشترین نمره ژئوسایبرنتیکی کل

جدول ۸- نمره های ژئوسایبرنتیکی کل و محدوده آنها در زمان بعد از ساخت جاده دوهزار تنکابن

نمره ها بعد از ساخت جاده دوهزار						عوامل
GS(Ec)	GS(S)	GS(A)	GS(E)	GS range	GS(T)	
.	.	.	-۲۴۳	-S	-۲۴۳	اثر تردد ماشین آلات بر هوا
.	.	.	-۱۸۹	-W	-۱۸۹	اثر تردد ماشین آلات بر صدا
.	.	.	-۱۸۹	-W	-۱۸۹	اثر تردد ماشین آلات بر ریزاقلیم
.	.	.	-۷	-VW	-۷	اثر تردد ماشین آلات بر رسوب گذاری
.	.	.	-۷	-VW	-۷	اثر تردد ماشین آلات بر فرسایش خاک
.	.	.	-۱۴	-VW	-۱۴	اثر تردد ماشین آلات بر کیفیت آب سطحی
.	.	.	-۲۱۶	-W	-۲۱۶	اثر حمل پسماند بر اکوسیستم خشکی
.	.	.	-۱۴۴	-W	-۱۴۴	اثر حمل پسماند بر اکوسیستم آبی
.	.	.	-۲۱۶	-W	-۲۱۶	اثر تردد ماشین آلات بر اکوسیستم خشکی
.	.	.	-۶۴	-VW	-۶۴	اثر تردد ماشین آلات بر اکوسیستم آبی
.	.	.	-۸۴	-VW	-۸۴	اثر جاده بر زمین منظر
.	.	.	-۱۸۹	-W	-۱۸۹	اثر تردد ماشین آلات بر زیستگاه گیاهان
.	۱۸۹	۹۴/۵	.	+VW	۹۴/۵	اثر جاده بر توسعه طرح های جنگلداری
.	۱۸۹	۹۴/۵	.	+VW	۹۴/۵	اثر جاده بر افزایش حفاظت از جنگل
.	۱۸۹	۹۴/۵	.	+VW	۹۴/۵	اثر جاده بر افزایش خدمات به روستاهای بالادست
.	۱۲۶	۶۳	.	+VW	۶۳	اثر جاده بر جمعیت منطقه
۱۸۹	۱۸۹	۱۸۹	.	+W	۱۸۹	اثر جاده بر گردشگری منطقه
۱۸۹	.	۹۴/۵	.	+VW	۹۴/۵	استخدام نیروی انسانی
۲۱۶	.	۱۰۸	.	+VW	۱۰۸	کاهش قیمت تمام شده چوب آلات
۱۸۹	.	۹۴/۵	.	+VW	۹۴/۵	حمل کالا به روستاهای بالادست
۳۹/۱۵	۴۴/۱	۴۱/۶۲	-۷۸/۱	-VW	-۳۶/۴۷	میانگین

که نشان دهنده تأثیر جاده بر توسعه اقتصادی است که در تحقیقات Wilkie et al. (2000) در کنگو نیز تأثیر جاده های جنگلی بر توسعه اقتصادی جنگل نشینان تأکید شده است. براساس پژوهش ها در نیجریه، محققان به این نتیجه رسیدند که جاده ها اجزای حیاتی برای توسعه اقتصادی هر کشور به شمار می آیند و یکی از علل توسعه نیافتگی برخی مناطق، نامناسب

### بحث

نتایج نشان داد که نمره های ژئوسایبرنتیکی اقتصادی قبل از ساخت جاده، حین ساخت جاده و بعد از ساخت جاده به ترتیب ۰/۹۳ (پایداری خیلی ضعیف) ۰/۶- (ناپایداری خیلی ضعیف) و ۳۹/۱۵ (پایداری خیلی ضعیف) است. این نمره از زمان قبل از ساخت جاده تا زمان بعد از ساخت جاده افزایش داشته است

هرچند که باید توجه داشت تحقق اهداف مدیریتی و بهره‌برداری اصولی از جنگل مستلزم ایجاد امکانات و زیرساخت‌های زیادی است که مهم‌ترین آنها، شبکه جاده‌های جنگلی با تراکم کافی است که هماهنگ با طرح‌ها و برنامه‌ریزی‌ها باشد. ایجاد امکانات در جهت اعمال فنون و تیمارهای جنگل‌شناسی، فراهم آوردن امکان حمل‌ونقل چوب به‌صورت تجاری، ایجاد امکانات تردد جنگل‌نشینان و گردشگران، حمایت و حفاظت از جنگل در مقابل آتش‌سوزی، شیوع آفات و بیماری‌ها، از جمله فواید شبکه جاده‌های جنگلی است (Deljouei et al., 2018; Senturk et al., 2018).  
نمره‌های ژئوسایبرنتیکی کل قبل از ساخت جاده، ۱۳/۳۳- (ناپایداری خیلی ضعیف)، ۸۰/۷۸- (ناپایداری خیلی ضعیف) و ۳۶/۴۷- (ناپایداری خیلی ضعیف) است. همان‌گونه که مشاهده شد کمترین نمره ژئوسایبرنتیکی کل در زمان ساخت جاده است و نمره ژئوسایبرنتیکی کل بعد از ساخت جاده به‌علت افزایش خدمات اقتصادی و اجتماعی، افزایش می‌یابد. بین همه نمره‌های ژئوسایبرنتیکی، بیشترین نمره ژئوسایبرنتیکی اجتماعی بعد از ساخت جاده و کمترین نمره مربوط به نمره ژئوسایبرنتیکی محیط زیستی حین ساخت جاده است. در بین همه عوامل، بیشترین تعداد مربوط به عوامل محیط زیستی حین ساخت جاده، با هجده مورد و کمترین تعداد عوامل مربوط به عوامل اقتصادی قبل از ساخت جاده است که یک مورد است.

در نتیجه‌گیری کلی می‌توان گفت با توجه به اینکه نمره ژئوسایبرنتیکی کل در هر سه مرحله قبل، حین و بعد از ساخت جاده در یک محدوده (ناپایداری خیلی ضعیف) بوده است، ساخت جاده در این منطقه در عین اینکه سبب آسیب‌های محیط زیستی شده، خدماتی (اجتماعی و اقتصادی) نیز ارائه داده که همین موضوع سبب ثابت ماندن نمره ژئوسایبرنتیکی کل در محدوده ناپایداری خیلی ضعیف شده است. در نهایت می‌توان

بودن توزیع جاده‌هاست که سبب افزایش فقر در جامعه می‌شود (Adedeji et al., 2014). جاده‌های جنگلی، دسترسی متقابل جنگل‌نشینان و شهرنشینان را بیشتر و آسان‌تر می‌کند؛ چنانکه می‌تواند تولیدات یکدیگر را با قیمت مناسب‌تر خرید و فروش کنند که سبب بهبود وضعیت اقتصادی آنها می‌شود (Yackshi et al., 2006). نمره‌های ژئوسایبرنتیکی اجتماعی قبل از ساخت جاده، حین ساخت جاده و بعد از ساخت جاده به ترتیب ۲/۸ (پایداری خیلی ضعیف)، ۱/۲۸ (پایداری خیلی ضعیف) و ۴۴/۱ (پایداری خیلی ضعیف) است که بیانگر تأثیر جاده بر افزایش خدمات اجتماعی است. (Demir 2007) در ترکیه به این نتیجه رسید که جاده‌های جنگلی سبب بهبود توسعه اجتماعی برای روستاییان و جنگل‌نشینان می‌شوند. در داخل کشور، Rezaei Motlagh et al. (2018) به بررسی اثر توسعه شبکه جاده‌های جنگلی و توسعه‌یافتگی روستاها در استان لرستان پرداختند و به ارتباط مستقیم و معنی‌دار بین دسترسی به راه‌های جنگلی و توسعه یافتگی روستا در مناطق جنگلی پی بردند. نمره‌های ژئوسایبرنتیکی محیط زیستی قبل از ساخت جاده، حین ساخت جاده و بعد از ساخت جاده به ترتیب ۱۵/۲- (ناپایداری خیلی ضعیف)، ۸۱/۱۲- (ناپایداری ضعیف) و ۷۸/۱- (ناپایداری ضعیف) است. کمترین نمره ژئوسایبرنتیکی محیط زیستی مربوط به زمان حین ساخت جاده است که تأثیر منفی عملیات ساخت جاده بر محیط زیست را بیان می‌کند. اتخاذ تدابیر لازم برای آسیب کمتر در مرحله ساخت جاده، امری ضروری به حساب می‌آید. در تأیید یافته‌های این پژوهش، Auffret & Lindgren (2020) به این نتیجه رسیدند که تنوع زیستی گونه‌های گیاهی در جاده‌های قدیمی بیشتر از جاده‌های جدید است که نشان می‌دهد در زمان ساخت جاده، پوشش گیاهی بیشترین آسیب را می‌بیند و با گذر زمان، محیط زیست اطراف جاده به‌دنبال بازسازی خود می‌رود.

### سیاسگزاری

از مساعدت و همکاری کارشناسان ارجمند (فعال و بازنشسته) مقیم در منطقه مورد مطالعه در تکمیل و تنظیم معیارهای این مطالعه و کسانی که با ارزیابی مفید و موثر خود در جهت بهبود این نوشته، نویسندگان را هدایت نمودند صمیمانه سپاسگزاری و قدردانی می شود.

گفت که اگر ساخت جاده جنگلی دوهزار براساس روش GAM صورت پذیرد، سبب کاهش روند نامناسب پایداری اکوسیستم در منطقه می شود. در هر سه مرحله قبل، حین و بعد از ساخت جاده، عواملی وجود دارند که کمترین نمره را کسب می کنند. این عوامل از اهمیت بسزایی برخوردارند و توجه به آنها ضروری است. پیشنهاد می شود در پروژه های مشابه برای کاهش خسارت محیط زیستی در هنگام ساخت جاده، این عوامل به طور ویژه مدنظر قرار گیرند.

### References

- Adedeji, O.A., Olafiaji, E.M., Omole, F.K., Olanibi, J.A., & Lukman, Y. (2014). An assessment of the impact of road transport on rural development: a case study of bookend local government area of osun state. Nigeria. *British Journal of Environmental Sciences*, 2(1), 34-48.
- Amini, A., Mehrdadi, N., Karami, S., Givechi, S., & Hoveydi, H. (2014). Multi-criteria model for environmental impact assessment of asphalt road; case study: East of Hamadan belt road. *Tarnsportation Engineering*, 5(3), 435-448.
- Akay, A.O., Demir, M., & Akgul, M. (2018). Assessment of risk factors in forest road design and construction activities with fuzzy analytic hierarchy process approach in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(9), 561.
- Auffret, A.G., & Lindgren, E. (2020). Roadside diversity in relation to age and surrounding source habitat: evidence for long time lags in valuable green infrastructure. *Ecological Solutions and Evidence*, 1(1), e12005.
- Deljouei, A., Sadeghi, S.M.M., Abdi, E., Bernhardt-Römermann, M., Pascoe, E.L., & Marcantonio, M. (2018). The impact of road disturbance on vegetation and soil properties in a beech stand, Hyrcanian forest. *European Journal of Forest Research*, 137(6), 759-770.
- 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.
- Falahatkar, S., Sadeghi, A., & Soffianian, A. (2010). Environmental impact assessment of Ghameshloo highway using ICOLD matrix and Checklist. *Town Country Plan*, 2, 111-132.
- Ghazimirsaeed, S.S., & Monavari, S.M. (2014). Application of Pastakia Matrice for enviromental impact assessment in Tehran-Pardis Highway and Khojir Park. *Iranian Journal of Environmental Geology*, 1(2), 59-74.
- Igondova, E., Pavlickova, K., & Majzlan, O. (2016). The ecological impact assessment of a proposed road development (the Slovak approach). *Environmental Impact Assessment Review*, 59, 43-54.
- Jaafari, A., Najafi, A., & Mafi-Gholami, D. (2011). Environmental impact assessment (EIA) of construction and utilization forest roads (case study: the road of experiment forest of Tarbiat Modares University). *Environment and Development Journal*, 1, 71-78.
- Malakouti, M. (2005). Environmental impact assessment of Imamzadeh Hashem-Anzali Freeway by Adhoc checklist and overlay methods using GIS. *MSc Thesis, University of Tehran, Terhan, Iran*.
- Mashayekhi, H.A. (2002). *Take a look to all side of Tonkabon*. Publications of the Association of Cultural Works and Honors, Tehran, 730 p.

- Nematollahi, S., Fakheran, S., & Soffianian, A. (2017). Incorporating the Spatial Road Disturbance Index (SPROADI) in ecological impacts assessment of roads at landscape scale (case study: Eastern part of Isfahan province). *Iranian Journal of Applied Ecology*, 6(1), 81-91.
- Nenu, I.M. (2019). Methods for environmental impact assessment of forest road construction and maintenance-a short review. *Revista Pădurilor*, 134(2), 29-42.
- Parsakhoo, Mostafa, M., & Lotfalian, M. (2015). Solutions of decreasing the ecological effects of forest roads. *Road Journal*, 84, 189-203.
- Phillips, J. (2016). The Geocybernetic Assessment Matrix (GAM)— A new assessment tool for evaluating the level and nature of sustainability or unsustainability. *Environmental Impact Assessment Review*, 56, 88-101.
- Phillips, J. (2020). The application of the Geocybernetic Assessment Matrix to the UN 2030 sustainable development goals. *Environment, Development and Sustainability*, 17, 1-23.
- Phillips, J., & Whiting, K. (2016). A geocybernetic analysis of the principles of the Extractive Industries Transparency Initiative (EITI). *Resources Policy*, 49, 248-265.
- Rawal, N., Nidhi, C., & Pandey, H.K. (2019). Rapid Impact Assessment Matrix (RIAM)-based approach for selection of solid waste disposal site. *National Academy Science Letters*, 42(5), 395-400.
- Rezaei Motlagh, A., Parsakhoo, A., Adeli, K., & Moayeri, H. (2018). Investigating the effect of forestry road network development on services to communities in forest villages (case study: Chegeni region of Lorestan province). *Journal of Forest Research and Development*, 4(2), 257-271.
- Senturk, N., Ozturk, T., Inan, M., & Bilici, E. (2018). Investigation of environmental damages caused by excavated materials at forest road construction in the mediterranean region of Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research*, 16(4), 4029-4038.
- Schellnhuber, H.J., & Kropp, J. (1998). Geocybernetics: Controlling a complex dynamical system under uncertainty. *Naturwissenschaften*, 85(9), 411-425.
- Tavakoli, B., & Sabet Raftar, K. (2004). Evaluation of development effects (EIA) of Anzali bypass road. *Journal of Environmental Studies*, 29(32), 21-26.
- Wilkie, D., Shaw, E., Rotberg, F., Morelli, G., & Auzel, P. (2000). Roads, development, and conservation in the Congo Basin. *Conservation Biology*, 14(6), 1614-1622.
- Yackshi, A., Kohe, D., & Hakeke, K.A. (2006). The project of study and study of agro-farsity in the yacksh region with emphasis on rural people to achieve a suitable pattern for protecting the northern forests. *Forest, Rangeland, and Watershed Organization of Iran, Tehran*, 181 p.





*Research Article*

## Evaluating the environmental, social and economic effects of the Dohezar forest road in Tonekabon using Geocybernetic Assessment Matrix

E. Abbasi<sup>1</sup>, S.A. Hosseini<sup>2\*</sup>, E. Abdi<sup>3</sup>, and A. Najafi<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Ph.D. Student of Forest Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I. R. Iran.

<sup>2</sup> Prof., Dept. of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I. R. Iran.

<sup>3</sup> Associate Prof., Dept. of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I. R. Iran.

<sup>4</sup> Associate Prof., Dept. of Forestry, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, I. R. Iran.

(Received: 8 July 2020, Accepted: 5 Septemeber 2020)

### Abstract

Forest road construction is one of the activities that not only cause a lot of changes in the plant and animal species of forest ecosystem, but also, due to its widespread use in forest management, it is one of the most important projects that should be assessed. The aim of this research was to evaluate the environmental, social, and economical impact of Dohezar road of Tonekabon in the three stages including; before, during and after the road construction. In this study, the Geocybernetic Assessment Matrix (GAM) method, which is the latest method of evaluating effects, was used. In GAM, the parameters selected or determined by the evaluation criteria were examined according to the three aspects of environmental, social and economic. The results showed that the total geocybernetic score before road construction, during road construction, and after road construction was similar (before road construction: -13.33; during road construction: -80.78, and after road construction: -36.47), indicating that the construction of the Dohezar road had negative effects, especially during construction, but social and economic services, especially in the after road construction, have kept the total geocybernetic score constant. By implementing the GAM evaluation method, a suitable tool is obtained to ensure the proper implementation of the project or to stop it, which can be considered as a way to determine, predict and interpret the environmental, social and economic effects of the road construction project on the environment of the study area.

**Keywords:** Road Construction Time Period, Hyrcanian forest, Forest Management, Assessment Criteria.