مجلهٔ جنگل ایران، انجمن جنگلبانی ایران
سال دوازدهم، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۹
ص ۵۲۳-۵۰۷
مقاله پژوهشی

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22034/ijf.2021.127796
شناسه دیجیتال (DOR): ۲۰.۱۰۰۱.۱.۲۴۲۳۴۴۳۵.۱۳۹۹.۱۲.۴.۴.۲

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

ابراهیم عباسی[۱]، سید عطاالله حسینی[۲*]، احسان عبدی[۳] و اکبر نجفی[۴]

[۱] دانشجوی دکتری مهندسی جنگل، گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج
[۲] استاد، گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج
[۳] دانشیار، گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج
[۴] دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکدهٔ 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 به‌دلیل 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 جادهٔ جنگلی دوهزار تنکابن مازندران در سه مرحلهٔ 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 نمرهٔ ژئوسایبرنتیکی کل برای هر سه مرحلهٔ 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 جادهٔ 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 نمرهٔ 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 به‌دست می‌آید که می‌توان آن را روشی برای تعیین، پیش‌بینی و تفسیر آثار محیط زیستی، اجتماعی و اقتصادی پروژهٔ جاده‌سازی بر کل محیط زیست منطقه دانست.

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

مقدمه

جاده‌های جنگلی از زیرساخت‌های مدیریت مناطق جنگلی به‌شمار می‌آیند. از مهم‌ترین امکانات و پایه‌های اساسی مدیریت جنگل، پیش‌بینی و ایجاد شبکه‌ای از جاده های جنگلی با تراکم کافی است که هماهنگ با طرح و برنامه های کلی باشد. مسئلهٔ بسیار مهم دربارهٔ جاده‌ها، تأثیرات محیط زیستی احداث و توزیع آنها در جنگل و نحوهٔ 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).

* نویسندهٔ مسئول
شمارهٔ تماس: ۰۲۶۳۲۲۴۹۳۱۲
ایمیل: at.hosseini@ut.ac.ir

تاکنون پژوهش های مختلفی دربارهٔ اثـر جـاده هـا، آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها بر محیط اطراف اجرا شده اسـت. برای نمونه، Tavakoli & Sabet Raftar (2004) آثـار توسعهٔ جادهٔ کنارگـذر از محـدودهٔ تـالاب انزلـی را بـا به‌کارگیری روش ماتریس سـاده ارزیـابی کردنـد و بـه این نتیجه رسیدند که این جـاده نمـی بایسـت از ایـن مسیر سـاخته مـی‌شـد. Malakouti (2005) اثرهـای مثبت و منفی اجرای طرح آزادراه امامزاده‌هاشم-انزلی را بـه دو روش چـک‌لیسـت Adhoc و روی‌هـم‌گـذاری ارزیـابی کـرد و نتیجـه گرفـت کـه پهنـه‌هـای اراضـی کشاورزی و بـاغی آسـیب‌پـذیرترین پهنـه‌هـا در مرحلـهٔ اجرای پروژه به‌شـمار مـی‌آینـد. Jaafari et al. (2011) پیامدهای مثبـت و منفـی پـروژهٔ سـاخت جـادهٔ جنگـل آموزشی و پژوهشی دانشـگاه تربیـت مـدرس بـر محـیط زیست پیرامون را با استفاده از ماتریس پاستاکیا[1] ارزیـابی کردند و دریافتند که این پروژه در مجموع دارای ۳۹ اثـر منفی در مقابل ۱۳ اثـر مثبـت بـر محـیط‌هـای مختلـف اسـت. Ghazimirsaeed & Monavari (2014) بـرای محاسـبهٔ شـدت و اهمیـت تـأثیرات بزرگـراه تهـران-پردیس بر پارک ملـی خجیـر در مقایسـه بـا تعـریض جادهٔ موجود تهران-رودهن از روش ماتریس پاسـتاکیا استفاده کردند و دریافتند که احـداث بزرگـراه جدیـد تهران- پردیس در مقایسه بـا تعـریض جـادهٔ موجـود، پیامدهای منفی کمتر و اثرهای مثبـت بیشـتری دارد. Amini et al. (2014) مدلی چندمعیاره را با اسـتفاده از روش ماتریس سریع، روشTOPSIS و ANP بـرای ارزیابی اثرهای محیط زیسـتی جـاده هـای آسـفالت در کمربندی شرقی همدان معرفی کردند که هر سه روش، گزینهٔ «الف» در ایـن پـژوهش را مسـیر مناسـب بـرای احداث جاده معرفی کردند. Parsakhoo et al. (2015) در مقالهٔ مروری به بررسی راهکارهای کـاهش اثرهـای محـیط زیسـتی جـاده‌هـای جنگلـی پرداختنـد. Igondova et al. (2016) اثرهـای محـیط زیسـتی جاده ها در اسلواکی را بررسی کردند و در نتـایج خـود مقیاسـی را بـرای معیارهـای ارزیـابی اثرهـای محـیط زیستی جاده‌ها پیشـنهاد دادنـد کـه مـی‌توانـد سـبب کاهش تأثیرات منفی اکولوژیکی جاده سازی در جنگل شود. Nematollahi et al. (2017) با کـاربرد شـاخص مکانی آشفتگی جاده‌ای در ارزیابی اثرهـای اکولوژیـک جاده ها در مقیاس سیمای سرزمین در پناهگاه حیـات وحش عباس آباد اصفهان به این نتیجه رسیدند که ۱۲ درصد پناهگاه و بخش وسیعی از زیستگاه های مطلوب یوزپلنگ آسـیایی تحـت تـأثیر شـبکهٔ جـاده هـا قـرار گرفته‌اند که هشـداری بـرای ایـن گونـهٔ بـه‌شـدت در معرض خطر اسـت. Akay et al. (2018) بـه ارزیـابی ریسک در زمان طراحی و ساخت جاده های جنگلی بـا روش فازی AHP در کشور ترکیه پرداختند و بـه ایـن نتیجه رسیدند که روش فازی AHP قابلیـت مناسـبی در ارزیابی ریسک جاده های جنگلی در زمان طراحی و ساخت جـاده دارد. براسـاس پـژوهش‌هـا، پـروژه‌هـای مختلف عمرانی اثرهای متفاوتی بر عرصه های جنگلـی دارند و از این‌رو بـه‌کـارگیری روش‌هـای جدیـد بـرای بررسی تأثیر فعالیت‌های انسانی ضروری است.

بررسـی اثرهـای محـیط زیسـتی حاصـل از نحـوهٔ ساخت و بهره‌برداری جاده های جنگلی بـه روش‌هـای مختلفی امکان‌پذیر است که جدیدترین آنهـا مـاتریس ارزیـابی ژئوسـایبرنتیکی (GAM)[2] اسـت. مـاتریس GAM، ابزاری جدید برای ارزیابی پایـداری اسـت کـه نخستین بار توسط فیلیـپس در سـال ۲۰۱۶ مـیلادی معرفی شـد (Phillips & Whiting, 2016). مـاتریس GAM مربوط به مدیریت رابطهٔ بین محیط زیسـت و انسـان در طـول زمـان اسـت. هـدف ایـن مـاتریس، اطمینان یافتن از این است که آیا انسـان هـا قـادر بـه ادامهٔ زندگی در زمین در همـهٔ مقیـاس‌هـای زمـانی و مکانی هستند یا خیر که این موضوع، مستلزم استفادهٔ عاقلانه و مؤثر از منابع و خدمات اسـت. دسـتیابی بـه این امر، مسـتلزم توسـعهٔ رابطـه و همکـاری در همـهٔ مقیاس های زمانی و مکانی بین محیط زیست و جامعهٔ انسـانی اسـت (Schellnhuber & Kropp, 1998; Phillips, 2016). این ماتریس از پنج الگـوی اساسـی

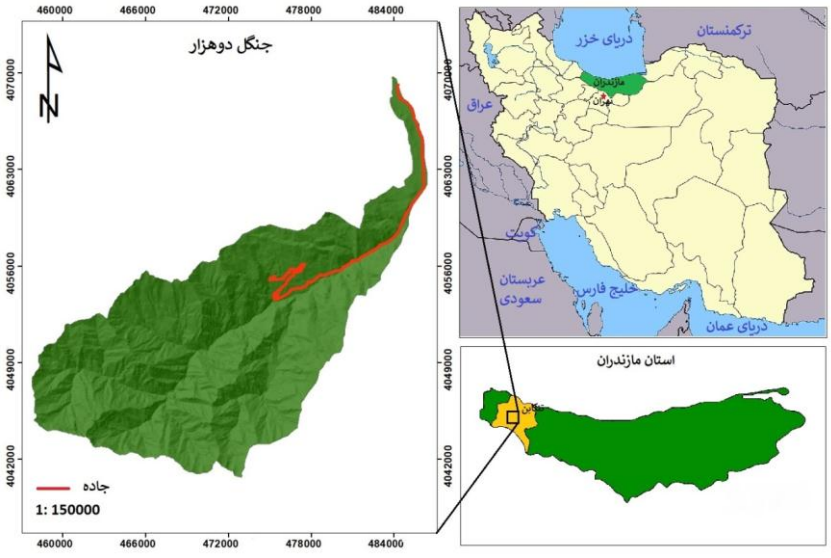
1. Pastakia matrix
2. Geocybernetic Assessment Matrix

توسعهٔ پایدار (استانداردسازی، بهینه سازی، حالت بدبینانه، خوشبینانه و ثبات) تشکیل شده است (Phillips, 2020). ماتریس GAM قادر به انتخاب گزینه های بالقوهٔ یک پروژه و ارزیابی آنها، توسعهٔ سیاست‌ها و چارچوب‌های قانونی (آیین‌نامه‌ها، دستورها، قوانین و غیره)، مدیریت ابزارها و شاخص‌هاست (Phillips, 2016). در این ماتریس چه وابستگی باشد و چه نباشد، الگوها به صورت فردی ارزیابی می‌شوند، هدف‌گذاری با استفاده از تعیین الگوهای حاضر یا آشکار با توجه به هر یک از پارامترها اعمال می‌شود. 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 شبکهٔ جاده در جنگل های استان مازندران، این تحقیق به‌دنبال بررسی اثرات مراحل مختلف ساخت و بهره‌برداری جاده دوهزار تنکابن است. در این مطالعه سه مرحله برای پروژه جاده در نظر گرفته شده است که عبارت اند از: ۱. مرحلهٔ قبل از ساخت جاده؛ ۲. مرحلهٔ حین ساخت جاده؛ ۳. مرحلهٔ بعد از ساخت جاده (مرحلهٔ بهره برداری جاده). با به‌دست آمدن نمره های ژئوسایبرنتیکی عوامل محیط زیستی، اقتصادی، اجتماعی و کل، با استفاده از روش GAM، می‌توان نمره‌های 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 روش‌ها

منطقهٔ پژوهش

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



شکل ۱- نقشهٔ منطقه در جنگل دوهزار

شیوهٔ اجرای پژوهش

برای اجرای این تحقیق از روش ماتریس GAM استفاده شد. برخلاف ماتریس ارزیابی سریع اثرات (RIAM)[1] 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 نمرهٔ ژئوسایبرنتیکی (GS) برای هر پارامتر به دست می‌آید که عبارت‌اند از نمرهٔ ژئوسایبرنتیکی محیط زیستی (GS(E))، نمرهٔ ژئوسایبرنتیکی اجتماعی (GS(S)) و نمرهٔ ژئوسایبرنتیکی اقتصادی (GS(Ec)). این نمره‌ها منعکس‌کنندهٔ 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 نشان دهندهٔ بزرگی اثر هستند و قادرند به‌طور مستقل بر امتیاز نهایی تأثیرگذارند. معیارهای B نشان‌دهندهٔ ارزش موقعیت هستند و به‌تنهایی قادر به تغییر امتیاز نهایی نیستند (Phillips, 2020). در نهایت نمره‌های ژئوسایبرنتیکی محیط زیستی، اجتماعی و اقتصادی به‌دست 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 دورهٔ زمانی شامل قبل، در هنگام و بعد از اجرای طرح، یک نمرهٔ ژئوسایبرنتیکی منظور می‌شود. برای مشخص کردن این تأثیرها و فعالیت‌ها به روش علمی و صحیح، از دیدگاه‌های کارشناسان متخصص که شاهد 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 تنهٔ درختان، حمل مصالح، انفجار، خاک‌برداری، خاک‌ریزی، ویبره کردن، تردد کارکنان، تردد ماشین‌آلات، تسطیح، آماده‌سازی زمین، سم پاشی، آلودگی صوتی، تغییر مسیر آب، تغییر کاربری اراضی و کنترل آفات. در این پژوهش برای تکمیل پرسشنامه‌ها از دوازده کارشناس بازنشستهٔ ادارهٔ کل منابع طبیعی ساری و نوشهر که محل خدمتشان در منطقهٔ دوهزار بود و دارای اطلاعات فنی مناسب از وضعیت منطقه در زمان قبل از ساخت جاده بودند، بهره گرفته شد.

- عوامل[2] 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، تفرج، زیبایی منظر، ایمنی و امنیت و کیفیت زندگی.

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

1. Rapid Impact Assessment Matrix
2. Factors

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

گروه	معیارها	مقیاس	توصیف
A	A1 اهمیت اثر	۳	زیاد
		۲	متوسط
		۱	کم
		۰	بدون اهمیت
	A2 دامنه انطباق	۳	انطباق با درجهٔ قوی
		۲	انطباق با درجهٔ متوسط
		۱	انطباق با درجهٔ 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
B	B1 اثر مکانی	۵	بین‌المللی تا ملی
		۴	ملی تا منطقه‌ای
		۳	منطقه‌ای تا محلی
		۲	محلی
		۱	بدون اثر
	B2 اثر زمانی	۴	بلندمدت (بیشتر از ۱۰ سال)
		۳	میان‌مدت (۶ تا ۱۰ سال)
		۲	کوتاه‌مدت(۰ تا ۵ سال)
		۱	بدون اثر

- 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 شانهٔ راه بر فرسایش خاک، اثر کوبیدن بر فرسایش خاک، ایجاد فرسایش رودخانه ای، تخریب اراضی حاشیه جاده، ایجاد لغزش در جهت شیب در دامنه‌های شیب‌دار، اثر پاک‌تراشی بر اکوسیستم خشکی، اثر کاربرد علف‌کش 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

منطقه، هزینهٔ تغییر کاربری، هزینهٔ 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 ماشین‌آلات 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 ماشین‌آلات بر زیستگاه گیاهان.

ب) عوامل اجتماعی: اثر جاده بر توسعه طرح های 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 تمام‌شدهٔ چوب آلات، حمل کالا به روستاهای بالادست، گسترش گردشگری (Jaafari et al., 2011).

پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌ها و تجزیه‌وتحلیل اطلاعات، نمرهٔ ژئوسایبرنتیکی اجتماعی، اقتصادی و محیط زیستی به‌شرح زیر محاسبه شد:

نمرهٔ ژئوسایبرنتیکی (GS) برای هر پارامتر ارزیابی نسبت به(S)GS ،(E)GS و (Ec)GS با استفاده از مجموعه‌ای ساده از فرمول‌های ریاضی به‌دست آمد. در مورد GAM سه گروه معیارA و دو گروه معیار B وجود دارد. برای به‌دست آوردن وزن یا نمرهٔ هر مؤلفه، معیارهای گروه A در هم ضرب شدند (رابطهٔ ۱). در حالی که معیارهای گروه B برای اطمینان از تأثیر نداشتن نمرهٔ GS نهایی با هم جمع شدند (رابطهٔ ۲)؛ در نهایت نمرهٔ معیارهای A و B برای به‌دست آوردن نمرهٔ ژئوسایبرنتیکی در هم ضرب شدند (رابطهٔ ۳). این فرایند برای هر سه بعد پایداری شامل ابعاد محیط زیستی، اجتماعی و اقتصادی انجام گرفت (Phillips & Whiting, 2016).

$$A(T) = A1 \times A2 \times A3$$ رابطهٔ ۱

$$B(T) = B1 + B2$$ رابطهٔ ۲

$$GS(x) = AT \times BT$$ رابطهٔ ۳

در گروه A از جدول ۱، معیار A1 بیانگر اهمیت اثر، A2 نشان دهندهٔ دامنهٔ انطباق اثر و A3 ماهیت اثر است. در گروه Bاز جدول ۱، معیار B1 نشان دهندهٔ اثر مکانی و B2 اثر زمانی است. در نهایت، AT نمرهٔ گروه A و BT نمرهٔ گروه B وGS(x) نمرهٔ 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. دامنهٔ انطباق نشانگر محیط (یا شعاع) تحت تأثیر است. این محیط می‌تواند شعاع‌های کم یا زیاد را برحسب نوع فعالیت‌ها شامل شود. برای تعیین دامنهٔ اثر، به طور معمول سه محدوده را با عناوین محدودهٔ اجرای پروژه، محدودهٔ تأثیر مستقیم و محدودهٔ تأثیر غیرمستقیم در نظر می گیرند. منظور از ماهیت اثر، مثبت، منفی یا خنثی بودن اثر است (Phillips, 2016). مقدار پارامتر GS برای مؤلفه‌های محیط زیستی، اجتماعی و اقتصادی در محدودهٔ $-۲۴۳ \leq GS(x) \leq +۲۴۳$ قرار می‌گیرد (Phillips, 2016). امتیاز GAM، به‌دست آوردن نمرهٔ GS(A) است. GS(A) برای هر پارامتر، منعکس‌کنندهٔ فعالیت‌های جامعهٔ انسانی متشکل از GS(S) و GS(Ec) است. دلیل تعیین GS(A) کل در تئوری GAM، ماهیت و سطحی از همکاری و رابطهٔ بین محیط زیست و فعالیت‌های اجتماع انسانی است (رابطهٔ ۴). محدودهٔ ارزش به‌دست‌آمده GS(A) بین $-۲۴۳ \leq GS(A) \leq +۲۴۳$ است.

رابطهٔ ۴ $$GS(A)=\frac{GS(S)+GS(Ec)}{2}$$

در رابطهٔ ۴، GS(A) میانگین نمره‌های ژئوسایبرنتیکی ابعاد اقتصادی و اجتماعی، GS(S) نمرهٔ ژئوسایبرنتیکی اجتماعی و GS(Ec) نمرهٔ ژئوسایبرنتیکی اقتصادی است. گام نهایی در ماتریس GAM تعیین GS(T) (نمرهٔ ژئوسایبرنتیکی کل) و مشخص کردن ماهیت پایداری و ناپایداری رخ‌داده است (جدول ۲). GS(T) (نمرهٔ ژئوسایبرنتیکی کل) شامل مجموع GS(E) (نمرهٔ 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.

رابطهٔ ۵ $$GS(T)=GS(E)+GS(A)$$

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

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

نتایج

جدول ۳ نمره های 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 به‌ترتیب ۸، ۶، ۱ و ۱۵ است (جدول ۳).

جدول ۴ نمره های ژئوسایبرنتیکی حین ساخت جاده را نشان می دهد. 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،

اجتماعی، اقتصـادی و کـل بـه‌ترتیـب ۱۸، ۳، ۴ و ۲۵ است (جدول ۴).

جدول ۳- نمره‌های ژئوسایبرنتیکی قبل از ساخت جادهٔ 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
کیفیت هوا	۱	۲	-۱	۳	۴	-۱۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
فرسایش خاک	۱	۲	-۲	۳	۴	-۲۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
خصوصیات خاک	۱	۱	-۲	۳	۴	-۱۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
گونه‌های گیاهی	۱	۲	-۲	۲	۴	-۲۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
گونه‌های جانوری	۲	۲	-۱	۳	۴	-۲۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
جمعیت جانوران	۲	۲	-۲	۳	۴	-۵۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
تراکم گیاهان	۱	۲	-۲	۲	۲	-۱۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
گونه‌های درخطر انقراض	۲	۲	-۲	۲	۴	-۴۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
رفاه	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	+۱	۳	۴	+۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰
بهداشت	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	+۱	۳	۴	+۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰
مسکن	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	+۱	۳	۴	+۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰
سطح سواد	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	+۱	۳	۴	+۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰
سلامت فیزیکی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	+۱	۳	۴	+۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰
کیفیت زندگی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	+۱	۳	۴	+۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰
کشاورزی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۲	+۱	۳	۴	+۱۴

جدول ۴- نمره‌های ژئوسایبرنتیکی حین ساخت جادهٔ دوهزار تنکابن

عوامل	محیط‌زیست						اجتماعی							اقتصادی						
	A1	A2	A3	B1	B2	(GS)E	A1	A2	A3	B1	B2	(GS)S	A1	A2	A3	B1	B2	(GS)Ec
اثر خاکبرداری بر ایجاد صدا	۳	۳	-۳	۳	۲	-۱۳۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اثر خاکبرداری بر فرسایش	۳	۳	-۳	۳	۲	-۱۳۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اثر عملیات خاکی بر زهکشی	۳	۳	-۳	۳	۴	-۱۸۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اثر عملیات خاکی بر توپوگرافی	۲	۲	-۲	۳	۴	-۵۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اثر عملیات خاکی بر آلودگی هوا	۱	۲	-۲	۳	۴	-۲۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اثر عملیات خاکی بر تولید صدا	۳	۳	-۳	۳	۲	-۱۳۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اثر عملیات خاکی بر کیفیت آب سطحی	۲	۳	-۳	۳	۲	-۹۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

ادامه جدول ۴

عوامل	محیط‌زیست						اجتماعی						اقتصادی					
	A1	A2	B1	B2	(GS)E	A1	A2	A3	B1	B2	(GS)S	A1	A2	A3	B1	B2	(GS)Ec
اثر بارگیری مصالح بر ایجاد سروصدا	۲	۲	۲	۲	-۳۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اثر ساخت شانهٔ راه بر فرسایش خاک	۲	۲	۳	۲	-۶۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اثر کوبیدن بر فرسایش خاک	۱	۲	۲	۲	-۱۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
تخریب اراضی حاشیهٔ جاده	۲	۳	۳	۳	-۷۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
ایجاد لغزش در جهت شیب در دامنه‌های شیب‌دار	۲	۳	۲	۴	-۱۰۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اثر پاک‌تراشی بر اکوسیستم خشکی	۳	۳	۳	۴	-۱۸۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اثر انفجار بر زیستگاه جانوران	۳	۳	۲	۲	-۱۰۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اثر زیرسازی و روسازی بر زیستگاه جانوران	۳	۳	۳	۴	-۱۸۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اثر پل‌سازی بر اکوسیستم آبی	۲	۳	۲	۴	-۱۰۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
تأثیر بر درختان	۳	۳	۳	۴	-۱۸۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
تأثیر بر حیات وحش	۳	۳	۳	۳	-۱۸۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
ایجاد سروصدا برای جوامع محلی	۰	۰	۰	۰	۰	۲	۳	-۲	۲	۲	-۴۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اثر استخدام بر مشارکت عمومی	۰	۰	۰	۰	۰	۲	۳	+۲	۳	۲	+۶۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اثر استخدام بر تراکم جمعیت	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۲	+۲	۳	۲	+۲۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
تأثیر نیروی انسانی بر درآمد منطقه	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳	۳	+۳	۳	۲	+۱۳۵
هزینهٔ تغییر کاربری	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۳	-۲	۳	۲	-۳۰
هزینهٔ جاده‌سازی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳	۲	-۳	۳	۲	-۹۰
اثر عملیات ساختمانی بر گردشگری	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۳	-۲	۳	۲	-۳۰

جدول ۵ نمره های ژئوسایبرنتیکی بعد از ساخت جاده را نشان می‌دهد. کمترین نمره مربوط به اثر تردد ماشین‌آلات بر هوا و بیشترین نمره مربوط به کاهش قیمت تمام‌شدهٔ چوب‌آلات است (جدول ۵).

تعداد عوامل محیط زیستی، اجتماعی، اقتصادی و کـل به‌ترتیب ۱۲، ۵، ۴ و ۲۰ است (جدول ۵).

جدول ۵- نمره‌های ژئوسایبرنتیکی بعد از ساخت جادهٔ 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 توسعهٔ طرح‌های جنگلداری	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳	۳	+۳	۳	۴	+۱۸۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اثر جاده بر افزایش حفاظت از جنگل	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳	۳	+۳	۳	۴	+۱۸۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰

ادامه جدول ۵

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 جاده بر افزایش خدمات به روستاهای بالادست	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳	۳	+۳	۳	۴	+۱۸۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اثر جاده بر جمعیت منطقه	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲	۳	+۳	۳	۴	+۱۲۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اثر جاده بر گردشگری منطقه	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳	۳	+۳	۳	۴	+۱۸۹	۳	۳	+۳	۳	۴	+۱۸۹
استخدام نیروی انسانی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳	۳	+۳	۳	۴	+۱۸۹
کاهش قیمت تمام‌شده چوب‌آلات	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳	۳	+۳	۴	۴	+۲۱۶
حمل کالا به روستاهای بالادست	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳	۳	+۳	۳	۴	+۱۸۹

جدول ۶ نمره های ژئوسایبرنتیکی کـل و محـدودهٔ آن قبل از ساخت جاده را نشان می دهد. کمترین نمرهٔ ژئوسایبرنتیکی کل مربوط به جمعیت جـانوران اسـت. میـــانگین GS(T)، GS(E)، GS(A)، GS(S) و GS (Ec) بـه‌ترتیـب ۱۳/۳۳-، ۱۵/۲-، ۱/۸۶، ۲/۸ و ۰/۹۳ است (جدول ۶).

جدول ۶- نمره‌های ژئوسایبرنتیکی کل و محدوده‌ی آنها در زمان قبل از ساخت جادهٔ دوهزار تنکابن

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

جدول ۷ نمره‌های ژئوسایبرنتیکی کل و محدودهٔ آن حین ساخت جاده را نشان می دهد. کمترین نمرهٔ 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 حیات‌وحش است. بیشترین نمرهٔ 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) به‌ترتیب ۸۰/۷۸-، ۸۱/۱۲-، ۰/۳۴، ۱/۲۸ و ۰/۶- است (جدول ۷).

جدول ۷- نمره‌های ژئوسایبرنتیکی کل و محدودهٔ آنها در زمان حین ساخت جادهٔ دوهزار تنکابن

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

جدول ۸ نمره‌های ژئوسایبرنتیکی کل و محدودهٔ آن در زمان بعد از ساخت جاده را نشان می دهد. کمترین نمرهٔ ژئوسایبرنتیکی کل مربوط به اثر تردد ماشین‌آلات بر هوا و بیشترین نمرهٔ ژئوسایبرنتیکی کل مربوط به اثر جاده بر گردشگری منطقه است (جدول ۸). میانگین GS(T)، GS(E)، GS(A)، GS(S) و GS(Ec) به‌ترتیب ۳۶/۴۷-، ۷۸/۱-، ۴۱/۶۲، ۴۴/۱ و ۳۹/۱۵ است (جدول ۸).

جدول ۸- نمره‌های ژئوسایبرنتیکی کل و محدودهٔ آنها در زمان بعد از ساخت جادهٔ دوهزار تنکابن

عوامل	نمره‌ها بعد از ساخت جادهٔ دوهزار					
	GS(T)	GS range	GS(E)	GS(A)	GS(S)	GS(Ec)
اثر تردد ماشین‌آلات بر هوا	-۲۴۳	-S	-۲۴۳	۰	۰	۰
اثر تردد ماشین‌آلات بر صدا	-۱۸۹	-W	-۱۸۹	۰	۰	۰
اثر تردد ماشین‌آلات بر ریزاقلیم	-۱۸۹	-W	-۱۸۹	۰	۰	۰
اثر تردد ماشین‌آلات بر رسوب‌گذاری	-۷	-VW	-۷	۰	۰	۰
اثر تردد ماشین‌آلات بر فرسایش خاک	-۷	-VW	-۷	۰	۰	۰
اثر تردد ماشین‌آلات بر کیفیت آب سطحی	-۱۴	-VW	-۱۴	۰	۰	۰
اثر حمل پسماند بر اکوسیستم خشکی	-۲۱۶	-W	-۲۱۶	۰	۰	۰
اثر حمل پسماند بر اکوسیستم آبی	-۱۴۴	-W	-۱۴۴	۰	۰	۰
اثر تردد ماشین‌آلات بر اکوسیستم خشکی	-۲۱۶	-W	-۲۱۶	۰	۰	۰
اثر تردد ماشین‌آلات بر اکوسیستم آبی	-۶۴	-VW	-۶۴	۰	۰	۰
اثر جاده بر زمین منظر	-۸۴	-VW	-۸۴	۰	۰	۰
اثر تردد ماشین‌آلات بر زیستگاه گیاهان	-۱۸۹	-W	-۱۸۹	۰	۰	۰
اثر جاده بر توسعهٔ طرح‌های جنگلداری	۹۴/۵	+VW	۰	۹۴/۵	۱۸۹	۰
اثر جاده بر افزایش حفاظت از جنگل	۹۴/۵	+VW	۰	۹۴/۵	۱۸۹	۰
اثر جاده بر افزایش خدمات به روستاهای بالادست	۹۴/۵	+VW	۰	۹۴/۵	۱۸۹	۰
اثر جاده بر جمعیت منطقه	۶۳	+VW	۰	۶۳	۱۲۶	۰
اثر جاده بر گردشگری منطقه	۱۸۹	+W	۰	۱۸۹	۱۸۹	۱۸۹
استخدام نیروی انسانی	۹۴/۵	+VW	۰	۹۴/۵	۰	۱۸۹
کاهش قیمت تمام‌شده چوب‌آلات	۱۰۸	+VW	۰	۱۰۸	۰	۲۱۶
حمل کالا به روستاهای بالادست	۹۴/۵	+VW	۰	۹۴/۵	۰	۱۸۹
میانگین	**-۳۶/۴۷**	**-VW**	**-۷۸/۱**	**۴۱/۶۲**	**۴۴/۱**	**۳۹/۱۵**

بحث

نتایج نشان داد که نمره‌های ژئوسایبرنتیکی اقتصادی قبل از ساخت جاده، حین ساخت جاده و بعد از ساخت جاده به‌ترتیب 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 که نشان دهندهٔ تأثیر جاده بر توسعهٔ اقتصادی است که در تحقیقات Wilkie et al. (2000) در کنگو نیز تأثیر جاده های جنگلی بر توسعهٔ اقتصادی جنگل نشینان تأکید شده است. براساس پژوهش ها در نیجریه، محققان به این نتیجه رسیدند که جاده‌ها اجزای حیاتی برای توسعهٔ اقتصادی هر کشور به‌شمار می‌آیند و یکی از علل توسعه‌نیافتگی برخی مناطق، نامناسب

بودن توزیع جاده‌هاست که سبب افزایش فقر در جامعه می‌شود (Adedeji et al., 2014). جاده‌های جنگلی، دسترسی متقابل جنگل نشینان و شهرنشینان را بیشتر و آسان‌تر می‌کنند؛ چنانکه می‌توانند تولیدات یکدیگر را با قیمت مناسب‌تر خریدوفروش 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 به‌ترتیب 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 جاده های جنگلی سبب بهبود توسعهٔ اجتماعی برای روستاییان و جنگل‌نشینان می‌شوند. در داخل کشور، Rezaei Motlagh et al. (2018) به بررسی اثر توسعهٔ شبکهٔ 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. نمره های ژئوسایبرنتیکی محیط زیستی قبل از ساخت جاده، حین ساخت جاده و بعد از ساخت جاده به‌ترتیب ۱۵/۲- (ناپایداری خیلی ضعیف)، ۸۱/۱۲- (ناپایداری ضعیف) و ۷۸/۱- (ناپایداری ضعیف) است. کمترین نمرهٔ 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 مرحلهٔ ساخت جاده، امری ضروری به‌حساب 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 می بیند و با گذر زمان، محیط زیست اطراف جاده به‌دنبال بازسازی خود می‌رود.

هرچند که باید توجه داشت تحقق اهداف مدیریتی و بهره‌برداری اصولی از جنگل مستلزم ایجاد امکانات و زیرساخت‌های زیادی است که مهم‌ترین آنها، شبکهٔ 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، حین ساخت جاده و بعد از ساخت جاده به ترتیب ۱۳/۳۳- (ناپایداری خیلی ضعیف)، ۸۰/۷۸- (ناپایداری خیلی ضعیف) و ۳۶/۴۷- (ناپایداری خیلی ضعیف) است. همان گونه که مشاهده شد کمترین نمرهٔ ژئوسایبرنتیکی کل در زمان ساخت جاده است و نمرهٔ ژئوسایبرنتیکی کل بعد از ساخت جاده به‌علت افزایش خدمات اقتصادی و اجتماعی، افزایش می‌یابد.

بین همهٔ نمره های ژئوسایبرنتیکی، بیشترین نمرهٔ ژئوسایبرنتیکی اجتماعی بعد از ساخت جاده و کمترین نمره مربوط به نمرهٔ ژئوسایبرنتیکی محیط زیستی حین ساخت جاده است. در بین همهٔ 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 نمرهٔ ژئوسایبرنتیکی کل در هر سه مرحلهٔ قبل، حین و بعد از ساخت جاده در یک محدوده (ناپایداری خیلی ضعیف) بوده است، ساخت جاده در این منطقه در عین اینکه سبب آسیب های محیط زیستی شده، خدماتی (اجتماعی و اقتصادی) نیز ارائه داده که همین موضوع سبب ثابت ماندن نمرهٔ ژئوسایبرنتیکی کل در محدوده ناپایداری خیلی ضعیف شده است. در نهایت می‌توان

گفت که اگر ساخت جادهٔ جنگلی دوهزار براساس روش GAM صورت پذیرد، سبب کاهش روند نامناسب پایداری اکوسیستم در منطقه می شود. در هر سه مرحلهٔ 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 می‌شود در پروژه‌های مشابه برای کاهش خسارت محیط زیستی در هنگام ساخت جاده، این عوامل به‌طور ویژه مدنظر قرار گیرند.

سپاسگزاری

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.

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 toads. *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.

Iranian Journal of Forest
Vol. 12, No. 4, Winter 2021
pp. 507-523

Research Article

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

E. Abbasi[1], S.A. Hosseini[2*], E. Abdi[3], and A. Najafi[4]

[1] Ph.D. Student of Forest Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I. R. Iran.
[2] Prof., Dept. of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I. R. Iran.
[3] Associate Prof., Dept. of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I. R. Iran.
[4] 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 assesed. 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.

∗Corresponding author Tel: +982632249312 Email: at.hosseini@ut.ac.ir