

تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی اثرگذار بر انتشار آلودگی صوتی در جاده پارک ملی گلستان

شیوا غریبی^۱ و کامران شایسته^{۱*}

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۳/۲۷)

چکیده

آلودگی صوتی ترافیک تهدیدی جدی برای گونه‌های حیات وحش است، به طوری که یکی از عوامل متزوی کننده و کاهنده جمعیت است. بزرگراه آسیایی تهران- مشهد که بخشی از آن به طول ۲۶/۵۱ کیلومتر در پارک ملی گلستان قرار دارد، به‌عنوان مهم‌ترین منبع آشفته‌گی صوتی در داخل منطقه است. هدف این مطالعه تعیین مهم‌ترین معیارهای مؤثر در انتشار آلودگی صوتی این جاده است که برای نیل به این هدف از روش تحلیل مؤلفه‌های اساسی استفاده شد. برای ارزیابی وضعیت انتشار صدا و پارامترهای تأثیرگذار از مطالعات کتابخانه‌ای و سنجش میدانی پارامترها در محدوده بافر ۲۵۰ متری استفاده شد. ۱۶ متغیر در سه گروه پارامترهای ترافیکی، هندسه سطح جاده و پارامترهای محیطی استخراج و درون پلات‌های دایره‌ای به شعاع ۲۵ متر به مدت ۱۵ دقیقه اندازه‌گیری شدند. براساس نتایج، شش عامل اصلی سرعت خودروهای سبک، رطوبت محیط، ارتفاع از سطح دریا، تعداد خودروهای سبک، فاصله از جاده و شیب پلات در مجموع ۷۲/۳۹۶ درصد واریانس داده‌ها را توجیه می‌کنند. با استفاده از نتایج می‌توان اقدامات مدیریتی مربوط به کاهش آلودگی صوتی را براساس معیارهای استخراج شده انجام داد و مسئولین حفاظت محیط زیست می‌توانند با صرف هزینه و زمان کمتر به مدیریت منطقه از لحاظ آلودگی صوتی بپردازند.

واژه‌های کلیدی: تحلیل مؤلفه‌های اصلی، آلودگی صوتی، پارک ملی گلستان، جاده

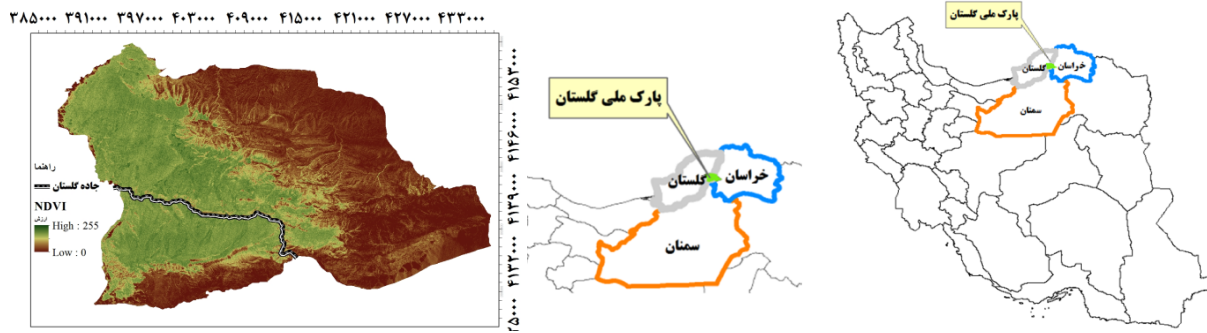
۱. گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر

*. مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: k.shayesteh@malayeru.ac.ir

مقدمه

انسان‌ها باعث آشفته‌گی در طبیعت می‌شوند (۲۷) که یکی از این آشفته‌گی‌ها ساخت جاده‌ها و بزرگراه‌ها هستند. از جمله اثرات جاده‌ها بر زیستگاه‌های حیات وحش، کشته شدن حیوانات، تکه‌تکه شدن زیستگاه، کاهش مساحت زیستگاه، اثر حاشیه‌ای، آلودگی هوا، تأثیر بر کیفیت آب‌های زیرزمینی و آب‌های سطحی، آلودگی صوتی و تأثیر بر ساختار و کارکرد اکوسیستم‌ها است (۱۹). بنابراین، در دهه‌های اخیر توجه به اثرات اکولوژیکی جاده‌ها و ترافیک جاده‌ای به‌طور دائم در حال افزایش بوده است. توسعه سریع زیرساخت‌های حمل‌ونقل و افزایش تعداد وسایل نقلیه در جاده‌ها به تهدید فزاینده‌ای برای بسیاری از جمعیت‌های حیات وحش در زیستگاه‌های بومی موجود در سراسر جهان (۳۲ و ۴۳) و به عامل به خطر افتادگی زندگی گونه‌ها (۳۲) تبدیل شده است. به‌طوری که بیشترین اثرات منفی گزارش شده از جاده‌ها و زیرساخت‌های ارتباطی شامل نابودی زیستگاه‌ها، آلودگی صوتی (۳۹)، جدایی جمعیت‌ها بر اثر ایجاد موانع در مسیر انتشار، مرگ‌ومیر جاده‌ای، و افزایش دسترسی انسان به مناطق طبیعی است (۳۸ و ۵۰). در علم آکوستیک، سروصدا به‌عنوان انرژی صوتی قابل شنیدن توصیف می‌شود که بر سلامت جسمی و روانی موجودات زنده اثر معکوس و منفی دارد (۵۰). بنابراین، صدای ناشی از ترافیک خودرو در جاده‌ها را می‌توان از عوامل مستقیم مرگ‌ومیر حیات وحش دانست که در برخی موارد می‌تواند برای جمعیت‌ها فاجعه‌آمیز باشد (۳۴) به‌طوری که علت اصلی واکنش منفی زادآوری پرندگان به جاده‌ها، اختلالات ناشی از آلودگی صوتی ترافیک بوده است (۴۵). با این حال، پارامترهایی مانند تعداد، اندازه، سرعت و نوع وسایل نقلیه عبوری (۱۸ و ۳۶)، فاصله از جاده (۲۸ و ۴۷)، تعداد خودروها (۲۸، ۴۴ و ۴۷)، تراکم ترافیک (۳۳، ۴۱ و ۴۴)، ارتفاع از سطح دریا و رطوبت هوا (۱۱ و ۳۵)، پوشش گیاهی (۴۲)، ارتفاع موانع صوتی (۳۷)، تعداد بوق زدن خودروها (۲)، عرض مؤثر جاده (۱۶) در رابطه با انتشار صدای ناشی از ترافیک دارای اهمیت هستند.

از نقطه نظر آلودگی‌های محیط زیستی و با توجه به اینکه ساخت جاده‌ها در مناطق حفاظت شده، جزء مهم‌ترین منابع آلودگی صوتی به‌شمار می‌روند (۱۸)، احداث و بهره‌برداری از جاده گلستان در سال‌های اخیر که بخشی از آن در داخل پارک ملی گلستان قرار دارد، به‌عنوان مهم‌ترین منبع آشفته‌گی صوتی در داخل این منطقه به‌شمار می‌رود. بنابراین بکارگیری راهکارهای کاهش آلودگی صوتی مستلزم تجزیه و تحلیل عوامل مؤثر بر انتشار صدا و تعیین میزان تأثیر هر کدام از پارامترهای گوناگون در انتشار آن و تلاش در جهت بهبود وضعیت آلودگی صوتی است. عمده‌ترین هدف استفاده از تحلیل عاملی، کاهش حجم داده‌ها و تعیین مهم‌ترین متغیرهای مؤثر در شکل‌گیری پدیده‌ها (۳) در زمانی که تعداد متغیرهای مورد بررسی زیاد و رابطه بین آنها ناشناخته باشد استفاده می‌شود (۷). از این رو، مطالعه حاضر اولین بررسی از نوع خود در خصوص تعیین مؤلفه‌های تأثیرگذار بر انتشار آلودگی صوتی ناشی از ترافیک در جاده پارک ملی گلستان است. هدف معرفی این پارامترها جهت ارزیابی‌های دقیق در پارک ملی گلستان و سایر اکوسیستم‌های طبیعی مجاور جاده‌ها جهت اقدامات مدیریتی برای کاهش آلودگی صوتی است. تحلیل عاملی بهترین نوع تجزیه و تحلیل آماری جهت کاهش داده‌ها (۴۹) و استخراج تعداد کمتری فاکتور مستقل برای آنالیز ارتباط بین متغیرها است و از طریق ماتریس همبستگی به توصیف پراکندگی متغیرهای اصلی و استخراج مقادیر ویژه و بردارهای ویژه می‌پردازد (۵۱) و تعداد کمتری از عوامل را به نام مؤلفه‌های اصلی از میان عوامل اولیه گزینش می‌کند (۹). بنابراین، هدف از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی تجزیه واریانس موجود در داده‌های چندمتغیره به مؤلفه‌هایی با بیشترین واریانس است (۱۰). این روش به‌طور وسیعی در مطالعات مربوط به محیط زیست مانند خاک، ریزگرد و آب کاربرد دارد (۲۱ و ۴۶ و ۵۱). در این تحقیق بنابر اهمیت بررسی متغیرهای مختلف انتشار صدا در جاده گلستان و نقش آنها در آلودگی صوتی، از روش PCA به‌عنوان رایج‌ترین روش (۵) و از قدیمی‌ترین و فراگیرترین روش‌ها (۲۶) استفاده شد. مؤلفه‌های اصلی انتخاب



شکل ۱. موقعیت و شکل پارک ملی گلستان در ایران

ارتفاع موانع صوت‌شکن) و محیطی (فاصله از جاده، ارتفاع ایستگاه، تراکم پوشش گیاهی، دما، رطوبت نسبی و شیب منطقه) استخراج شدند. تعیین مناطق همگن اکولوژیکی این پارک انجام شد و یک بافر ۲۵۰ متری در دو سمت جاده در نظر گرفته شد. زیرا در فاصله ۰-۲۵۰ متر، جاده بیشترین میزان تأثیر بر سنج‌های سیمای سرزمین را داراست (۶ و ۱۳). براساس بررسی نقشه عوامل به‌کار رفته در تعیین لکه‌های همگن و تغییرات آنها با فاصله گرفتن از جاده مشخص شد که بیشترین تغییرات در این محدوده روی می‌دهد. در مجموع ۷۶ واحد نمونه‌برداری در طول مسیر انتخاب شد (شکل ۲). هرکدام از پارامترها، درون پلات‌های دایره‌ای و به شعاع ۲۵ متر (۲۴) و به مدت ۱۵ دقیقه اندازه‌گیری شدند (۳۱).

اندازه‌گیری پارامترهای ترافیکی براساس شمارش انواع خودروها در محل و تعیین سرعت آنها با استفاده از نرم‌افزار EDIUS انجام شد. برای اندازه‌گیری صدا، دستگاه صداسنج در فاصله ۱/۵ متری از سطح زمین و در فواصل مختلفی از جاده استقرار شد و زمان پاسخ‌دهی میکروفن نیز در حالت F^2 (این حالت برای اندازه‌گیری صدا در محیط‌ها و فضاها بازمانند صدای ترافیک کاربرد دارد) تنظیم شد. مقدار تراز صدای معادل (L_{eq}) به صورت ۱۵ دقیقه‌ای ثبت شد. اندازه‌گیری پارامترهای هندسه سطح جاده نیز توسط GPS و مترسنج نوری اندازه‌گیری شد. پارامترهای محیطی نیز با استفاده از GPS، دماسنج و رطوبت‌سنج ثبت شدند. برای رعایت پیش‌فرض‌های تحلیل عاملی، داده‌ها در مقیاس فاصله‌ای تهیه و نرمال بودن داده‌ها با

شده می‌توانند به‌عنوان ورودی‌های مدل تحلیل داده‌ها در مطالعات بعدی استفاده و تحلیل شوند که مزیت اصلی کاربرد این روش، از بین بردن هم‌خطی در مدل به واسطه تعداد زیاد متغیرهای مؤثر است.

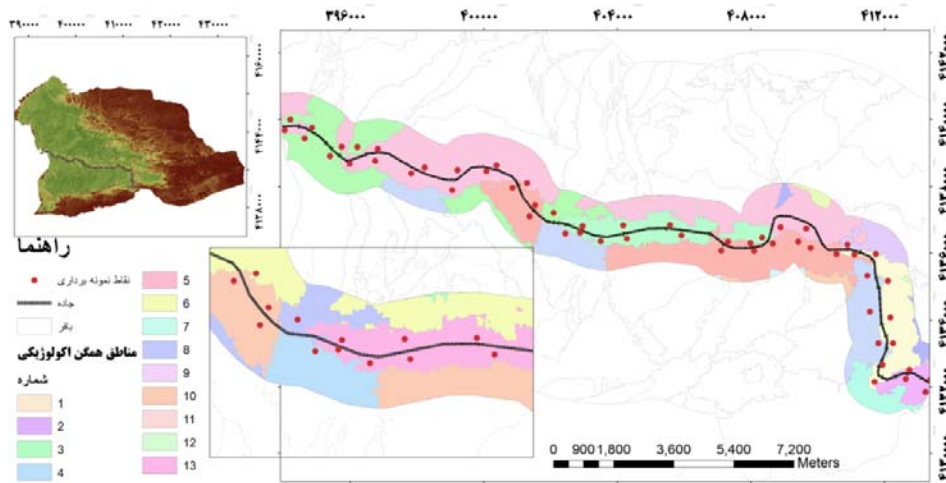
روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه

پارک ملی گلستان به‌عنوان اولین و بزرگ‌ترین پارک ملی ایران (۱۷) در شمال شرق ایران بین سه استان گلستان، خراسان شمالی و سمنان قرار دارد (شکل ۱) و تنها زیستگاه امن باقی‌مانده برای بسیاری از گونه‌های حیات وحش است (۲۳). جاده به‌عنوان یکی از عوامل تهدیدکننده این پارک، از میانه پارک گذشته و آن را به دو نیمه تقسیم و سبب تجزیه و از بین رفتن یکپارچگی پارک شده است (۱۷). حضور جاده و تردد خودروها مانعی برای حیات وحش بوده و مخاطراتی به‌وجود می‌آورد و آلودگی صوتی تولید شده (۱۲) نیز منجر به آثار سوء در ابعاد گوناگون از جمله مرگ‌ومیر حیات وحش به‌خصوص پرنندگان می‌شود.

روش بررسی

به‌منظور بررسی پارامترهای تأثیرگذار بر انتشار صدا، جاده گلستان انتخاب و از مطالعات کتابخانه‌ای، بازدید و سنجش میدانی انواع پارامترها در سه گروه ترافیکی (تعداد و سرعت خودروهای سبک، نیمه‌سنگین، سنگین و تعداد بوق زدن خودروها)، هندسه سطح جاده (شیب جاده، عرض مؤثر جاده و



شکل ۲. موقعیت نقاط نمونه‌برداری در محدوده بافر ۲۵۰ متری در مناطق همگن اکولوژیکی

محاسبه ماتریس همبستگی (R) برای متغیرهای اولیه استفاده از این ماتریس موجب استاندارد شدن داده‌ها و در نظر گرفتن وزن برابر برای آنها می‌شود (۸).

محاسبه مقادیر ویژه

مقادیر ویژه، سهم یک عامل را از واریانس کل نشان می‌دهند (۴۸). هر مؤلفه نیز درصدی از اطلاعاتی که توسط متغیرهای اولیه بیان می‌شود را دربرمی‌گیرد و معادل با بخشی از اطلاعات مسئله است (۱) و دامنه آن بین صفر تا یک نوسان دارد.

تعیین معیار استخراج تعداد عامل‌ها

براساس معیار واریانس، تعداد عامل‌هایی انتخاب می‌شوند که بتوانند تا حدود ۸۰ درصد از واریانس کل متغیرها را تبیین کرده باشند. در معیار کیزر، عامل‌هایی با مقدار ویژه بالاتر از عدد یک انتخاب می‌شوند (۵). انتخاب چند مؤلفه اول که بیشترین مقدار واریانس را دارند، به‌عنوان مؤلفه‌های اصلی شناخته می‌شوند (۳۰)

اجرای چرخش مناسب روی ماتریس ضرایب مؤلفه‌ها

بدون اجرای چرخش نمی‌توان به نتایج تحلیل عاملی اطمینان

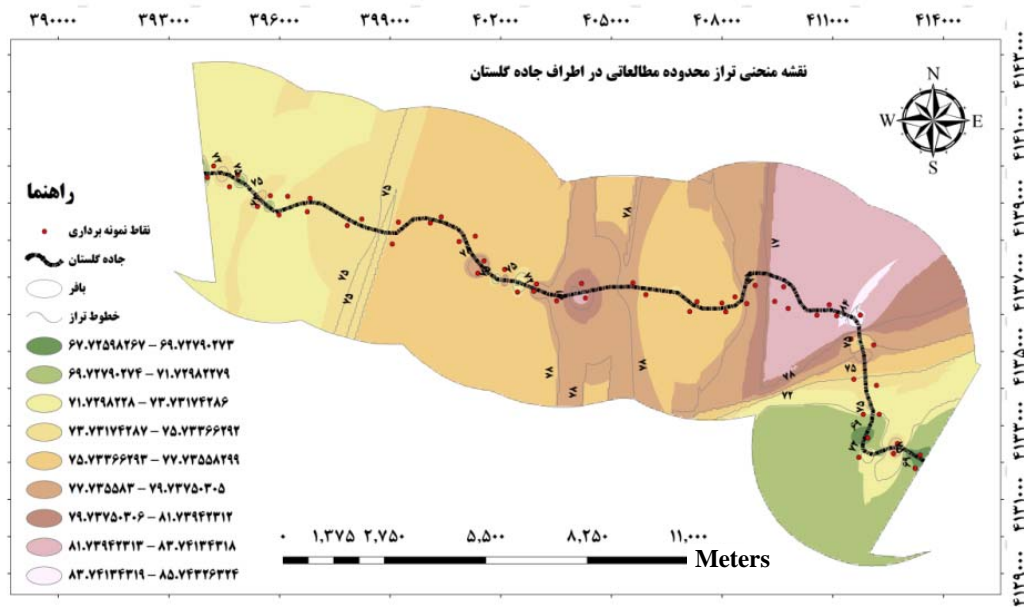
استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد. داده‌های غیرنرمال، با اعمال توابع نرمال‌سازی از جمله لگاریتم، نرمال شدند (۸). برای رعایت پیش فرض همبستگی از شاخص تقارن بارتلت استفاده شد. اگر همه متغیرهای معادله تحلیل عاملی، همبستگی زیادی داشته باشند، تحلیل عاملی به‌علت مراعات نشدن این پیش فرض نمی‌تواند نتایج معتبری بدهد (۲۰). برای انتخاب حجم نمونه نیز از قاعده نانلی و اوریت به‌صورت نسبت ۱۰ به ۱ استفاده شد. درنهایت مراحل روش PCA به‌صورت مراحل زیر صورت گرفت:

استاندارد کردن متغیرهای ورودی

استاندارد کردن، تبدیل داده‌های خام و استنباط معنای جدیدی از آنها است که در آن نمره خام را به نمره استاندارد Z تبدیل می‌کند به‌طوری که میانگین و انحراف معیار توزیع جدید به ترتیب برابر صفر و یک است (۵).

آزمون تناسب داده‌ها

روش PCA از روش‌های ناپارامتری است که لازم است امکان استفاده از این روش و نتایج به‌دست آمده از آن به‌وسیله عامل KMO مشخص شود که مقدار آن بین صفر تا یک تغییر می‌کند.



شکل ۳. وضعیت صدا در جاده پارک ملی گلستان برحسب دسی‌بل

جدول ۱. نتایج آزمون KMO و کرویت بارتلت

شاخص کفایت نمونه‌گیری کیزر-میر-اولکین (KMO) = ۰/۷۳			
Sig.	df	کای اسکور	آزمون کرویت بارتلت
۰/۰۰۰	۱۲۰	۴۱۵/۰۸۰	

نتایج

براساس نقشه پهنه‌بندی صوتی منطقه مورد مطالعه (شکل ۳)، محدوده تراز صدای معادل بین ۶۷-۸۵ دسی‌بل به‌دست آمد. همچنین نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری PCA تعیین‌کننده عوامل مؤثر در انتشار این صدا بودند.

مرحله اول- شناخت امکان انجام تحلیل عاملی بر داده‌ها
براساس نتایج KMO داده‌های تحقیق قابل تقلیل به تعدادی عامل‌های بنیادی بودند (جدول ۱) و همچنین براساس نتیجه آزمون بارتلت (۴۱۵/۰۸۰) که در سطح خطای کوچک‌تر از ۰/۰۱ معنی‌دار است، ماتریس همبستگی بین گویه‌ها ماتریس همانی نبود و بین گویه‌های داخل هر عامل همبستگی بالا و بین

کرد. پس مؤلفه‌های انتخابی به یکی از روش‌های مایل (پروماکس) یا عمودی (وریمکس) چرخش می‌یابند تا اطلاعات موجود در داده‌ها خود را بهتر نمایش دهند که در مطالعات علمی بیشتر از چرخش وریماکس استفاده می‌شود. (۴۰)

دسته‌بندی گویه‌ها در عامل‌ها براساس بار عاملی

براساس ماتریس عاملی چرخش یافته بارهای عاملی معنی‌دار براساس تعداد نمونه جهت دسته‌بندی گویه‌ها انتخاب می‌شوند. بارهای عاملی در سه دسته بار عاملی ۰/۳ با سطح معنی‌داری قابل قبول، بار عاملی ۰/۴ با سطح معنی‌داری بیشتر قابل قبول و بار عاملی ۰/۵ با سطح معنی‌داری بسیار قابل قبول طبقه‌بندی می‌شوند (۵).

جدول ۲. کل واریانس تبیین شده

معیار	مقادیر ویژه اولیه		مجموع مجذورات بارهای عاملی استخراج شده		مجموع مجذورات بارهای عاملی چرخش یافته	
	کل	درصد واریانس	کل	درصد تجمعی	کل	درصد تجمعی
۱	۳/۱۷۴	۲۱/۱۵۷	۲/۹۶۲	۲۱/۱۵۷	۱۹/۷۴۷	۱۹/۷۴۷
۲	۲/۰۵۶	۱۳/۷۱۰	۱/۹۱۸۵	۳۴/۸۶۶	۱۲/۷۸۷	۳۲/۵۳۴
۳	۱/۶۱۷	۱۰/۷۸۰	۱/۷۲۸	۴۵/۶۴۷	۱۱/۵۱۷	۴۴/۰۵۱
۴	۱/۵۶۹	۱۰/۴۵۳	۱/۵۰۵	۵۶/۱۰۵	۱۰/۰۳۲	۵۴/۹۸۷
۵	۸/۲۵۹	۸/۳۸۶	۱/۳۸۴	۶۵/۴۹۱	۹/۲۲۷	۶۳/۳۱۱
۶	۱/۱۸۶	۷/۹۰۴	۱/۳۶۳	۷۲/۳۹۶	۸/۰۸۵	۷۲/۳۹۶

واریانس را بعد از چرخش عامل‌ها نشان می‌دهند. اولین عامل بیشترین واریانس متغیرها را تبیین و بزرگ‌ترین مقدار ویژه را دارد. عامل دوم بیشترین واریانس بعدی را تبیین می‌کند و به همین ترتیب براساس ملاک کیزر، عامل‌های ۷ به بعد که مقدار ویژه آنها کمتر از عدد یک است به حساب نیامدند. بنابراین، شش عامل به‌عنوان مؤلفه‌های اصلی بوده و از ترکیب این ۱۵ گویه، ساختار جدیدی براساس عامل‌ها با ترکیب جدید طراحی شد. در مجموع این شش عامل با مقادیر ویژه بالاتر از عدد یک توانستند ۷۲/۲۵۴ درصد از واریانس ۱۵ گویه مربوط به انتشار صدا را تبیین کنند.

با انتخاب چند مؤلفه بر پایه ماتریس ضریب همبستگی، سایر مؤلفه‌ها از محاسبات بعدی حذف می‌شوند، بنابراین باید در انتخاب آستانه حذف دقت زیادی داشت. رسم تغییرات مقادیر ویژه در مقابل شماره مؤلفه‌ها در نمودار سنگریزه (اسکری)، یکی از راه‌های تشخیص آستانه حذف است (۴) که مبنی بر تعداد مناسب عامل‌ها به صورت تصویری است (شکل ۴).

مرحله چهارم: شناخت ماتریس همبستگی بین گویه‌ها و عامل‌ها و دسته‌بندی هر گویه در هر عامل

ماتریس همبستگی بین گویه‌ها و عامل‌های استخراج شده قبل از چرخش نمی‌تواند به‌تنهایی مبنای تحلیل عاملی قرار گیرد و بنابراین از نتایج ماتریس همبستگی بین گویه‌ها و عامل‌های بعد از چرخش برای تفسیر استفاده شد (جدول ۳). دسته‌بندی

گویه‌های یک عامل با عامل دیگر همبستگی وجود نداشت و امکان کشف ساختار جدید از داده‌ها ممکن بود.

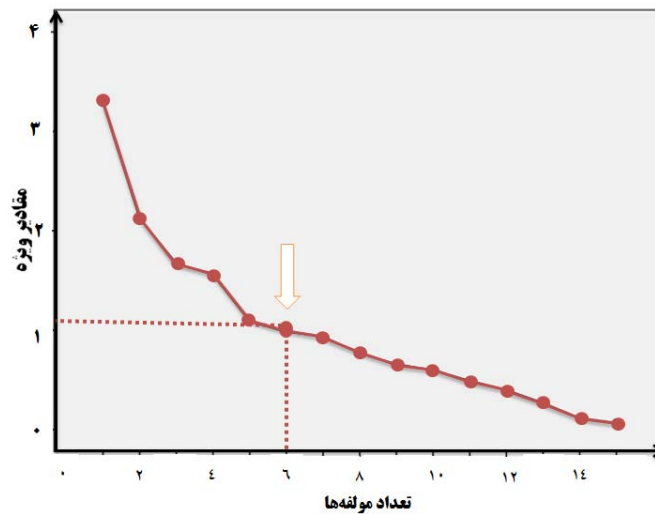
با توجه به اینکه شاخص KMO بیش از ۰/۵، تعداد نمونه‌ها کافی و مجذور کای معنادار بود، ماتریس همبستگی مناسب تحلیل عامل و پیش فرض چندگانگی خطی رعایت شده و استفاده از این روش آماری مانعی نداشت.

مرحله دوم: شناخت سهم مجموعه عامل‌ها در تبیین واریانس هر گویه

براساس جدول اشتراکات، به‌عنوان یک قاعده کلی، متغیرهایی که عامل‌ها نتوانستند بالاتر از ۵۰ درصد از تغییرات آنها را تبیین کنند تعدیل یا از تحلیل خارج شدند که بر این اساس از میان متغیرهای ورودی، متغیر عرض جاده با واریانس ۰/۴۵۳ حذف شد و دستور دوباره اجرا شد.

مرحله سوم: شناخت سهم هر عامل در تبیین مجموع واریانس تمامی گویه‌ها

جدول (۲) نشان می‌دهد که هر عامل چند درصد از واریانس مجموعه متغیرها را تعیین می‌کند. مجموع مجذورات بارهای عاملی استخراج شده، توزیع واریانس را بعد از استخراج عامل‌ها نشان می‌دهد که تعداد ردیف در این بخش با تعداد عامل‌های باقی‌مانده (شش عامل از ۱۵ متغیر ورودی) برابر است. مجموع مجذورات بارهای عاملی چرخش یافته، توزیع



شکل ۴. روش گرافیکی انتخاب تعداد عامل‌ها براساس مقادیر ویژه با آزمون اسکری

جدول ۳. جدول ماتریس همبستگی بین گویه‌ها و عامل‌های استخراج شده بعد از چرخش

عامل‌های استخراج شده					
۶	۵	۴	۳	۲	۱
	-۰/۹۳۰				فاصله از جاده
				-۰/۷۱۳	دمای محیط
				۰/۷۴۷	رطوبت
			۰/۶۲۶		ارتفاع از سطح دریا
-۰/۶۹۴				۰/۳۲۶	میانگین تراکم پوشش گیاهی
۰/۸۲۱					شیب پلات نمونه‌برداری
۰/۳۰۵	۰/۳۹۹		۰/۳۸۷	۰/۴۷۴	شیب جاده
	۰/۳۱۷		-۰/۶۱۴		ارتفاع موانع صوتی
	۰/۶۵۱				تعداد بوق خودروها
				۰/۹۴۴	سرعت خودروهای سبک
				۰/۹۲۶	سرعت خودروهای نیمه‌سنگین
				۰/۸۵۶	سرعت خودروهای سنگین
		۰/۸۳۶			تعداد خودروهای سبک
		۰/۴۵۶	۰/۴۰۸		تعداد خودروهای نیمه‌سنگین
		۰/۶۶۸	-۰/۳۳۰		تعداد خودروهای سنگین

گروه قرار گرفتند. متغیرهای دما و رطوبت در زیرمجموعه مؤلفه دوم، ارتفاع موانع صوتی و ارتفاع از سطح دریا در زیرمجموعه مؤلفه سوم، تعداد خودروهای سبک و سنگین در زیرگروه مؤلفه چهارم، فاصله از جاده و تعداد بوق خودروها در زیرگروه

متغیرها براساس عامل‌هایی با بار عاملی بیش از ۰/۵ انجام گرفت تا بر این اساس بتوان معیارها را گروه‌بندی و مؤلفه‌های اصلی را تفکیک کرد. بالاترین بار سه متغیر سرعت خودروهای سبک، نیمه‌سنگین و سنگین بر عامل اول قرار دارد و در یک

مؤلفه پنجم و میانگین تراکم پوشش گیاهی و شیب پلات نمونه‌برداری در زیر گروه مؤلفه ششم قرار گرفتند.

مرحله پنجم: شناخت بزرگی یا کوچکی ماتریس عامل چرخشی

برای محاسبه ماتریس عامل چرخش یافته از ماتریس عامل اصلی (چرخش نیافته)، جدول ماتریس تبدیل عامل به کار رفت که مقادیر غیرمتماثل به صفر بیانگر چرخش نسبتاً کوچک و مقادیر متمایل بزرگ‌تر از ۰/۵ بیانگر استفاده از چرخش بزرگ‌تر بود.

بحث و نتیجه‌گیری

مقادیر استاندارد مطلق برای صدا طبق کاربری‌های مختلف متفاوت است و یا ترازهای استاندارد بر مبنای میزان تأثیر مورد انتظار بر فعالیت‌ها و کاربری‌های مختلف تعیین می‌شوند. در حالت دوم، حد مجاز بر مبنای آلودگی محیط زیست است. اگر سروصدای ترافیک دائماً از مقادیر موجود بیشتر باشد ممکن است بر محیط زیست تأثیر منفی بگذارد، حتی اگر از تراز مطلق مخصوص نیز کمتر باشد. بنابراین مهم است که تراز سروصدای موجود مشخص شود و بر مبنای این استانداردها باید کاربری‌های حساس به سروصدا در مجاورت هر گزینه مطالعاتی مشخص شوند. متأسفانه استاندارد برای حد مجاز سروصدا در مناطق جنگلی وجود ندارد. بنابراین، براساس حالت دوم در این مکان‌ها قضاوت می‌شود. بر این اساس مطابق نتایج، میزان صدا در تمامی ایستگاه‌ها براساس تراز صدای معادل بین ۸۵-۶۷ دسی‌بل است. با توجه به منابع مختلف، زمانی که شدت صدا معادل به ۸۰-۷۰ دسی‌بل برسد آلودگی صوتی نامیده می‌شود. از این رو جاده گلستان با آلودگی صوتی در حدود ۸۰ دسی‌بل مواجه است.

همچنین نتایج حاصل از PCA جهت تشخیص پارامترها و متغیرهای مهم بر صدا از میان ۱۵ متغیر مورد بررسی در طول مسیر جاده گلستان به کمک نرم‌افزار SPSS حاکی از آن است که

شش عامل اصلی در مجموع ۷۲/۳۹۶ درصد واریانس داده‌ها را توجیه می‌کنند. به عبارتی می‌توان به میزان ۷۲/۳۹۶ درصد این تغییرات تجمعی را با استفاده از شش عامل مورد ارزیابی قرار دارد که عامل اول با ۱۹/۷۴۷ درصد بالاترین تأثیرگذاری را بر انتشار صدا و سپس عامل دوم با ۳۲/۵۳۴ درصد، عامل سوم با ۴۴/۰۵۱ درصد، عامل چهارم با ۵۴/۹۸۷ درصد، عامل پنجم با ۶۳/۳۱۱ درصد و عامل ششم با ۷۲/۳۹۶ درصد تأثیرگذاری دارند. مؤلفه‌های اصلی به ما این امکان را می‌دهد که پس از گروه‌بندی معیارها بتوان از هر گروه معیاری را که بیشترین امتیاز را دارد به‌عنوان نماینده آن گروه انتخاب کرد، زیرا این معیار تا حد زیادی معیارهایی را که در گروه خود قرار دارد پوشش می‌دهد. براساس نتایج، معیارهای سرعت خودروهای سبک، فاصله از جاده، تعداد خودروهای سبک، رطوبت محیط، ارتفاع از سطح دریا و شیب پلات نمونه‌برداری به ترتیب با بیشترین امتیاز به‌عنوان نماینده و مهم‌ترین معیارهای مؤثر بر انتشار صدا انتخاب شدند. تحلیل PCA در اولویت‌بندی اهمیت هر کدام از پارامترها در آلودگی صوتی نقش مثبتی ایفا می‌کند به‌طوری که پارامترهای مهم‌تر را در مؤلفه اول و پارامترهای کم‌اهمیت‌تر را به ترتیب در مؤلفه‌های بعدی قرار داده است. بنابراین، این پژوهش نشان داد که همه پارامترهای تحلیل شده به نحوی در انتشار صدا در پارک ملی گلستان تأثیرگذار هستند.

براساس نتایج، بخشی از انتشار صدا مربوط به تعداد و سرعت خودروهای سبک است. راه‌های با سرعت تردد بالا و حجم ترافیک سنگین، ذاتاً پر سروصدا هستند است (۲۵ و ۲۹). در آرایش ترافیکی نیز جاده گلستان تعداد خودروهای سبک با بیشترین تعداد (۸۶ درصد) و سرعت (۹۴/۹۸ کیلومتر در ساعت) دارای اثر مثبتی بر انتشار تراز صدای معادل هستند (۱۴). با افزایش سرعت، صدای تولید شده نیز افزایش می‌یابد، به‌صورتی که سروصدای یک اتومبیل در سرعت ۱۴۰ کیلومتر در ساعت معادل سروصدای چهار اتومبیل در سرعت‌های ۱۰۰ کیلومتر در ساعت است (۲۵). نتایج این پژوهش نیز مبین این اصل است. بخش مهم دیگری از انتشار صدا مربوط به فاصله از

سطح گیرنده (۲۵) دارد. تعداد خودروهای سنگین و نیمه‌سنگین نیز در انتشار صدا می‌توانند دارای سهم قابل توجهی باشند که افزایش سرعت آنها نیز منجر به تولید صوت بیشتری می‌شود اما به دلیل تعداد و سرعت کمتر آنها (۱۴ درصد با میانگین سرعت ۶۲ کیلومتر بر ساعت)، نقش خودروهای سبک بیشتر است. عامل مهم دیگری که به نظر می‌رسد می‌تواند نقش مهمی داشته باشد موانع صوتی است. با توجه به اینکه ارتفاع موانع صوتی و جنس آن در تراز صدای معادل تأثیر بسزایی دارد اما با حرکت از سمت تنگراه به میرزابایلو (دو نقطه ابتدایی و انتهایی جاده پارک ملی گلستان)، به میزان صدا افزوده می‌شود، زیرا براساس مشاهدات میدانی و نقشه‌های مناطق همگن اکولوژیکی، منطقه میرزابایلو حالت دشتی و مسطح است و فاقد گونه‌های درختی و موانع صوتی است. همچنین به دلیل تعریض جاده عملاً در فاصله ۱۰۰-۰ متری که بیشترین تراز صدا وجود دارد، جاده فاقد موانع صوتی است و در برخی ایستگاه‌ها موانع صوتی دارای ارتفاع دو متری از جنس دیواره بتنی بودند. اگرچه به علت فقدان وجود خلل و فرج در دیواره بتنی، می‌توانند بازتاب‌دهنده‌های خوبی برای انرژی صوتی برخوردی محسوب شوند (۲۲) اما به دلیل ارتفاع کم، تأثیر بسزایی در کاهش انتشار صدا نخواهد داشت.

جاده است که با افزایش آن، تراز صدا، محرک‌های بصری و آلودگی صوتی کاهش می‌یابد به طوری که بیشترین تراز صدا مربوط به فاصله ۱۰۰-۰ متری از مرکز جاده بوده است (۱۲)، بنابراین، شدت صدا نسبت به افزایش فاصله از منبع صوتی کاهش می‌یابد. این نتایج با نتایج حاصل از پژوهش (۱۲، ۱۵، ۲۵ و ۴۷) همخوانی دارد. براساس نتایج، رطوبت محیط می‌تواند دارای ارتباط مستقیمی در رابطه با انتشار آلودگی صوتی باشد. از عوامل مؤثر در حوزه آلودگی صوتی اقلیم است. در میان عوامل اقلیمی، دما و رطوبت نقش تعیین کننده‌ای پیدا می‌کنند. افزایش رطوبت منجر به افزایش دما در محیط می‌شود اما رابطه عکس آن صادق نیست. بنابراین با افزایش رطوبت، سرعت موج صوتی که وابسته به دمای هوا است و با ریشه دمای مطلق هوا تناسب مستقیم دارد، افزایش می‌یابد. همچنین ارتفاع شنونده از سطح دریا با تراز صدا رابطه مستقیم دارد به طوری که با افزایش ارتفاع شنونده از سطح دریا، اختلاف ارتفاع میان شنونده و منبع تولید صوت به عنوان یک مانع صوت‌شکن در برابر انتشار صدا عمل می‌کند و منجر به ایجاد یک منطقه سایه در پشت مانع می‌شوند اما منجر به انتشار مستقیم صوت به نواحی بالاتر می‌شوند (۱۲). از نظر سروصدا، مطلوب‌ترین راه، یک راه فرورفته است. پایین بردن جاده تا زیر تراز ارضی، تأثیری همانند ایجاد یک مانع صوتی به صورت ایجاد یک منطقه سایه در

منابع مورد استفاده

۱. احسان‌زاده، ع. ر.، ف. نژادکورکی و س. خدادوستان. ۱۳۹۵. بررسی مهم‌ترین عوامل مؤثر بر غلظت ذرات معلق کوچکتر از ۱۰ میکرون (pm 10) با استفاده از رگرسیون مؤلفه‌های اصلی. *فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط* ۲(۲): ۱۶۴-۱۵۴.
۲. احمدی، ش. ۱۳۸۷. تدوین مدلی به منظور پیش‌بینی تراز صدای ماکزیمم ترافیک معابر اصلی شهر سنندج. دوازدهمین همایش ملی بهداشت محیط ایران، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، دانشکده بهداشت، ص. ۲۴۸۳-۲۴۷۱.
۳. آرمان، ن.، ع. سلاجقه، س. فیض‌نیا، ح. احمدی، ج. قدوسی و ع. کیانی‌راد. ۱۳۹۵. تعیین حوزه‌های آبخیز همگن جهت برآورد فرسایش و رسوب با استفاده از روش‌های مختلف تحلیل خوشه‌ای (مطالعه موردی: دامنه شمالی البرز). *مجله منابع طبیعی ایران* ۶۹(۲): ۲۷۳-۲۶۱.
۴. توکلی، م.، ا. شیروانی و م. ج. ناظم‌السادات. ۱۳۹۵. پیش‌بینی آماری میانگین ماهانه دمای سطح آب ناحیه شمال غربی اقیانوس

- هند. مجله ژئوفیزیک ایران ۱۰(۳): ۶۶-۷۶.
۵. حبیب‌پور، ک. و ر. صفری شالی. ۱۳۹۱. راهنمای جامع کاربرد SPSS در تحقیقات پیمایشی. نشر تهران، تهران، ۸۴۶ ص.
 ۶. حسینی‌وردئی، م.، ع. سلمان‌ماهینی، س. م. منوری و م. م. خیرخواه زرکش. ۱۳۹۱. کاربرد سنج‌های سیمای سرزمین در ارزیابی آثار تجمعی شبکه جاده‌ای بر پوشش درختی. نشریه محیط زیست طبیعی ۶۵(۲): ۱۵۲-۱۳۹.
 ۷. زارع‌چاهوکی، م. ۱۳۸۹. تجزیه و تحلیل داده‌ها در پژوهش‌های منابع طبیعی با نرم‌افزار SPSS. انتشارات جهاد دانشگاهی، تهران، ۳۱۲ ص.
 ۸. رضیئی، ط. ۱۳۹۵. شناسایی مناطق همگن بارشی ایران با استفاده از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی. مجله ژئوفیزیک ایران ۱۰(۳): ۱۲۸-۱۴۴.
 ۹. شیخ‌الاسلامی، ر.، ف. باقری خلیلی و ع. محمودآبادی. ۱۳۹۱. کاهش متغیرهای ورودی در فرایند مدل‌سازی تصادفات آزارها با استفاده از روش تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی. مهندسی حمل و نقل ۳(۴): ۳۲۵-۳۳۸.
 ۱۰. عزیزی، ز.، ع. رافت، ج. شجاع، ح. مرادی شهراباک و م. مرادی شهراباک. ۱۳۹۵. بررسی ساختار و لایه‌بندی جمعیت گاو میش‌های اکوتیپ آذری و شمالی با نشانگرهای مترکم چند شکل تک نوکلئوتیدی با استفاده از روش‌های Admixture، MDS، PCA و GC. مجله بیوتکنولوژی کشاورزی ۸(۲): ۶۷-۵۳.
 ۱۱. غریبی، ش.، ع. سلمان‌ماهینی و ح. وارسته. ۱۳۹۱. ارزیابی صدا و بررسی عوامل مؤثر بر انتشار آلودگی صوتی ناشی از ترافیک جاده‌ای در پارک ملی گلستان. فصلنامه مدیریت و برنامه ریزی محیط زیست ۲(۴): ۴۴-۳۳.
 ۱۲. غریبی، ش. ۱۳۹۲. ارزیابی و مدل‌سازی میزان صوت ناشی از ترافیک جاده‌ای در پارک ملی گلستان. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان.
 ۱۳. غریبی، ش.، ع. سلمان‌ماهینی و ح. وارسته. ۱۳۹۳. ارزیابی تأثیرات آلودگی صوتی ناشی از ترافیک جاده‌ای بر جامعه پرندگان در پارک ملی گلستان. محیط زیست طبیعی و منابع طبیعی ایران ۷۶(۴): ۴۴۷-۴۳۵.
 ۱۴. غریبی، ش.، ع. سلمان‌ماهینی و ح. وارسته. ۱۳۹۴. مدل‌سازی رابطه پراکنش پرندگان، صدای ناشی از ترافیک و سایر متغیرهای محیطی در حاشیه جاده پارک ملی گلستان. پژوهش‌های محیط‌زیست ۶(۱۱): ۱۹۵-۲۰۶.
 ۱۵. گلمحمدی، ر. ۱۳۸۲. مهندسی صدا و ارتعاش (اندازه‌گیری، ارزیابی، جنبه‌های بهداشتی و کنترل در صنعت و محیط زیست)، انتشارات دانشجو، همدان، ۵۴۴ ص.
 ۱۶. گلمحمدی، ر. ۱۳۸۵. مدل‌سازی آلودگی صوتی ترافیک معابر اصلی شهرها (مطالعه موردی: شهر همدان). دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ۳۲۸ ص.
 ۱۷. مجنونیان، ه.، ب. کیابی، ب. فرهنگ دره‌شوری و ح. گشتاسپ میگونی. ۱۳۷۸. پارک ملی گلستان (ذخیره‌گاه زیست‌کره). سازمان حفاظت محیط زیست، تهران، ۱۲۹ ص.
 ۱۸. مددی، ح.، ح. مرادی، س. فاخران، م. جوکار و ت. مکی. ۱۳۹۳. مدل‌سازی انتشار آلودگی صوتی ناشی از کنارگذر غرب اصفهان در پناهگاه حیات وحش قمیشلو با استفاده از مدل SPreAD-GIS. مجله بوم‌شناسی کاربردی ۹(۳): ۴۳-۵۵.
 ۱۹. مکی، ت.، س. فاخران و ح. مرادی. ۱۳۹۰. اثرات زیست‌محیطی توسعه راه‌ها بر مناطق حفاظت شده و پارک‌های ملی ایران. ماهنامه تحلیلی، علمی، فنی، کشاورزی و زیست‌محیطی سنبله، بخش محیط زیست و منابع طبیعی ۱۶: ۴۰-۳۹.
 ۲۰. میرکریمی، س. ح.، س. سعیدی، م. محمدزاده و ع. ر. سلمان‌ماهینی. ۱۳۹۳. کاربرد روش PCA در ارزیابی کیفیت بصری

- سیمای سرزمین (مطالعه موردی: حوزه زیارت استان گلستان). محیط شناسی ۴۰(۲): ۴۶۲-۴۵۱.
۲۱. نادری‌زاده، ز. ح. خادمی و ش. ا. ایوبی. ۱۳۹۵. تعیین غلظت و میزان آلودگی فلزات سنگین در ریزگردهای بخشی از استان بوشهر. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک ۲۳(۳): ۱۷۱-۱۸۷.
۲۲. نصیری، پ. ح. مهرآوران و ر. قوسی. ۱۳۸۶. اندازه‌گیری و مدل‌سازی تراز معادل صدا (Leq) و تعیین نقاط بحرانی از نظر آلودگی صوتی (مطالعه موردی در یک کارخانه خودروسازی). فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست ۹(۴): ۴۷-۵۶.
۲۳. وارسته، ح. ۱۳۸۴. تعیین نسبت جنسی و گروه‌های سنی در گوزن مرال *Cervus elaphus* و شوکا *Capreolus capreolus*. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی ۱۲(۴): ۱۵۴-۱۶۱.
۲۴. وارسته، ح. و ن. امینی. ۱۳۹۱. بررسی متغیرهای زیستگاهی مؤثر بر تراکم پرندگان "آشیان حفره‌ای" در پارک ملی گلستان. محیط زیست و توسعه ۳(۵): ۶۸-۶۱.
25. AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials). 1993. Guide on Evaluation and Abatement of Traffic Noise, 30 p.
26. Abdi, H. 2003. Multivariate analysis. pp. 699-702, In: Lewis-Beck, M., A. Bryman, and T. Futing, (Eds.), Encyclopedia of Social Sciences Research Methods, Sage, Thousand Oaks.
27. Alvin, A. Y. and D. T. Blumstein. 2011. Attention, noise, and implications for wildlife conservation and management. *Applied Animal Behaviour Science* 131: 1-7.
28. Ana, B., A. L. Rob and A. V. Pita. 2010. The impacts of roads and other infrastructure on mammal and bird populations, A meta-analysis. *Biological Conservation* 1307-1316.
29. Calixto, A., B. D. Fabiano and H. T. Z. Paulo. 2003. The statistical modeling of road traffic noise in an urban setting. *Cities* 20(1): 23-29.
30. Camdevyren, H., N. Demyr, A. Kanik and S. Keskin. 2005. Use of principal component scores in multiple linear regression models for prediction of Chlorophyll-a in reservoirs. *Ecological Modelling* 181(4): 581-589.
31. Castelletta, M., J. M. Thiollay and N. S. Sodhi. 2005. The effects of extreme forest fragmentation on the bird community of Singapore Island. *Biological Conservation* 121: 135-155.
32. Chen, H. L. and J. L. Koprowski. 2016. Differential effects of roads and traffic on space use and movements of native forest-dependent and introduced edgetolerant species. *PLoS ONE* 11(1): 1-18.
33. Colakkadioglu, D. and M. Yucel. 2017. Modeling of Tarsus-Adana-Gaziantep highway-induced noise pollution within the scope of Adana city and estimated the affected population. *Applied Acoustics* 115: 158-165.
34. David, J. G., L. D. Travis and J. A. Dewoody. 2009. A review of mitigation measures for reducing wildlife mortality on roadways. *Journal of Landscape and Urban Planning* 91(1): 1-7.
35. Harris, C. M. 1966. Absorption of sound in air versus humidity and temperature. *Journal of the Acoustical Society of America* 40: 148-159.
36. Gharibi, S., M. Aliakbari, A. Salmanmahiny and H. Varaste. 2016. Evaluation and Modelling of Traffic Noise on the Asian Highway in Golestan National Park, Iran. MATEC Web of Conferences 81, 04008, DOI: 10.1051/mateconf/20168104008.
37. Gundogdo, O., M. Gokdag and F. Yuksel. 2005. A traffic noise prediction method based on vehicle composition using genetic algorithms. *Applied Acoustics* 66: 799-809.
38. Marcel, P. H. and J. M. Piet. 2000. The effect of roads and traffic on hedgehog (*Erinaceus europaeus*) populations. *Biological Conservation* 95: 111-116.
39. Morelli, F., M. Beim, L. Jerzak, D. Jones and P. Tryjanowski. 2014. Can roads, railways and related structures have positive effects on birds? *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 30: 21-31.
40. Nourii, R. E., K. Ashrafi and A. Azhdarpour. 2008. Comparison of ANN and PCA based multivariate linear regression applied to predict the daily average concentration of CO: A case study of Tehran. *Journal of the Earth and Space Physics* 34(1): 135-152.
41. Paul, A. K. 2005. Synthesis of noise effects on wildlife populations. *Road Ecology* 31-35.
42. Pijanowski, B. C., L. J. Villanueva-Rivera, S. L. Dumyahn, A. Farina, B. L. Krause, B. M. Napoletano, S. H. Gage and N. Pieretti. 2011. Soundscape ecology: the science of sound in the landscape. *BioScience* 61(3): 203-216.
43. Polak, M., J. Wiacek, M. Kucharczyk and R. Orzechowski. 2013. The effect of road traffic on a breeding community of woodland birds. *European Journal of Forest Research* 132: 931-941.
44. Rahmani, S. M., S. Mousavi and M. J. Kamali. 2011. Modeling of road-traffic noise with the use of genetic

- algorithm. *Applied Soft Computing* 11: 1008-1013.
45. Rao, S. and V. K. Koli. 2017. Edge effect of busy high traffic roads on the nest site selection of birds inside the city area: Guild response. *Transportation Research Part D* 51: 94-101.
 46. Razmkhah, H., A. Abrishamchi and A. Torkian. 2010. Evaluation of spatial and temporal variation in water quality by pattern recognition techniques: A case study on Jajrood River (Tehran, Iran). *Journal of Environmental Management* 91: 852-860.
 47. Rien, R., F. Ruud and M. Henk. 1996. The effect of traffic on the density of breeding birds in Dutch agricultural grasslands. *Biological Conservation* 75(3): 255-260.
 48. Shyu, G. S., B. Y. Cheng, C. T. Chiang, P. H. Yao and T. K. Chang. 2011. Applying factor analysis combined with kriging and information entropy theory for mapping and evaluating the stability of groundwater quality variation in Taiwan. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 8(4): 1084-1109.
 49. Spiegelberg, J. and J. Rusz. 2017. Can we use PCA to detect small signals in noisy data? *Ultra Microscopy* 172: 40-46.
 50. Tervo, O. M., M. F. Christoffersen, M. Simon, L. A. Miller, F. H. Jensen, S. E. Parks and P. T. Madsen. 2012. High source levels and small active space of high-pitched song in bowhead whales (*Balaena mysticetus*). *PLOS ONE* 12: 52-72.
 51. Zhao, N., X. Lu, S. Chao and X. Xu. 2015. Multivariate statistical analysis of heavy metals in less than 100 μm particles of street dust from Xining, China. *Environmental Earth Sciences* 73(5): 2319-2327.

Principal Components Analysis of Main Factors Affecting Noise Pollution in Main Road of Golestan National Park

Sh. Gharibi¹ and K. Shayesteh^{1*}

(Received: March 19-2017; Accepted: June 17-2018)

Abstract

Traffic noise pollution is a serious threat to wildlife species, resulting in isolating and reducing the population. The Asian Highway of Tehran-Mashhad, from which a 26.51 km long part is located inside Golestan National Park, is the main source of noise disturbance inside the area. The purpose of this study was to determine the most important criteria for noise pollution of this road; in order to achieve this goal, the Principle Components Analysis method was used. To assess the sound emissions and to study the parameters affecting it, desk studies and field visits were used in a 250-meter buffer zone. A total of 16 variables in three different categories of traffic parameters, geometry parameters and environmental parameters were extracted, and the circular plots were measured at a radius of 25 m for 15 minutes. The results of PCA showed that six main factors including the speed of light vehicles, the humidity, the altitude above sea level, the number of light vehicles, the distance from the road and the plot slope could justify a total of 72.396 % of the variance of the data. Based on the results, management measures could be taken to reduce the noise pollution based on the extracted criteria, and the noise pollution could be managed more efficiently by spending less time and money.

Keywords: Principal Component Analysis, Noise pollution, Golestan National Park, Road.

1. Dept. of Environ. Sci., Faculty of Natur. Resour. and Environ., Malayer Univ., Malayer, Iran.

*: Corresponding Author, Email: k.shayesteh@malayeru.ac.ir