جغرافیا و پایداری محیط
وبگاه نشریه: http://ges.razi.ac.ir/
شاپای چاپی: ۳۱۹۷-۲۳۲۲
شاپای الکترونیکی: ۵۶۸۳-۲۶۷۶

ارزیابی آسیب‌پذیری سیمای سرزمین ناشی از شبکهٔ جاده‌ای در استان لرستان

حسین مددی[1*]، حسین مرادی[2]، علی‌رضا سفیانیان[2]، عبدالرسول سلمان ماهینی[3]

[1] گروه محیط‌زیست، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان، بهبهان، ایران
[2] گروه محیط‌زیست، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران
[3] گروه محیط‌زیست، دانشکدهٔ شیلات و محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

مشخّصات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخچهٔ مقاله:
دریافت ۱۷ آبان ۱۳۹۸
پذیرش ۶ بهمن ۱۳۹۸
دسترسی آنلاین ۹ اسفند ۱۳۹۸

کلیدواژه‌ها:
آسیب‌پذیری بوم‌شناختی، جاده، سیمای سرزمین، پایداری، لرستان.

استناد: مددی، حسین؛ مرادی، حسین؛ سفیانیان، علی‌رضا؛ سلمان ماهینی، عبدالرسول (۱۳۹۸). ارزیابی آسیب‌پذیری سیمای سرزمین ناشی از شبکهٔ جاده‌ای در استان لرستان. *جغرافیا و پایداری محیط*، ۹ (۴)، ۵۵-۷۰.
doi: 10.22126/GES.2020.4257.2061

چکیده

جاده‌ها نقش مهمّی در آسیب‌پذیری بوم‌سازگان‌های طبیعی و پایداری آن‌ها دارند. هدف از پژوهش حاضر ارائهٔ روش نظام‌مند برای ارزیابی آسیب‌پذیری بوم‌شناختی به‌منظور استفاده در فرایند مکان‌یابی و ارزیابی آثار محیط‌زیستی جاده‌ها است. در نوشتار پیش رو فرایند ارزیابی آسیب‌پذیری شامل پنج مرحلهٔ تعیین شاخص‌های ابعاد آسیب‌پذیری، محاسبه و نقشه‌سازی شاخص‌ها، استانداردسازی شاخص‌ها، تعیین آسیب‌پذیری و تحلیل آسیب‌پذیری بوم‌شناختی است. استان لرستان به‌دلیل دارابودن شرایط خاص بوم‌شناختی و وجود شبکهٔ جاده‌ای مهم در انتقال کالا و مسافر به‌منزلهٔ منطقهٔ مورد بررسی انتخاب شد. برای کمّی‌سازی سه بُعد آسیب‌پذیری بوم‌شناختی شامل حساسیت، درمعرض تنش‌بودن و ظرفیت سازگاری از شاخص‌های خردشدگی سیمای سرزمین ناشی از جاده، بُعد فراکتال، همسایگی سکونت‌گاهی، صدای جاده، فرسایش، شاخص موقعیّت جغرافیایی، شاخص اتّصالات سیمای سرزمین و درجهٔ غالبیت استفاده شده است. نتایج حاصل نشان داد که بیشترین میزان استرس ناشی از جاده بر زیست‌گاه‌های درختزار در محدوده‌ای به مساحت ۱۵۷۲۷۰ هکتار، وارد می‌شود؛ همچنین مناطق با حساسیت بالا در حدود ۷۹۵۱۳۲ هکتار (۲۸/۱٪) از سطح استان را به خود اختصاص می‌دهند؛ افزون براین، نتایج مدل آسیب‌پذیری نشان داد که از کلّ منطقهٔ مورد بررسی مناطق با آسیب‌پذیری خیلی‌پایین، پایین، متوسّط، بالا و خیلی‌بالا به‌ترتیب ۲/۵٪، ۵۲٪، ۴۲/۱٪، ۳/۱٪ و ۰/۳٪ از سطح استان را به خود اختصاص می‌دهند. براساس این، حدود نیمی از منطقهٔ مورد مطالعه در پژوهش حاضر از شدّت آسیب‌پذیری متوسّط به بالا برخوردار است که این امر اهمّیت پژوهش درزمینهٔ ارزیابی آسیب‌پذیری بوم‌شناختی در بررسی‌های محیط‌زیستی طرح‌ها و پروژه‌های توسعه‌ای را ضروری می‌سازد.

*. رایانامهٔ نویسندهٔ مسئول: hosein.madadi@gmail.com

مقدّمه

جاده‌ها نقش بسزایی در ایجاد تنش‌های بالقوّه در بوم‌سازگان‌های طبیعی دارند (برادلی و اسمیت[1]، ۲۰۰۴). پژوهش‌ها نشان می‌دهند که حدود ۱۵٪ تا ۲۰٪ از بوم‌سازگان‌های خشکی در دنیا تحت تأثیر شبکه‌های جاده‌ای هستند (وانگ[2] و همکاران، ۲۰۰۷). با توجّه به توسعهٔ روبه‌رشد شبکه‌های جاده‌ای و افزایش حجم راه‌سازی در دنیای کنونی طی سال‌های اخیر، توجّه به اثرات جاده‌ها بیش از پیش نظر پژوهشگران را به خود جلب کرده است (فورمن[3]، ۲۰۰۰؛ جاگر[4] و همکاران، ۲۰۰۷؛ لین[5]، ۲۰۱۵؛ لیسیاک[6] و همکاران، ۲۰۱۸) با وجود اثر مثبت جاده‌ها بر توسعهٔ اقتصادی، این سازه‌های خطّی می‌توانند اثرات منفی‌ای همچون خردشدگی، جزیره‌ای‌شدن و تخریب زیست‌گاه‌های گیاهی و جانوری و همچنین انواع آلودگی‌ها را بر اکوسیستم‌های طبیعی تحمیل کنند (وانگ و همکاران، ۲۰۰۷)؛ به‌بیان دیگر، احداث جاده‌های جدید یا توسعهٔ راه‌های موجود فشار بر بوم‌سازگان‌های طبیعی را گریزناپذیر کرده است که مهم‌ترین نتیجهٔ آن، افزایش آسیب‌پذیری سیستم‌های طبیعی است (واردی[7] و همکاران، ۲۰۱۴).

سنجش آسیب‌پذیری سیمای سرزمین امکان تحلیل اصولی فعّالیّت‌های توسعه‌ای برای افزایش رفاه انسانی را ازراه کاهش میزان خطرپذیری و افزایش پایداری بوم‌سازگان فراهم می‌سازد (بروکس[8]، ۲۰۰۳). ازنظر وستون[9] (۲۰۰۴) و تورو[10] و همکاران (۲۰۱۲)، بی‌توجّهی به مبحث آسیب‌پذیری بوم‌سازگان‌ها در مطالعات ارزیابی اثرات محیط‌زیستی چنین پروژه‌های توسعه‌ای باعث می‌شود تا اهداف مورد انتظار از چنین مطالعاتی برآورده نشود؛ افزون بر این، سنجش آسیب‌پذیری باعث افزایش عینیت‌گرایی در شناسایی اثرات فعّالیّت‌های انسانی بر محیط‌زیست می‌شود (وستون، ۲۰۰۴؛ کی ونر[11] و همکاران، ۲۰۰۶؛ وانگ و همکاران، ۲۰۰۸). بررسی پژوهش‌های پیشین (ساندرس[12] و همکاران، ۲۰۰۲؛ وانگ و همکاران، ۲۰۰۷؛ اکر و کوبان[13]، ۲۰۱۰؛ واردی و همکاران، ۲۰۱۴) نشان می‌دهد که استفاده از سنجه‌های بوم‌شناسی سیمای سرزمین یکی از روش‌های متداول در بررسی اثرات جاده است. هرچند این پژوهش‌ها در کمّی‌سازی اثر جاده بر ساختار فیزیکی سیمای سرزمین موفّق عمل می‌کنند، امّا در نشان‌دادن اثر کارکردی جاده مانند آلودگی صدا و هوا و اثر بر خدمات بوم‌سازگان‌های منطقه‌ای که جاده از آن عبور می‌کند دارای ضعف است.

باوجودی که در پژوهش‌های دیگر (فورمن، ۲۰۰۰؛ گرانت[14] و همکاران، ۲۰۰۳؛ بورمن و سازاکی[15]، ۲۰۰۶) تأثیر جاده بر خدمات بوم‌سازگان‌ها یا شرایط آلودگی محیط براثر ترافیک جاده بررسی شده است؛ امّا در این پژوهش‌ها نیز از اثر بر ساختار سیمای سرزمین غفلت شده است. یکی از راه‌های بررسی هم‌زمان اثرات

1- Bradley & Smith
2- Wang
3- Forman
4- Jaeger
5- Lin
6- Lisiak
7- Vardei
8- Brooks
9- Weston
10- Toro
11- Kværner
12- Saunders
13- Eker & Oguz Coban
14- Grant
15- Boarman & Sazaki

جاده بر ساختار و عملکرد (خدمات بوم‌سازگان‌ها) سیمای سرزمین استفاده از مفهوم آسیب‌پذیری سیمای سرزمین است. در مطالعات مربوط به آسیب‌پذیری سیمای سرزمین، سه پارامتر کلیدی درمعرض تنش‌بودن (مواجهه)[1]، حسّاسیت[2] و ظرفیت سازگاری سیستم[3] مورد توجّه قرار می‌گیرد که از آن‌ها به‌مثابهٔ ابعاد اصلی آسیب‌پذیری یاد می‌شود (ادگر[4]، ۲۰۰۶؛ لیو[5] و همکاران، ۲۰۱۳؛ پینگ سینگ و جای[6]، ۲۰۱۴). شاخص مواجهه، نشان‌دهندهٔ درجهٔ فشار یا آشفتگی ناشی از احداث و بهره‌برداری جاده بر اکوسیستم‌ها بوده و با فراوانی، شدّت، مدّت و میزان مجاورت آشفتگی با اکوسیستم‌ها همبستگی دارد (پینگ سینگ و جای، ۲۰۱۴). این شاخص می‌تواند هم بر ساختار و هم عملکرد سیمای سرزمین اثر بگذارد. شاخص حسّاسیت ویژگی ذاتی‌ای در سیستم‌های طبیعی به‌شمار می‌رود که مربوط به پیش از آشفتگی بوده و خدمات بوم‌سازگانی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (لیو و همکاران، ۲۰۱۳).

شاخص ظرفیت سازگاری نشان‌دهندهٔ توانایی سیستم در غلبه بر استرس‌های موجود یا پیش‌بینی‌شده است که این توانایی برای جلوگیری از صدمات آتی است (بروکس، ۲۰۰۳؛ اسمیت و واندل[7]، ۲۰۰۶؛ لیاو[8] و همکاران، ۲۰۱۳). این شاخص بر ساختار سیمای سرزمین تأثیرگذار است. بر این اساس، بوم‌سازگان‌هایی که درمعرض تنش‌های بیشتر ناشی از جاده بوده و از حسّاسیت بالایی برخوردار هستند، توانایی محدودی برای سازش دارند (فینان[9] و همکاران، ۲۰۰۲). بر همین اساس، جاده‌ها با عبور از انواع بوم‌سازگان‌های طبیعی می‌توانند بر ساختار و عملکرد آن‌ها تاثیر بگذارند. در کشور ایران به‌تبع افزایش جمعیّت، توسعه و بهره برداری از راه‌ها به‌مثابهٔ یکی از نیازهای زیرساختی در طی دو دههٔ اخیر مورد توجّه برنامه‌ریزان بوده است. در این میان وجود مناطق زیستی ارزشمند در مناطق مختلف کشور، بدون شک تحت تأثیر چنین برنامه‌های توسعه‌ای قرار می‌گیرد. یکی از این مناطق گسترهٔ بوم‌سازگان‌های ارزشمند زاگرس است. به‌دلیل نبود برنامهٔ مدوّن درزمینهٔ آمایش ملّی سرزمین، توسعهٔ زیرساخت‌ها در بخش حمل‌ونقل بیشتر با دیدگاه توسعهٔ استانی صورت می‌پذیرد. یکی از استان‌های مهم که دربردارندهٔ زیست‌گاه‌های باارزش زاگرس بوده و در عین حال برنامه‌های توسعهٔ حمل‌ونقل را در طی سال‌های اخیر نیز دنبال کرده، استان لرستان است. وجود شبکهٔ جاده‌ای پرتردّد در میان بوم‌سازگان‌های زیستی ارزشمند موجود در این استان می‌تواند بر آسیب‌پذیری زیست‌گاه‌های این منطقه مؤثّر باشد؛ از این رو، هدف از پژوهش حاضر شناخت و انتخاب پارامترهای تأثیرگذار بر آسیب‌پذیری در کنش متقابل بین جاده و سیمای سرزمین و ارائهٔ روشی نظام‌مند برای ارزیابی آسیب‌پذیری اکولوژیک به‌منظور استفاده در ارزیابی آثار محیط‌زیستی شبکه جاده‌ای است.

مواد و روش‌ها

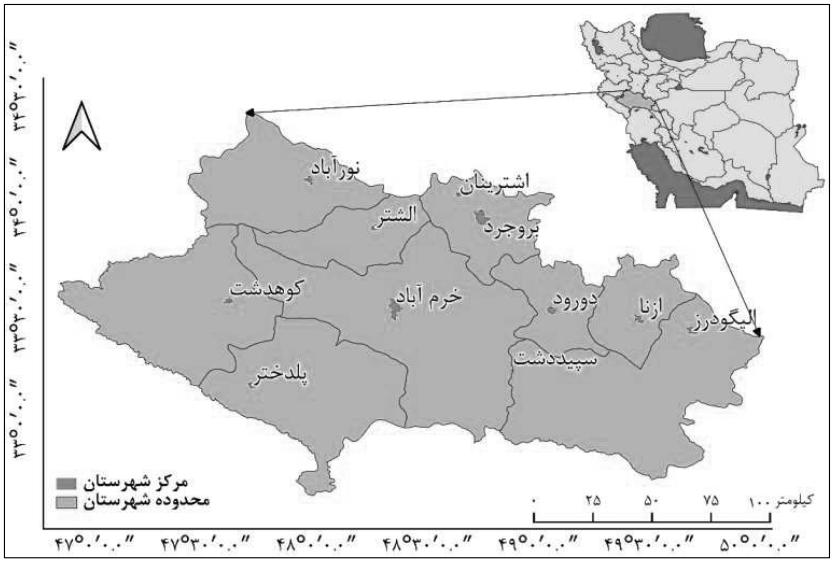
استان لرستان با مساحتی حدود ۲۸۵۵۹ کیلومتر مربع، با قرارداشتن در بخشی از رشته‌کوه‌های زاگرس در غرب ایران قرار دارد. حضور گونه‌های آندمیک ازجمله سمندر لرستانی و ماهی کور (هاشم‌زاده سقرلو[10] و

1- Exposure
2- Sensitivity
3- Adaptive Capacity
4- Adger
5- Liu
6- Pingxing & Jie
7- Smit & Wandel
8- Liao
9- Finan
10- Hashemzadeh Segherloo

همکاران، ۲۰۱۲) و وجود زیست‌گاه‌های مهم برای گونه‌های شاخص مانند پلنگ ایرانی و خرس قهوه‌ای (اشرف‌زاده[1] و همکاران، ۲۰۱۹)، نشان از شرایط خاصّ بوم‌شناختی این منطقه دارد. وجود جاده‌های مهم در انتقال کالا و مسافر در سطح استان و درکنار منابع طبیعی ارزشمند گیاهی و جانوری منجر به انتخاب این استان به‌منزلهٔ منطقهٔ مطالعاتی شد (شکل ۱). در حدود ۱۵۹۰۰ کیلومتر مربع از مساحت استان لرستان پوشیده از جنگل و درختزار است (قربانی و همکاران، ۱۳۹۵). ازنظر زیرساخت‌های توسعه‌ای، طول آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها در این استان ۴۸۹ کیلومتر، راه‌های اصلی ۹۲۴ کیلومتر و فرعی ۶۱۷ کیلومتر است (سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای، ۱۳۹۵).

آماده‌سازی داده‌ها

برای آماده‌سازی داده‌ها، از لایه‌های اطّلاعاتی کاربری، مدل رقومی ارتفاع، شبکهٔ جاده‌ای، حجم تردّد خودروها و اطّلاعات هواشناسی استفاده شد. نقشهٔ کاربری تهیه‌شدهٔ ادارهٔ کلّ منابع طبیعی استان لرستان با استفاده از سه منبع اطّلاعاتی تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸، تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث و نقشه‌های پوشش اراضی بزرگ‌مقیاس[2] (چن[3] و همکاران، ۲۰۱۵) بازبینی و تصحیح شد. برای تهیهٔ آمار ترافیک جاده‌ای استان لرستان در بازهٔ زمانی یک‌ساله، ۶۲۴ فایل اکسل مربوط به آمار حجم و سرعت متوسّط ترافیک شبکهٔ جاده‌ای استان از تارنمای سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای دریافت، آماده‌سازی و پردازش شد تا به‌مثابهٔ ورودی در شاخص‌های مورد نظر استفاده شود. با استفاده از این اطّلاعات، شاخص متوسّط ترافیک روزانهٔ سالیانه[4] برای هر جاده و برای ۱۲ ماه از سال به‌دست آمد. با توجّه به اینکه آستانهٔ اثرگذاری بوم‌شناختی جاده‌ها با حجم ترافیک بیش از ۱۰۰۰ خودرو در روز است (اتمزیان[5] و همکاران، ۲۰۰۳؛ هلدین[6] و همکاران، ۲۰۱۳).



شکل ۱. محدودهٔ مورد مطالعهٔ استان لرستان

1- Ashrafzadeh
2- GlobeLand30
3- Chen
4- Average Annual Daily Traffic (AADT)
5- Etyemezian
6- Helldin

بر همین اساس در نوشتار پیش رو تنها از جاده‌های با حجم ترافیک بیش از ۱۰۰۰ خودرو در روز استفاده شد. داده‌های هواشناسی مورد نیاز شامل دمای هوا، فشار، رطوبت، سرعت باد، جهت باد و ابرناکی برای ایستگاه سینوپتیک شامل الشتر، الیگودرز، ازنا، بروجرد، دورود، خرم‌آباد، کوهدشت، نورآباد و پلدختر از ادارهٔ کلّ هواشناسی استان دریافت و پس از پردازش استفاده شد.

شاخص‌های آسیب‌پذیری

شاخص‌های مورد نظر برای هریک از سه بعد آسیب‌پذیری براساس موقعیّت جغرافیایی منطقه و نوع فعّالیّت (جاده) انتخاب شدند (جدول ۱). شاخص مواجهه نشان‌دهندهٔ درجهٔ فشار یا آشفتگی محیط‌زیستی و اجتماعی بر اکوسیستم‌ها بوده و با فراوانی، شدّت، مدّت و میزان مجاورت آشفتگی با اکوسیستم‌ها همبستگی دارد (پینگ سینگ و جای، ۲۰۱۴). شاخص حسّاسیت ویژگی ذاتی‌ای در سیستم‌های طبیعی است که مربوط به پیش از آشفتگی بوده و می‌تواند تحت تأثیر شرایط اکولوژیکی یا اقتصادی - اجتماعی باشد (لیو و همکاران، ۲۰۱۳).

شاخص ظرفیت سازگاری نشان‌دهندهٔ توانایی سیستم در غلبه بر استرس‌های موجود یا پیش‌بینی‌شده است که این توانایی برای جلوگیری از صدمات آتی است (بروکس، ۲۰۰۳؛ اسمیت و واندل، ۲۰۰۶؛ لیو و همکاران، ۲۰۱۳). برای محاسبهٔ شاخص خردشدگی ناشی از جاده از شاخص خردشدگی زیرساخت[1] استفاده شده است (دی لودویکو و رومانو[2]، ۲۰۰۰). شکل (۲ ب) نشان‌دهندهٔ وضعیّت این شاخص در محدودهٔ مورد مطالعه است. شاخص بُعد چین‌خوردگی (فراکتال)، با استفاده از نقشهٔ پوشش سرزمین و با نرم‌افزار فراگ‌استات[3] محاسبه شد. این شاخص بدون بُعد بوده و مقدار آن می‌تواند حداقل برابر با یک و حداکثر دو باشد (مک‌گریگول[4] و همکاران، ۲۰۰۲). شاخص همسایگی سکونت‌گاهی[5] براساس فاصلهٔ لکّه‌های کاربری‌های مختلف از کاربری مسکونی (محدوده‌های شهری و روستایی) به‌دست آمد. برای محاسبهٔ این شاخص از تابع فاصله در سامانهٔ اطّلاعات جغرافیایی استفاده شد؛ امّا با توجّه به اینکه در خروجی این تابع با دورترشدن از مناطق مسکونی مقدار عددی تابع نیز افزایش می‌یابد، معکوس تابع فاصله محاسبه شد (شکل ۲ د).

جدول ۱. سیستم شاخص آسیب‌پذیری بوم‌شناختی

ابعاد آسیب‌پذیری	شاخص‌ها
درمعرض قرارگیری	خردشدگی سیمای سرزمین ناشی از جاده
	بُعد فراکتال
	همسایگی سکونت‌گاهی
	صدای ترافیک جاده
حسّاسیت	فرسایش
	شاخص موقعیّت جغرافیایی
ظرفیت سازگاری	شاخص اتّصالات سیمای سرزمین
	درجهٔ غالبیت

1- Infrastructural Fragmentation Index (IFI)
2- Di Ludovico & Romano
3- Fragstats
4- McGarigal
5- Residential neighborhood index

برای تهیهٔ نقشهٔ شاخص صدای ترافیک جاده با درنظرگرفتن جاده‌ها به‌مثابهٔ منابع خطّی، شبیه‌سازی پراکنش صوت جاده براساس مدل محاسباتی صدای ترافیک جاده[1] صورت پذیرفت (سازمان حمل‌ونقل ولز[2]، ۱۹۸۸؛ لی[3] و همکاران، ۲۰۰۲؛ اتنبروف[4]، ۲۰۰۶). با توجّه به فعّالیت‌هایی همچون خاکبرداری، خاکریزی، انفجار، کوه‌تراشی و تغییر کاربری سرزمین و همچنین مسدودسازی یا تغییر مسیر آبراهه‌ها در احداث جاده، مناطقی که شیب بالا یا فرسایش‌پذیری بالایی داشته باشند، آسیب‌پذیری بیشتری خواهند داشت. بر همین اساس، دو شاخص موقعیّت توپوگرافی[5] و فرسایش‌پذیری برای برآورد میزان حسّاسیت در منطقهٔ مطالعاتی استفاده شد. شاخص موقعیّت توپوگرافی با استفاده از مدل رقومی ارتفاع برای مناطق بالای ۱۵٪ تهیه شد (شکل ۲ ک)؛ همچنین براساس اطّلاعات موجود، از نقشهٔ حسّاسیت به فرسایش سازندهای زمین‌شناسی (برگرفته از سازمان جنگل‌ها و مراتع) برای تهیهٔ شاخص فرسایش‌پذیری استفاده شد (شکل ۲ ی). شاخص اتّصالات سیمای سرزمین[6] براساس نقشهٔ کاربری سرزمین و با نرم‌افزار اولویت‌بندی مناطق زیست‌گاهی[7] (سارا و تورن[8]، ۲۰۰۹) تهیه شد (شکل ۲.ل). برای محاسبهٔ درجهٔ غالبیت، شاخص بزرگ‌ترین اندازهٔ لکّه[9] برحسب نوع کاربری استفاده شد (مک‌گریگول و همکاران، ۲۰۰۲). این شاخص براساس نقشهٔ پوشش سرزمین و با نرم‌افزار فراگ‌استات محاسبه شد. واحد اندازه‌گیری این شاخص درصد است که حداکثر مقدار ۱۰۰٪ نشان می‌دهد که کلّ کاربری تنها از یک‌نوع پوشش تشکیل شده است (شکل ۲ م).

استانداردسازی شاخص‌ها

پس از محاسبه و نقشه‌سازی شاخص‌های ابعاد آسیب‌پذیری، این شاخص‌ها به‌منظور استفاده در مدل آسیب‌پذیری بوم‌شناختی باید واحدهای یکسانی داشته باشند. برای این منظور در مرحلهٔ بعدی تمامی نقشهٔ شاخص‌ها با استفاده از روش بوری و ووزنیلک[10] (۲۰۱۴) استانداردسازی شدند.

محاسبه و تحلیل آسیب‌پذیری

برای رسیدن به نقشهٔ سه بُعد اصلی مواجهه، حسّاسیت و ظرفیت سازگاری از تجمیع شاخص‌های هر بُعد استفاده شد (سو[11] و همکاران، ۲۰۱۵؛ ژانگ[12] و همکاران، ۲۰۱۷). درنهایت برای تهیهٔ نقشهٔ آسیب‌پذیری در محدودهٔ مورد مطالعه، مقدار آسیب‌پذیری هر سلول با روش سانو[13] و همکاران (۲۰۱۵) محاسبه شد.

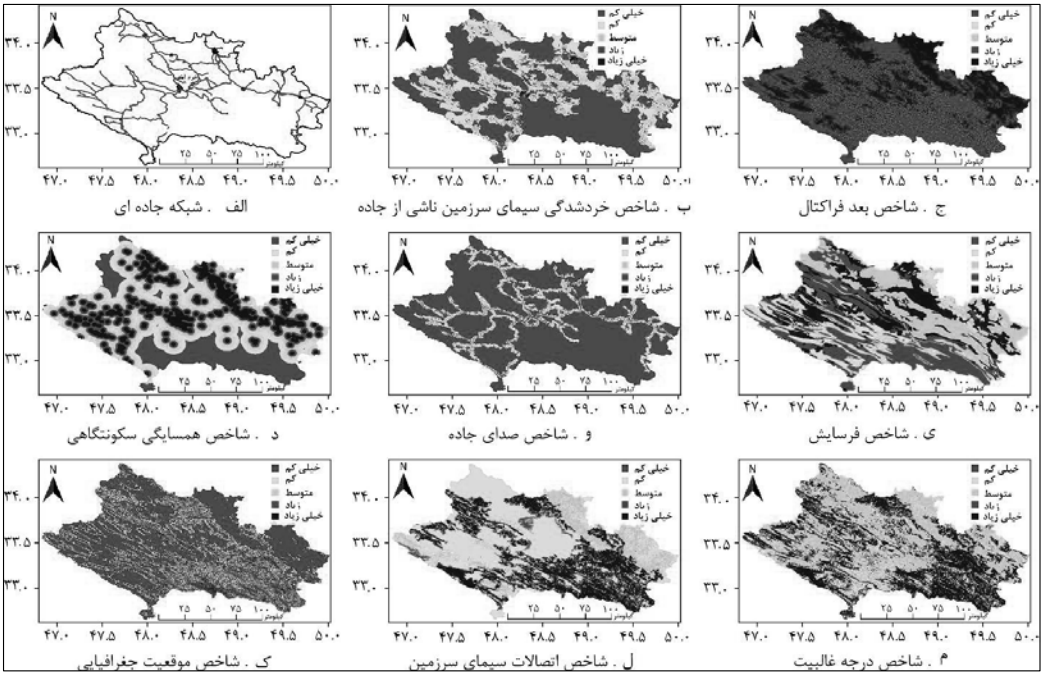
نتایج

نقشه‌سازی شاخص‌های مورد استفاده در پژوهش حاضر برای تعیین میزان آسیب‌پذیری از مهم‌ترین مراحل انجام پژوهش بود (شکل ۲). میزان خردشدگی زیست‌گاه، همسایگی سکونت‌گاهی و صدای جاده به‌دلیل پیروی از موقعیّت مکانی شبکهٔ جاده‌ای و مناطق مسکونی در محدودهٔ جنوب شرقی و شمال غربی از شدّت

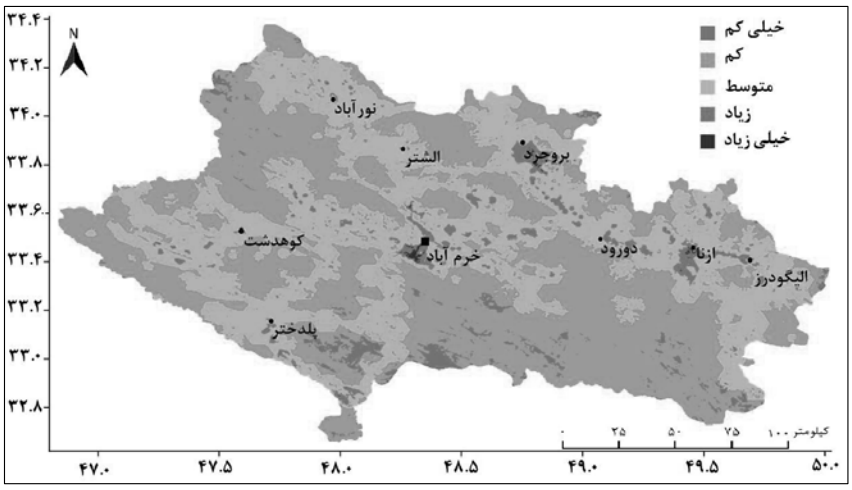
1- Calculation of Road Traffic Noise (CRTN)
2- Department of Transport Welsh Office
3- Li
4- Attenborough
5- Topographic Position Index
6- Landscape Connectivity Index
7- Conefor
8- Saura & Torné
9- Largest Patch Index (LPI)
10- Boori & Voženílek
11- Su
12- Zang
13- Sano

کمتری برخوردار است (شکل ۲ الف، ۲ ب، ۲ د و ۲ و). شاخص بعد فراکتال در اطراف مناطق مسکونی نسبت به دیگر مناطق محدودهٔ مطالعاتی از شدّت بیشتری برخوردار است (۲ ج). وجود شرایط توپوگرافی شدید و یکپارچگی پوشش اراضی ازنظر وجود جنگل تنک در جنوب شرقی استان به‌ترتیب باعث افزایش شاخص موقعیّت توپوگرافی (۲ ک) و شاخص اتّصالات سیمای سرزمین شده است (۲ ل).

براساس نتایج حاصل از اجرای مدل آسیب‌پذیری با استفاده از نقشه‌های مواجهه، حسّاسیت و ظرفیت سازگاری، از کلّ منطقهٔ مورد مطالعه ۲/۵٪ دارای سطح آسیب‌پذیری خیلی‌کم، در حدود ۵۱/۷٪ آسیب‌پذیری کم، ۴۲/۵٪ آسیب‌پذیری متوسّط، ۳/۲٪ آسیب‌پذیری شدید و ۰/۱٪ دارای آسیب‌پذیری خیلی‌شدید است (شکل ۳).



شکل ۲. شاخص های آسیب‌پذیری بوم شناختی



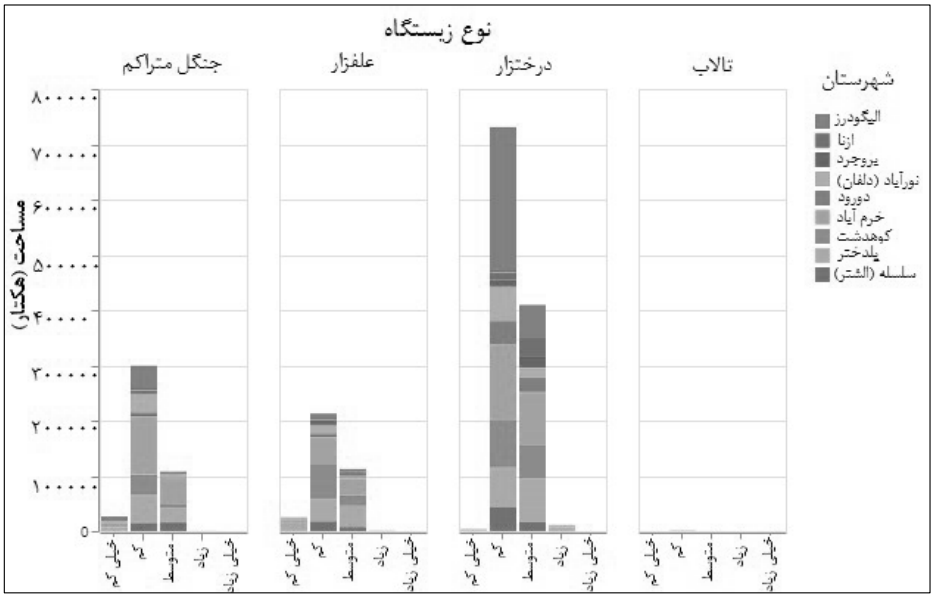
شکل ۳. نقشهٔ آسیب‌پذیری

این نتایج درمورد شهرستان‌های مختلف استان نشان داد که به‌نسبت مساحت هر شهرستان، بیشترین مساحت در طبقهٔ آسیب‌پذیری با شدّت خیلی‌بالا در شهرستان بروجرد است که حدود ۰/۵٪ از مساحت این شهرستان را شامل می‌شود؛ همچنین بیشترین میزان از مساحت آسیب‌پذیری با شدّت بالا در شهرستان ازنا مشاهده می‌شود که ۱۱/۴٪ از مساحت این شهرستان را دربر می‌گیرد. در کلاس‌های با شدّت آسیب‌پذیری متوسّط، پایین و خیلی‌پایین، به‌ترتیب شهرستان‌های ازنا (۶۴٪ از شهرستان)، الیگودرز (۶۸/۱٪ از شهرستان) و پلدختر (۷/۱٪ از شهرستان) قرار دارند. بیشترین مساحت در طبقهٔ با شدّت آسیب‌پذیری متوسّط به بالا در شهرستان ازنا مشاهده می‌شود که ۷۵/۹٪ از مساحت شهرستان را به‌خود اختصاص داده است. درمقابل شهرستان الیگودرز با ۷۱/۱٪ از مساحت خود بیشترین میزان از طبقهٔ آسیب‌پذیری کم و خیلی‌کم را دارد (جدول ۲). بررسی این نتایج نسبت به مساحت کلّ استان لرستان نشان داد که مناطقی که بیشترین میزان آسیب‌پذیری با شدّت خیلی‌بالا را دارند، در شهرستان‌های خرم‌آباد، بروجرد و ازنا هستند؛ به‌گونه‌ای که از مجموع ۰/۳٪ از آسیب‌پذیری با شدّت خیلی‌بالا در کلّ استان، ۵۹/۳٪ آن در شهرستان خرم‌آباد، ۲۲/۷٪ آن در شهرستان بروجرد و ۱۶/۷٪ آن در شهرستان ازنا قرار دارد. شهرستان‌های پلدختر و دورود نیز به‌ترتیب ۱/۲٪ و ۰/۱٪ از این طبقهٔ آسیب‌پذیری را به‌خود اختصاص داده‌اند. در شهرستان‌های دلفان، الشتر، کوهدشت و الیگودرز آسیب‌پذیری با شدّت خیلی‌بالا جود ندارد (جدول ۲).

بررسی نحوهٔ پراکنش طبقهٔ آسیب‌پذیری با شدّت بالا در کلّ استان (۳/۱٪ از مساحت استان) نشان داد که شهرستان خرم‌آباد با ۳۲/۷٪ نسبت به سایر شهرستان‌ها بالاترین مقدار را دارد. در بقیهٔ شهرستان‌ها میزان آسیب‌پذیری با شدّت بالا، کمتر از ۲۰٪ این طبقه در استان است. نحوهٔ توزیع سطوح آسیب‌پذیری با شدّت متوسّط در کلّ استان (۴۲/۱٪ از مساحت استان) نشان داد که شهرستان خرم‌آباد با ۲۲/۳٪ همچنان بیشترین مقدار را دارد. از مجموع آسیب‌پذیری با شدّت پایین در کلّ استان، بیشترین مقدار در شهرستان الیگودرز با ۲۴/۴٪ مشاهده می‌شود. بیشترین مساحت از طبقهٔ آسیب‌پذیری با شدّت خیلی‌کم در سطح استان لرستان مربوط به شهرستان پلدختر با ۳۲/۲٪ است. زیست‌گاه آبی با توجّه به وسعت خود کمترین میزان آسیب‌پذیری و درمقابل زیست‌گاه درختزار بیشترین آسیب‌پذیری را دارد (شکل ۴). میزان آسیب‌پذیری بالا و خیلی‌بالا در هر چهار زیست‌گاه بسیار ناچیز است.

جدول ۲. وسعت و درصد مساحت طبقات آسیب‌پذیری به‌تفکیک شهرستان (هکتار)

نام شهرستان	خیلی‌کم		کم		متوسّط		زیاد		خیلی‌زیاد	
	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد
ازنا	۶۲	۰/۰۴	۳۳۷۷۸	۲۴/۱۱	۸۹۷۰۲	۶۴/۰۲	۱۶۰۱۰	۱۱/۴۳	۵۶۷	۰/۴
الیگودرز	۱۵۹۶۷	۳/۰۳	۳۵۹۰۰۳	۶۸/۰۸	۱۴۶۴۶۷	۲۷/۷۸	۵۸۷۲	۱/۱۱	۰	۰
بروجرد	۱۸۳۲	۱/۱	۵۸۱۳۵	۳۴/۸۱	۹۱۴۱۹	۵۴/۷۴	۱۴۸۳۳	۸/۸۸	۷۷۲	۰/۴۷
پلدختر	۲۷۱۹۴	۷/۰۷	۱۷۸۱۱۹	۴۶/۳۶	۱۷۰۲۳۵	۴۴/۳۱	۸۶۳۸	۲/۲۵	۳۹	۰/۰۱
خرم‌آباد	۱۷۵۸۱	۲/۷۹	۳۱۶۹۱۴	۵۰/۲۴	۲۶۵۲۸۳	۴۲/۰۶	۲۹۰۰۰	۴/۶	۲۰۲۱	۰/۳۱
دلفان	۵۸۰۳	۲/۱۲	۱۴۷۵۱۰	۵۳/۹۹	۱۱۸۰۰۹	۴۳/۱۹	۱۹۰۲	۰/۷	۰	۰
دورود	۱۳۰	۰/۰۹	۶۵۵۱۳	۴۷/۲۲	۶۴۳۱۷	۴۶/۳۶	۸۷۸۳	۶/۳۳	۰	۰
سلسله	۲۵	۰/۰۱	۸۰۵۱۴	۵۱/۲	۷۶۳۳۰	۴۸/۵۴	۳۹۳	۰/۲۵	۰	۰
کوهدشت	۱۰۰۲	۰/۲۵	۲۱۹۹۵۸	۵۴/۶۹	۱۷۶۶۸۱	۴۳/۹۳	۴۵۴۳	۱/۱۳	۰	۰



شکل ۴. نمودار طبقات مختلف آسیب‌پذیری در زیست‌گاه‌های مختلف شهرستان‌های استان

درمقابل در تمام زیست‌گاه‌ها بیشترین وسعت در طبقهٔ آسیب‌پذیری کم قرار دارد. درمجموع ۳۶/۵٪ از سطح زیست‌گاه درختزار، ۳۳٪ مرتع، ۳۲٪ تالابی و ۲۵٪ جنگل متراکم دارای آسیب‌پذیری متوسّط به بالا هستند. از مجموع مناطق با مدیریت سازمان حفاظت محیط‌زیست در استان لرستان، ۳۵/۵٪ و ۱/۶٪ از مساحت این مناطق به‌عنوان بیشترین و کمترین میزان به‌ترتیب در شهرستان‌های الیگودرز و بروجرد قرار دارند.

کلاس آسیب‌پذیری خیلی‌زیاد در هیچ‌یک از مناطق با مدیریت سازمان حفاظت محیط‌زیست وجود ندارد (جدول ۳). در میان این مناطق، تالاب‌های پلدختر باوجود اینکه ازنظر مساحت نسبت به سایر مناطق جزو مناطق کوچک به‌حساب می‌آید؛ امّا میزان آسیب‌پذیری آن بیش از دیگر مناطق است به‌گونه‌ای که ۸/۴٪ از مساحت تالاب‌های پلدختر در طبقهٔ آسیب‌پذیری زیاد قرار داشته و میزان آسیب‌پذیری طبقهٔ متوسّط در آن نیز نسبت به مناطق دیگر بیشتر است؛ امّا بیشترین سطح از مناطق حسّاس محیط‌زیستی که درمعرض آسیب‌پذیری زیاد قرار دارد، منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ اشترانکوه با مساحت تحت تأثیر ۱۸/۸ کیلومتر مربع است که این مقدار در مقایسه با مجموع مساحت مناطق با مدیریت سازمان حفاظت محیط‌زیست در استان لرستان (۸۰۵۸/۰۴ کیلومتر مربع) مقدار ناچیز ۰/۲٪ را تشکیل می‌دهد؛ افزون بر این، تنها ۰/۶٪ از مساحت کلّ مناطق تحت حفاظت محیط‌زیست در طبقهٔ آسیب‌پذیری بالا قرار دارد؛ امّا درمقابل از مجموع مساحت این مناطق در حدود ۱۲/۳٪ در طبقهٔ آسیب‌پذیری متوسّط است که مناطق حفاظت‌شدهٔ سفیدکوه و اشترانکوه و منطقهٔ شکارممنوع گرین به‌ترتیب با ۳۲۱، ۲۲۳ و ۱۳۵ کیلومتر مربع بیشترین مساحت را در این طبقه دارند؛ امّا ازنظر نسبت مساحت آسیب‌پذیری طبقهٔ متوسّط به کلّ مساحت هر منطقه، پناهگاه حیات وحش ازنا – دورود، تالاب‌های پلدختر و منطقهٔ شکارممنوع چهارشاخ، به‌ترتیب با ۶۴/۳ ٪، ۶۱٪ و ۵۵٪ از مساحت خود، بیشترین آسیب‌پذیری را دارند که درمجموع این سه منطقه دارای بیشترین میزان آسیب‌پذیری متوسّط به بالا در استان هستند. درمقابل منطقهٔ شکارممنوع هشتادپهلو، قالیکوه و گرین نسبت به دیگر مناطق کمترین میزان آسیب‌پذیری را دارند.

جدول ۳. وسعت و درصد مساحت طبقات آسیب‌پذیری به مناطق با مدیریت سازمان محیط‌زیست (کیلومتر مربع)

نوع منطقه	نام	خیلی‌کم		کم		متوسّط		زیاد		خیلی‌زیاد	
		مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد
حفاظت‌شده	اشترانکوه	۱/۴۸	۰/۱۹	۵۵۴/۲۷	۶۹/۵۲	۲۲۲/۷۶	۲۷/۹۴	۱۸/۸۲	۲/۳۶	۰	۰
	سفیدکوه	۰	۰	۳۶۹/۸۴	۵۲/۹۵	۳۲۱	۴۵/۹۶	۷/۶۶	۱/۱	۰	۰
پناهگاه حیات وحش	ازنا - دورود	۰	۰	۶۳/۳۷	۳۲/۲۲	۱۲۶/۴۲	۶۴/۲۸	۶/۸۸	۳/۵	۰	۰
شکارممنوع	چهارشاخ	۰	۰	۶۶/۷۵	۴۴/۱	۸۲/۶۸	۵۴/۶۳	۱/۹۲	۱/۲۷	۰	۰
	گرین	۰/۲۶	۰/۰۴	۵۳۶/۴۸	۷۹/۸۲	۱۳۵/۳۸	۲۰/۱۴	۰	۰	۰	۰
	قالیکوه	۵۰/۱۵	۴/۳۹	۱۰۰۲/۵۵	۸۷/۸۶	۸۷/۸۳	۷/۷	۰/۶	۰/۰۵	۰	۰
	هشتادپهلو	۷/۶۷	۴/۰۵	۱۸۱/۸۸	۹۵/۹۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰
تالاب	پلدختر	۰	۰	۵۶/۰۴	۳۰/۷۴	۱۱/۰۵	۶۰/۹۱	۱۵/۲۳	۸/۳۵	۰	۰

با توجّه به اینکه درصد بالایی از منطقهٔ مطالعاتی حسّاسیت بالایی دارد، بررسی شبکهٔ جاده‌ای نشان می‌دهد که از مجموع ۲۴۶۱ کیلومتر راه مورد بررسی در این مطالعه، حدود ۱۲۵۰ کیلومتر (۵۰/۸٪) در طبقهٔ با حسّاسیت بالا قرار دارد؛ همچنین حدود ۱۴۴ کیلومتر از این راه‌ها در طبقهٔ با حسّاسیت خیلی‌بالا قرار می‌گیرد. بررسی پنج جادهٔ اصلی ترانزیت کالا و مسافر در استان شامل جادهٔ الیگودرز – ازنا – دورود – سه‌راهی دورود، جادهٔ بروجرد - سه‌راهی دورود، سه‌راهی دورود - خرم‌آباد، خرم‌آباد - پل‌زال و خرم‌آباد – پلدختر - اندیمشک نشان می‌دهد که در دو جادهٔ خرم‌آباد - پل‌زال و خرم‌آباد – پلدختر - اندیمشک بخش‌هایی از راه در کلاس حسّاسیت خیلی‌بالا قرار دارند. در آزادراه خرم‌آباد - پل‌زال از مسیر ۱۲۰ کیلومتری حدود ۱۶ کیلومتر از مسیر در طبقهٔ با حسّاسیت خیلی‌بالا و ۳۵ کیلومتر از آن در طبقهٔ با حسّاسیت بالا قرار دارد؛ همچنین از مسیر ۱۸۰ کیلومتری جادهٔ خرم‌آباد – پلدختر - پل‌زال نیز حدود ۱۲ کیلومتر در طبقهٔ با حسّاسیت خیلی‌بالا و ۲۵ کیلومتر در طبقهٔ با حسّاسیت بالا قرار دارد.

حدود ۴۷۷۱ کیلومتر (۳۱/۴٪) از شبکهٔ جاده‌ای مورد بررسی در نوشتار پیش رو ازمیان زیست‌گاه‌های طبیعی (جنگل متراکم، درختزار و مرتع) عبور می‌کند. از این مقدار ۳۷۲ کیلومتر (۴۸/۲٪) از زیست‌گاه درختزار، ۲۷۷ کیلومتر (۳۶٪) از زیست‌گاه مرتع و ۱۲۲ کیلومتر (۱۵/۸٪) از زیست‌گاه جنگل متراکم عبور می‌کند. بیشترین بخش از شبکه جاده‌ای که از زیست‌گاه درختزار عبور می‌کند، به طول ۱۰۰ کیلومتر از طبقهٔ با حسّاسیت متوسّط این زیست‌گاه عبور می‌کند؛ البتّه در همین زیست‌گاه به همین مقدار از طیقه با حسّاسیت کم نیز عبور می‌کند. در زیست‌گاه مرتع بیشترین طول جاده به‌میزان ۸۸ کیلومتر از طبقهٔ متوسّط این زیست‌گاه رد شده است و در زیست‌گاه جنگل متراکم ۳۶ کیلومتر از جاده در طبقهٔ با حسّاسیت کم بیشترین مقدار را به‌خود اختصاص داده است.

بحث

آسیب‌پذیری سیمای سرزمین یکی از معیارهای اصلی در تعیین اثرات محیط‌زیستی پروژه‌های توسعه‌ای همچون جاده‌سازی است (کی ونر و همکاران، ۲۰۰۶). چنین اثراتی هم به ویژگی‌های پروژهٔ راه‌سازی و هم به ویژگی‌های ذاتی بستری که جاده در آن قرار می‌گیرد بستگی دارد (ساندرس و همکاران، ۲۰۰۲). پژوهش حاضر با هدف بررسی میزان آسیب‌پذیری سیمای سرزمین با تأکید بر شبکهٔ حمل‌ونقل جاده‌ای انجام گرفت. کمّی‌سازی آسیب‌پذیری براساس انتخاب مجموعهٔ عوامل طبیعی و انسانی مرتبط به حضور و یا عدم حضور

شبکهٔ جاده‌ای در منطقهٔ مطالعاتی استان لرستان صورت پذیرفت. انتخاب عوامل یادشده براساس سه بعد آسیب‌پذیری شامل میزان مواجهه با استرس، ظرفیت سازگاری و میزان حسّاسیت تعیین شد (پینگ سینگ و جای، ۲۰۱۴). در پژوهش مشابهی درزمینهٔ ارزیابی آسیب‌پذیری محیط‌زیستی استان لرستان (حق‌ندری و همکاران، ۱۳۹۶)، انتخاب عوامل مؤثّر بر آسیب‌پذیری براساس سه منبع محیط‌زیستی شامل پوشش گیاهی، منابع آب سطحی و زیرزمینی و فرسایش خاک انجام شده است.

مقایسهٔ نتایج نوشتار پیش رو با پژوهش حق‌ندری و همکاران (۱۳۹۶) که در استان لرستان صورت پذیرفته است نشان می‌دهد که میزان آسیب‌پذیری محیط‌زیستی در استان در این پژوهش از شدّت کمتری برخوردار است که یکی از دلایل آن دخالت‌دادن تعداد بیشتر شاخص‌ها در پژوهش حق‌ندری و همکاران (۱۳۹۶) نسبت به جستار حاضر است؛ از سوی دیگر در پژوهش پیش رو تأکید نگارندگان بر شبکهٔ حمل‌ونقل جاده‌ای و ازمنظر ارزیابی اثرات توسعهٔ این‌گونه پروژه‌ها بوده که باعث شده است تعداد شاخص‌های مورد استفاده نسبت به پژوهش پیشین کمتر باشد. شاخص‌هایی که در هردو پژوهش می‌توانند بازگوکنندهٔ وجه اشتراک باشند را می‌توان به‌صورت زیر بیان کرد: شاخص موقعیّت جغرافیایی دربرابر شیب و ارتفاع، شاخص همسایگی سکونت‌گاهی دربرابر تراکم جمعیّت، شاخص درجهٔ غالبیت دربرابر شاخص پوشش گیاهی و کاربری اراضی، شاخص فرسایش دربرابر فرسایش‌پذیری و شاخص صدای ترافیک جاده دربرابر تراکم جاده. نتایج حاصل از دو پژوهش نشان می‌دهد که شاخص‌های مرتبط با فعّالیّت‌های انسانی نقش عمده‌ای در افزایش آسیب‌پذیری منطقه دارند به‌گونه‌ای که مناطق واقع در محدوده‌های کاربری شهری، روستایی، کشاورزی و حاشیهٔ جاده‌ها بیشترین درجهٔ آسیب‌پذیری را دارند.

براساس نتایج پژوهش حاضر حدود ۴۸٪ از محدودهٔ مطالعاتی درمعرض استرس در کلاس‌های بالا و خیلی‌بالا قرار دارد. پارامترها بُعد چین‌خوردگی، خردشدگی زیست‌گاهی، صوت و فاصله از سکونت‌گاه‌ها مهم‌ترین عوامل ایجاد فشار بر لکّه‌های زیست‌گاهی در منطقه است. بررسی وضعیّت زیست‌گاه‌های طبیعی نشان می‌دهد که زیست‌گاه تالابی به‌دلیل وسعت پایینی که دارد نسبت به دیگر زیست‌گاه‌ها درمعرض بیشترین استرس ناشی از عوامل محیطی قرار دارد. براساس اصول موجود در دانش سیمای سرزمین، مهم‌ترین عاملی که منجر به ایجاد چنین شرایطی برای زیست‌گاه‌های تالابی شده، وسعت بسیارپایین این زیست‌گاه نسبت به دیگر زیست‌گاه‌ها است (فاهریگ[1]، ۲۰۰۳). این موضوع با توجّه به روش تحلیلی مورد استفاده در پژوهش حق‌ندری و همکاران (۱۳۹۶) قابل نتیجه‌گیری نیست. بر این اساس، هرچند در نوشتار پیش رو تعداد شاخص‌های مورد استفاده می‌توانست بیشتر باشد؛ امّا مهم‌ترین امتیاز روش به‌کاررفته روش طبقه‌بندی معیارها است که امکان رهگیری نتایج حاصل در آسیب‌پذیری را برای پژوهشگر آسان می‌سازد (ادگر، ۲۰۰۶؛ لیو و همکاران، ۲۰۱۳؛ پینگ سینگ و جای، ۲۰۱۴).

با توجّه به پارامترهای تعیین‌کنندهٔ حسّاسیت، برای زیست‌گاه‌های تالابی شاخص موقعیّت توپوگرافی بی‌معنا است، امّا بررسی این زیست‌گاه ازنظر حسّاسیت به فرسایش سازند زمین‌شناسی نشان می‌دهد که مساحت بیشتری از این زیست‌گاه حدود ۳۶۹ هکتار که در حدود ۹۰٪ زیست‌گاه را تشکیل می‌دهد، حسّاسیت بالایی دارد. براساس نتایج پژوهش حاضر، به‌طور کلّی میزان حسّاسیت اکوسیستم‌ها در استان بالا است به‌طوری که حدود ۲۱۱۳۱ کیلومتر مربع (۷۵٪ سطح استان) از استان دارای درجهٔ حسّاسیت متوسّط به بالا است. عباسی و همکاران (۱۳۹۶)، با تحلیل مخاطرات ژئومورفیک مختلف همچون زلزله، زمین‌لغزش،

1- Fahrig

سیلاب و روان‌گرایی بالابودن طیف وسیع این مخاطرات که منجر به افزایش آسیب‌پذیری می‌شود را تأیید کرده است.

با توجّه به اینکه بخش وسیعی از زیست‌گاه درختزار در بخش جنوب و جنوب شرقی با شرایط توپوگرافی شدید و فرسایش‌پذیری بالا قرار دارد، اثر تجمّعی این دو عامل باعث شده است تا بیشترین سطح این زیست‌گاه حسّاسیت خیلی‌بالایی داشته باشد. بیش از ۷۰٪ زیست‌گاه‌های جنگل متراکم، درختزار و مرتع دارای حسّاسیت متوسّط به بالا هستند. ظرفیت سازگاری در زیست‌گاه‌های مختلف نشان می‌دهد که تالاب‌ها کمترین و درختزارها بیشترین تاب‌آوری را دربرابر فشارها و استرس‌های وارده دارند. زیست‌گاه تالابی تنها در دو طبقهٔ خیلی‌کم و کم ظرفیت سازگاری داشته و این نشان‌دهندهٔ وضعیّت نامطلوب در شرایط زیستی حاکم بر تالاب‌های استان است. با توجّه به وضعیّت توپوگرافی شدید منطقه در بخش مرکزی و جنوبی استان که مانع از انجام توسعه در این بخش شده است را شاید بتوان مهم‌ترین دلیل بالابودن ظرفیت سازگاری در زیست‌گاه‌های درختزار و جنگل متراکم در این بخش از استان دانست. در محدودهٔ اطراف شهرهای خرم‌آباد، بروجرد، ازنا و الیگودرز میزان حسّاسیت بالا و ظرفیت سازگاری متوسّط درمقابل فشار خیلی‌بالا منجر به آسیب‌پذیری بالا در این مناطق شده است. این وضعیّت در استان لرستان نیز دیده می‌شود (حق‌ندری و همکاران، ۱۳۹۶).

در بخش جنوبی استان بیشترین سطح از مناطق با آسیب‌پذیری پایین مشاهده می‌شود، نقشه‌های اجزاء آسیب‌پذیری نشان می‌دهد که در این منطقه باوجودی که بیشترین میزان حسّاسیت اکولوژیکی وجود دارد؛ امّا بالابودن ظرفیت سازگاری از یک‌سو و نبود فشار و استرس ناشی از شبکهٔ جاده‌ای و عوامل انسانی از دیگرسو باعث آسیب‌پذیری حداقلی در این منطقه شده است؛ البتّه با توجّه به پارامتر بُعد چین‌خوردگی و اثر آن نمی‌توان انتظار عدم آسیب‌پذیری را داشت؛ بلکه به‌دلیل حسّاسیت بالا در بخش جنوبی و شمال غربی استان، پتانسیل آسیب‌پذیری در این مناطق بالا است. با این وجود، اثر شبکهٔ جاده‌ای بر آسیب‌پذیری در کلّ سطح استان به‌خوبی نمایان است. در ترکیب سه نقشهٔ مواجهه، حسّاسیت و ظرفیت سازگاری، مناطقی که میزان فشار و استرس بسیار بالایی دارند؛ به‌منزلهٔ مناطق با آسیب‌پذیری خیلی‌بالا طبقه‌بندی شده‌اند و دو جزء حسّاسیت و ظرفیت سازگاری، کمترین تأثیر را داشته‌اند. در ارزیابی آسیب‌پذیری اکولوژیک برای بازسازی و احیاء معادن باطله نیز چنین وضعیّتی دیده می‌شود (یانگ[1] و همکاران، ۲۰۱۷).

وضعیّت آسیب‌پذیری در مناطق تحت مدیریت سازمان حفاظت محیط‌زیست در منطقهٔ مورد بررسی کمابیش از وضعیّت مطلوبی برخوردار است. هیچ‌یک از مناطق حفاظت‌شده با آسیب‌پذیری خیلی‌بالا روبه‌رو نیست. بهترین شرایط را می‌توان به‌ترتیب در منطقهٔ شکارممنوع هشتادپهلو، قالیکوه، گرین و منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ اشترانکوه یافت. در این مناطق، آسیب‌پذیری بالا وجود ندارد و به‌ترتیبی که عنوان شد، درصد مساحت آسیب‌پذیری متوسّط برابر با ۰٪، ۷/۷٪، ۱۹/۵٪ و ۲۸/۱٪ از سطح هر منطقه را به‌خود اختصاص می‌دهد. در میان این چهار منطقه، باوجودی که منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ اشترانکوه نسبت به مناطق شکارممنوع از درجهٔ حفاظتی بالاتری برخوردار است؛ امّا به‌دلیل نزدیکی به جاده و مراکز جمعیّتی، درصد بیشتری از آن درمعرض آسیب‌پذیری قرار دارد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ اشترانکوه از سمت شمال و شرق تحت فشار عوامل بیرونی بوده و اثر بر مناطق حاشیه‌ای آن بیشتر است؛ امّا منطقهٔ مرکزی آن از آسیب‌پذیری ایمن است.

1- Yang

در ارزیابی آسیب‌پذیری محیط‌زیستی استان لرستان تاکنون تنها دو منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ سفیدکوه و اشترانکوه بررسی شده و به وجود لکّهٔ داغ آسیب‌پذیری در منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ اشترانکوه اشاره شده است (حق‌ندری و همکاران، ۱۳۹۶). نامناسب‌ترین شرایط در بین مناطق با مدیریت سازمان محیط‌زیست را پناهگاه حیات‌وحش ازنا – دورود و مجموعهٔ تالاب‌های پلدختر دارند. در پناهگاه حیات‌وحش ازنا – دورود ۳٪ از منطقه با آسیب‌پذیری بالا و ۶۴٪ با آسیب‌پذیری متوسّط روبه‌رو است. این پناهگاه نیز به‌دلیل هم‌جواری با بزرگراه ازنا – دورود و مناطق روستایی موجود در حاشیهٔ پناهگاه حیات‌وحش، با آسیب‌پذیری بالایی روبه‌رو است. با توجّه به اینکه وسعت این پناهگاه در مقایسه با منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ اشترانکوه کمتر بوده و ازسوی دیگر مرزهای غربی، شرقی و جنوبی پناهگاه متأثّر از آشفتگی‌های بیرونی است، افزون بر مناطق حاشیه‌ای پناهگاه، بخش مرکزی نیز تحت تأثیر آشفتگی‌ها قرار دارد. مجموعهٔ تالاب‌های پلدختر که باعنوان منطقهٔ شکارممنوع مرزبندی شده‌اند، از بیشترین درجهٔ آسیب‌پذیری برخوردارند. در این منطقه آسیب‌پذیری بالا ۸/۴٪ را دربر می‌گیرد که بسیار بیشتر از دیگر مناطق است؛ همچنین ۶۱٪ از آن در معرض آسیب‌پذیری متوسّط قرار دارد. در این منطقهٔ شکارممنوع، افزون بر اینکه جادهٔ ترانزیتی خرم‌آباد – پلدختر – اندیمشک درست از وسط این منطقه عبور می‌کند (در فاصلهٔ حداقل دو کیلومتری از این مجموعهٔ تالابی)، مناطق روستایی نیز در نزدیکی تالاب‌ها، باعث فشار دوچندان بر این زیست‌گاه‌های مهم می‌شوند.

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر سعی شد تا برپایهٔ فعّالیّت توسعه‌ای و ساخت جاده، روشی ساده و نظام‌مند در جمع‌آوری داده، استانداردسازی، نقشه‌سازی ابعاد آسیب‌پذیری و درجه‌بندی آسیب‌پذیری برای استفاده در مطالعات امکان‌سنجی و ارزیابی اثرات محیط‌زیستی طرح‌های راه‌سازی ارائه شود. نتایج نوشتار پیش رو با درنظرگرفتن عوامل مؤثّر بر مؤلّفه‌های آسیب‌پذیری وضعیّت نه‌چندان مطلوبی از آسیب‌پذیری منطقه را نشان می‌دهد. استرس و فشار با نزدیک‌شدن به جاده‌ها و مناطق مسکونی از شدّت بیشتری برخوردار بوده و با نزدیک‌شدن به مناطق بکر و دست‌نخورده نیز این فشار بالقوّه به‌دلیل بُعد چین‌خوردگی و اثر حاشیه‌ای بر سر این مناطق سایه افکنده است. در جستار حاضر مشخّص شد که اندازهٔ زیست‌گاه به‌عنوان مهم‌ترین عامل تشدیدکنندهٔ فشار وارده بر اکوسیستم‌های طبیعی است؛ به‌طوری که زیست‌گاه‌های تالابی به‌دلیل وسعت ناچیزی که در سطح استان دارند، متحمّل بیشترین استرس بوده و در شرایط ناپایداری هستند؛ همچنین به‌دلیل ماهیت ذاتی منطقه که به‌منزلهٔ بخشی از رشته‌کوه‌های زاگرس است، حدود ۷۵٪ منطقهٔ مورد بررسی از حسّاسیت بالایی برخوردار است.

نتایج نشان داد که حدود نیمی از منطقهٔ مورد مطالعه از شدّت آسیب‌پذیری متوسّط به بالا برخوردار است. خروجی‌های مدل آسیب‌پذیری نشان می‌دهد که شدّت آسیب‌پذیری در اطراف شهرهای خرم‌آباد، بروجرد، دورود، ازنا و الیگودرز نسبت به سایر مناطق بیشتر است. باوجودی که ۶۹٪ از استان لرستان را مناطق طبیعی شامل زیست‌گاه‌های جنگل متراکم، درختزار، مرتع و تالاب تشکیل می‌دهد؛ امّا حسّاسیت بالای منطقه هرگونه توسعه و دخالت در آن را ملزم به بررسی و ملاحظات محیط‌زیستی زیادی می‌کند. بر این اساس، انجام ارزیابی آسیب‌پذیری اکولوژیکی به‌مثابهٔ بخشی از فرایند ارزیابی اثرات محیط‌زیستی می‌تواند نتایج عینی‌تری را در اختیار تصمیم‌گیران قرار دهد. افزون بر این، بررسی وضعیّت آسیب‌پذیری در سطح منطقه‌ای این امکان را در اختیار برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران خواهد گذاشت تا با شناسایی مناطقی که ظرفیت پایینی در پذیرش

استرس‌ها و فشارهای بیرونی دارند، از بارگذاری بیش از حدّ توسعه جلوگیری کنند؛ بنابراین ورود ارزیابی آسیب‌پذیری اکولوژیکی در فرایند ارزیابی محیط‌زیستی، راهبرد مناسبی برای جلوگیری از بروز بحران‌ها و ایجاد خسارت‌های بیشتر در سطح منطقه خواهد بود.

منابع

حق‌ندری، فاطمه؛ میرزایی، روح‌اله؛ افضلی، افسانه (۱۳۹۶). ارزیابی آسیب‌پذیری محیط‌زیستی استان لرستان با استفاده از تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره. *جغرافیا و پایداری محیط*، *۷* (۴)، ۱۹-۳۴.

سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای (۱۳۹۵). *سالنامهٔ آماری*. تهران: وزارت راه و شهرسازی.

عباسی، حامد؛ شرفی، سیامک؛ مریانجی، زهره (۱۳۹۶). تحلیل فضایی مخاطرات ژئومورفیک تهدیدکنندهٔ مجتمع‌های زیستی شهری در استان لرستان. *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، ۴ (۲)، ۱۰۷-۱۲۵.

قربانی، سمیه؛ حجتی، سیدمحمد؛ ثاقب‌طالبی، خسرو؛ شتایی، شعبان (۱۳۹۵). تأثیر تغییر کاربری زمین بر کارکرد اکوهیدرولوژیک تاج‌پوشش در جنگل بلوط ایرانی *Quercus brantii Lindl*، حوضهٔ آبخیز قلعه‌گل استان لرستان. *تحقیقات جنگل و صنوبر ایران*، ۲۴ (۳)، ۳۹۰-۴۰۱.

References

Abbasi, H., Sharafi, S. & Maryanji, Z. (2017). Geomorphological hazards threatening the spatial analysis of urban living complex in Lorestan province. *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards*. 4 (2), 107-125. (In Persian)

Adger, W. N. (2006). Vulnerability. *Global environmental change*, 16(3), 268-281.

Ashrafzadeh, M. R., Naghipour, A. A., Haidarian, M., Kusza, S. & Pilliod, D. S. (2019). Effects of climate change on habitat and connectivity for populations of a vulnerable, endemic salamander in Iran. *Global Ecology and Conservation*, 19, e00637.

Attenborough, K., Li, K. M. & Horoshenkov, K. (2006). Predicting outdoor sound. CRC Press.

Boarman, W. I. & Sazaki, M. (2006). A highway's road-effect zone for desert tortoises (Gopherus agassizii). *Journal of Arid Environments*, *65* (1), 94-101.

Boori, M. S. & Voženílek, V. (2014). Land use/cover, vulnerability index and exposer intensity. *Journal of Environments*, *1* (1), 1-7.

Bradley, M. P. & Smith, E. R. (2004). Using science to assess environmental vulnerabilities. *Environmental Monitoring and Assessment*, *94* (1-3), 1-7.

Brooks, N. (2003). Vulnerability, risk and adaptation: A conceptual framework. *Tyndall Centre for Climate Change Research Working Paper*, *38* (38), 1-16.

Chen, J., Chen, J., Liao, A., Cao, X., Chen, L., Chen, X., He, C., Han, G., Peng, S., Lu, M. & Zhang, W. (2015). Global land cover mapping at 30 m resolution: A POK-based operational approach. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 103, 7-27.

Department of Transport Welsh Office. (1988). *Calculation of Road Traffic Noise*. HMSO Books, London, UK.

Di Ludovico, D. & Romano, B. (2000) The evaluation of environmental fragmentation using GIS techniques. *PLANECO Newsletter*, *5*, 7-8.

Eker, M. & Oguz Coban, H. (2010). Impact of road network on the structure of a multifunctional forest landscape unit in southern Turkey. *Journal of Environmental Biology*, *31* (1), 157-168.

Etyemezian, V., Kuhns, H., Gillies, J., Chow, J., Hendrickson, K., McGown, M. & Pitchford, M. (2003). Vehicle-based road dust emission measurement (III): effect of speed, traffic volume, location, and season on PM10 road dust emissions in the Treasure Valley, ID. *Atmospheric Environment*, *37* (32), 4583-4593.

Fahrig, L. (2003). Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual review of ecology, evolution, and systematics*, *34* (1), 487-515.

Finan, T. J., West, C. T., Austin, D. & McGuire, T. (2002) Processes of adaptation to climate variability: a case study from the US Southwest. *Climate Research*, *21* (3), 299-310.

Forman, R. T. (2000). Estimate of the area affected ecologically by the road system in the United States. *Conservation Biology*, *14* (1), 31-35.

Ghorbani, S., Hojjati, M., Sagheb Talebi, K. & Shataee, S. (2016). Impact of landuse change on ecohydrological function of canopy in Brant`s oak (Quercus brantii Lindl.) forest in Ghale-gol watershed, Lorestan. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, *24* (3), 401-390. (In Persian)

Grant, S. B., Ruki, N. V., Pise, N. R., & Reeves, R. L. (2003). *A review of the contaminants and toxicity associated with particles in stormwater runoff.* Los-Angeles: University of California and California Department of Transportation.

Haghnadri, F., Mirzaei, R. & Afzali, A. (2018). Environmental Vulnerability Assessment of Lorestan Province Using Multi Criteria Decision Analysis. *Geography and Sustainability of Environment*, *7* (4), 19-34. (In Persian)

Hashemzadeh Segherloo, I., Bernatchez, L., Golzarianpour, K., Abdoli, A., Primmer, C.R. & Bakhtiary, M. (2012). Genetic differentiation between two sympatric morphs of the blind Iran cave barb Iranocypris typhlops. *Journal of fish biology*, *81* (5), 1747-1753.

Helldin, J.O., Collinder, P., Bengtsson, D. & Askling, J. (2013). ASSESSMENT OF TRAFFIC NOISE IMPACT IN IMPORTANT BIRD SITES IN SWEDEN--A PRACTICAL METHOD FOR THE REGIONAL SCALE. *Oecologia Australi*, *17* (1), 48-62.

Jaeger, J., Schwarz-von Raumer, H. G., Esswein, H., Müller, M. & Schmidt-Lüttmann, M. (2007). Time series of landscape fragmentation caused by transportation infrastructure and urban development: a case study from Baden-Württemberg, Germany. *Ecology and Society*, *12* (1), 1-28.

Kværner, J., Swensen, G. & Erikstad, L. (2006). Assessing environmental vulnerability in EIA—The content and context of the vulnerability concept in an alternative approach to standard EIA procedure. *Environmental Impact Assessment Review*, *26* (5), 511-527.

Li, B., Tao, S., Dawson, R. W., Cao, J. & Lam, K. (2002). A GIS based road traffic noise prediction model. *Applied Acoustics*, *63* (6), 679-691.

Liao, X., Li, W. & Hou, J. (2013). Application of GIS based ecological vulnerability evaluation in environmental impact assessment of master plan of coal mining area. *Procedia Environmental Sciences*, 18, 271-276.

Lin, S. C. (2015). The width of edge effects of road construction on fauna and ecologically critical road density. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, *23* (4), 241-250.

Lisiak, M., Borowiak, K., Kanclerz, J., Adamska, A. & Szymańczyk, J. (2018). Effect of linear investment on nature and landscape–a case study. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management. 26* (2), 158-65.

Liu, J., Hull, V., Batistella, M., DeFries, R., Dietz, T., Fu, F., Hertel, T., Izaurralde, R. C., Lambin, E. & Li, S. (2013). Framing sustainability in a telecoupled world. *Ecology and Society*, *18* (2), 1-19.

McGarigal, K., Cushman, S. A., Neel, M. C. & Ene, E. (2002). FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for categorical maps. *Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts*, Amherst. Available at the following web site: www. umass. edu/landeco/research/fragstats/fragstats.

Pingxing, L. & Jie, F. (2014). Regional Ecological Vulnerability Assessment of the Guangxi Xijiang River Economic Belt in Southwest China with VSD Model. Journal of resources and ecology, *5* (2), 163-170.

Road Maintenance and Transportation Organization on Road transportation in Iran (2016). *Annual Statistical Report on Road transportation in Iran*. Tehran, I.R of Iran Road Maintenance & Transportation Organization. (In Persian)

Sano, M., Gainza, J., Baum, S., Choy, D. L., Neumann, S. & Tomlinson, R. (2015) Coastal vulnerability and progress in climate change adaptation: An Australian case study. *Regional Studies in Marine Science*, 2, 113-123.

Saunders, S.C., Mislivets, M. R., Chen, J. & Cleland, D. T. (2002). Effects of roads on landscape

structure within nested ecological units of the Northern Great Lakes Region, USA. *Biological conservation*, *103* (2), 209-225.

Saura, S. & Torné, J. (2009). Conefor Sensinode 2.2: a software package for quantifying the importance of habitat patches for landscape connectivity. *Environmental Modelling & Software*, 24, 135-139.

Smit, B. & Wandel, J. (2006). Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. Global environmental change, *16* (3), 282-292.

Su, S., Pi, J., Wan, C., Li, H., Xiao, R. & Li, B. (2015). Categorizing social vulnerability patterns in Chinese coastal cities. *Ocean & Coastal Management*, 116, 1-8.

Toro, J., Duarte, O., Requena, I. & Zamorano, M. (2012). Determining vulnerability importance in environmental impact assessment: The case of Colombia. *Environmental Impact Assessment Review*, *32* (1), 107-117.

Vardei, M.H., Salmanmahiny, A., Monavari, S. M. & Zarkesh, M. M. K. (2014). Cumulative effects of developed road network on woodland—a landscape approach. *Environmental monitoring and assessment*, *186* (1), 7335-7347.

Wang, J., Cui, B., Liu, S., Dong, S., Wei, G. & Liu, J. (2007). Effects of road networks on ecosystem service value in the longitudinal range-gorge region. *Chinese Science Bulletin*, *52* (2), 180-191.

Wang, S., Liu, J. & Yang, C. (2008). Eco-environmental vulnerability evaluation in the Yellow River Basin. *China. Pedosphere*, *18* (2), 171-82.

Weston, J. (2004). EIA in a risk society. *Journal of Environmental Planning and Management*, *47* (2), 313-25.

Yang, Y., Ren, X., Zhang, S., Chen, F. & Hou, H. (2017). Incorporating ecological vulnerability assessment into rehabilitation planning for a post-mining area. *Environmental Earth Sciences*, *76* (6), 245-261.

Zang, Z., Zou, X., Zuo, P., Song, Q., Wang, C. & Wang, J. (2017). Impact of landscape patterns on ecological vulnerability and ecosystem service values: An empirical analysis of Yancheng Nature Reserve in China. *Ecological Indicators*, *72*, 142-152.